

6- MA'RUZA

Mavzu: SUYUQLIK HARAKATI REJIMLARI

R e j a

1. Suyuqlik harakati ikki tartibi. Reynolds kritik soni.
2. Hidrodinamik o`xshashlik asoslari.
3. Suyuqlikning laminar harakati.
4. Suyuqlikning turbulent harakati.

1. Suyuqlik harakati ikki tartibi. Reynolds kritik soni.

Ko`p hollarda truboprovodlardagi suyuqlik tekis harakatda bo`ladi, ya'ni tezlik oqim yo`nalishi bo`yicha o`zgarmaydi. Bu holda harakatning qanday bo`lishiga, asosan, ichki ishqalanish kuchi ta'sir qiladi. Bu holda uning ikki kesimidagi bosimlar farqi ishqalanish kuchining va geometrik balandliklar farqining katta yoki kichikligiga bog`liq bo`ladi. Bu kuchlarning ta'sirida truboprovodlardagi harakat tezligi xar xil bulishi mumkin. Tezlikning katta-kichikligiga qarab suyuqlik zarrachalari batartib yoki betartib harakat qiladi. Bu harakatlar, odatda, asosan ikki tartibli harakatga ajratiladi: laminar harakat va turbulent harakat. Laminar harakat vaqtida suyuqlik zarrachalari qavat-qavat bo`lib joylashadi va ular bir qavatdan ikkinchi qavatga o`tmaydi (6.1a)-rasm.

Agar suyuqlikning tezligini oshirib borsak, harakat tartibi ham o`zgarib boradi. Tezlik ma'lum bir chegaradan o`tganidan keyin, zarrachalar kinetik energiyasini ko`payib ketishi natijasida, ular ko`ndalang yo`nalishda ham harakat qila boshlaydi. Natijada zarrachalar o`zi harakat qilayotgan qavatdan qo`shni qavatga o`tib, energiyasining bir qismini yo`qotib o`z qavatiga qaytib keladi.

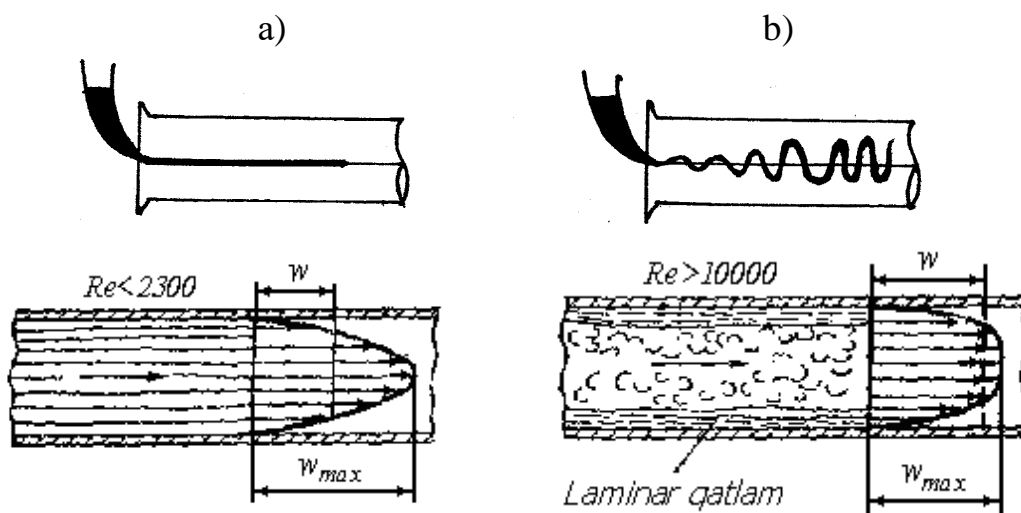
Oqim tezligi juda oshib ketsa, zarrachalar bir qavatdan ikkinchi qavatga tez o`ta boshlaydi. Natijada suyuqlik harakatining tartibi buziladi. Bunday harakat turbulent harakat deyiladi (6.1b)-rasm.

Tezlikning quvur kesimi bo`ylab taqsimlanishi laminar rejim uchun parabola shaklida, turbulent rejim uchun esa kesik parabola yoki trapesiya shaklidagi ko`rinishga ega (6.1-rasm).

