

10-ma'ruza. SUYUQLIKNING ILGARILANMA HARAKATI

Ma'ruza rejasi:

1. Harakat turlari.
2. Oqimchali harakat xossalari.
3. Oqimning asosiy gidravlik elementlari.

Tayanch so'z va iboralar

Tekis harakat, bosimli harakat, yuza, ko'ndalang kesim, radius, xo'llangan perimetr.

Suyuqliklar kinematikasi va dinamikasi asoslari. Suyuqliklarda harakat turlari

Gidravlikaning suyuqliklar harakat qonunlari va ularning harakatlanayotgan yoki harakatsiz qattiq jismlar bilan o'zaro ta'sirini o'rganuvchi bo'limi gidrodinamika deyiladi.

Harakatlanayotgan suyuqlik vaqt va koordinata bo'yicha o'zgaruvchi turli parametrlarga ega bo'lgan harakatdagi moddiy nuqtalar to'plamidan iborat. Odatda suyuqlikni o'zi egallab turgan fazoni butunlay to'ldirib tutash jism deb qaraladi. Bu degan so'z tekshirilayotgan fazoning istalgan nuqtasini olsak, shu erda suyuqlik zarrachasi mavjuddir.

Gidrodinamikaning asosiy masalasi. Harakat turlari

Suyuqlik harakat qilayotgan fazoning hil bir nuqtasida shu nuqtasiga tegishli tezlik va bosim mavjud bo'lib, fazoning boshqa nuqtasiga o'tsak, tezlik va bosim boshqa qiymatga ega bo'ladi, ya'ni tezlik va bosim koordinatalar x, u, z ga bog'liq. Nuqtadagi suyuq zarrachaga ta'sir qilayotgan bosim va tezlik vaqt o'tishi bilan o'zgarib borishini tabiatda kuzatish mumkin.

Tezlik va bosim maydonlari. Suyuqlik harakat qilayotgan fazoning hil bir nuqtasida 'ayolan tezlik va bosim vertikalini ko'rib chiqsak, ko'rilayotgan harakatga mos keluvchi tezlik va bosim to'plamlarini ko'z oldimizga keltira olamiz. Ana shu usul bilan tuzilgan tezlik to'plami *tezlik maydoni* deyiladi. SHuningdek, bosim vektorlaridan iborat to'plam *bosim maydoni* deb ataladi. Tezlik va bosim maydonlari vaqt o'tishi bilan o'zgarib boradi. Hidrostatikadagi kabi gidrodinamikada ham gidrodinamik bosimni r bilan belgilaymiz va uni sodda qilib bosim deb ataymiz. Tezlikni esa u bilan belgilaymiz. U holda tezlikning koordinata o'qlaridagi proeksiyalari u_x, u_y, u_z bo'ladi.

YUqorida aytib o'tilganga asosan suyuqlik parametrlari funksiya ko'rinishida yoziladi.

$$r=f_1(x,y,z,t), \quad u=f_2(x,y,z,t) \quad (3.1)$$

tezlik proeksiyalari ham funksiyalardir;

$$u_x=f_3(x,y,z,t), \quad u_y=f_4(x,y,z,t), \quad u_z=f_5(x,y,z,t)$$

Bu keltirilgan funksiyalarni aniqlash va ular o'rtasidagi o'zaro bog'lanishni topish gidrodinamikasining asosiy masalasi hisoblanadi.

Harakat turlari. Harakat vaqtida suyuqlik oqayotgan fazoning hil bir nuqtasida tezlik va bosim vaqt o'tishi bilan o'zgarib tursa, bunday harakat *beqaror harakat* deyiladi. Tabiatda daryo va kanallardagi suvning harakatlari, texnikada trubalardagi suyuqlikning harakati va mexanizmlar qismlaridagi harakatlar asosan boshlanganda va ko'p hollarda butun harakat davomida beqaror bo'ladi. Agar suyuqlik oqayotgan fazoning hil bir nuqtasida tezlik va bosim vaqt bo'yicha o'zgarmay faqat koordinatalarga bog'liq, ya'ni

