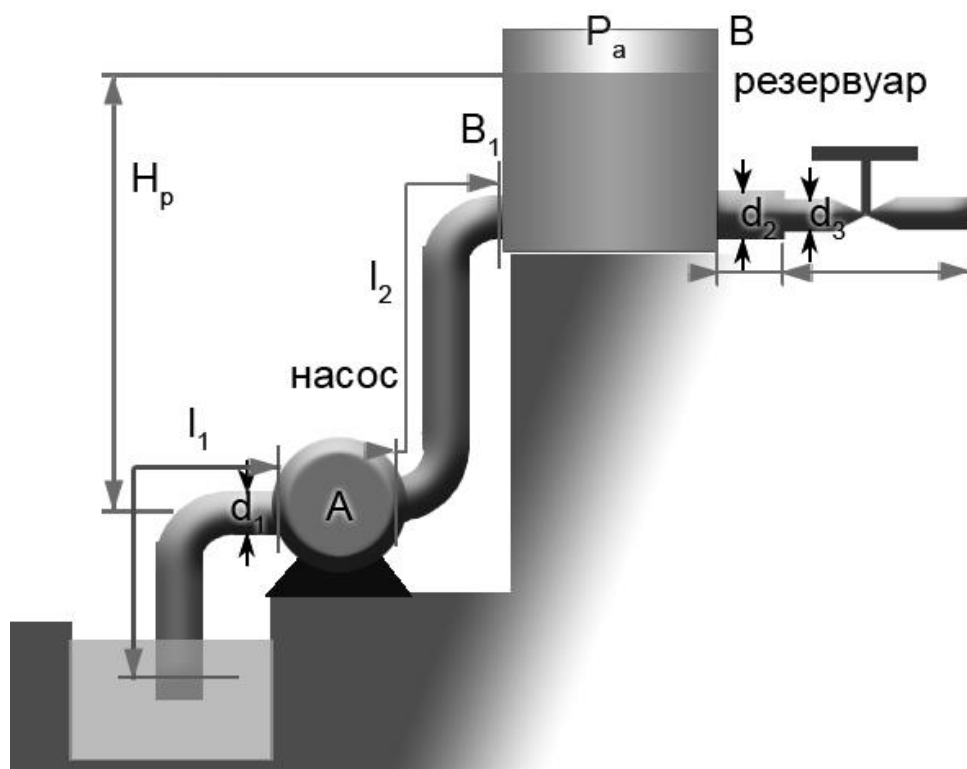


BUXORO MUHANDISLIK –TEXNOLOGIYA INSTITUTI

« TEXNOLOGIYALAR VA JIHOZLAR » KAFEDRASI

«GIDRAVLIKA VA GIDROPNEVMOYURITMALAR» FANIDAN

M A` R U Z A L A R M A T N I



BUXORO – 2013 yil

Tuzuvchilar: t.f.n.Z.F.Djumaev, assn. O.P.Gadoeva.

Taqrizchilar: Buxoro Davlat Universiteti dots. Jumaev J.

“Oliy matematika ” kafedraasi mudiri prof.I.Safarov.

Buxoro MTI «Texnologiyalar va jihozlar » kafedrasining _____ 2013 - yil bayoni № __ bilan 5321500 «Texnologiyalar va jixozlar » (tarmoqlar bo'yicha) yo'nalishi talabalarining foydalanishi uchun uslubiy ko`rsatma sifatida tavsiya etiladi.

BuxMTI uslubiy komissiyasi tomonidan tasdiqlangan. 2013 – yil №__ sonli majlis bayoni.

ANNOTATSIYA

Ushbu uslubiy ko`rsatma 5321500 «Texnologiyalar va jixozlari » (tarmoqlar bo'yicha) yo`nalishi bakalavr talabalari uchun yozilgan bo`lib u ikkita bo`limni o`z ichiga oladi. Uslubiy ko`rsatmada gidravlikaning asosiy tushunchalari, tenglamalari va ularning gidravlik sistemalarini hisoblashda tadbiiq qilinishi haqida ma`lumotlar berilgan. Shu bilan bir qatorda ma`ruza uchun kerakli dastur to`liq bayon etilgan.

Uslubiy ko`rsatma talabalar ma`ruza darslarini o`zlashtirish va topshiriqlarini bajarishda asosiy manba bo`lib xizmat qiladi.

MUNDARAJA

1 ma`ruza.....

2.ma`ruza.....

3 ma`ruza.....

4 ma`ruza.....

5 ma`ruza.....

6 ma`ruza.....

7 ma`ruza.....

8 ma`ruza

9 ma`ruza.....

10 ma`ruza.....

11 ma`ruza.....

12 ma`ruza.....

13 ma`ruza.....

14 ma`ruza.....

15 ma`ruza.....

16 ma`ruza.....

17 ma`ruza.....

18 ma`ruza.....

VI. ADABIYOTLAR.....

1. Hidrostatika bo'limi.

1-Ma`ruza. Hidravlika fanining predmeti. Suyuqliklar to'g'risida asosiy tushunchalar.

Suyuqliklarning muvozanat va harakat qonunlarini hamda bu qonunlarning texnikaning turli soxalariga tatbiq etilishini o'rganuvchi fan gidravlika fani deb aytiladi.

Gidravlika suyuqliklarda kuchlarning tarqalishi va bu kuchlarning harakat davomida o'zgarib borish qonunlarini har xil qurilmalar va mashinalarni hisoblash hamda loyixalashga tadbqiq etish bilan shug'ullanadi.

Gidravlika so'zi yunoncha so'zdan olingan bo'lib (gydor) – suv (aulos) quvurdagi harakat degan ma`noni bildiradi. Hidravlika fani ikki qismdan iborat: “Gidrostatika va gidrodinamika” Gidrostatika qismida suyuqliklarning tinch holatdagi qonunlari o'rganiladi. Buni o'rganishdan maqsad – suyuqliklarning chuqurligi bo'yicha ixtiyoriy nuqtalarda gidrostatik bosimni o'zgarishini aniqlash. Gidrostatik bosimning holatdagi suyuqliklarning turli nuqtalarida har xil bo'ladi. Gidrostatik bosim vaqtga bog'liq emas, u faqat koordinatalarga bog'liq.

$$P = f(x, y, z)$$

Gidrodinamikada suyuqliklar harakat paytidagi gidrodinamik elementlarning o'zgarish qonunlari o'rganiladi, bunda suyuqlikning har xil nuqtalaridan tezlik va P bosimlarning, vaqt o'tishi bilan miqdorlari har xil bo'ladi.

Bundan tashqari U va P lar biron berilgan nuqtada t vaqt ichida o'zgarishi quyidagicha yoziladi.

$$U_x = t_1(x, y, z, t)$$

$$U_y = t_2(x, y, z, t)$$

$$U_z = t_3(x, y, z, t)$$

$$P = t_4(x, y, z, t)$$

Gidrodinamika qismi ikki bo'limdan iborat. Uning birinchi bo'limida gidrodinamikaning asosiy nazariy tenglamalari yoritilgan.

I. Uzliksizlik tenglamasi (suv sarfining balans tenglamasi)

II. D. Bernulli tenglamasi (solishtirma energiyaning balans tenglamasi)

III. Harakat miqdorining gidravlik tenglamasi.

IV. Suyuqlik oqimining barqaror tekis ilgarilanma harakatining asosiy tenglamasi.

V. O'zanlarda suyuqlik harakati paytida ishqalanish natijasida yo'qotilgan nopor (energiya) tenglamasi.

Gidrodinamika qismining ikkinchi bo'limida esa uning birinchi bo'limidagi asosiy nazariy tenglamalarni har xil gidrotexnik inshootlarni gidravlik hisoblashda amaliy qo'llash usullari beriladi.

Bu fan sifatida meloddan oldingi 4000 ming ilgari Xitoy va Suriyadan Keyinrs Ynoniston, Rimda suvdan foydalanish daryolarida to'g'onlar, charxpalakli tegirmonlar qurishni bilganlar.

Gidravlika faniga oid dastlabki qo'lyozma miloddan avval (287 – 212 y) yashagan Ynon fizigi Arximed tomonidan yozilgan «Jismning suzish qonunlari» asari. XV asrga kelib italiyalik olim Leonardo da Vinchi (1452 - 1519) gidravlikaga tegishli masalalardan yangi kashfiyotlar ixtiro etgan. Bular «Daryo va o'zanlarda suv harakatini o'rganish hamda «Suyuqlikning teshikdan oqib chiqishi deb nomlangan»

1612 yilda italiyalik fizik, mexanik hamda astranom Galeleo Goliley «Suvdagi jismning harakati» asari va uning shogirdi Torechellening suyuqliklarning teshikdan oqib chiqishi qonuni ishlab chiqdi.

1650 yilda fransuz matematigi Paskal' «Yopiq idishdagi suyuqlikka tashqaridan berilgan bosim suyuqliklarning barcha nuqtalariga bir xil o'zgarmas miqdorda tarqaldi» deb aniqlagan, 1687 yilda angliyalik olim I.N'yuton suyuqlik harakatida ichki ishqalanish qonuni kashf etdi.

Gidravlika fanini rivojlanishiga asos solgan olimlardan Rus olimi M.Lamanosov va Doniel Bernullilar o'zining «Gidrodinamika» kitobi bilan butun dunyoga mashhur bo'lishdi. Keyinchalik shveytsariyalik olim Leonardo Eyler «Suyukliklarning tinch holati va harakat paytidagi holatlari o'rganib, suyuqlik harakatini differentsial tenglamalarni ishlab chiqqan. Fransuz matematigi Dalanbar suyuqlikning tinch va harakatdagi holatlarini o'rgangan. XVIII asrda kelib asosan Fransiya gidravlika va matematika fanlari bilan bir qatorda texnika soxasi ham rivoj topdi, suyuqliklarning texnik mexanikasi maktabi tashkil toptirildi. Bu maktabda X.Pita, A.Shezi, SH.Borda kabi yirik olimlar maxaliy qarshiliklar ustida ishlab, shu soxadagi masalalarni yechimini berishdi. Gidravlika fanining rivojiga sobiq respublikalar ittifoqidagi olimlardan N.Petrov, N.Jukovskiy, R.Chugaev, Bogolomov va boshqalarni aytish mumkin.

Juda kichik kuchlar ta'sirida o'z shaklini o'zgartiruvchi fizik jismlar suyuqliklar deyiladi. Gidravlikada suyuqliklar ikki gruppaga bo'linadi tomchilanuvchi va gazsimon suyuqliklar. Tomchilanuvchi suyuqliklar bir qancha xususiyatgalarga ega: 1) hajmi bosim ta'sirida juda kam o'zgaradi; 2) temperatura o'zgarishi bilan hajmi o'zgaradi; 3) cho'zuvchi kuchlarga deyarlik qarshilik ko'rsatmaydi; 4) sirtida molekulalararo qovushqoqlik kuchi yzaga keladi va u sirt taranglik kuchini vujudga keltiradi.

Gazlar tomchilanuvchi suyuqliklarga nisbatan tez harakatlanuvchi zarrachalardan iborat bo'lib, ularning hajmi bosim va temperatura ta'sirida tezroq o'zgaradi.

Suyuqliklar tutash jismlar qatoriga kiradi va muvozanat hamda harakat vaqtida doimo qattiq jismlar: suyuqlik solingan idish tubi va devorlariga turba hamda kanallarning devorlari va boshqalar bilan chegaralangan bo'ladi.

Suyuqliklarni fizik xossalari hajmi birligidagi modda og'irligi suyuqliklarning solishtirma og'irligi deyiladi formulasi

$$\gamma = \frac{G}{V}$$

SI sistemasida $\frac{H}{M^3}$ Solishtirma og'irlik hajmi avvaldan ma'lum bo'lgan suyuqliklarning og'irligini o'lchash usuli bilan yoki aro metr yordamida aniqlanadi. Solishtirma hajm og'irlik birligiga to'g'ri kelgan hajmiga aytiladi.

$$V = \frac{V}{G} = \frac{M^3}{H}$$

qarshilik ko'rsatadi. Suyuqliklarni qovushqoqligi qancha yuqori bo'lsa bu qarshilikni engish uchun sarflanadigan kuch ham shuncha katta bo'ladi. Qovushqoqlik darajasi qovushqoqlik koeffitsienti deb ataladi. Qovushqoqlik aniqlanishiga qarab ikki xil bo'ladi dinamik va kinematik qovushqoqlik koeffitsienti deyiladi. Buni I.N'yuton gipotezesi aniqlab bergan.

$$F = \pm \mu \cdot s \frac{du}{dy}$$

Proportionallik koeffitsienti μ dinamik qovushqoqlik koeffitsienti deb qabul qilingan.

$$r = \frac{F}{S} = \pm \mu \frac{d^4}{dy}$$

Nazorat savollar

- 1.Solishtirma og'irlik solishtirma hajmdan qanday farq qilinadi?
- 2.Nisbiy zichlik solishtirma og'irlik orqali qanday ifodalanadi?
- 3.Suyuqliklarning issiqlikdan kengayishi xususiyatidan qaysi maqsadlarda foydalanadi?
- 4.Suyuqliklarning hajmiy siqilish koeffisienti deganda nimani tushunasiz?

Tayanch iboralar;

Suyuqlik, solishtirma , og'irlik, solishtirma hajm, zichlik, issiqlikdan kengayish, siqilish.

2.Ma`ruza. Suyuqliklarni qovushqoqligini aniqlash, ichki ishqalanish tushunchasi. Ideal suyuqlik va uning xususiyatlari.

Gidravlika fanida nazariy tatqiqotlarini soddalashtirish maqsadida ideal suyuqliklardan foydalaniladi. Bosim va harorat ta'sirida o'z hajmini mutloq o'zgartirmaydigan yoki mutloqo siqilmaydigan «o'zgarmas zichlikka ega bo'lgan va ichki ishqalanish kuchi bo'lmagan qovushqoqligi bo'lmagan suyuqliklarga ideal suyuqliklar deb aytiladi. Tabiatda aslida ideal suyuqlik bo'lmaydi, ya'ni tabiatdagi barcha suyuqliklar real suyuqlikdir. Tinch turgan suyuqliklarda urinma kuchlanishlari bo'lmaydi. Harakatdagi suyuqliklarda esa urinma kuchlanish bo'ladi, bunday suyuqliklarning ichida ixtiyoriy ikki qatlam bir biriga nisbatan harakatda bo'ladi va ikki qatlam zarralari orasidagi ishqalanish kuchi paydo bo'ladi, natijada ichki ishqalanish kuchlari muvozanatlashdi.

Demak 1) tinch holatdagi suyuqliklar o'rganilayotganda suyuqliklarni ideal va real turlariga ajratish zarurati yo'q, chunki tinch holatdagi har qanday suyuqlikda urinma kuchlanish bo'lmaydi.

2) Real suyuqliklarning harakati o'rganilayotganda ishqalanish kuchini, ya'ni qovushqoqligini e'tiborga olish shart, chunki qovushqoqlik harakatdagi real suyuqlikning asosiy xossasi hisoblanadi.

Suyuqlik oquvchanlik xususiyatiga ega bo'lishi u qanday shakldagi idishga qo'yilsa, o'sha idish shaklini oladi, ya'ni o'zining barqaror shakliga ega emas. Buning sababi shundaki, suyuqlikning tinch holatida urinma kuchlanish bo'lmaydi

Real suyuqliklar harakatlangan paytda uning ichki qatlamlari (suv bilan suv qatlamlari satxlari va suv bilan devor sathlari) orasidagi satxda ichki ishqalanish kuchlari hosil bo'lib bu qatlamlarning bir-biriga nisbatan siljishiga qarshilik qiladi.

Suyuqlik qatlamlarining orasidagi satxda ishqalanish kuchini engishga, ya'ni qatlamlarning o'zaro siljishiga sarf bo'lgan kuch qovushqoqlik (yoki ichki gidravlik ishqalanish kuchi) deyiladi.

bu erda T – tasir etayotgan ichki ishqalanish kuchi ds – ikki qatlam orasidagi elementar

zarra; μ – dinamik qovushqoqlik koefitsenti. $\frac{du}{un}$ – tezlik

Demak ichki ishqalanish kuchi tezlik gradientiga to'g'ri proporsional. Agar yuqoridagi formulani ds yuziga $\frac{\partial u}{\partial y}$ ga proporsional , ya'ni

$$F = \pm \mu * S \frac{\partial u}{\partial y} ,$$

birlik yuzadagi ishqalanish kuchini topamiz.

$$\tau = \mu \frac{du}{dy}$$

Gidravlikada μ - gidrodinamikada, dinamik qovushqoqlik koefitsienti deyiladi.