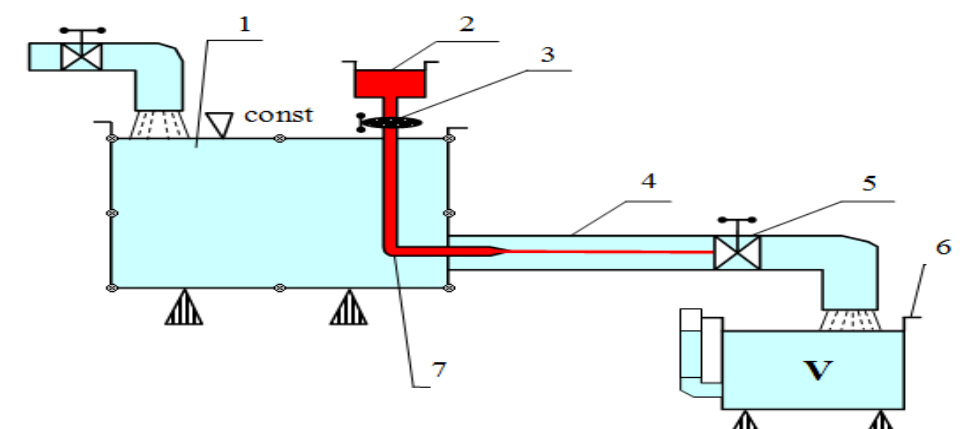
Suyuqlik harakatining bu ikki tartibini ingliz olimi O.Reynolds tajribada (6.2-rasm) har tomonlama tekshirgan va natijalarini 1883 yilda e'lon qilgan.

Reynolds suyuqliklar harakatining muhim qonuniyatini kashf qildi. Suyuqlik harakati tezlikning oqim o`lchamiga ko`paytmasining qovushoqlik kinematik koeffitsientiga nisbatidan iborat o`lchovsiz miqdor bilan xarakterlanar ekan.

Bu miqdor olimning hurmatiga Reynolds soni deb ataladi va formulalarda Re bilan belgilanadi.



6.1-rasm. Suyuqliklarning harakat rejimlari. a) laminar rejim; b) turbulent rejim



6.2 – rasm. Reynolds tajribasi.

1-suyuqlik, 2-suyuq rang, 3-5-jo`mraklar, 4-quvur, 6-suv uchun bok

Silindrik trubalardagi oqim uchun Reynolds soni quyidagicha hisoblanadi.

$$Re = (u d) / \nu$$

Bu kattalik o'lchamsiz kompleks kriteriydir, ya'ni

$$Re = \frac{ud}{\nu} = \frac{m \cdot m \cdot kG \cdot s^2 \cdot m^2}{s \cdot m^4 \cdot kG \cdot s} = 1$$

Suyuqlikning laminar harakatdan turbulent harakatga o'tishini Reynolds soni Re ning ma'lum kritik miqdori bilan aniqlanadi va u **Reynolds kritik soni** deb atalib, $(Re)_{kp}$ bilan belgilanadi. Bu son silindrik trubalar uchun $(Re)_{kp} = 2320$.

Agar oqimni juda silliq trubada, har qanday eng kuchsiz turtki va tebranishlardan holi bo'lgan sharoitda tekshirsak, Reynolds kritik soni 2320 dan ortiq, hatto bir necha marotaba ortiq bo'lishi mumkin. Lekin Reynolds soni ma'lum bir qiymatdan o'tganidan keyin qanday ehtiyot choralari ko'rilmasin, harakat albatta turbulent bo'ladi. Bu son Reynolds yuqori kritik soni deb ataladi va

$(Re)_{kp} = 10000$ ga teng bo'ladi. Bu songa qiyos qilib, yuqorida keltirilgan kritik son Reynolds quyi kritik soni $(Re)_{kp}^k = 2320$ deb ataladi. Shunday qilib, suyuqlik harakatida asosan 2 tartib: laminar va turbulent tartib mavjud. Bu tushunchani yanada aniqroq ifodalasak, 3 xil tartib mavjud bo'lib, ular Reynolds soniga bog'liq:

laminar tartib $Re < 2320$ da:
 o'tkinchi tartib $2320 < Re < 10000$ da:
 barqarorlashgan turbulent tartib $Re > 10000$ da.