$$r=f_{11}(x,y,z), \quad u=f_{21}(x,y,z) \quad (3.2)$$

bo'lsa, u holda harakat *beqaror* deyiladi. Bu holda trubalarda va kanallarda suyuqlik ma'lum vaqt oqib turganidan keyin yuzaga kelishi mumkin. Beqaror harakat ikki tur bo'lishi mumkin: *tekis va notekis harakatlar*. Suyuqlik zarrachasi harakat yo'nalishi bo'yicha vaqt o'tishi bilan harakat fazosining bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga o'tganda tezlik o'zgarib borsa, harakat notekis harakat bo'ladi. Notekis harakat vaqtida suyuqlik ichida bosim va bosh gidravlik parametrlar o'zgarib boradi. Notekis harakatni kesimi o'zgarib borayotgan shisha trubada kuzatish juda qulaydir.

Bordi-yu suyuqlik zarrachasi harakat yo'nalishi bo'yicha vaqt o'tishi bilan harakat fazosining bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga o'tganda tezligini o'zgartirmasa, bunday harakat tekis harakat deyiladi. Tekis harakat vaqtida suyuqlikning gidravlik parametrlari o'zgarmaydi. Tekis harakatga

kesimi o'zgaraydigan trubalardagi suyuqlikning va qiyaligi bir xil kanallardagi suv oqimi misol bo'la oladi.

Suyuqlik oqimiga bosimning ta'siriga qarab bosimli va bosimsiz harakatlar bo'ladi.

Bosim va og'irlik ta'sirida bo'ladigan harakatlar *bosimli harakat* deb ataladi. Bosimli harakat vaqtida suyuqlik hil tomondan devorlar bilan o'ralgan bo'lib, erkin sirt bo'lmaydi (ya'ni suyuqlikning bosimi chiqib ketishiga hech qanday imkoniyat yo'q). Bunday harakatga bosimli idishdan trubaga o'tayotgan suyuqlik harakati misol bo'ladi.

Bosimsiz harakat vaqtida suyuqlik faqat og'irlik kuchi ta'sirida harakat qilib erkin sirtga ega bo'ladi. Bunday harakatga daryolardagi, kanallardagi suvning va trubalardagi to'lmasdan oqayotgan suvlarning harakatlari misol bo'la oladi. Bulardan tashqari, suyuqliklarning sekin o'zgaruvchan harakatlari haqida gapirish mumkin bo'lib, biz ular haqida to'xtalib o'tirmaymiz.

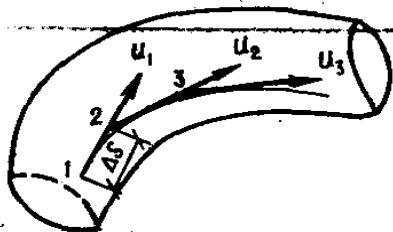
Oqimchali harakat haqida asosiy tushunchalar.

Oqim chizig'i, oqim naychasi va oqimcha. Suyuqlik oqimlari

Odatda, biror voqea yoki hodisani tekshirishda uni butunligicha tekshirib bo'lmagani uchun biror soddalashtirilgan sxema tekshiriladi. Gidravlikada suyuqlik harakati qonuniyatlarining tabiatini eng yaxshi ifodalab beruvchi sxema suyuqlik oqimini elementar oqimchalardan iborat deb qarovchi sxema hisoblanadi. Buni gidravlikada "suyuqlik harakatining oqimchali modeli" deb ataladi. Bu model asosida oqim chizig'i, oqim naychasi va oqimcha tushunchalari yotadi.

a) **Oqim chizig'i** - suyuqlik harakat qilayotgan fazoda suyuqlikning biror zarrachasining harakatini kuzatsak, uning vaqt o'tishi bilan fazoda oldinma-keyin olgan holatlarini nuqtalar bilan ifodalash mumkin va bu nuqtalarda hilkatdagi zarracha (3.1) va (3.2) ga asosan hil xil tezlik va bosimlarga ega bo'ladi. SHu nuqtalarni o'zaro tutashtirsak, suyuqlik zarrachasining traektoriyasi hosil bo'ladi.