Kinematik qovushqoqlik koefitsienti dinamik qovushqoqlik koefitsientining shu suyuqlik zichligiga nisbati bo'lib u V harfi bilan belgilandi.

$$V = \frac{\mu}{\rho}$$

qovushqoqlik suyuqliklarning fizik xossasiga va uning haroratiga bog'liq holda o'zgaradi.

Gidravlikaning amalda qo'llanilishi uchun Hidrodinamikaning ikkinchi bo'limida birinchi bo'limidagi nazariy tinglamalar qo'llanilib har xil gidrotexnik inshootlarni gidravlik hisoblash ishlari bajariladi. Bunda asosan quvurda va ochiq harakatlanayotgan suyuqliklarni shuningdek yer osti suvlarini harakatini va suyuqliklarning teshiklar orqali oqib chiqishi gidravlik operatorlar yordamida o'rganiladi. Gidravlika texnikaning rivojlanishiga shahar va qishloqlarni suv va gaz bilan ta'minlash shaharlarni kanalizatsiya va boshqa kamunikatsiyalarni yaxshilash ishlashini ta'minlash uchun ishlatildi. Hozirgi kunda ko'p qavatli uylarni isitish sistemalari ham gidravlikaning qonunlari asosida hisoblash ishlari va loyixalanadi.

Qovushqoqlik hodisasi suyuqliklar harakatlanayotganda nomoyon bo'ladi va zarrachalarning harakatlanishiga qarshilik ko'rsatadi. Qovushqoqlik qancha yuqori bo'lsa bu qarshilikni yengish uchun sarflanadigan kuch ham shuncha katta bo'ladi. Qovushqoqlik darajasi qovushqoqlik darajasi *qovushqoqlik koefitsienti* deyiladi. Aniqlash usuliga qarab *dinamik* va *kinematik qovushqoqlik koefitsientlari* deyiladi.

Suyuqlikni yuzasi katta bo'lgan idishga solib ,uning yuziga biror plastinka qo'ysak va bu plastinkani ma'lum bir kuch bilan torta boshlasak suyuqlik zarrachalari plastinka sirtiga yopishishi natijasida harakatga keladi. Agar plastinkaning F -kuch ta'sirida olgan tezligi u bo'lsa u bilan yonma-yon turgan zarrachalar ham u tezlikka ega bo'ladi .

Suyuqlik sirtidagi plastinkaga qo'yilgan kuch qancha katta bo'lsa siljish shuncha ko'p bo'ladi. Bu esa qo'yilgan kuch bilan tezlik gradienti orasidagi bog'lanishni ko'rsatadi. Shunday qilib suyuqlikdagi ichki ishqalanish kuchi tezlik gradientiga bog'liq

1686 yili I.N'yuton ana shu bog'lanishni chiziqli bog'lanishdan iborat degan gipotezani oldinga surdi. Bu gipotezaga asosan suyuqlikning ikki harakatlanuvchi qatlamlari orasidagi ishqalanish kuchi F qatlamning tegib turgan sirti S ga va tezlik gradienti $\frac{\partial u}{\partial y}$ ga proporsional ,ya'ni

$$F = \pm \mu * S \frac{\partial u}{\partial y} ,$$

Proportsionallik koefitsienti μ dinamik qovushqoqlik koefitsienti deb qabul qilingan.

Qovushqoqlik koefitsientini birligi SI sistemada. $[\mu] = \frac{[t]}{\frac{\partial u}{\partial y}} = \frac{Hc}{\rho}$;

Qovushqoqlik koefitsientini aniqlash uchun viskozometrda foydalaniladi. Qovushqoqligi suvga nisbatan katta bo'lgan suyuqliklar uchun Engler viskozometri ishlatiladi. U birining ichiga ikkinchisi joylashgan ikkita idishdan iborat bo'lib ular orasidagi bo'shlik suv bilan to'ldirilgan. Ichki idishning siferik tubiga diametri 3 mm bo'lgan naycha kavsharlangan bo'lib u tiqin bilan berkitilgan bo'ladi.

Ichki idish tekshirilayotgan suyuqlik quyilib uning temperaturasi ikki idish oralig'ida suvni isitish yo'li bilan kerakli temperaturaga etkaziladi. Tekshirilayotgan suyuqlikning va $t = 20^{\circ}C$ da distillangan suvning oqib chiqqan vaqtlarining nisbati qovushqoqlikning shartli graduslari yoki engler graduslarini bildiradi:

$${}^0E = \frac{T_{\text{суюк}}}{T_{\text{суг}}};$$

Engler gradusidan $\frac{M^2}{c}$ ga o'tish uchun Ubbelodening empirik formulasidan foydalaniladi. $\nu = (0,0731 {}^0E - \frac{0,0631}{{}^0E}) 10^{-4} M^2 / c$.

Qovushqoqlikni aniqlash uchun kapilyar viskozometr, rotatsion viskozometr, stoks viskozometri va turli viskozimetrdan foydalaniladi.

Qovushqoqlik suyuqliklarning turiga temperaturasiga va bosimiga bog'liq. Temperatura ortishi bilan tomchilanuvchi suyuqliklarning qovushqoqligi kamayadi, gazlarniki esa ortadi.

Turli suyuqliklarning qovushqoqligi boshlang'ich qovushqoqlik va temperaturaga qarab turlicha o'zgaradi. Ko'pincha suyuqliklarning qovushqoqligi bosimning ko'tarilishi bilan ortadi.

2) Suyuqliklar harakatini tekshirishda, odatda, hamma kuchlarni hisobga olishning iloji bo'lmagani uchun suyuqlik muvozanat holatiga yoki harakatiga ta'siri katta bo'lgan kuchlar olinadi va shu usul bilan suyuqliklar uchun ideal va real suyuqliklar moduli tuziladi. Ideal suyuqlik deb, bosim va harorat ta'sirida o'z hajmini mutloqo o'zgartirmaydigan yoki mutloqo siqilmaydigan, o'zgarmas zichlikka ega bo'lgan va ichki ishqalanish kuchi bo'lmagan qovushqoqligi bo'lmagan suyuqliklarga aytiladi.

Aslida har qanday suyuqlik bosim yoki harorat ta'sirida o'z hajmini bir oz bo'lsa ham o'zgartiradi, ularda ichki ishqalanish kuchlari bo'ladi. Demak tabiatda ideal suyuqlik b'lmaydi. Harakatdagi suyuqliklarda esa urinma kuchlanish bo'ladi, bunday suyuqlikning ichida ixtiyoriy ikki qatlam bir-biriga nisbatan harakatda bo'lganda bu ikki qatlam satxlari orasida ishqalanish kuchi paydo bo'ladi, natijada ichki urinma kuchlar muvozanatlashadi.

1) tinch holatdagi suyuqliklar o'rganilayotganda suyuqliklarni ideal va real turlariga ajratish zarurati yo'q, chunki tinch holatdagi har qanday suyuqlikda urinma kuchlanish bo'lmaydi.

2) Real suyuqliklarning harakati o'rganilayotganda ichki ishqalanish kuchini, ya'ni qovushqoqligini e'tiborga olish shart chunki qovushqoqlik harakatdagi real suyuqlikning asosiy xossasi hisoblanadi.

Real suyuqliklar harakatlangan paytda uning ichki qatlamlari (suv bilan suv qatlamlari satxlari va suv bilan devor satxlari) orasidagi satxda ichki ishqalanish kuchlari hosil bo'lib bu qatlamlarning bir-biriga nisbatan siljishiga qarshilik qiladi. *Suyuqlik qatlamlarining orasidagi satxda ishqalanish kuchini engishga, ya'ni qatlamlarning o'zaro siljishiga sarf bo'lgan kuch qovushqoqlik (yoki ichki gidravlik ishqalanish kuchi) deyiladi.*

Nazorat savollar

1 Qovushqoqlik darajasining qovushqoqlik koeffitsiyenti orqali ifodalanishi va uning xillari.

2 Suyuqliklarda ichki ishqalanishi haqida Nyuton gipotezasi qachon aniqlangan

3 Qovushqoqlik koeffitsiyentining SI sistemasidagi birligi qanday bo'ladi

4 Suyuqlikning qovushqoqlik koeffitsiyentini aniqlashda qaysi asbobdan foydalaniladi?

5 Suyuqlik qovushqoqligining bosim va temperaturaga bog'liqligi

6 Ideal va real suyuqlik orasidagi farq nimada?

Tayanch iboralar.

Ichki ishqalanish, qovushqoqlik, qovushqoqlik koeffitsiyenti, kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti, dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti, gipoteza, siljish burchagi, deformatsiya, proporsionallik koeffitsiyenti, zo'riqish, viskozimetr, engler, stoks, kapiliyar, rotatsion, ideal, real.

3.Ma'ruza.Gidrostatik bosim va uning xossalari.Tinch holatdagi suyuqlikning asosiy differentsial tenglamasi.

Gidrostatika – gidravlikaning suyuqliklar muvozanat qonunlarini o'rganadigan bo'limdir. Bu qonunlarni o'rganish suyuqliklar orqali kuchlarni uzatish bilan bog'liq masalalarni hal qilishda muxim ahamiyatga ega, bundan tashqari gidrostatika suyuqliklarga to'liq yoki qisman botirilgan qattiq jismning muvozanat qonunlarini o'rganadi.

Suyuqliklarga ta'sir qiluvchi kuchlar qo'yilish usuliga qarab ichki va tashqi kuchlarga bo'linadi.

Tashqi kuchlar – suyuqlikka boshqa jismlarning ta'sirini ifodalaydi (masalan suyuqlik solingan idish devorlarining ta'siri, ochiq yuzaga ta'sir qilayotgan havo bosimi va xokazo).

Ichki kuchlar-suyuqlik zarrachalarning o'zaro ta'siri natijasida vujudga keladi. Ichki kuchlar siljituvchi kuchlarga ko'rsatiladigan qarshilik sifatida nomoyon bo'ladi va *ichki ishqalanish kuchi* deb ataladi. Tashqi kuchlarni yuza bo'yicha ta'sir qiluvchi kuchlar sifatida ko'rish mumkin. Shuning uchun suyuqliklarga ta'sir qiluvchi kuchlar sirt bo'yicha yoki hajm bo'yicha ta'sir qilishiga qarab sirt kuchlariga va massa kuchlariga bo'linadi.

Sirt kuchlar-ko'rilayotgan suyuqlikning sirtiga ta'sir qiluvchi kuchlardir. Bunga bosim kuchi, sirt taranglik kuchi, ichki ishqalanish kuchi va suyuqlik solingan idish devorining reaksiya kuchlari kiradi.

Ichki ishqalanish kuchi suyuqlik harakat qilgan vaqtda hosil bo'ladi va qovushqoqlik xususiyati yuzaga keladi.

Massa kuchlar –ko'rilayotgan suyuqlikning har bir zarrasiga ta'sir qiladi va uning massasiga proportsional bo'ladi. Gidravlikada massa kuchlar, massaning hajmga nisbatini ifodalovchi, birlik massaga ta'sir qiluvchi kuchlar sifatida ifodalanadi.

Suyuqliklarga ta'sir qiluvchi asosiy kuchlardan biri gidrostatik bosimdir. Ko'rilayotgan S yuzaga ta'sir qiluvchi R kuch gidrostatik bosim kuchi yoki *gidrostatik kuch* deyiladi. R kuch ikkala qismiga nisbatan tashqi kuch, butun hajmga nisbatan esa ichki kuch hisoblanadi. R kuchning S yuzaga nisbati o'rtacha gidrostatik bosim deb ataladi.

$$P = \frac{P}{S}$$

Agar S yuzani kichraytirib borib nolga intilsak ($S \rightarrow 0$) R urt biror chegara qiymatga intiladi.

$$P = \lim_{S \rightarrow 0} \frac{P}{S}$$

Bu qiymat A nuqtaga ta'sir qilayotgan bosimdan iborat bo'ladi va u gidrostatik bosim deyiladi. Tinch turgan suyuqlikdagi bosim ikkita asosiy xossaga ega: birinchi xossa-gidrostatik bosim o'zi ta'sir qilayotgan yuzaga normal bo'yicha yo'naladi. Ikkinchi xossasi –gidrostatik bosim, u ta'sir qilayotgan nuqtada hamma yo'nalishlar bo'yicha bir xil qiymatga ega buni isbotlash mumkin emas.

2). Bosimni o'lchash uchun texnikada quyidagi birliklar ishlatiladi:

1) Kuch birliklarining yuza birliklariga nisbati bilan $\frac{H}{m^2}$; $\frac{\kappa\Gamma}{m^2}$; $\frac{\kappa\Gamma}{cm^2}$; PA (Paskal')
 $= \frac{H}{m^2}$.

2). Suyuqlik ustuning balandliklari bilan. mm suv ustuni, mm simob ustuni.

3). Kuchning biror miqdorining yuza birliklari ma'lum miqdoriga nisbati yoki suyuqlik ustunining ma'lum sonlari bilan o'lchanadi.

Muvozanat holatdagi suyuqliklarga bosim va og'irlik kuchlari ta'sir qiladi. Bosim suyuqlik egallagan hajmning har xil nuqtasida har xil qiymatga ega shuning uchun bosimni x, u, z koordinatalarining funksiyasi deb qaraymiz. Og'irlik kuchining proeksiyalari $\rho X dV$, $\rho U dV$, $\rho Z dV$, bo'lsin, ya'ni

$$G = \{\rho X dV, \rho U dV, \rho Z dV\}.$$

Ox o'q yo'nalishda elementar hajmning uOx tekislikda yotgan sirtga R ga teng , unga parallel bo'lgan sirtga $P + \frac{\partial P}{\partial X} dX$,ga teng bosimlar ta'sir qiladi.

Bu sirlarga ta'sir qiluvchi bosim kuchlari esa o'zaro $pdy * dz$ va

$(P + \frac{\partial P}{\partial X} dX)dy * dz$ ga teng.Olingan elementlar OX o'qi bo'yicha muvozanatda bo'lishi uchun, shu o'q bo'yicha yo'nalgan kuchlar yig'indisi nolga teng bo'lishi kerak

$$pdy * dz - (p + \frac{\partial p}{\partial x} dx)dy * dz + \rho X dx * dy dz = 0$$

Xuddi shuningdek OY o'qi bo'yicha xOY tekislikda yotuvchi sirtga PdX dZ, unga parallel bo'lgan sirtga esa

$$(p + \frac{\partial p}{\partial y} dy)dx * dz \text{ kuchlar ta'sir qiladi.}$$

Shuning uchun elementar hajmning OY o'qi bo'yicha muvozanat sharti quyidagicha bo'ladi;

$$pdx * dz - (p + \frac{\partial p}{\partial y} dy)dx * dz + \rho Y dx * dy * dz = 0 .$$

Shuningdek Oz o'qi bo'yicha $pdx * dy$ va $(p + \frac{\partial p}{\partial z} dz)dx * dy$ kuch ta'sir qiladi va uning muvozanat sharti quyidagicha bo'ladi;

$$pdx * dy - (p + \frac{\partial p}{\partial z} dz)dx * dy + \rho * Z dx * dy * dz = 0 .$$

O'xshash miqdorni qisqartirib va qolgan hadni dx,dy, dz ga bo'lib quyidagi tenglamalar sistemasini olamiz:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \rho X, \quad \frac{\partial p}{\partial y} = \rho Y, \quad \frac{\partial p}{\partial z} = \rho Z, \text{ Hidrostatik bosimning biror koordinata o'qidagi}$$

o'zgarishi zichlik bilan birlik og'irlik kuchining shu o'q yo'nalishidagi proektsiyasi ko'paytmasiga teng ekan ya'ni muvozanatdagi suyuqliklarda bosimning o'zgarishi massa kuchlariga bog'liq.

2). Hidrostatikaning asosiy tenglamasi.

Tinch turgan idishdagi suyuqliqni qaraymiz.Bu suyuqlikka og'irlik kuchi ta'sir etadi.Koordinata o'qlarini shunday yo'naltiramizki Oz o'qi vertikal yuqoriga yo'nalgan bo'lsin.Uholda massa kuchlarining koordinata sistemasidagi proektsiyalari quyidagicha bo'ladi; X=0, U=0, Z=-g.