2. Gidrodinamik o'xshashlik asoslari

Texnikada gidravlik qurilmalarni yaratish yoki tabiatdagi biror voqeani tekshirish uchun laboratoriya sharoitida uning kichraytirilgan modellarida tajribalar o'tkaziladi va bu tajribalar natijasiga qarab asosiy qurilma yoki hodisa haqida xulosa chiqariladi. Modellarini yasash va ularda olingan natijalarni rostakam nusxasiga o'tkazish uchun model bilan rostakam hodisani bir-biri bilan boglovchi qonuniyatlarni bilish zarur bo'ladi. Rostakam nusxa bilan model o'rtasidagi bu qonuniyatlarni o'xshashlik qonuniyatlari deb ataladi va ularni o'xshashlik va modellash nazariyasi tekshiradi.

Ikki fizik jarayon o'xshash bo'lishi uchun uning barcha parametrlari ma'lum bir munosabatda bo'lishi kerak va bu munosabatlar turli parametrlar uchun turlicha bo'ladi.

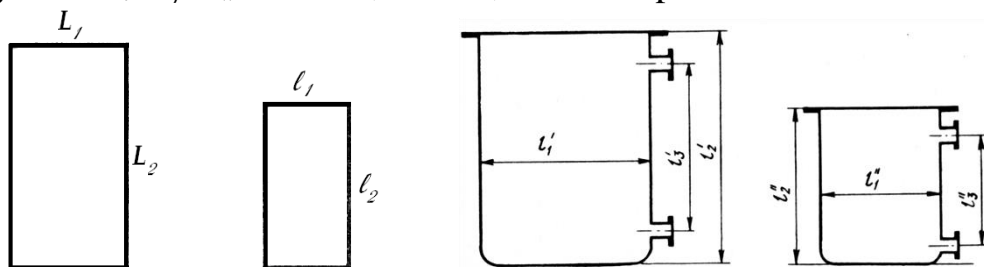
Ikki xil voqeaning bir-biriga o'xshash bo'lishi uchun, birinchidan ularning geometrik parametrlari o'xshash bo'lishi, ikkinchidan kinematik va dinamik parametrlari o'xshash bo'lishi kerak.

O'xshashlik nisbatlarning tengligini ifodalovchi o'zgarmas miqdorlar **o'xshashlik doimiysi** deb ataladi. O'xshashlik nazariyasida yuqorida keltirilgan o'xshashlik doimiylari 2 o'xshash hodisa uchungina bo'lmay, bir qancha o'xshash hodisalar uchun bo'lsa, u xolda **ular o'xshashlik aniqlovchisi** deyiladi. O'xshashlik aniqlovchilarining o'xshashlik doimiysidan yana bir farqi ular bir qancha turli o'lchamlar kombinatsiyasining nisbati sifatida ko'rilishi mumkin.

Agar o'xshashlik aniqlovchisi oddiy o'lchamlar nisbati bilan ifodalansa, ular simplekslar deyiladi.

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{L_1}{L_2} = const = a_l \frac{\rho_1'}{\rho_1} = const = a_p \frac{w_1'}{w_1} = const = a_w$$

bu yerda a_l, a_p, a_w - uzunlik, zichlik, tezlik simplekslari



6.3-rasm. O'xshashlik shartlariga oid.

Agar o'xshashlik aniqlovchisi o'lchamlar murakkab kombinatsiyalarining nisbati sifatida ifodalansa, u holda **o'xshashlik kriteriyalari** deyiladi.

Bu kriteriyalar olimlar nomlari bilan yuritiladi. Asosiy gidrodinamik kriteriyalar quyidagilar hisoblanadi:

$$Re = \frac{ud}{\nu}$$

Re - Reynolds kriteriyasi, o'xshash oqimlardagi inersiya kuchlarining ishqalanish kuchlariga nisbatini va harakat rejimini xarakterlaydi.

$$Eu = \frac{\Delta P}{\rho u^2}$$

Eu - Eyley kriteriyasi, o'xshash oqimlardagi bosimlar farqini dinamik bosimga bo'lgan nisbatini xarakterlaydi yoki suyuqlikning gidrostatik bosim va inersiya kuchlari orasidagi o'zaro bog'lanishni ifodalaydi.

$$Fr = \frac{u^2}{gl}$$

Fr - Frud kriteriyasi, og'irlik kuchi ta'sirini xarakterlaydi va o'xshash oqimlardagi inertsia kuchining og'irlik kuchiga nisbatini ifodalaydi.

$$Ho = \frac{u\tau}{l}$$

Ho - Gomoxronlik kriteriyasi, o'xshash oqimlardagi harakatning turg'unligini xarakterlaydi.

$$G = \frac{l}{d}$$

G - Geometrik kriteriy, o'xshash oqimlarning o'lchamsizligini ifodalaydi.