Endi, suyuqlik zarrachasining tezligini kuzatamiz. Zarrachaning A nuqtadagi tezlik vektori u_A ni ko'rilayotgan vaqt uchun quramiz. SHu vektorning davomida kichik dl_1 masofadagi V nuqtada harakatdagi suyuqlik zarrachasining V nuqtaga tegishli tezlik vektori u_B ni quramiz. Hosil bo'lgan yangi vektorning davomida kichik dl_2 masofadagi S nuqtada shu nuqtaga tegishli zarracha tezligining vektori u_S ni quramiz. u_S vektorning davomida dl_3 masofadagi D nuqtada shu nuqtaga tegishli zarracha tezligining u_D vektorini quramiz va x.k. Natijada $ASVDE$ siniq chiziqni hosil qilamiz. Agar dl_1, dl_2, dl_3 larni cheksiz kichraytirib borib, nolga intiltirsak, $AVSDE$ o'rnida biror egri chiziqni olamiz. Bu egri chiziq *oqim chizig'i* deb ataladi.



1.10-rasm. Oqim chizig'ini tushuntiriga oid chizma.

Demak, suyuqlik harakatlanayotgan fazoda olingan va berilgan vaqtda hil bir nuqtasida unga o'tkazilgan urinma shu nuqtaga tegishli tezlik vektori yo'nalishiga mos keluvchi egri chiziq oqim chizig'i deb ataladi. Beqaror harakat vaqtida tezlik va uning yo'nalishi vaqt davomida o'zgarib turgani uchun traektoriya bilan oqim chizig'i bir xil bo'lmaydi. Beqaror harakat vaqtida esa tezlik vektorining nuqtalardagi xolati vaqt o'tishi bilan o'zgaraydigan uchun traektoriya bilan oqim chizig'i ustma-ust tushadi.

Oqim naychasi va elementar oqimcha. Endi, suyuqlik harakatlanayotgan soxada biror D nuqta olib, shu nuqta atrofida cheksiz kichik dl kontur olamiz va konturning hil bir nuqtasidan oqim chizig'i o'tkazamiz. U holda oqim chizig'lari *oqim naychasi* deb ataluvchi naycha hosil qiladi. Oqim naychasi ichida oqayotgan suyuqlik *elementar oqimcha* deb ataladi. Elementar oqimchalar beqaror harakat vaqtida quyidagi xususiyatlarga ega

1. Oqim chizig'lari vaqt o'tishi bilan o'zgaraydigan uchun ulardan tashkil topgan elementar oqimcha o'z shaklini o'zgartirmaydi.

2. Bir oqimchada oqayotgan suyuqlik zarrachasi boshqa yonma-yon oqimchalarga o'ta olmaydi. SHuning uchun elementar oqimchalarning yon sirti oqimcha ichidagi zarrachalar uchun ham o'tkazmas sirt bo'ladi.

3. Elementar oqimcha ko'ngdalang kesimi cheksiz bo'lgani uchun bu kesimdagi barcha nuqtalarda suyuqlik zarrachalarining tezligi o'zgaraydigan.

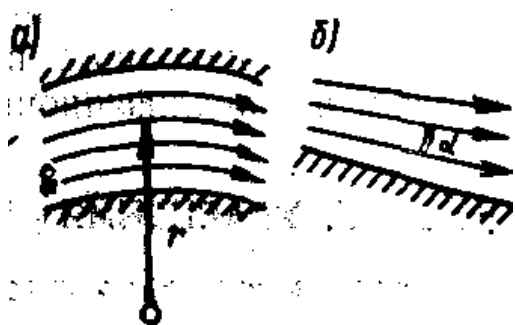
Endi biror S yuza olib, uni cheksiz ko'p dS_1, dS_2, dS_3 elementar yuzalarga ajratish mumkin. SHuning uchun yuzadan oqib o'tayotgan suyuqlik oqmasi cheksiz ko'p elementar oqimchalardan tashkil topgan bo'ladi va hil bir elementar oqimchada suyuqlik tezligi boshqa elementar oqimchalardagidan farq qiladi.

Oqimning asosiy gidravlik elementlari

Suyuqlik oqimining tekshirishda oqim qonunlarini matematik ifodalash uchun uni gidravlik va geometrik nuqtai nazardan hilakterlovchi: 1) harakat kesimi; 2) suyuqlik sarfi; 3) o'rtacha tezlik; 4) 'o'llangan perimetr; 5) gidravlik radius kabi tushunchalar kiritiladi.