Gidrostatik bosim p, suyuqlikning erkin sirtidagi bosim P erkin sirt xOy tekisligidan z masofada joylashgan bo'lsin. U holda eyler tenglamasi quyidagicha

$$\text{bo'ladi: } \frac{\partial p}{\partial x} = 0, \frac{\partial p}{\partial y} = 0, \frac{\partial p}{\partial z} = -\rho * g .$$

Bu tenglamalardan bosimning Ox va Oy koordinatalariga bog'liq emasligi kelib chiqadi.U holda quyidagicha bo'ladi. $dp = -\rho g dz$.

Oxirgi tenglamani erkin sirtidagi A nuqttagacha bo'lgan oraliq uchun integrallaymiz va quyidagi tenglamani olamiz;

$p - p_0 = -\rho g(z - z_0)$. $z - z_0$ ning qiymati h ga teng bo'lgani uchun, so'ngi tenglama quyidagicha yoziladi;

$$p = p_0 + \rho gh \text{ yoki } p = p_0 + \gamma h.$$

Bu gidrostatikaning asosiy tenglamasi deyiladi va u suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasidagi bosimni suyuqlik turiga qarab va olingan nuqtaning erkin sirtidan qanday masofaga ekanligiga qarab aniqlanadi.

Gidrostatikaning asosiy tenglamasi; suyuqlik ichidagi ixtiyoriy nuqtadagi bosim p suyuqlik erkin sirtidagi p_0 bilan shu nuqtadagi suyuqlik ustuni bosimining yig'indisiga teng.

Nazorat savollar

1. Tinch turgan suyuqlikka qanday kuchlar ta'sir qiladi.
2. Gidrostatik bosim deb nimaga aytiladi va qanday aniqlanadi?
3. Gidrostatik bosimning ikkita asosiy xossasini ko'rsatib/ ta'riflab / bering.
4. Bosimni o'lchash uchun texnikada qaysi birliklardan foydalaniladi.

Tayanch iboralar

Gidrostatik, bosim, ichki kuch, tashqi kuch, sirt kuch, massa kuch, normal, urinma, paskal, simob ustuni, atmosfera.

4-Ma'ruza. Bosimi teng sirtlar. Suyuqliklarda bosimning uzatilishi. Paskal' qonuni. Gidrostatik mashinalar.

Eyler tenglamalarini integrallashda ularning qulay shaklga keltirish uchun har bir tenglamasini dx , dy , dz larga tegishli ko'paytiramiz va ularni hadma-had qo'shib chiqamiz:

$$\frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz = \rho(Xdx + Ydy + Zdz).$$

Bu tenglamaning chap tomoni bosimning to'liq differentsialini beradi, shuning uchun: $dp = \rho(Xdx + Ydy + Zdz)$.

Hosil bo'lgan tenglama bosim suyuqlik turiga va fazoning nuqtalari koordinatalariga bog'liqligini ko'rsatadi va bosimning ixtiyoriy nuqtadagi qiymatini topishga yordam beradi. Bu tenglama tomchilanuvchi suyuqliklar uchun ham gazlar uchun ham o'rinli bo'lib, gazlar uchun tatbiq qilinganda gazning holat tenglamalari bilan birgalikda va hamma nuqtalarda bosim bir xil bo'lgan sirtni topish mumkin va bu sirtlar bosimi teng sirtlar deyiladi. Shuning uchun bosimi teng sirtlar tenglamasi quyidagicha bo'ladi;

$$Xdx + Ydy + Zdz = 0.$$

Bosimi teng sirtlar xususiy holda suyuqlikning erkin sirti bo'lishi mumkin. Suyuqlikning devor bilan chegaralanmagan sirti erkin sirt deyiladi.

2). Idishda tinch turgan suyuqlikka faqat og'irlik kuchi ta'sir qiladi. U holda birlik massaning proeksiyalari: $X=0, U=0, Z=-g$, bo'ladi. Bu qiymatlarni qo'ysak; $gdz = 0$ ga ega bo'lamiz.

Uni integrallasak; $gz=\text{const}$ bo'ladi va gorizantal tekislikning tenglamasi bo'ladi. SHunday qilib tinch turgan suyuqliklar uchun har qanday gorizantal tekislik bosimi teng sirtidan iborat. Uning havo bilan chegaralangan sirti ham gorizantal bo'lib, u erkin sirt bo'ladi. Erkin sirtida bosim R ekanligini hisobga olib gidrostatikaning asosiy tenglamasi hosil bo'ladi:

$$p = \gamma * h + p_0.$$

2) Suyuqliklarda bosimning uzatilishi. Paskal' qonuni.

Suyuqlik solingan va og'zi porshen' bilan yopilgan idish olamiz. Suyuqlik erkin sirtidagi bosim R bo'lsin. U holda biror A nuqtadagi absalyut bosim $P_A = P_0 + \gamma h_A$ ga, V va S nuqtalarda esa $P_B = P_0 + \gamma h_B$; $P_C = P_0 + \gamma h_C$ ga teng bo'ladi. Agar porshenni ΔL masofaga siljitsak u holda erkin sirtidagi bosim ΔR ga o'zgaradi. Suyuqlikning solishtirma og'irligi bosim o'zgarishi deyarli o'zgarmaydi. A, V, S nuqtalardagi bosim quyidagicha bo'ladi; $P_A^1 = P_0 + \Delta P + \gamma h_A$; $P_B^1 = P_0 + \Delta P + \gamma h_B$; $P_C^1 = P_0 + \Delta P + \gamma h_C$.

Bu holda bosimning o'zgarishi hamma nuqtalar uchun bir xil; $P_A^1 - P_A = \Delta P$; $P_B^1 - P_B = \Delta P$; $P_C^1 - P_C = \Delta P$; Bundan quyidagi xulosa kelib chiqadi: suyuqlikka tashqaridan berilgan bosim suyuqlikning hamma nuqtalariga bir xil miqdorda tushadi va bu Paskal' qonuni deyiladi.

Paskal' qonunini texnikada qo'llanishi.

Gidrostatikaning asosiy qonunlari asosida ishlaydigan mashinalar gidrostatik mashinalar deb aytiladi. Ularda bosimning uzatilishi qonuni (Paskal' qonuni) muxim rol o'ynaydi. Bu mashinalarga gidroresslar, gidroakumlyatorlar, domkratlar va boshqalar kiradi.

Gidroresslardan gidrostatika qonuni asosida katta bosimlarni hosil qilish uchun foydalaniladi. Bu narsa presslash, shtamplash, bolg'alash, materiallarni sinash va boshqa ishlar zarur.

OAV richagning V uchiga Q kuch qo'yilgan bo'lsin, u holda kuch momenti uchun quyidagi tenglamani olamiz:

$$Q * (a + b) = P_1 * a.$$

Bu tenglamadan kichik porshen ostidagi suyuqlik bosimi quyidagiga teng bo'ladi;

$$P_1 = \frac{a + b}{a} Q.$$

U holda kichik porshen ostidagi suyuqlik bosimi quyidagiga teng bo'ladi:

$$p = \frac{P_1}{S_1} = \frac{a + b}{a} \frac{4Q}{\pi d_1^2}.$$

Katta porshen ostidagi bosim esa

$$p + \gamma h = \frac{a + b}{a} \frac{4Q}{\pi d_1^2} + \gamma h, \text{ bu yerda } h - \text{porshenlar ostki sirlari orasidagi geometrik}$$

masofa. Natijada katta porshenga ta'sir qiluvchi kuch quyidagicha topiladi;

$$P_2 = (p + \gamma h) S_2 = \left(\frac{a + b}{a} \frac{4Q}{\pi d_1^2} + \gamma h \right) \frac{\pi d_2^2}{4}.$$

Ko'p hollarda gidrostatik bosim juda katta bo'lgani uchun γh ni hisobga olmasa ham bo'ladi, ya'ni;

$$P_2 = \frac{a+b}{a} \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 Q$$

Gidropresslarda suyuqlikning porshen va silindrlar orasidan sizib o'tishi, tutashtiruvchi turbalardagi qarshilik kuchi yuqorida keltirilgan nazariy hisobdan farq qiladi va u quyidagicha bo'ladi;

$$P_2^1 = \frac{a+b}{a} \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 Q \eta$$

bu yerda η -yuqorida aytilgan xatoliklarni hisobga oluvchi koeffitsienti deb ataladi.

Yopishqoqlik kuchi ikki oraliq qatlamning tezkor harakatlanayotganini tutashgan va sekinroq harakatlanayotganini to'xtatishga va sekinroq harakatlanayotganini tezlatishga intiladi (qattiq jismlar orasidagi sirpanish ishqalishidagi kabi.)

Yopishqoqlik koeffitsienti qalinligi 1 sm va yuzasi 1 sm² bo'lgan suyuqlik qatlami ichida ustki qatlamni ostki qatlamga nisbatan 1 sm/ sek tezlik bilan harakatlantirishi uchun necha dona kuch kerakligini ko'rsatadi. Yopishqoqlik birligi 1 dan – sek/ sm² yoki, xuddi shuning o'zi, 1 g – sm/sek puaz deb ataladi.

Suyuqlik va gazlarning yopishqoqligini o'lchash uchun ishlatiladigan asboblarning viskozimetrlari deb yuritiladi. Yopishqoqlikni aniqlash uchun quyidagilar kuzatiladi: suyuqlikning ingichka kapillyar naychada (Pinkevich viskozimetri) oqishi; oralariga yopishqoq muhit to'ldirilgan ikki tsilindrning bir – biriga nisbatan aylanishi (Volarovich viskozimetri); yopishqoqlik muhitda sharchaning tushishi.

Yopishqoqlik koeffitsienti, tajriba ko'rsatishicha, temperaturaga bog'liq bo'lib, turli moddalar uchun juda keng chegarada o'zgaradi. Quyida ba'zi suyuq va gazsimon moddalarning 18° S dagi yopishqoqlik koeffitsientlari (puazlarda) keltirilgan:

Hamma joyda kesimi birdek bo'lgan gorizontallarda suyuqlik turg'un oqayotgan bo'lsa, oqim kesimining nay devoridan eng uzoq yotgan nuqtalarida tezlik eng katta bo'ladi. Nayning devoriga bevosita tegib turgan suyuqlik zarrachalari qo'zg'almaydi. Tajribadan aniqlanishicha, turbulent oqim vaqtida tezlik shu tezlik tekshirilayotgan joydan devorgacha bo'lgan masofaning tajriban yettinchi daraja ildiziga proporsional.

$$v_x = K \sqrt[7]{r - x}$$

(devor g'adir – budur bo'lganda ildiz darajasi kamroq, masalan olti yoki beshinchi bo'ladi). Suyuqlikning devoriga bevosita yopishgan bir molekulali qatlamni turbulent oqimi vaqtida ham tinch qoladi.

Amaliyot uchun suyuqlikning nayda o'rtacha oqish tezligi muhim ahamiyatga ega. Aftidan, nayning S ko'ndalang kesimidan 1 sekundda oqib o'tayotgan suyuqlik miqdori Q o'rtacha oqish tezligi bilan ko'ndalang kesim yuzasining ko'paytmasiga teng: $Q = v \cdot S$

Gagen (1839y) va undan xabarsiz Puazel' (1841 y) tajriba yo'li bilan suyuqliklarning naylarda oqish tezligini o'rganib, suyuqlikning nay bo'ylab o'rtacha laminar oqish tezligi nay uzunlik birligida bosimning tushuvi bilan nay radiusining kvadratiga proporsional va yopishqoqlik koeffitsientiga teskari proporsional ekanligini aniqladi:

$$\nu = \frac{\rho_1 - \rho_2}{l} \cdot \frac{r_2}{8\eta}$$

$Q = \nu \cdot S$ va dumaloq nay uchun esa $S = \pi r^2$ ekanligidan foydalanib, Gagen – Puazel' qonunini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$Q = \frac{\rho_1 - \rho_2}{l} \frac{\pi r^4}{8\eta}$$

Puazel' qonuni nazariy yo'l bilan N'yuton tenglamasi (3) dan keltirib chiqarish ham mumkin.

Turbulent oqimida oqish tezligi bosim tushushining birinchi darajasiga emas, balki bosim kvadrat ildiziga to'g'ri proporsional.

Shezi formulasini istalgan kesimdagi quvurlar va ochiq tarmoqlar uchun tadbiq etish mumkin; bu holda yuqorida keltirilgan Shezi formulasidagi quvur radiusi (r) ni gidravlik radiusi deb atalgan va oqim ko'ndalang kesimi yuzasining «ho'llovchi perimetrga» (ochiq oqim uchun erkin yuza kengligi ho'llovchi perimetr tarkibiga kirmaydi) nisbatidan iborat bo'lgan r_h bilan almashtirish lozim.

Suyuqlikning nayda oqishini belgilaydigan ikkita har xil ko'rinishdagi qonunlar (Puazel' qonuni va Shezi formulasi) bilan ish ko'rmaslik uchun ba'zida Shezi formulasidan faqat turbulent oqimnigina emas, balki laminar oqimni tekshirish uchun ham foydalaniladi. Bu yo'l laminar oqim uchun oqishga ko'rsatiladigan qarshilik koeffitsienti

$$\lambda = \frac{16\eta}{\rho r \nu}$$

deb qabul qilingandagina to'g'ri natijaga olib kelishi mumkin. (λ ning bu qiymatini Shezi formulasiga qo'yganda Shezi formulasi Puazel' qonuniga aylanib ketishiga ishonch xosil qilish qiyin emas). Demak laminar oqim uchun qarshilik koeffitsienti tezlik ortishi bilan kamaya borar ekan; turbulent oqim uchun λ tezlikka deyarli bog'liq emas.

Agar biror konkret yo'l yopishqoqligi kam bo'lgan suyuqlikning (masalan suv yoki gazlarning) haqiqiy oqishini yopishqoqlik mutlaqo bo'lmagan moddaning, ya'ni ideal suyuqlikning oqishi bilan taqqoslasak, yuqorida aytilganidek, haqiqiy oqish manzarasi (uyurmalar hosil bo'lganligi uchun) ideal suyuqlikning oqish manzarasidan butunlay farq qiladi. Biroq bu yerda asosiy farq suyuqliklarda uyurmalar mavjudligida emas; ideal suyuqliklarda ham uyurmalar mavjud bo'libgina qolmay, ular yopishqoqligiga kichik suyuqliklardagi uyurmalariga o'xshaydi (farq faqat shundaki, birinchi holda ular absolyut turg'un bo'lsa, ikkinchi holda ular asta – sekin tormozlanadilar va natijada ularning energiyasi molekulyar issiqlik harakat energiyasiga aylanadi).

Asosiy farq uyurmalarini yuzaga chiqaruvchi sharoitlardadir: yopishqoqligidir eng kichik suyuqlikda ma'lum harakat tezliklarida uyurmalar hosil bo'lsa, ideal suyuqliklarda ular yuzaga chiqmagan bo'lar edi. Binobarin, yopishqoqlik qanchalik kichik bo'lmasin, qattiq jismni aylanib oquvchi suyuqlik oqimida yopishqoqlik kattaroq (effektiv) ta'sir ko'rsatadigan joylar bo'ladi. Aftidan, faqat bir – biriga juda yaqin qatlamlarning tezliklari kattalik jihatdan keskin farq qiladigan, tezlik gradienti juda katta va shuning uchun ishqalanish kuchi ham katta bo'lgan joylar ana shunday soxa bo'lishi mumkin. Yuqorida aytilganlaridan masalaning asl mohiyati suyuqlik

chegara qatlamining, ya'ni suyuqlik aylanib oqayotgan jismning sirtiga tegib turgan qatlamning tabiatiga bog'lik degan xulosa chiqadi.

Ideal suyuqlik qattiq jismning sirti bo'ylab sirpanishi kerak edi. Haqiqatda esa real suyuqlikning zarrachalari juda yupqa monomolekulyar.

Qatlam holida qattiq jism sirtiga yopishib olib, suyuqlik oqimida ko'zgalmay qoladi. Ikkinchi tomondan, suyuqlikning yopishqoqligi kichik bo'lganda, suyuqlik aylanib oqayotgan jismning sirtiga tegib turgan qatlamning tabiatiga bog'liq degan xulosa chiqadi.

Ideal suyuqlik qattiq jismning sirti bo'ylab sirpanishi kerak edi. Haqiqatda esa real suyuqlikning zarrachalari juda qisqa masofa aylanib oqayotgan qattiq jism sirtidan juda qisqa masofalardayoq oqish tezligi ideal suyuqlikning oqish tezligiga deyarli teng bo'ladi.