Gidrodinamik o'xshashlik kriteriyalari ichida *Eu* kriteriyasi aniqlanuvchi hisoblanadi, ya'ni bu kriteriy boshqa kriteriyalarga bog'liq ravishda aniqlanadi.

$$E \approx f(Re, Fr, Ho, G)$$

O'xshashlik nazariyasiga asosan ayrim hollarda yuqorida keltirilgan kriteriyalardan boshqa kriteriyalar tuzish ham mumkin. Masalan:

Galiley kriteriyasi:

$$Ga = \frac{Re^2}{Fr}$$

$$Ar = Ga \frac{\rho_0 - \rho}{\rho}$$

Ar - Arximed kriteriyasi,

ρ_0 - zarrachaning (materialning) zichligi;

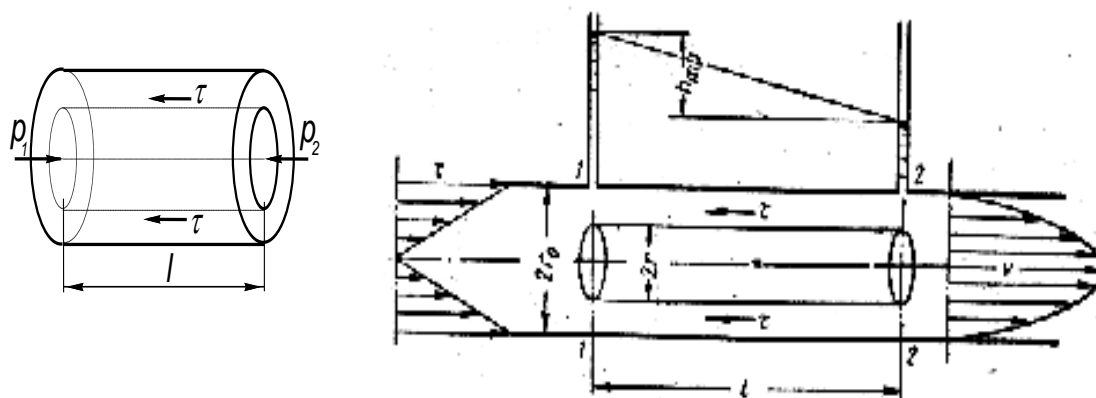
ρ - muhitning (suyuqlikning) zichligi.

3. Suyuqlikning laminar harakati

Qovushqoq suyuqliklar trubada laminar harakat qilganda uning oqimchalari bir-biriga parallel harakat qiladi. Truba devorlari esa unga yopishib qolgan suyuqlik zarrachalari bilan qoplanadi. Shunday qilib, truba devoridagi suyuqlik zarrachalarining tezligi nolga teng. Suyuqlikning devorga yopishgan qavatidan keyingi qavati esa suyuqlik zarrachalari bilan qoplangan truba devori ustida sirpanib boradi. Agar truba ichidagi suyuqlikni hayolan cheksiz ko'p yupqa qavatlarga ajratsak, u xolda har bir qavat sirtida 2-qavat siljib boradi. Yuqorida aytilganga ko'ra truba devori sirtidagi qavatning tezligi nolga teng bo'lib, truba o'qiga yaqinlashgan sari tezlik oshib boradi. O'qda esa tezlik maksimal qiymatga ega bo'ladi. Shuning uchun truba ichidagi ishqalanish kuchi Nyuton qonuni bilan ifodalanadi:

$$\tau = -\mu \cdot du / dr$$

Truba ichida uzunligi l va radiusi r bo'lgan elementar naycha ajratib olamiz (6.2-rasm). Bu naychanning yuzlari ds bo'lgan I - I kesimi bo'yicha p_1 bosim, 2-2 kesimi bo'yicha p_2 bosim ta'sir qilsin. Radiusi R bo'lgan tekshirilayotgan trubadagi harakat gorizont va tekis bo'lsin.