Harakat kesimi deb shunday sirtga aytiladiki, uning hil bir nuqtasidan oqim chizig'i 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 sirtidir).

Masalan, radial tarqalayotgan suyuqlik oqimi uchun harakat kesimi sferik sirt bo'lsa, o'zanda va trubada harakat qilayotgan oqmaning harakat kesimi tekis sirtidir. SHunga asosan parallel oqimchali harakatga ega bo'lgan oqimlarning harakat kesim uchun quyidagicha ta'rif berish mumkin: *oqimning umumiy oqim yo'nalishiga normal bo'lgan ko'ngdalang kesimi harakat kesimi deb ataladi*. Oqim harakat kesimining yuzi ω hilfi bilan belgilanadi.



1.11-rasm. Harakat kesimiga oid chizma

Vaqt birligida oqimning berilgan harakat kesimi orqali oqib o'tayotgan suyuqlik miqdori **suyuqlik sarfi** deb ataladi. Sarf Q hilfi bilan belgilanadi va $l/s, m^3/s, sm^3/s$ larda o'lchanadi. Elementar yuza bo'yicha sarfni dQ bilan, birlik yuza bo'yicha sarfni q bilan belgilanadi. Trubadagi (a) va kanaldagi (b) oqimlar uchun tezlik epyuralari keltirilgan. Tezlik suyuqlik oqayotgan idish devorlarida nolga teng bo'lib, devordan uzoqlashgan sari kattalashib borishi rasmda ko'rinib turibdi. Turbada tezlikning eng katta qiymati uning

o'tasida bo'lsa, kanalga erkin sirtga yaqin erda bo'ladi. Ixtiyoriy elementar oqimcha uchun elementar sarf $dQ = u \cdot d\omega$ ga teng. Oqim cheksiz ko'p elementar oqimchalardan tashkil topgani uchun elementar sarflarning yig'indisi, ya'ni butun oqimning sarfi integral ko'rinishda ifodalanadi:

$$Q = \int_{\omega} u \cdot d\omega \quad (3.3)$$

bu erda ω - harakat kesimi; $d\omega$ - harakat kesimining elementar oqimchaga tegishli bo'lagi.

Suyuqlik zarrachalarining hammasi bir xil tezlik bilan harakatlanganda bo'ladigan sarf, 'aqiqiy harakat vaqtidagi sarfga teng bo'ladigan tezlik *o'rtacha tezlik* deb ataladi.

Bu xolda suyuqlik sarfi o'rtacha tezlik orqali quyidagicha ifodalanadi.

$$Q = Vw$$

Harakat kesimi va suyuqlik harakat qilaetgan so'a uchun umumiy bo'lgan chiziq xo'llangan perimetr deyiladi va χ xarfi bilan ifodalanadi. Harakat kesimining xo'llangan perimetrga nisbati gidravlik radius deb ataladi.

$$R = \frac{w}{\chi}$$

Silindrik trubalar uchun $w = \frac{\pi d^2}{4}$, $\chi = \pi d$ bo'lgani sababli gidravlik radius diametrning

tshrtan biriga teng: $R = \frac{d}{4}$.

Sinov savollari

1. Suyuqlik harakatini tushuntiring.
2. Suyuqlik harakat yo'nalishini tushuntiring.
3. Suyuqlikning ko'ndalang kesimi nima?
4. Gidravlik radius nima?

5. Elementar oqimcha nima?
6. Elementar oqimcha harakatini tushuntiring.
7. Harakat turlarini tushuntiring.
8. Oqimchalik harakatning xossalarini ayting.
9. Oqimning asosiy gidravlik elementlarini tushuntiring.
10. Barqaror oqish uchun ilgariylanma harakat tenglamasi qanday integrallanadi?
11. ilgariylanma harakat tenglamasini keltirib chiqaring.
12. ilgariylanma harakat tenglamasining ma'nosini ayting.

Adabiyotlar

1. Umarov A.Yu. Gidravlika. – Toshkent: O'zbekiston, 2002. – 460 b.
2. Chugayev R.R. Gidravlika. Uchebnik. - L.: Energoatomizdat, 1982. - 672 s.
3. Hamidov A.A., Isanov Sh.R. Gidravlika. O'quv qo'llanma. – Toshkent: O'zMU nashri, 2003.