To'liq bosim kuchini va uning yo'nalishini aniqlash

To'liq bosim kuchi vektor kattalik bo'lib, u gorizontal P_x va vertikal P_y tashkil etuvchilarning vektor yig'indisidan iborat:

$$\vec{P}_{OPT} = \vec{P}_x + \vec{P}_y .$$

Yuqoriga keltirilgan formulalar bo'yicha gorizontal tashkil etuvchining kattaligi

$$P_x = \gamma \times S_y \times h_0 ;$$

vertikal tashkil etuvchining kattaligi $P_y = \gamma \times W$ formulalar yordamida hisoblanadi.

To'liq bosim kuchi esa uning kattaligi va yo'nalishi bilan ifodalanadi. Silindrlilik sirtga tushadigan bosim kuchining kattaligi vektorlarni ko'chish qoidasiga asosan gorizontal va vertikal tashkil etuvchilar orqali quyidagicha topiladi:

$$P_{OPT} = \sqrt{P_x^2 + P_y^2} .$$

Demak, silindrik sirtga tushadigan bosim uning tashkil etuvchilari P_x va P_y kvadratlarining yig'indisidan olingan ildizga teng. Silindrik sirtga tushadigan bosimning yo'nalishi quyidagi formulalar bilan aniqlanadi:

$$\cos \alpha = \frac{P_x}{P_{OPT}} \text{ eku } \sin \alpha = \frac{P_y}{P_{OPT}} .$$

Kuchning qo'yilish nuqtasi grafik usulda topiladi va kuch yo'nalishi bilan egri sirt kesishgan nuqtada bo'ladi. Bunda α -kuch yo'nalishi bilan gorizontal orasidagi burchakdir.

Texnik gidrodinamika asoslari

Gidravlikaning suyuqliklar harakati qonunlari va ularning harakatlanayotgan yoki harakatsiz qattiq jismlar bilan o'zaro ta'sirini o'rganuvchi bo'limiga 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'ldiruvchi tutash jism deb qaraladi. Bu degan suz tekshirilayotgan fazoning istalgan nuqtasini olsak, shu yerda suyuqlik zarrachasi mavjud demakdir. Hidrostatikada asosiy parametr bosim bo'lsa, gidrodinamikada esa bosim va tezlikdir.

Nazorat savollar

- 1 Suyuqliklar muvozanatining umumiy differensial tenglamasini qaysi olim qachon aniqlagan.
- 2 Hidrostatikaning asosiy tenglamasi qanday qonuniyatini ifodalaydi.
- 3 Bosim teng sirtlar deb nimaga aytiladi?
- 4 Erkin sirt nima?
- 5 Bosimi teng sirtlar va erkin sirtga misol keltiring.

Tayanch iboralar.

Bosimi teng sirt, erkin sirt, eyler, muvoznat holati, integrall

5-ma`ruza: Suyuqlikda jismlarning suzish qonuni. Arximed qonuni. Suyuqlik harakatini kinematikasi.

Jismlarning suyuqlik satxida suzish nazariyasi bizga avvaldan eramizdan 287 – 212 yil ilgari ma`lum bo`lgan Arximed qonuniga asoslangan. Bu qonun quyidagicha suvga botirilgan jismga suv tomonidan itaruvchi (ko`taruvchi) kuch ta`sir etadi. Bu kuch pastdan yuqoriga vertikal yo`nalgan bo`lib, u kuch jism siqib chiqarish suyuqlikning og`irligiga teng. Suvga butunlay botirilgan har qanday ixtiyoriy shakldagi jismni olib, suyuqlik qanday kuch bilan uni tashqariga itarib chiqarishni aniqlaymiz.

Suvga butunlay botirilgan ixtiyoriy shakldagi jismning ko`ndalang kesimining maydonini juda kichik elementar parallelopipedlarga bo`lamiz. Bu parallelopipedlarning ustki va pastki tomonlarining elementar yuzalarini tekis va bir xil deb olamiz. U elementar yuzlarining maydonini ΔW bo`lsin. U holda har bir parallelopipedning ustki tomoniga yo`nalgan bo`ladi.

$$\Delta P_1 = \gamma h_1 \Delta W$$

Pastki tomoniga esa pastdan yuqoriga tik yo`nalgan bo`ladi.

$$\Delta P_2 = \gamma h_2 \Delta W$$

Bu erda h_1 va h_2 – parallelopipedning ustki va pastki tomonlari elementar maydonlari og`irlik markazlarini suv satxiga nisbatan joylashgan chuqurliklari. Parallelopipedga nisbatan elementar teng ta`sir etuvchi ΔP_g bosim kuchi pastdan yuqori yo`nalgan bo`ladi.

$$\Delta P_g = \Delta P_2 - \Delta P_1 = (\gamma h_2 - \gamma h_1) \Delta W$$

Bu yerga ΔV asosi ΔW va balandligi h bo`lgan elementar parallelopipedning hajmi.

Suyuqlikda suzib yurgan qismning suvga botgan eng pastki nuqtasini cho`kish chuqurligi deb ataladi. Uni  $h$  bilan belgilaymiz. Amalda, paraxodda yoki barjalarda to`la yuk bo`lgan holdagi cho`kish chuqurligi uning tashqi devorining sirti bo`yicha perimetrining uzunligi qizil bo`yoqda gorizontaal chiziq bilan belgilanadi, bu chiziq yuk vatar chizigi deb ataladi. Umuman vatar chizigi deb ataladi. Umuman vatar chiziq deb, suzayotgan jismning suyuqlik satxi bilan kesishish tekisligida hosil bo`lgan chiziqqa aytiladi.

Siqib chiqarilgan suv hajmi (suv sigimi) markazi. Jismning G (og`irlik kuchi) ko`yilgan nuqta og`irlik markazi deyiladi va u nuqta shartli belgi  $D$  harfi bilan ifodalanadi. Ko`taruvchi kuch qo`lgan nuqta esa bosim markazi yoki suv sigimi markazi deyiladi va  $D$  harfi bilan ifodalanadi. Bu nuqta suzayotgan jism siqib chiqargan suyuqlik hajmining og`irlik markazida joylashgan. Suyuqlikda suzayotgan jismning og`irlik markazi hatto u qiya holatda bo`lsa ham o`zgarmas bo`ladi.

Suyuqlikda suzayotgan jism siqib chiqargan suyuqlik hajmi u qiya holatda bo`lganda ham o`zgarmaydi, ammo uning joyi va shakli o`zgaradi, faqat siqib

chiqarilgan suv hajmi markazi boshqa chizig'i holatga o'tadi. Shunday qilib, tinch holatdagi suyuqlik sathida suzuvchi jism muvozanatda bo'lishi uchun quyidagi ikki shart bajarilishi kerak:

1. Jism va unga ortilgan yuk og'irliklari ko'taruvchi kuchga teng bo'lishi kerak.
2. Jismning og'irlik markazi va siqib chiqarilgan suv hajmi markazi bir vertikalda (0 – 0 vertikalda) yotishi kerak.

Nazorat savollar

- 1 Suyuqlikka tashqaridan berilgan bosim suyuqlikning hamma nuqtalariga qanday uzatiladi?
- 2 Hidrostatik mashinalar deb nimaga aytiladi va ularning texnikada qanday ahamiyati bor
- 3 Hidropresslardan qaysi maqsadda foydalaniladi va ularda necha tonnagacha kuch hosil qilish mumkin.
- 4 Hidroakumulyatorlarning asosiy vazifasi nimadan iborat.
5. Arximed qonunini va tajribasini ayting.

Tayanch iboralar

Paskal, porshen, gidromashina gidrostatik mashina gidropress, gidroakkumulyator, silindr, koffitsiyent normallashtirish, diafragma, pnevmatik, gidro multiplikator, kuch gidrodvigateli.

6. ma`ruza. Gidrodinamikaning asosiy masalasi va uslubi.

Gidrodinamikada suyuqliklarning harakat qonunlari o'rganiladi. Bu yerda muxandislik gidravlikasi masalalarini yechishda, asosan nuqtalardagi suyuqlik zarrachalari u tezligi va p bosimlar miqdorlarini aniqlash bilan shug'ullaniladi.

Suyuqliklarning harakatga kelishiga ularga tashqaridan qo'yilgan kuchlar: og'irlik kuchi, tashqi bosim kuchi, ishqalanish kuchi, Arximed kuchi va boshqalar sabab bo'ladi. Gidravlikaning gidrodinamika qismida masalalarni echayotganda, tashqaridan qo'yilgan kuchlar ma'lum, ya'ni ularni berilgan deb hisoblab, gidravlikada faqat ichki kuchlarni aniqlash bilan shug'ullaniladi.

Suyuqlik harakati paytida rivojlanayotgan ichki bosimlarni suyuqlik oqimining biror ko'ndalang kesimining maydoniga nisbatan olsak, bunday bosim gidrodinamik bosim deb ataladi. Bu bosim gidrostatik bosim singari shartli belgi p bilan ifodalanadi. Gidrodinamik bosimning gidrostatik bosimdan farqi shundaki, u faqat koordinata o'qi bo'yicha o'zgarmay, vaqt utishi bilan ham o'zgardi. Gidrodinamik bosim faqat ko'ndalang kesimda gidrostatik bosim qonuniga bo'ysunadi. Shunday qilib, suyuqlik harakatlarini o'rganishda asosan ikki xil masalaga duch kelamiz.

1. Tashqi masala – bu holda oqim berilgan bo'lib, shu oqim ichidagi qattiq jismga ta'sir etayotgan kuchlarni aniqlash kerak.
2. Ichki masala – u holda suyuqlikka ta'sir etuvchi tashqi kuchlar (chunonchi, hajmiy kuch, og'irlik kuchi, ishqalanish kuchi va boshqalar) berilgan bo'lib, oqimning gidrodinamik karakteristikasining o'zgarish qonunlari o'rganiladi. Oqimning gidrodinamik karakteristikalari qatoriga: a) suyuqlik zarrachalarining harakati tezliklari; b) undagi gidrodinamik bosimlarning o'zgarishi va boshqalar kiradi.

Suyuqlik bilan band bo'lgan fazoning har xil nuqtasida u tezlik va p bosim har xil bo'ladi. Bundan tashkari u va p lar fazoning berilgan nuqtasida xam vaqt o'tishi bilan o'zgarib boradi. Uni quyidagicha yozish mumkin:

$$u_x = f_1(x, y, z, t);$$

$$u_y = f_2(x, y, z, t);$$

$$u_z = f_3(x, y, z, t);$$

$$p = f_4(x, y, z, t),$$

bu yerda u_x , u_y , u_z tezlikning to'g'ri burchakli koordinata o'qlaridagi proeksiyalar. Agar f_1 , f_2 , f_3 va f_4 funksiyalarning yechimini topganimizda, masalani yechgan bo'lar edik.

Gidravlikada qabul qilingan asosiy nazariy tenglamalar quyidagilar:

1) uzluksizlik tenglamasi

Elementar sarflar tengligidan $u_1 dS_1 = u_2 dS_2$ ekanligi kelib chiqadi. 1-1 va 2-2 kesimlar ixtiyoriy tanlab olinganligi uchun elementar oqimchaning xoxlagan kesimi uchun elementar sarf teng bo'ladi ya'ni

$$u_1 dS_1 = u_2 dS_2 = u_3 dS_3 = \dots u_n dS_n = \text{const}$$

Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki elementar oqimchaning barcha kesimlarida elementar sarf bir xildir va bu tenglamani quyidagicha yozamiz. $\frac{u_1}{u_2} = \frac{dS_2}{dS_1}$ Oqim sarfi

cheksiz ko'p elementar oqimchalar sarflari yig'indisidan iborat ekanligi nazarga olib tenglamaning chap va ung qismini S_1 S_2 .yuzalar bo'yicha olingan integrallar bilan almashtiramiz.

$$\int u_1 dS_1 = \int u_2 dS_2 \text{ tenglamaga asosan } \int u_1 dS_1 = Q_1 S_1, \int u_2 dS_2 = Q_2 S_2 \text{ bo'ladi}$$

Suyuqlik harakat qilayotgan fazoning har bir nuqtasida shu nuqtaga tegishli tezlik va bosim mavjud bo'lib, ular o'z qiymatiga ega bo'ladi, ya'ni tezlik va bosim koordinatlar x , y , z ga bog'liq. Tabiatdagi kuzatishlar shuni ko'rsatadiki, nuqtadagi suyuq zarrachaga ta'sir qilayotgan bosim va tezlik vaqt o'tishi bilan o'zgaradi. Suyuqlik harakat qilayotgan fazoning har bir nuqtasida xayolan tezlik va bosim vektorlarini ko'rib chiqsak, ko'rilayotgan harakatga mos keluvchi tezlik va bosim to'plamlarini ko'z oldimizga keltiramiz. Ana shu usul bilan tuzilgan tezlik to'plami tezlik maydoni deyiladi. Xuddi 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 p bilan belgilaymiz va uni sodda qilib bosim deb aytamiz. Tezlikni esa u bilan belgilaymiz.

U holda tezlikning koordinata chiziqlaridagi proeksiyalari u_x , u_y , u_z bo'ladi.

Yuqorida aytilganga asosan suyuqlik parametrlari funksiya ko'rinishida yoziladi:

$$p = f_1(x, y, z, t); \quad u = f_2(x, y, z, t).$$

Tezlik proyeksiyalari 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 gidrodinamikaning asosiy masalasi hisoblanadi. Gidrodinamika masalalarini hal qilish nazariy tekshirishlar va tajribalar o'tkazish, so'ngra olingan natijalarni o'zaro taqqoslash usuli bilan olib boriladi.

Nazariy tekshirishlar harakatini ifodalovchi differentsial tenglamalar tuzish va ularni echish yoki o'xshashlik nazariyasi asosida asosiy parametrlar orasidagi munosabatlarni topishga olib keladi. Tajribalar esa turli o'lchov asboblari yordamida harakat parametrlarini topishga yordam beradi.

Suyuqlikning barqaror va beqaror harakatlari

Harakat vaqtida suyuqlik oqayotgan fazoning har bir nuqtasida tezlik va bosim vaqt o'tishi bilan o'zgarib tursa, bunday harakatga beqaror harakat deyiladi. Tabiatda daryo va kanallardagi, texnikada trubalardagi suyuqlikning harakati asosan boshlanganda va ko'p hollarda butun harakat davomida beqaror bo'ladi.

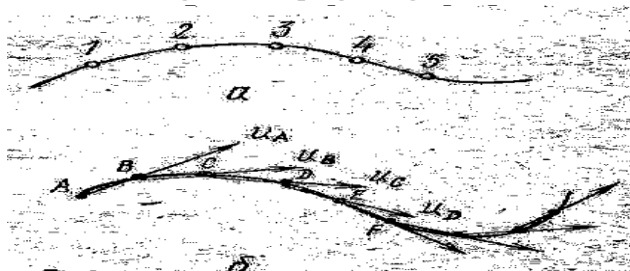
Agar suyuqlik oqayotgan fazoning har bir nuqtasida tezlik va bosim vaqt bo'yicha o'zgarmasa va faqat koordinatalariga bog'liq bo'lsa,

$$p = f(x, y, z); \quad u = f(x, y, z),$$

bunday harakatga barqaror harakat deyiladi. Bu hol truba va kanallarda suyuqlik ma'lum vaqt oqib turganda yuzaga kelishi mumkin. Oqim chizig'i, oqim trubkasi va oqimcha haqida tushuncha. Elementar oqimchalarning barqaror harakat vaqtidagi xususiyatlari.

Odatda biror voqea yoki hodisani tekshirishda uni butunligicha tekshirib bo'lmagani uchun biror soddalashtirilgan sxema qabul qilinadi va shu sxema asosida 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 trubkasi va oqimcha tushunchalari yotadi.

a) Oqim chizig'i –suyuqlik harakat qilayotgan fazoda suyuqlikning biror zarrachasining harakatini kuzatsak, uning vaqt o'tishi bilan oldinma-ketin olgan vaziyatlarini 1,2,3... nuqtalar bilan ifodalash mumkin (1- rasm) va bu nuqtalarda harakatdagi zarracha har xil tezlik va bosimga ega bo'ladi. Shu nuqtalarni chiziq bilan tutashtirsak, suyuqlik zarrachasining traektoriyasi hosil bo'ladi. endi, suyuqlik zarrachasining tezligini kuzatamiz. Zarrachaning ko'rilayotgan vaqtda A nuqtadagi tezlik vektorini ko'ramiz. Shu vektor davomida A dan dl_1 masofada turgan V nuqtada harakatdagi suyuqlik zarrachasining V nuqtaga tegishli tezlik vektori $\overline{u_B}$ ni ko'ramiz.