6.4.- rasm. Truba ichida uzunligi l va radiusi r bo'lgan elementar naycha

Elementar naychanning muvozanat shartidan quyidagi parabola tenglamasi hosil bo'lib, u tezlikning silindrik truba kesimi bo'yicha taqsimlanishini ko'rsatadi:

$$u = -\frac{p_1 - p_2}{4\mu l} (r^2 - R^2)$$

Trubadagi harakat tezligi $r=0$ da maksimumga erishadi.

$$u_{\max} = \frac{p_1 - p_2}{4\mu l} R^2$$

Suyuqlik sarfi quyidagicha topiladi:

$$dQ = -2\pi r \frac{p_1 - p_2}{4\mu l} (r^2 - R^2) dr$$

Bu tenglikning chap tomonini 0 dan Q gacha, o'ng tomonini 0 dan R gacha integrallab

$$Q = \frac{\pi R^4}{8\mu} \cdot \frac{p_1 - p_2}{l}$$

munosabatni olamiz. U holda o'rtacha tezlikni shunday topamiz:

$$u = \frac{p_1 - p_2}{8\mu l} R^2$$

Demak, silindrik trubada laminar harakat vaqtida o'rtacha tezlik maksimal tezlikdan 2 marotaba kichik ekan.

Laminar harakatda energiyaning yo'qolishi uchun quyidagi Puazeyl formulasini yozamiz:

$$h = 128 \cdot u \cdot l \cdot Q / (\pi \cdot g \cdot d)$$

Ushbu ifoda 1840 yilda medicina sohasi bo'yicha doktor Puazeyl tomonidan yozilgan bo'lib, bu ifodani u kapillyar naychalarda suyuqlik harakatini o'rganib, tadqiqot qilish natijasida kashf qilgan. Ifodani kuzatib, quyidagi asosiy xulosalarni qilish mumkin:

Oqimning laminar tartibdagi harakatida napor yo'qolishi quyidagilarga bog'liq:

- Suyuqlikning fizik xossasiga;
- O'rtacha tezlikning birinchi darajasiga to'g'ri proporsional;
- O'zanning g'adir-budurligiga bog'liq emas

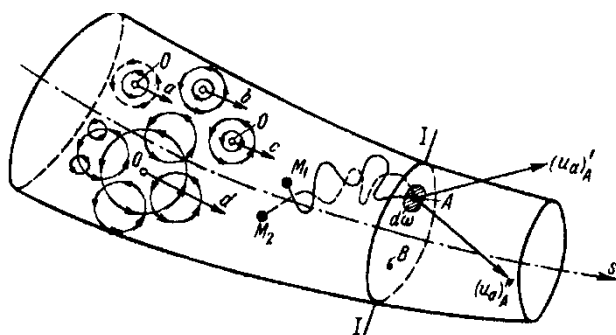
4. Suyuqlikning turbulent harakati

Suyuqlikning turbulent harakati tabiatda va texnikada keng tarqalgan bo'lib, gidravlik hodisalar ichida eng murakkablari qatoriga kiradi. Bu harakat juda ko'p tekshirilgan bo'lishiga qaramay hozirgacha harakatning turbulent turi uchun umumlashgan nazariya yaratilgan emas. Shuning uchun turbulent oqimlarni hisoblashda yarim empirik nazariyalardan foydalanish bilan bir qatorda ko'p hollarda tajriba natijalari va empirik formulalardan foydalanishga to'g'ri keladi.

Mahalliy oniy tezlik (aktual tezlik). Turbulent tartibda harakatlanayotgan oqim strukturasi quyidagicha tasavvur qilishimiz mumkin. Suyuqlik oqimining yuqori tezliklarida turli shakl va kattaliklariga ega bo'lgan suyuqlik hajmlari (6.5-rasm a, b, c) tartibsiz aylanma harakatlana boshlaydi. Suyuqlik ichida paydo bo'luvchi va tarqalib ketuvchi aylanmalar oqim bo'ylab o'zgarib boradi. Berilgan 1-1 kesimdan bu hajmlar ma'lum vaqtlarda o'tib, agar bu o'tayotgan hajmlar-

ning biror A qo'zg'almas nuqtadan zarrachalarni olsak, bu zarrachalar O markazga nisbatan aylanma va ilgariylanma harakat qiladi. Shu sababli, bu nuqtada tezlik har doim o'zgarib turadi.

6.5-rasm. Turbulent harakat sxemasi.



Agar A nuqtaga tushayotgan (M_1, M_2, \dots) zarrachalar to'plamini turli t vaqt oralig'idagi harakatini kuzatsak, quyidagilarni ko'rish mumkin:

M_1 zarracha turli traektoriya chizib harakatlanib, ixtiyoriy t_1 vaqtda A nuqtada $(u_a)_A'$ tezlikka ega bo'ladi.

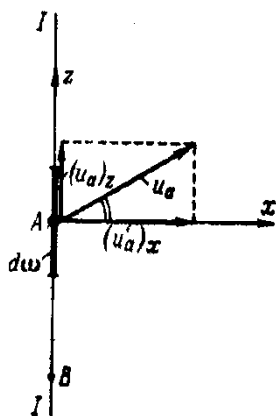
M_2 zarracha esa boshqacha traektoriya bo'ylab harakatlanib, A nuqtadan t_2 vaqtda $(u_a)_A''$ tezlikka ega bo'ladi.

I-I kesimning boshqa B nuqtasida ham (t_1, t_2, \dots) turli vaqtlarda turli tezlik $[(u_a)_B', (u_a)_B'', \dots]$ larga ega bo'lishi mumkin.

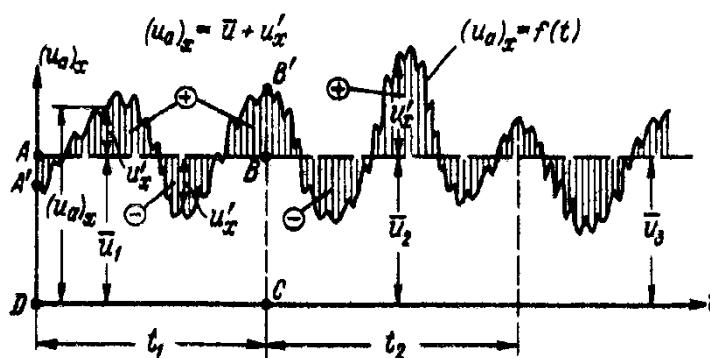
Demak, muhitning ixtiyoriy qo'zg'almas nuqtasidagi ixtiyoriy (t) vaqtdagi u_a tezligi oniy mahalliy tezlik yoki aktual tezlik deyiladi.

Mahalliy oniy (aktual) tezlik tebranishi. 6.5-rasmda oqimning 1-1 tekis ko'ndalang kesimini belgilab olamiz, undagi A qo'zg'almas nuqta atrofida $d\omega$ elementar yuzani belgilaymiz. Bu yuzaga Ax tik chiziqni va Az ortogonal chiziqni chizib olamiz. Bu nuqtadagi tezlikni u_a deb belgilab, uning Ax va Az o'qlarga proeksiyalarini $(u_a)_x$ va $(u_a)_z$ deb olamiz. Aktual tezlik $(u_a)_x$ ning bo'ylama tashkil etuvchisi quyidagi tomonlari bilan xarakterlanadi.

- a) doimo o'z yo'nalishiga ega bo'ladi (u_a tezlikdan farqli o'laroq);
- b) u_a tezlikning vaqt o'zgarishi bilan kattaligi o'zgarishiga mos ravishda, bu tashkil etuvchi ham o'z kattaligini o'zgartiradi.



6.6-rasm. Bo'ylama aktual $[(u_a)_x]$ tezlik va ko'ndalang aktual $[(u_a)_z]$ tezlik

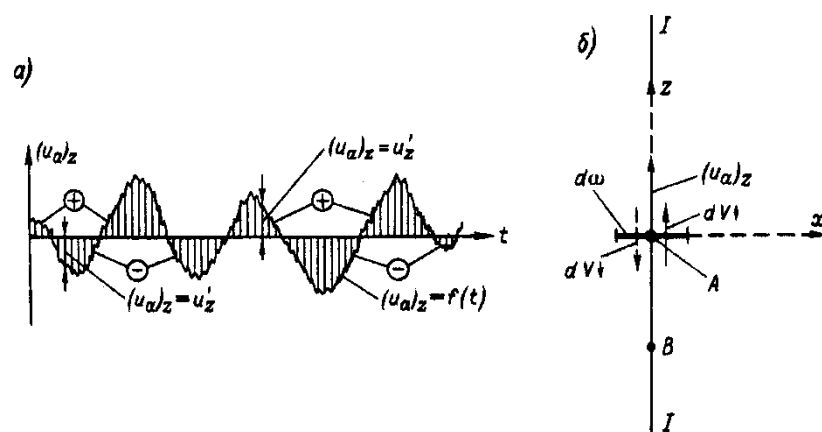


6.7-rasm. Muhitda joylashgan A qo'zg'almas nuqtadagi (6.5-rasm) bo'ylama aktual tezlikning tebranish grafigi sxemasi

Bu tashkil etuvchilarni mos ravishda bo'ylama $(u_a)_x$ va ko'ndalang $(u_a)_z$ tezliklar deb ataymiz.