1- rasm. Oqim chizig'ining tushuntirishga oid chizma:
a- traektoriya, b-oqim chizig'i.

Hosil bo'lgan yangi vektorning davomida V dan dl_2 masofadagi S nuqtada shu nuqtaga tegishli zarracha tezligining vektorini ko'ramiz.

$\overline{u_C}$ vektorning davomida dl_3 masofadagi D nuqtada shu nuqtaga tegishli zarracha tezligining $\overline{u_D}$ vektorini ko'ramiz va x.k. Natijada AVSDE siniq chiziqni hosil qilamiz (1-rasm). Agar dl_1, dl_2, dl_3 larni cheksiz kichraytira borib, nolga intiltirsak,

AVSDE o'rnida biror egri chiziqni hosil qilamiz. Bu egri chiziq oqim chizig'i deb ataladi.

Yuqorida aytilgandan ko'rinib turibdiki, oqim chizig'i deb suyuqlik harakatlanayotgan fazoda olingan va berilgan vaqtda har bir nuqtasida unga o'tkazilgan urinma shu nuqtaga tegishli tezlik vektori yo'nalishiga mos keluvchi egri chiziqqa aytiladi. Beqaror harakat vaqtida tezlik va uning yo'nalishi vaqt davomida o'zgarib targani uchun trayektoriya bilan oqim chizig'i bir xil bo'lmaydi. Barqaror harakat vaqtida esa, tezlik vektori nuqtalarining vaziyati vaqt o'tishi bilan o'zgarmagani uchun, trayektoriya bilan oqim chizig'i ustma-ust tushadi.

Oqim trubkasi. endi, suyuqlik harakatlanayotgan soxada biror A nuqta olib, shu nuqta atrofida cheksiz kichik dl kontur ajratamiz va shu konturning har bir nuqtasidan oqim chizig'i o'tkazamiz. U holda oqim chiziqlari oqim trubkasi deb ataluvchi trubka hosil qiladi (2-rasm). Oqim trubkasida harakatlanayotgan suyuqlik elementar oqimcha deb ataladi.



2- rasm. Oqim trubkasi.

Elementar oqimcha uchun suyuqlik sarfi.

Suyuqlik harakatini tekshirishda muhim ahamiyatga ega bo'lgan miqdorlardan biri harakat kesimidir.

Harakat kesimi deb shunday sirtga aytiladiki, uning har bir nuqtasida oqim chizig'i normal bo'yicha yo'nalgan bo'ladi.

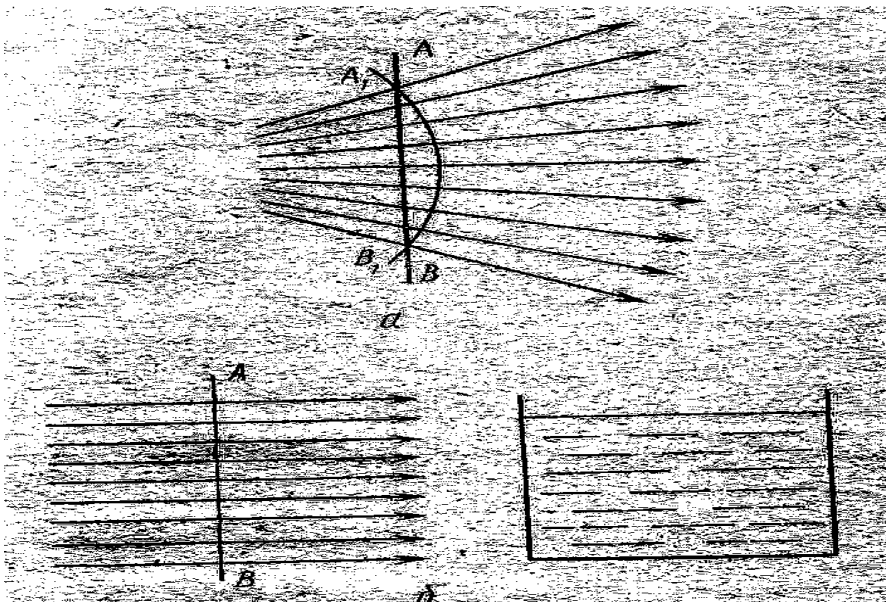
Umumiy holda harakat kesimi egri sirt bo'lib (3-rasm), parallel oqimchali harakatlar uchun tekislikning bo'lagidan iborat (ya'ni tekis sirt) dir. Masalan, radial tarqalayotgan suyuqlik oqimi uchun harakat kesimi sferik sirt bo'lsa, o'zanda va trubada harakat qilayotgan oqimning harakat kesimi tekis sirtidir (3-rasm).

Elementar oqimchalar barqaror harakat vaqtida quyidagi xususiyatlarga ega bo'ladi:

1.Oqim chiziqlari vaqt o'tishi bilan o'zgarmagani uchun ulardan tashkil topgan oqim trubkasi 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, tashqaridagi zarrachalar uchun ham o'tkazmas sirt bo'ladi.

3.Elementar oqimcha ko'ndalang kesimi cheksiz kichik bo'lgani uchun bu kesimdagi barcha nuqталarda suyuqlik zarrachalarining tezligi o'zgarmasdir.



3- rasm. Harakat kesimi.

Elementar oqimchanning harakat kesimidan vaqt birligida o'tayotgan suyuqlik miqdoriga uning sarfi deyiladi. Elementar oqimchanning sarfini hisoblash uchun tezlik uni harakat tezligi yuzasiga ko'paytiramiz.

$$dq = u dS.$$

Bu miqdorni soddalashtirib, elementar sarf deb ham atash mumkin.

Nazorat savollari

1. Absolyot bosim qanday aniqlanadi. Formulasini yozib ko'rsating.
2. Atmosfera bosima nima?
3. Manometrik bosimni boshqacha qanday atash mumkin.
4. Suyuqlikning pezometrik balandligi nima?
5. Hidrostatik bosim deb nimaga aytiladi?

Tayanch iboralar Absolyut bosim, ortiqcha bosim, atmosfera bosim, manometrik bosim, pezometrik balandlik, vakuummetrik bosim, gidrostatik bosim, pezometr, manometer, suyuqlik manometri, differensial manometer, vakuummetr, mikromanometr, mexanik asbob, prujinali manometr, membranali manometer.

7 ma'ruza. Suyuqlik oqimi, uning harakat kesimidagi sarfi.

- I. Suyuqlik oqimi, uning harakat kesimidagi sarfi.
- II. O'rtacha tezlik.

Suyuqlik oqayotgan soxaning kesim yuzasi S ni ds elementar yuzalarga ajratish mumkin (4 - rasm). S yuzadan oqib o'tayotgan suyuqlikni oqim deb atasak, u cheksiz ko'p elementar oqimchalardan tashkil topgan bo'ladi va har bir elementar oqimchada suyuqlik tezligi boshqa elementar oqimchalardagidan farq qiladi. Elementar oqimchalardagi kabi, oqimning barcha oqim chiziqlariga tik bo'lgan yuza oqimning harakat kesimi deyiladi.

Suyuqlik sarfi deb, vaqt birligida oqimning berilgan harakat kesimi orqali oqib o'tayotgan suyuqlik miqdoriga aytiladi. Sarf Q harfi bilan belgilanadi va

$\pi/c, m^3/c, m^3/coam$ larda o'lchanadi. Elementar yuza bo'yicha sarf dq bilan, birlik yuza bo'yicha sarf q bilan belgilanadi.

4 - rasmda trubadagi (a) va kanaldagi (b) oqimlar uchun tezlik epyralari keltirilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, tezlik suyuqlik oqayotgan idish devorlarida nolga teng bo'lib devordan uzoqlashgan sari orta boradi.

Trubada tezlikning eng katta qiymati uning o'rtasida, kanalda erkin sirtga yaqin sirtga yaqin erda bo'ladi. Ixtiyoriy elementar oqimchalardan tashkil topgani uchun elementar sarflar yigindisi butun oqimning sarfi integral ko'rinishda ifodalanadi:

$$Q = \int u d\omega, \quad (1)$$

Bu erda ω - harakat kesimi; $d\omega$ - harakat kesimining elementar oqimchaga tegishli kismi.

O'rtacha tezlik deb, shunday tezlikka aytiladiki, suyuqlik zarrachalarining hammasi shu tezlik bilan harakatlanganda bo'ladigan sarf haqiqiy harakat vaqtidagi sarfga teng bo'ladi, 3 - rasmlarda (a, b) haqiqiy tezlik epyurasi punktir chiziq bilan belgilangan bo'lib, punktirli strelkalarning uchini birlashtiradi. O'rtacha tezlik v harfi bilan belgilanadi va sarfni harakat kesimiga bo'lish yo'li bilan topiladi:

$$v = \frac{Q}{\omega} = \frac{\int \omega v \cdot d\omega}{\omega} \quad (2)$$

Bu holda suyuqlik sarfi o'rtacha tezlik orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$Q = v \cdot \omega. \quad (3)$$

Harakat kesimi va suyuqlik harakat qilayotgan soxa uchun umumiy bo'lgan chiziq xo'llangan perimetr deyiladi va χ harfi bilan ifodalanadi.

Harakat kesimining xo'llangan perimetrga nisbati gidravlik radius deb ataladi:

$$R = \frac{\omega}{\chi}.$$

Silindrik trubalar uchun $\omega = \pi d^2$, $\chi = \pi d$ bo'lgani sababli gidravlik radius diametrning to'rtidan biriga teng:

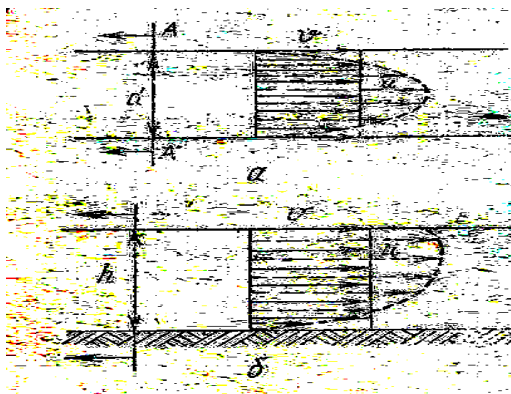
$$R = \frac{d}{4}.$$

Nosilindrik trubalar uchun gidravlik radius tushunchasidan foydalanib, ekvivalent diametr kiritiladi. Ekvivalent diametr gidravlik radiusning to'rtga ko'paytirilganiga teng:

$$d_{\text{e}} = 4R.$$

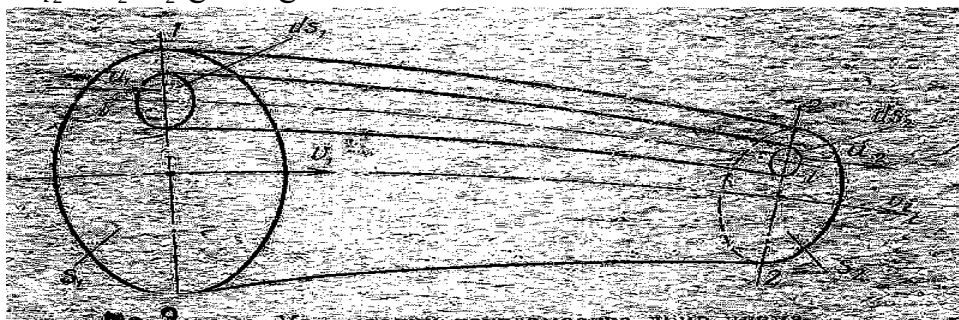
Elementar oqimcha uchun uzluksizlik tenglamasi

Yuqorida aytib o'tilganidek, gidravlikada suyuqliklar tutash muhitlar deb ataladi (ya'ni harakat fazosining istalgan nuqtasida suyuqlik zarrachasini topish mumkin). Elementar oqimcha va oqim uchun uzluksizlik tenglamasi suyuqlik tutash oqimining matematik ifodasi bo'lib xizmat qiladi. Suyuqlikning barqaror harakatini ko'rib chiqamiz.



4 - rasm. Tezlik epyurasi (punktir chiziq) va o'rtacha tezlik (tutash chiziq): a- trubalarda, b- kanallarda.

Elementar oqimcha uchun uzluksizlik tenglamasini chiqaramiz. Oqimda harakat o'qi 1-1 bo'lgan elementar oqimchani olib, uning 1-1 va 2-2 kesimlar orasidagi bo'lagini tekshiramiz (5 - rasm). 1-1 kesimning yuzasi dS_1 ning tezligi u_1 , 2-2 kesimning yuzasi dS_2 ning tezligi u_2 bo'lsin va bu kesimlarda tegishli elementar sarflar $q_1 = u_1 dS_1$ va $q_2 = u_2 dS_2$ ga teng bo'lsin.



5 - rasm. Uzilmaslik tenglamasiga doir chizma.

Bu holda 1-1 va 2-2 kesimlar orqali o'tuvchi bu elementar sarflar

$$q_1 = q_2 \quad (4)$$

bo'ladi. Buni isbotlash uchun quyidagi ikki holni ko'ramiz:

1. $q_1 > q_2$ bo'lsin. Bu holda 1-1 va 2-2 kesimlar o'rtasida suyuqlik to'planishi yoki elementar oqimcha devorlari orqali tashqariga chiqishi mumkin degan xulosa chiqadi. Yuqorida aytilganidek, elementar oqimcha devoridan suyuqlik o'tmaydi va elementar oqimchanning ko'ndalang kesimlari o'zgarmasdir. Demak, bu taxmin notug'ri ekanligi ko'rinib turibdi.

2. $q_1 < q_2$ bo'lsin. Bu holda 1-1 va 2-2 kesimlar orasiga qayerdandir suyuqlik qo'shilib turishi yoki elementar oqimcha devori orqali ichqariga o'tib turishi kerak. Yuqoridagiga asosan bunday taxmin ham noto'g'ri ekanligi ko'rinadi. Shunday qilib (4) tenglik to'g'ri ekanligi isbotlandi.

Elementar sarflar tengligidan

$$u_1 dS_1 = u_2 dS_2 \quad (5)$$

ekanligi kelib chiqadi.

1-1 va 2-2 kesimlar ixtiyoriy tanlab olinganligi uchun elementar oqimchanning xoxlagan kesimi uchun elementar sarf teng bo'ladi, ya'ni

$$u_1 dS_1 = u_2 dS_2 = u_3 dS_3 = \dots u_n dS_n = \text{const}.$$

(5) tenglama elementar oqimcha uchun uzluksizlik tenglamasi deb ataladi. Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, elementar oqimchaning barcha kesimlarida elementar sarf bir xildir. (5) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{dS_2}{dS_1}.$$

Bundan elementar oqimchaning ixtiyoriy ikkita kesimidagi tezliklar bu kesimlar yuzasiga teskari proportsional ekanligi kelib chiqadi.

Oqim uchun uzluksizlik tenglamasini chiqaramiz. Bu maqsadda elementar oqimcha uchun olingan uzluksizlik tenglamasidan foydalanamiz. Oqim sarfi cheksiz ko'p elementar oqimchalar sarflari yig'indisidan iborat ekanligini nazarga olib, (5) tenglamaning chap va o'ng qismini s_1 va s_2 yuzalar (5 - rasm) bo'yicha olingan integrallar bilan almashtiramiz:

$$\int_{s_1} u_1 dS_1 = \int_{s_2} u_2 dS_2.$$

(1) tenglama asosan

$$\int_{s_1} u_1 dS_1 = v_1 S_1, \quad \int_{s_2} u_2 dS_2 = v_2 S_2.$$

bo'ladi. Shuning uchun

$$v_1 S_1 = v_2 S_2. \quad (6)$$

Tanlab olingan 1-1 va 2-2 kesmalar ixtiyoriy bo'lgani uchun

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 = v_3 S_3 = \dots v_n S_n = \text{const}.$$

Bu oqim uchun uzluksizlik tenglamasidir. Bu tenglamadan ko'rinadiki, oqimning yo'nalishi bo'yicha ko'ndalang kesimlar yuzasi va tezligi o'zgarib boradi. Lekin sarf o'zgarmaydi. (6) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1},$$

ya'ni oqimning ko'ndalang kesimidagi o'rtacha tezlik tegishli kesimlar yuziga teskari proportsionaldir.

Nazorat savollari

1. O'rtacha tezlik deb nimaga aytiladi.
2. Elementar oqimcha uchun uzluksizlik tenglamasini chiqarib bering.
3. Trubada tezlikning eng katta qiymati uning qaysi qismida bo'ladi.

Tayanch iboralar.

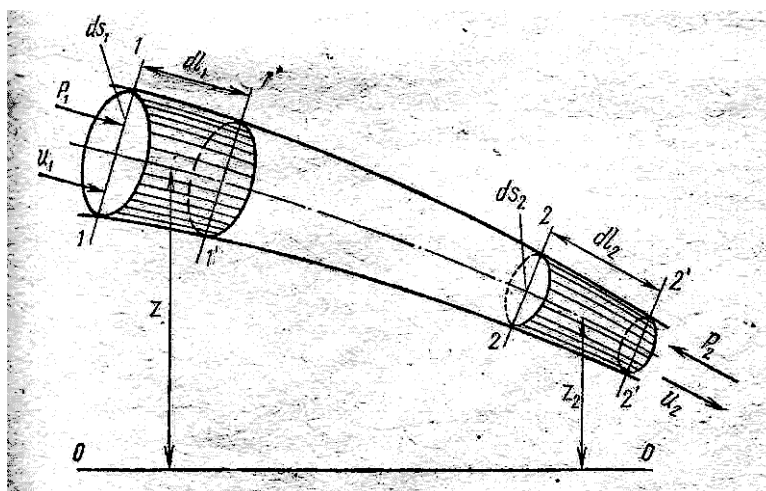
Bosim kuchi, erkin sit, static moment, og'irlik markazi, koordinata, to'liq bosim kuchi, bosim markazi, inersiya momenti.

8 ma'ruza Ideal va real suyuqlik oqimchasi uchun Bernulli tenglamasi.

Bernulli tenglamasini chiqarish uchun kinetik energiyaning o'zgarishi qonunidan foydalanamiz. Harakat o'qi 1-1 bo'lgan biror elementar oqimcha ajratib, uning 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' kesimlar orasidagi vaziyatga keladi (6 - rasm).

1-1 kesimning yuzasi ds_1 , bu yuzaga ta'sir qiluvchi kuch p_1 va tezlik u_1 bo'lsin, 2-2 kesimning yuzasi esa ds_2 unga ta'sir qiluvchi kuch p_2 tezlik esa u_2 bo'lsin, kinetik energiyaning o'zgarish qonunini elementar oqimchaning ana shu harakatdagi bo'lagiga tadbiiq qilamiz. Bu qonunga asosan biror jism harakati vaqtida uning kinetik energiyaning o'zgarishi, shu jismga ta'sir qilayotgan kuchlar bajargan ishlarning yig'indisiga tengdir. Buning matematik ifodasi quyidagicha bo'ladi: bu erda $d \cdot \left(\frac{mu^2}{2} \right)$ - kinetik energiyaning dt vaqtda o'zgarishi, $\sum Pi$ - barcha kuchlar bajargan ishlarning yig'indisi.

Endi, elementar oqimcha bo'lagining 1-1 va 2-2 kesimlar orasidagi vaziyatdan dt vaqt ichida 1'-1' va 2'-2' kesimlar orasidagi vaziyatga kelganda uning kinetik energiyaning o'zgarishini ko'ramiz. Harakat barqaror bo'lgani uchun bu o'zgarish 1-1 va 1'-1' kesimlar orasidagi bo'lak bilan 2-2 va 2'-2' kesimlar orasidagi bo'lak kinetik energiylarning ayirmasiga teng.



6 - rasm. Ideal suyuqlik uchun Bernulli tenglamasiga doir chizma.

$$d \cdot \left(\frac{mu^2}{2} \right) = \sum Pi, \quad (7)$$

1-1 va 1'-1' kesimlar orasidagi bo'lakning kinetik energiyasi, uning massasi m_1 bo'lsa, $\frac{m_1 u_1^2}{2}$ ga teng bo'ladi. 2-2 va 2'-2' kesimlar orasidagi bo'lakning kinetik energiyasi esa $\frac{m_2 u_2^2}{2}$ ga teng. Demak, ko'rilayotgan 1-1 va 2-2 kesimlar orasidagi bo'lakning kinetik energiyasi dt vaqtda quyidagi miqdorga o'zgaradi:

$$\frac{m_2 u_2^2}{2} - \frac{m_1 u_1^2}{2}. \quad (8)$$

Ikkinchi tomondan, 1-1 va 1'-1' kesimlar orasidagi bo'lak massasi uning hajmi $ds_1 \cdot dl_1$ bilan zichligining ko'paytmasiga teng, ya'ni

$$m_1 = \rho ds_1 dl_1.$$

Shuningdek 2-2 va 2'-2' kesimlar orasidagi bo'lakning massasi
 $m_2 = \rho ds_2 dl_2 \cdot dl_1$ va dl_2 nap dt vaqt ichida 1-1 va 2-2 kesimlarning yurgan yo'lini
 ko'rsatadi, shuning uchun
 $dl_1 = u_1 dt$ $dl_2 = u_2 dt$ (9)

u holda m_1 va m_2 uchun quyidagi munosabatni olamiz:

$$m_1 = \rho ds_1 u_1 dt. \quad m_2 = \rho ds_2 u_2 dt.$$

Bu munosabatni (7) ga qo'ysak va uzluksizlik tenglamasidan $q = u_1 ds_1 = u_2 ds_2$ ekanligini nazarga olsak, kinetik energiyaning o'zgarishi quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{m_2 u_2^2}{2} - \frac{m_1 u_1^2}{2} = \frac{\rho q dt u_2^2}{2} - \frac{\rho q dt u_1^2}{2} = \rho q dt \cdot \left(\frac{u_2^2}{2} - \frac{u_1^2}{2} \right). \quad (10)$$

Endi, bajarilgan ishlarni tekshiramiz. Bu ishlar 1-1 va 2-2 kesimlarga ta'sir qiluvchi gidrodinamik kuchlarning va og'irlik kuchining bajargan ishlaridir. elementar oqimchani yon sirtlariga ta'sir qiluvchi bosim kuchining bajargan ishi nolga teng ekanligi harakatning barqarorligidan ko'rinadi.

1-1 kesimga ta'sir etuvchi p_1 bosimning bajargan ishi A_1 , 2-2 kesimga ta'sir etuvchi p_2 bosimning bajargan ishi A_2 bilan belgilanadi.

6 - rasmdan ko'rinib turibdiki,

$$A_1 = p_1 ds_1 dl_1, \quad A_2 = p_2 ds_2 dl_2.$$

3 ni nazarga olsak va uzluksizlik tenglamasidan foydalansak, quyidagi munosabat kelib chiqadi:

$$A_1 = p_1 q dt, \quad A_2 = p_2 q dt. \quad (11)$$

Og'irlik kuchi bajargan ishni A_3 deb belgilaymiz. Bu ish 1'-1' va 2-2 kesimlar orasidagi bo'lak o'z vaziyatini saqlagani uchun 1-1 va 1'-1' kesimlar orasidagi bo'lak bilan 2-2 va 2'-2' kesimlar orasidagi bo'laklar markazlarining vertikal o'q bo'yicha vaziyatlari z_1 va z_2 farqiga ko'paytirilganiga teng:

$$A_3 = G \cdot (z_1 - z_2),$$

lekin,

$$G = \gamma ds_1 \cdot dl_1 = \gamma ds_1 \cdot u_1 \cdot dt = \gamma q dt; \quad G = \gamma ds_2 \cdot dl_2 = \gamma ds_2 \cdot u_2 \cdot dt = \gamma q dt,$$

bo'lgani uchun

$$A_3 = \gamma q dt \cdot (z_1 - z_2). \quad (12)$$

Endi, (10), (11) va (12) larni (7) ga keltirib qo'ysak, elementar oqimcha uchun kinetik energiyaning o'zgarish qonunini hosil qilamiz:

$$\rho \cdot q dt \cdot \left(\frac{u_2^2}{2} - \frac{u_1^2}{2} \right) = p_1 q dt - p_2 q dt + \gamma q dt \cdot (z_1 - z_2),$$

bu yerda p_2 kuch suyuqlik harakatiga teskari yo'nalgan bo'lgani uchun tenglamaning o'ng tomonidagi ikkinchi had A_2 manfiy ishora bilan olindi. Oxirgi tenglamaning ikki tomonini $\gamma q dt$ ga bo'lsak, u holda

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

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

$$\frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2. \quad (13)$$

Shunday qilib, oqimcha uchun Bernulli tenglamasi kinetik energiyaning o'zgarish qonunini ifodalaydi.

Nazorat savollari

1 Ideal suyuqlik oqimchasi uchun Bernulli tenglamasini yozib ko'rsating va qaysi energiyaning qonunidan foydalaniladi?

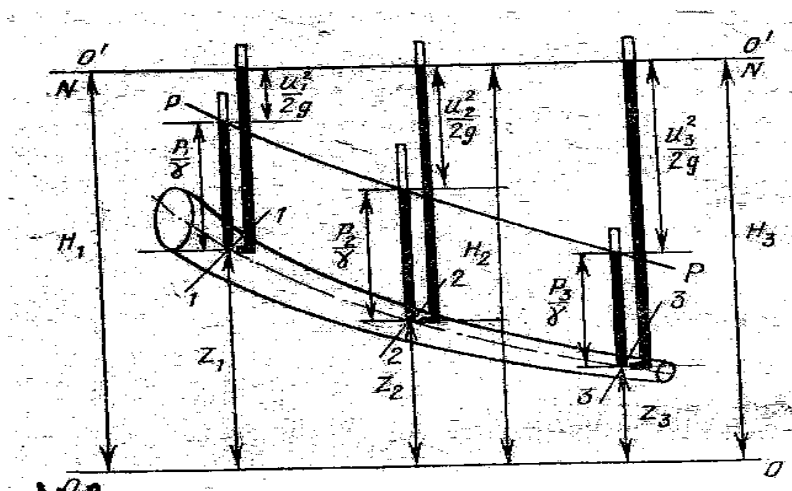
2 Bernulli tenglamasining qanday xossalari mavjud?

3 Tezlik balandlik deb nimaga aytiladi/?

4 P'ezometrik chiziq deganda nimani tushunasiz?

Tayanch iboralar

Bernulli, kinematik energiya, uzluksizlik energetik xossa, geometric xossa. Pezometr, pezometrik chiziq, tezlik balandligi.



7 - rasm. Ideal suyuqlik uchun Bernulli tenglamasining geometrik ma'nosini tushuntirishga doir sxema.

9 ma'ruza. Bernulli tenglamasining geometrik, energetik va fizik xossalari.

P'ezometrik chiziq

Bernulli tenglamasining har bir hadi geometrik va energetik mazmunlarga ega. Buni aniqlash uchun biror elementar oqimcha olib, uning 1-1, 2-2 va 3-3 kesimlarini ko'ramiz (7 - rasm). Bu kesimlarning og'irlik markazi biror 0-0 tekisligidan z_1 , z_2 va z_3 masofalarda bo'lsin. Bular qiyosiy tekislik 0-0 dan elementar oqimchanning geometrik balandliklarini ko'rsatadi. Endi, qabul qilingan 1-1, 2-2 va 3-3 kesimlar tekisliklari markazida p'ezometr va uchi etilgan shisha trubkachalar o'rnatamiz. Bu holda p'ezometrlarda suyuqlik kesimlar og'irlik markaziga nisbatan ma'lum balandlikka ko'tariladi. Bu ko'tarilish gidrostatika qismida ko'rganimizdek kesimlarda quyidagiga teng bo'ladi:

$$h_1 = \frac{p_1}{\gamma}, \quad h_2 = \frac{p_2}{\gamma}, \quad h_3 = \frac{p_3}{\gamma}. \quad h_1, h_2, h_3$$

lar p'ezometrik balandliklar deb ataladi. Odatda p'ezometrilar yordamida truba va boshqa idishlarda harakat qilayotgan suyuqlikning gidrostatik bosimi o'lchanadi.

Uchi egilgan naychalarda suyuqlik p'ezometrda qaranganda balandroqqa ko'tariladi. Buning sababi shundaki, shisha naylarning egilgan uchi suyuqlik harakati yo'nalishida bo'lib, gidrostatik bosimga qo'shimcha ravishda suyuqlik tezligiga bog'liq bo'lgan bosim paydo bo'ladi. Bunda suyuqlik zarrachalarining inertiya kuchi qo'shimcha bosim vujudga kelishiga sabab bo'ladi. Balandliklar quyidagicha bo'ladi:

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

P'ezometrda suyuqlik balandligi bilan uchi egilgan shishalardagi balandlik farqi

$$h'_1 - h_1 = \frac{u_1^2}{2g}; \quad h'_2 - h_2 = \frac{u_2^2}{2g}; \quad h'_3 - h_3 = \frac{u_3^2}{2g}, \text{ larga teng bo'ladi va tezlik}$$

balandligi deyilari. 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); $\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma}, \frac{p_3}{\gamma}$ - p'ezometrik balandliklar; z_1, z_2, z_3

- geometrik balandliklar (tegishli kesimlarning og'irlik markazi 0-0 tekisligidan

qancha balandlikda turishini ko'rsatadi $\frac{u^2}{2g}, \frac{p}{\gamma}, z$ lar uzunlik birliklarida o'lchanadi.

P'ezometrda suyuqlik balandliklarini birlashtirsak, hosil bo'lgan chiziq p'ezometrik chiziq (R-R) deyiladi. Bernulli tenglamasida tezlik balandligi, p'ezometrik va geometrik baladliklarning umumiy yig'indisi o'zgarmas miqdor bo'lib, u 7- rasmda N-N chiziq bilan belgilanadi va suyuqlikning bosim (dam) chizigi deb ataladi.

Gidrodinamikada bu uchta balandlik $\frac{u^2}{2g}, \frac{p}{\gamma}, z$ ning yig'indisi suyuqlikning to'liq

bosimi (dami) deb ataladi va N bilan belgilanadi: $H = \frac{u^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z = \text{const.}$ (14)

Bu aytilganlar ideal elementar oqimcha uchun Bernulli tenglamasining geometrik ma'nosini bildiradi. Uning energetik ma'nosi kinetik energiyaning o'zgarish qonuniga asoslangan. Boshqacha aytganda, Bernulli tenglamasi suyuqliklar uchun energiyaning saqlanish qonunidir. Bernulli tenglamasi (13) ning chap tomoni elementar oqimchanning 1-1 kesimdagi to'liq solishtirma energiyaga teng yoki umuman o'zgarmas miqdordir. Bu yerda solishtirma energiya deb og'irlik birligiga to'g'ri kelgan energiya miqdoriga aytiladi. Bu aytilganlarga asosan Bernulli tenglamasi

hadlarining energetik ma'nosi quyidagicha bo'ladi: $\frac{u_1^2}{2g}, \frac{u_2^2}{2g}, \frac{u_3^2}{2g}$ - elementar

oqimchanning 1-1, 2-2, 3-3 kesimlariga 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

potentsial 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 holat energiyasi.

Suyuqlik harakati vaqtida mexanikaning qonunlariga asosan ish bajariladi.

Shu bajarilgan ishlar bo'yicha Bernulli tenglamasini quyidagicha ifodalash mumkin: ikkita kesim uchun yozilgan Bernulli tenglamasi (14) shu ikki kesimda tegishli hadlarining ayirmalaridan tashkil 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 bajargan ishning birlik og'irlikka tegishli qismi.

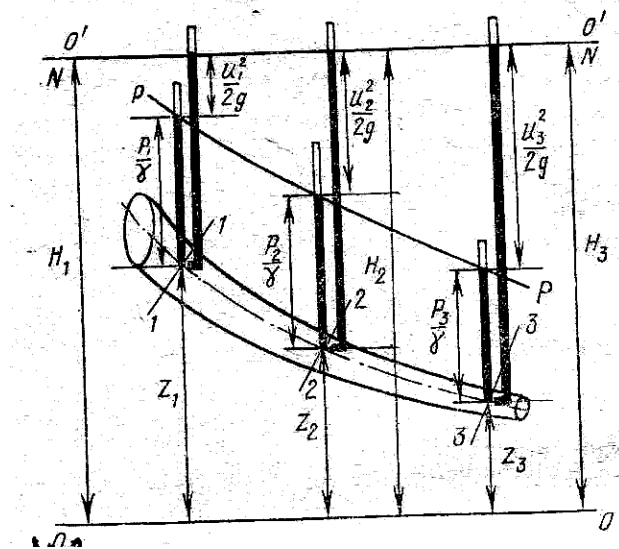
Bu aytilganlardan xulosa qilib aytish mumkinki, suyuqlik harakat qilayotganda solishtirma kinetik va solishtirma potentsial energiyalar harakat davomida o'zgarib boradi, lekin to'liq solishtirma energiya o'zgarmaydi.