$(u_a)_x$ tezlikning vaqt o'tishi bilan A nuqtadagi o'zgarishi 6.7-rasmdagi kabi ifodalanadi. Uni bo'ylama tezlik tebranish grafigi deyiladi.

Xuddi shu tarzda ko'ndalang tezlik tebranishini ifodalashimiz mumkin (6.8, a-rasm).



6.8-rasm. Turbulent oqimning bo`ylama va ko`ndalang yo`nalishi
 a) qo`zg`almas nuqtadagi ko`ndalang aktual tezlikning grafigi sxemasi;
 b) dV hajmli suyuqlikning $d\omega$ elementar yuza orqali ko`ndalang almashinuvi

Demak, mahalliy oniy tezlik tashkil etuvchilarining vaqt o`tishi bilan o`zgarishi tezlik tebranishi deyiladi. Bu hodisani Pito naychasida suyuqlikning ko`tarilishi va tushishida kuzatish mumkin.

Kelgusi ma`ruzamizda ba`zi bir konkret hollar uchun turbulent harakatdagi tezliklar tebranishi natijasida bosim kamayishini hisoblashni ko`rib chiqamiz.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Suyuqlik harakati turlari necha xil?
2. Reynolds kritik sonini yozing ?
3. O`xshashlik nazariyasi haqida tushuncha bering.
4. O`xshashlik doimiysi va aniqlovchisi deb nimaga aytiladi?
5. O`xshashlik kriteriylarini yozing va izoh bering.
6. Struxal yoki gomoxronlik kriteriysi qanday aniqlanadi?
7. Suyuqlikning laminar harakati deb nimaga aytiladi?
8. Laminar harakatda o`rtacha va maksimal tezliklar qanday topiladi?
9. Laminar harakatda suyuqlik sarfi qanday topiladi?
10. Qanday harakatga turbulent harakat deyiladi?
11. Mahalliy oniy tezlik (aktual tezlik) deb nimaga aytiladi?
12. Tezlik tebranishi haqida tushuncha bering.

Foydalaniladigan asosiy darsliklar va o`quv qo`llanmalar ro`yxati

1. Latipov K.Sh. Gidravlika, gidromashinalar va gidropnevmoymuritgichlar. - T., 1994.
2. Latipov K.Sh. Gidravlika va gidroyuritmalar. - T., 1992.
3. Umarov A.Yu. Gidravlika. «O`zbekiston». T. 2002.
4. Bozorov D.R., Karimov R.M. Gidravlika asoslari. T. 2004.
5. Shokirov A.A., Karimov A.A., Parmonov A.E. "Ixcham gidravlika" Toshkent, 2010.

6. Гиргидов А.Д. Механика жидкости и газа (Гидравлика). Санкт-Петербург. Издательство СПбГПУ. 2004.
7. Дулин В.С., Заря А.Н. Гидравлика и гидропривод. - М.: Недра, 1991.

Qo'shimcha adabiyotlar

1. Karimov A.A., Mukolyants A.A. Gidravlika fanidan tajriba ishlari uchun metodik ko'rsatma. - T., 2002.
2. Кудинов В.А. Гидравлика. - М: Высшая школа 2006.
3. Ubaydullaev P.X., Ubaydullaev B.P. Amaliy suyuqlik mexanikasi (Gidravlika) o'quv qo'llanma.
4. Shokirov A.A., Karimov A.A., Mukolyants A.A. Gidravlika fanidan tajriba ishlari uchun metodik ko'rsatma. - T., 2010.
5. Shokirov A.A., Xamidov A.A., Isanov Sh.R. Gidromexanikadan laboratoriya amaliyotlari (o'quv qo'llanma). - Toshkent, 2004.

Elektron resurslar

<http://www.uzbekistan.uz> <http://www.bilim.uz>