Real suyuqliklar uchun Bernulli tenglamasi.

Endi real suyuqlikning elementar oqimchasi uchun Bernulli tenglamasining grafigini chizamiz (8 - rasm). Buning uchun harakat o'qi S-S, 1-1, 2-2 va 3-3 kesimlardagi tezliklar u_1, u_2, u_3 , bosimlari p_1, p_2, p_3 bo'lgan elementar oqimcha olamiz. Hosil bo'lgan oqimcha uchun kesimlarda p'ezometr va uchi egilgan shisha naycha olamiz. P'ezometrlardagi suyuqlik balandliklari tutashtirib, p'ezometrik chiziq hosil qilamiz. Uchi egik naychalarda suyuqlik balandliklarini tutashtirib, suyuqlik bosimi chizig'ini olamiz. Bu olingan grafikni ideal suyuqlikning elementar oqimchasi uchun olingan grafik (11.2- rasm) bilan solishtiramiz.

Natijada ideal suyuqliklar uchun suyuqlikning birinchi kesimidagi gidrodinamik bosimi H_1 ning ikkinchi va uchinchi kesimlardagi gidrodinamik bosimlarga tengligini, ya'ni $H_1 = H_2 = H_3 = const$ ekanligini, real suyuqliklar uchun esa birinchi kesimdagi gidrodinamik bosim H_1 ning ikkinchi va uchinchi kesimlardagi bosimlarga teng emasligini, ya'ni $H_1 \neq H_2 \neq H_3$ ekanligini ko'ramiz. 8 - rasmdan ko'rinib turibdiki bu tengsizlik quyidagicha ifodalanadi:

$$H_1 > H_2 > H_3.$$



8- rasm. Real suyuqlik uchun Bernulli tenglamasining geometrik ma'nosini tushuntirishga doir sxema.

Demak, real suyuqlikning elementar oqimchasi harakat qilganda solishtirma energiyaning ma'lum bir qismi yo'qotilar ekan. Birinchi va ikkinchi kesimlar bu yo'qotishni h_{1-2} bilan belgilaymiz. Bunda indeks orasida yo'qotish bo'layotgan kesimlar nomerini ko'rsatadi. Masalan, ikkinchi va uchinchi kesim orasida yo'qotish h_{2-3} , birinchi va uchinchi kesim orasidagi yo'qotish h_{1-3} va x.k. Aytilgan yo'qotishning mohiyatini quyidagicha izoxlash mumkin. Real suyuqlikning elementar oqimchasi harakat qilayotganda ichki ishqalanish kuchi natijasida gidravlik qarshilik mavjud bo'ladi va uni yengish uchun albatta ma'lum bir miqdorda energiya sarflash kerak bo'ladi. Bu sarflangan energiya ko'rilayotgan harakat uchun tanlanmaydi. Yuqorida keltirilgan tengsizlik ana shu yo'qotilgan energiya hisobiga hosil bo'ladi. Birinchi va ikkinchi kesimlar orasidagi yo'qotilgan solishtirma energiya gidravlik bosimlar ayirmasiga teng:

$$h_{1-2} = H_1 - H_2.$$

Yuqorida ko'rilganga asosan:

$$H_1 = \frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1$$

$$H_2 = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2,$$

Bunda

$$h_{1-2} = \left(\frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 \right) - \left(\frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 \right),$$

natijada quyidagi tenglamani olamiz:

$$\frac{u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + h_{1-2}. \quad (15)$$

Olingan tenglama real suyuqlikning elementar oqimchasi uchun Bernulli tenglamasidir. Bu tenglama ideal suyuqlik elementar oqimchasining tenglamasidan o'ng tomondagi to'rtinchi hadi h_{1-2} bilan farq qiladi. Bu had 1-1 va 2-2 kesimlar

orasida bosimning kamayishini ko'rsatadi. Ideal suyuqliklarda ichki ishqalanish kuchi hisobga olinmagani uchun yuqorida aytilgan had bo'lmaydi. Yuqorida aytilganidek, oqim cheksiz ko'p elementar oqimchalardan tashkil topgan. Demak, oqim uchun Bernulli tenglamasini elementar oqimchalar energiyalarini harakat kesimi bo'yicha integrallash yo'li bilan chiqarish mumkin:

$$\int_{\omega_1} \frac{u_1^2}{2g} \cdot d\omega + \int_{\omega_1} \frac{p_1}{\gamma} \cdot d\omega + \int_{\omega_1} z_1 d\omega = \int_{\omega_2} \frac{u_2^2}{2g} \cdot d\omega + \int_{\omega_2} \frac{p_2}{\gamma} \cdot d\omega + \int_{\omega_2} z_2 d\omega + \int_{\omega_2} h_{1-2} d\omega. \quad (16)$$

Oqimning har bir elementar oqimchasi uchun tezlikni hisoblash qiyein bo'lgani uchun (16) tenglamadagi integrallarni hisoblash juda murakkab. Shuni nazarga olib, oqim uchun Bernulli tenglamasidagi tezliklar o'rtacha tezlik v bilan almashtiriladi. Bu Bernulli tenglamasidan foydalaniladigan hisoblash ishlarida katta qulaylik tug'diradi. Bu holda elementar oqimchaning geometrik balandligi bo'yicha integral oqim harakat kesimi og'irlik markazining geometrik balandligiga, bosim bo'yicha integral esa ana shu geometrik balandlikdagi nuqtaga qo'yilgan bosimga aylanadi. Elementar oqimchaning 1-1 va 2-2 kesimlari bo'yicha, bosimning kamayishi bo'yicha integral oqim uchun bosimning o'rtacha kamayishiga aylanadi. Solishtirma kinetik energiya integralini tezlikning o'rtacha qiymati bo'yicha kinetik energiya bilan almashtirsak, uning miqdori kamayib qoladi. Integral cheksiz ko'p miqdorlarning yig'indisi bo'lgani uchun buni kvadratlar yig'indisi misolida ko'ramiz.

Masalan,

$$u_1 = 10 \text{ m/c}, \quad u_2 = 11 \text{ m/c}, \quad u_3 = 9 \text{ m/c}, \quad u_4 = 12 \text{ m/c}, \quad u_5 = 8 \text{ m/c} \text{ bo'lsin.}$$

$$\text{U holda o'rtacha tezlik } u = \frac{u_1 + u_2 + u_3 + u_4 + u_5}{5} = 10 \text{ m/c};$$

tezliklar kvadratlarining o'rtacha qiymati

$$\frac{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2}{5} = \frac{510}{5} = 102 \text{ m}^2/\text{c}.$$

O'rtacha tezlikning kvadrati esa $v^2 = 100 \text{ m}^2/\text{c}$. Bundan ko'rinib turibdiki, tezlik kvadratlarining o'rtacha qiymati o'rtacha tezlik kvadratidan katta ekan. Shunday qilib, quyidagi tengsizlik to'g'ri ekanligini ko'rish mumkin:

$$\int_{\omega} \frac{u^2}{2g} \cdot d\omega > \frac{v^2}{2g} \cdot \omega.$$

Bu tengsizlikni integrallash yo'li bilan ham hisoblash mumkin. Bu xatoni tuzatish uchun Bernulli tenglamasining birinchi hadiga α koeffitsientini kiritamiz. Bu koeffitsient tezlikning bir tekis miqdorda bo'lmasligini ifodalaydi va Koriolis koeffitsienti deb ataladi. U holda

$$\alpha = \frac{\int_{\omega} \frac{u^2}{2g} \cdot d\omega}{\frac{v^2}{2g} \cdot \omega}. \quad (17)$$

Shunday qilib, yuqorida aytilganlarga asosan (17) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + H_{1-2}, \quad (18)$$

Bu erda α_1, α_2 - birinchi va ikkinchi kesimlarda tezlikning notekis tarqalganini hisobga oluvchi koeffitsient; H_{1-2} - birinchi va ikkinchi kesimlar uchun bosimning kamayishi (yo'qotish).

Oqim uchun hosil qilingan Bernulli tenglamasida qolgan boshqa hadlar elementar oqimcha uchun bu yerda ham Bernulli tenglamasidagi kabi ataladi. Olingan Bernulli tenglamasi gidrodinamika masalarini hal qilishda eng muxim tenglama bo'lib, u barqaror harakatlar uchun tatbiq qilinadi va tezlik harakat kesimi bo'yicha qancha kam o'zgarsa, shuncha kam xatolik beradi.

Nazorat savollari

1. Real suyuqlik oqimchasi uchun Bernulli tenglamasini yozib ko'rsating va qaysi energiyaning qonunidan foydalaniladi?
2. Bernulli tenglamasining qanday xossalari mavjud?
3. Tezlik balandlik deb nimaga aytiladi?
4. P'ezometrik chiziq deganda nimani tushunasiz?

Tayanch iboralar

Bernulli, kinematik energiya, uzluksizlik energetik xossa, geometrik xossa. Pezometr, pezometrik chiziq, tezlik balandligi.

10 ma'ruza Gidravlik yo'qotish turlari va uning hosil bo'lishi.

Real suyuqliklarda ikki kesim orasida energiyaning yo'qotilishini H_{1-2} bilan belgiladik. Bu yo'qotish suyuqliklardan qovushoqqlik kuchi hisobiga paydo bo'ladi, ya'ni u qovushoqqlik kuchini yengishda sarf bo'ladi.

Truboprovodlardagi harakatni tekshirganimizda masalan asosan ishqalanish kuchini engish uchun sarf bo'lgan yo'qotishni hisoblashga keladi. Bunda trubaning 1-1 va 2-2 kesimlarining sirti teng bo'lgani uchun tezliklari ham teng bo'ladi (9 - rasm), ya'ni harakat tekis bo'ladi. 1-1 va 2-2 kesimlar orasidagi suyuqlik ustuniga ta'sir qiluvchi kuchlar $-P_1 = p_1 S$; $P_2 = p_2 S$ - bosim kuchlari, $G = \gamma S l$ - og'irlik kuchi va $T_{uu} = \tau \times l$ ishqalanish kuchidir.

1-1 va 2-2 kesimlar orasidagi suyuqlikning muvozanat holati unga ta'sir qilayotgan kuchlar orqali quyidagicha yoziladi:

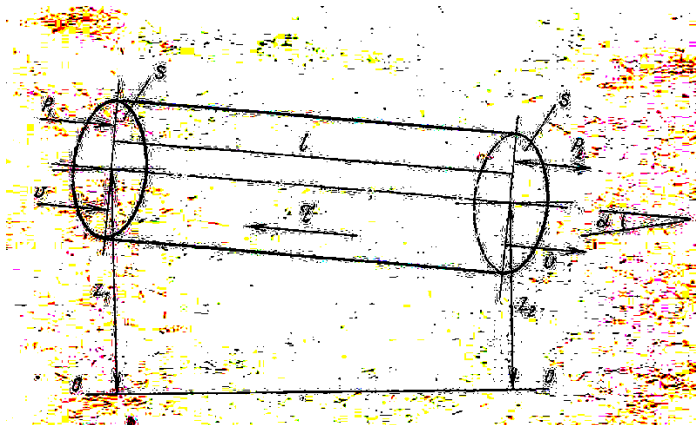
$$P_1 - P_2 + G \cdot \sin \alpha - T = 0. \quad (19)$$

$\sin \alpha = \frac{z_1 - z_2}{l}$ ekanligini hisobga olsak, yuqoridagi tenglama quyidagi ko'rinishga keladi

$$P_1 S - P_2 S + \gamma S l \frac{z_1 - z_2}{l} - \tau \pi D l = 0.$$

Bundan tekis harakat uchun Bernulli tenglamasi kelib chiqadi:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{\tau}{\gamma} \times \frac{\pi D l}{S}.$$



9 - rasm. Gidravlik yuqotish tushunchasiga doir.

Bu tenglamani (19) tenglama bilan solishtirsak va uni tekis harakat ($v_1 = v_2$) uchun qo'llasak, gidravlik yo'qotish uchun quyidagi munosabatni olamiz:

$$H_{1-2} = \frac{\tau}{\gamma} \times \frac{\pi D l}{S}, \quad (20)$$

bu erda τ - urinma zo'riqish yoki solishtirma ishqalanish kuchi, ya'ni birlik yuzaga to'g'ri kelgan ishqalanish kuchi; l - oqim uzunligi; D - truba diametri; $\chi = \pi D$ - xo'llangan perimetr.

Gidravlik yo'qotish odatda ikki turga ajratiladi:

Uzunlik bo'yicha (ishqalanish kuchiga sarf bo'lgan) yo'qotish oqim uzunligi bo'yicha harakat hisobiga vujudga keladi va uning uzunligiga bog'liq bo'ladi. Bu yo'qotish (19) formula ko'rinishida ifodalanadi;

maxalliy qarshilik oqimning ayrim kismalarida notekis harakat hisobiga vujudga keladi. Notekis harakatni vujudga keltiruvchi kismalar truba yoki o'zanning kesim shakllari o'zgargan joylari (tirsaklar, to'siqlar, keskin kengayishlar, keskin torayishlar, kranlar va x.k.) bo'lib, bu yerdagi gidravlik yo'qotish uzunlikka bog'liq emas.

Umumiy gidravlik yo'qotish bu ikki yo'qotishning yig'indisiga teng:

$$H_y = H_e + H_m \quad (21)$$

bu erda H_e - uzunlik bo'yicha yo'qotish; H_m - maxalliy qarshilik.

Gidravlik yo'qotish suyuqlikning kinetik energiyasiga bog'liq bo'lib, energiyaning ortishi bilan ortadi, kamayishi bilan esa kamayadi. Shuning uchun gidravlik yo'qotishni suyuqlikning kinetik energiyasiga proporsional qilib olinadi.

Tezlik va sarfni o'lchash usullari hamda asboblari

Suyuqlik sarfini va tezligini o'lchashning eng oson usuli hajmiy va og'irlik usullaridir.

Hajmiy usulda suyuqlik tekshirilayotgan oqimdan maxsus darajalangan idish (menzurka)ga tushadi. Idishning to'lish vaqti sekundomer yordamida o'lchanadi. Agar idishning hajmi V , o'lchangan vaqt T bo'lsa, hajmiy sarf quyidagiga teng bo'ladi:

$$Q = \frac{V}{T}; \left[\frac{m^3}{c} \right]. \quad (22)$$

Oqimning harakat kesimi ma'lum bo'lsa, uning tezligi (22) formula bilan aniqlanadi.

Og'irlik usulida biror idishga oqimdan suyuqlik tushuriladi. Uni tarozida tortib, idishdagi suyuqlikning og'irligi G topiladi. Idishning to'lish vaqti T bo'lsa, og'irlik sarfi quyidagiga teng:

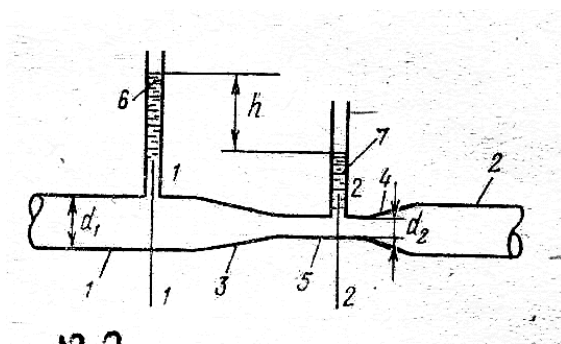
$$Q_G = \frac{G}{T}. \quad (23)$$

Suyuqlikning hajmiy sarfi og'irlik sarfini solishtirma og'irligiga bo'lish yo'li bilan aniqlanadi:

$$Q = \frac{Q_G}{\gamma}.$$

Bu usullar, albatta, kichik miqdordagi sarflarni o'lchash uchun qo'llaniladi. Katta sarflarni o'lchash uchun esa katta o'lchov idishlari kerak bo'ladi. Ikkinchidan, truboprovod va kanallarga sarfni yuqoridagi usul bilan o'lchashda oqimning tuzilishi o'zgaradi va natija katta xatolar bilan chiqadi. Shuning uchun, ko'pincha, truba va kanallardagi sarf boshqa usullar bilan o'lchanadi.

Venturi suv o'lchagichi maxsus trubadan suv o'tishiga asoslangan bo'lib, tuzilishi sodda va harakatlanuvchi qismlari yo'q (10- rasm). Venturi suv o'lchagichi talabga qarab vertikal yoki gorizontal joylashtiriladi. Uning gorizontal holdagisini ko'ramiz.



10 - rasm. Venturi suv o'lchagichi:

1,2- katta diametrli trubalar, 3- torayuvchi truba (konfuzor),
4- kengayuvchi truba (diffuzor), 5- kichik diametrli patrubok,
6,7- p'ezometrlar.

Venturi suv o'lchagichi ikkita bir xil d_1 diametrli 1 va 2 truba bo'laklaridan tashkil topgan bo'lib, ular diffuzor 3 va 4 hamda kichik d_2 diametrli patrubok orqali tutashtirilgan. Konussimon torayib boruvchi truba 3 ning kichik d_2 diametrli truba bilan tutashgan joyida qarshilikni kamaytirish uchun silliq tutashtiriladi. Bunday tutashtirilgan trubalar soplo deb ataladi. Uning 1-1 va 2-2 kesimlariga p'ezometrik naychalar o'rnatilgan bo'lib, ular shu kesimlardagi bosimlar farqi h ni ko'rsatadi. Truba gorizontal bo'lgani uchun $z_1 = z_2$ demak, 1-1 va 2-2 kesimlari uchun Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma}.$$

bundan

$$\frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g},$$

lekin

$$\frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} = h \text{ bo'lgani uchun}$$

$$h = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g}.$$

Uzluksizlik tenglamasi (23) ga asosan

$$v_1 = v_2 \times \frac{S_2}{S_1},$$

u holda

$$h = \frac{v_2^2}{2g} \times \left[1 - \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^2 \right],$$

bundan 2-2 kesimdagi tezlikni topamiz:

$$v_2 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^2}}. \quad (24)$$

Nazorat savollari

1. Hidravlik yo'qotish qaysi formula orqali topiladi.
2. Hidravlik yo'qotishning necha turi mavjud va ular qaysilar/?
3. Suyuqlik sarfini va tezligini o'lchashning qanaqa usullarini bilasiz?
- 4 Venturi suv o'lchagichi nima uchun xizmat qiladi va uning asosiy qismlari nimadan iborat.
- 5 Venturi suv o'lchagichda sarf qaysi formuladan topiladi?

Tayanch iboralar

Gidravlik yo'qotish, maxalliy qarshilik, sekundomer, menzurka, xajmiy sarf, venture konfuzor diffuzor, patrubok.

11 ma`ruza. Suyuqlikning laminar va turbulent harakati. Kavitatsiya hodisasi

Tabiatda va gidromashinalarda suyuqlikda oz miqdorda erigan holda havo tarkibidagi gazlar uchraydi. Bosim ortishi yoki temperaturaning kamayishi bilan erigan gaz miqdori ortadi va aksincha, bosim kamayganda yoki temperatura ortganda uning miqdori kamayadi. Shuning uchun bosim kamayishi yoki teiperatura ortishi bilan suyuqlikdagi erigan gazlarning bir kismi ajralib chiqib pufakchalar hosil qiladi. Bosim kamayganda suv ham bo'g'lanadi, lekin engil komponent sifatida erigan gazlar tezroq ajralib chiqib pufakchalar hosil qiladi. Gaz pufakchalarining paydo bo'lishi bilan suyuqlikning tutashligi buziladi, tutash muxitlarga ta'luqli qonunlar uz kuchini yuqotadi. Bu hodisaga kavitatsiya deyiladi. Pufakchalar suyuqlik ichida yuqori temperaturali yoki past bosimli soxalar tomonga harakat qiladi. Agar u etarli darajadagi bosimga ega bo'lgan soxaga kelib qolsa, gaz yana erib ketadi (ya'ni bug' kondensatsiyalanadi).

Erigan gaz o'rnida paydo bo'lgan bo'shliqqa suyuqlik zarrachalari intiladi va bo'shliq birdaniga keskin yopiladi. Bu esa hozirgina bo'shliq bo'lgan erda gidravlik zarbni vujudga keltiradi va natijada bu erda bosim keskin ortib, temperatura keskin kamayadi.

Bunday gidravlik zarb va uni vujudga keltirgan kavitatsiya hodisasi truba devorlari va gidromashinalarning suyuqlik harakat qiluvchi kismlarining buzilishiga olib keladi. Kavitatsiyaga qarshi kurash usullari to'g'risida keyinchalik to'xtalamiz.

Suyuqlikning laminar va turbulent harakati.

Reynol'ds soni va uning kritik qiymati

Ko'p hollarda truboprovodlardagi harakatlar tekis harakat bo'ladi, ya'ni tezlik oqim yo'nalishi bo'yicha o'zgarmaydi. Bu hossa harakatning qanday bo'lishiga, asosan, ichki ishqalanish kuchi ta'sir qiladi. Bunda uning ikki kesimidagi bosimlar farqi ishqalanish kuchining va geometrik balandliklar farqining katta yoki kichikligiga bog'liq bo'ladi. Bu kuchlar

Laminar harakatni tajribada kuzatish uchun suyuqlik oqayotgan shisha trubaning boshlang'ich kesimiga shisha naycha orqali rangli suyuqlik quyib yuboriladi bunda rangli suyuqlik aralashmasidan to'g'ri chiziq bo'yicha oqimcha ko'rinishida ketadi. Agar suyuqlikning tezligini oshira borsak harakat tartibi o'zgarib boradi. Tezlik ma'lum bir chegaradan o'tgandan zarrachalarning kinetik energichsi ko'payib ketishi natijasida ular ko'ndalang yo'nalishda harakat qila boshlaydi. Natijada zarrachalar o'zi harakat qilayotgan qavatdan qo'shni qavatga o'tib energiyasining bir qismini yo'qotadi va yana o'z qavatiga qaytib keladi. Oqimning tezligi juda oshib ketsa zarrachalar bir qavatdan iqqinchi qavatga tez o'ta boshlaydi va suyuqlik harakatining tartibi buziladi va turbulent harakat deyiladi. Agar trubada oqayotgan suyuqlik oqimining boshlang'ich kesimida rang qo'shib yuborsak u tezliqning ma'lum bir miqdordan boshlab egri chiziq bo'yicha ketadi. Agar tezlikni oshirishni davom ettirsak rang suyuqlikka butunlay aralashib ketadi. Bundan ko'rinadi suyuqlikning parallel oqimchani tartibli harakati buziladi. Suyuqlik harakatining ikki tartibli harakatini ingliz olimi O.Reynol'ds 1883 yilda tajribada tekshirgan. Suyuqlikning harakatini oqim tezligi bilan o'lchami ko'paytmasining qovushqoqlik kinematik koeffitsentiga nisbatidan iborat o'lchovsiz miqdor va bu miqdor olimning sharafiga Reynol'ds soni deb ataladi.

$$R_e = \frac{\rho d}{\nu}$$

Turli shakldagi notsilindrik trubalar va o'zanlardagi oqimlar uchun Reynol'ds soni quyidagicha o'lchanadi:

$$R_e = \frac{\rho \cdot d_{\text{экв}}}{\nu} = \frac{\rho \cdot 4R}{\nu}$$

bu erda d – trubaning ichki diametri; $d_{\text{экв}}$ – o'zan yoki notsilindrik trubaning ekvivalent diametri, R – gidravlik radius.

Suyuqlikning laminar harakatdan turbulent harakatga o'tishi Reynol'ds soni R_e ning ma'lum kritik miqdori bilan aniqlanadi va u Reynol'ds kritik soni deb ataladi va $R_{e,kr}$ bilan teng. Agar oqimni juda silliq trubada har qanday turtki va tebranishlardan holi bo'lgan sharoitda tekshirsaq, Reynol'ds kritik soni 2320 dan va hatto undan bir necha marotaba ortiq bo'lishi mumkin. Lekin Reynol'ds soni ma'lum bir qiymatdan

o'tganidan qeyin harakat (har qanday ehtiyot choralari qurilmasi) albatta turbulent bo'ladi. Bu son Reynol'ds yuqori kritik soni deb ataladi va $R_{e,q,r,yuq} = 10000$ ga teng bo'ladi. Bu songa qiyos qilib, yuqorida keltirilgan kritik $R_{e,q,r} = 2320$ soni Reynol'ds quyi kritik soni deb ataladi. R_e Reynol'ds soni $R_{e,q,r,q}$ dan kichik bo'lganda barqaror laminar harakat bo'ladi, u $R_{e,q,r,yuq}$ dan katta bo'lganda esa turbulent harakat barqarorlashgan bo'ladi. Agar Reynol'ds soni bu ikki miqdor o'rtasida, ya'ni , $R_{e,q,r,q} < R_e < R_{e,q,r,yuq}$ bo'lsa, turbulent harakat beqaror bo'lib bu holatni o'tkinchi tartib deyiladi. Shunday qilib, suyuqlik harakatida asosan ikki tartib: laminar va turbulent tartib mavjud. Bu tushunchani aniqroq ifodalasak, u holda uch xil tartib mavjud bo'lib, ular Reynol'ds soniga bog'liq:

- 1) laminar tartib – $R_e < 2320$ da,
- 2) o'tkinchi tartib – $2320 < R_e < 10000$ da,
- 3) barqarorlashgan turbulent tartib - $R_e < 10000$ da.

Misol uchun suvning tabiatda yoki texnikada kuzatilayotgan harakatida gravitatsiya hodisasi mavjud bo'lsa, uning modelida geometrik va kinematik o'xshashlik bo'lishidan tashqari, xuddi shunday gravitatsiya hodisasi mavjud bo'lishi kerak. Hodisalarning o'xshashligi fikr o'xshashlik, vaqt o'xshashligi, chegaraviy shartlarning o'xshashligini ham o'z ichiga olishi kerak. Bular ikki o'xshash hodisalar uchun bir ismli miqdorlarning nisbatlari bir xil qiymatiga ega bo'lishini taqozo qiladi. Masalan, bir hodisa uchun uzunlik o'lchamlari $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$, birinchisiga o'xshash, ikkinchi hodisaning uzunlik o'lchamlari esa $l_1^1; l_2^1; l_3^1; \dots, l_n^1$, bo'lsin u holda

$$\frac{l_1}{l_1^1} = \frac{l_2}{l_2^1} = \frac{l_3}{l_3^1} = \dots = \frac{l_n}{l_n^1} = \text{const} \quad \text{bo'lsa bu hodisalar geometrik}$$

o'xshash bo'ladi. Xususan $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ trubaning uzunligi, diametri, tezlik yoki boshqa parametri o'lchanayotgan nuqtaning koordinatmlari bo'lishi mumkin. Yuqorida aytilgan hodisalar uchun tezlik o'lchamlari $g_1, g_2, g_3, \dots, g_n$ va $g_1^1, g_2^1, g_3^1, \dots, g_m^1$ bo'lsin.

$$\frac{g_1}{g_1^1} = \frac{g_2}{g_2^1} = \frac{g_3}{g_3^1} = \dots = \frac{g_n}{g_n^1} = \text{const}$$

Bo'lsa, bu hodisalar kinematik o'xshash bo'ladi. Quyidagi $g_1, g_2, g_3, \dots, g_n$ o'lchov olib borilayotgan nuqtalardagi tezliklardir.

Nazorat savollari

1. Gravitatsiya hodisasi qanday sodir bo'ladi?
2. Laminar harakati bilan trublent harakati bir biridan qanday farq qiladi?
3. Suyuqlik harakatining 2- turini qaysi olim va qachon aniqlagan.
4. Silindrik trubalardagi oqim uchun Reynolds soni qanday hisoblanadi?
5. Notsilindrik trubalar va o'zanlardagi oqimlar uchun chi?
6. Nyuton kriteriyasi deb nimaga aytiladi?

Tayanch iboralar

Gravitatsiya, Reynolds, Reynolds soni, laminar harakati, turbulent harakati, o'tkinchi tartib.model, natural simplekslar, o'xshashlik kriteriyalar, Nyuton kriteriyalar.

12-Ma'ruza. Quvurlarda hosil bo'ladigan qarshilik kuchi . g'adir – budurlik .Darsi –Veysbax tajribasi.

Quvurlardagi

Trubalarning g'adir- budurlikni aniqlash ancha murakkab ish bo'lib, hisoblash ishlarini osonlashtirish maqsadida ekvivalent g'adir-budurlik Δ , degan tushuncha kiritiladi. Δ , trubalarni gidravlik sinash yo'li bilan aniqlanadi. Bunda gidravlik yo'qotishni hisoblashda absolyut g'adir-budurlik uchun shunday qiymat olinadiki, u haqiqiy g'adir-budurlik uchun hisoblangan gidravlik yo'qotishga teng bo'ladi.

Bularni hisobga olish maqsadida o'xshashlik qonunlarini qanoatlantiradigan va oqim gidravlikasiga g'adir-budurlikning tasirini to'laroq ifodalaydigan nisbiy g'adir-budurlik tushunchasi kiritiladi va u absolyut g'adir-budurlikning truba diametriga nisbatiga teng deb olinadi:

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{D}.$$

Nisbiy g'adir- budurlikdan foydalanish trubalardagi ishqalanish qarshiligini hisoblashda ancha qulaydir.

Darsi koeffitsienti λ ning Reynold's Re sonining ortishiga qarab qanday o'zgarib borishini yuqorida, Nikuradze grafigi asosida ko'rib chiqdik. Ko'rib o'tgan sohalarda λ ning o'zgarish qonunini empirik formulalar bilan ifodalashda juda ko'p axtorlarni ishlari bor. Masalan, silliq trubalar sohasida Blazius, P. K. Konanov va L. Prandtl formulalaridan foydalaniladi. Blazius formulasi :

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt[4]{100Re}} = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}.$$

Bu formula Reynol'ds soni $Re < 10^5$ bo'lganda tajribalarga yaxshi mos keladi. Reynol'ds sonining kattaroq diapazonlari (Re ning $3 \cdot 10^6$ gacha miqdorlari) uchun P. K. Konanov formulasidan foydalanish mumkin.

$$\lambda = \frac{1}{(1,81gRe - 1,5)^2}$$

1932-yili L. Prandtl quyidagi formulani keltirib chiqaradi:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2,1g(R_e \sqrt{\lambda} - 0,8).$$

Keltirgan formulalar silliq trubalar uchun chiqarilgan bo'lib, g'adir-budur trubalar uchun ulardan foydalanib bo'lmaydi. 1938- yil Kol'bruk o'zining va boshqa olimlarning tajribalari asosida texnik trubalarni hisoblash uchun turbulent tartibning barcha zonalariga umumiy bo'lgan formulasini taklif qiladi:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2,1g \left(\frac{2,5}{Re} \frac{1}{\sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon}{3,7} \right).$$

Bu formulani g'adir-budur trubalarning kvadratik qarshilik sohasi yoki qat'iy turbulentlik sohasi uchun soddalashtirsak, g'adir-budur trubalar uchun Prandtl formulasi ko'rinishiga keladi:

$$\lambda = \frac{0,25}{\left(1g \frac{\varepsilon}{3,7} \right)^2}$$

Kvadrat qarshilik sohasi uchun eng ko'p tarqalgan formulalardan biri Nikuradze formulasi hisoblanadi:

$$\lambda = \frac{1}{\left(1,74 + 21g \frac{1}{\varepsilon}\right)^2}.$$

Turbulent tartibning barcha sohalarini o'z ichiga oluvchi va hisoblash ishlarida qulayroq formulani A. D. Altshulning keng sohasi uchun tajribalarga asoslandi va taklif qilindi:

$$\lambda = 0,11 \left(\varepsilon + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}.$$

Turbulent harakat ustida olib borilgan tajribalar ishqalanish qarshiligining Solishtirma energiya propartsianal ekanligini ko'rsatadi, ya'ni

$$H_l = \frac{v^2}{2g}$$

Bu formuladagi propartsianallik koeffitsenti bir qancha miqdorlarga bog'liq bo'lib, uni tekshirish uchun quydagi xulosadan foydalanamiz.

Juda ko'p tajribalar $\frac{\tau}{p}$ miqdorining tezlik bosimi yoki solishtirma kinetik energiya orqali ifodalanilishini ko'rsatadi:

$$\frac{\tau}{p} = \frac{\lambda}{4} \cdot \frac{v^2}{2g}.$$

Bu tenglik bilan taqqoslanganda:

$$\frac{\tau}{\rho} RI = \frac{\lambda}{4} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Ekanligiga ishonch hosil qilamiz. Bu yerda $I = \frac{H_l}{l}$ ekanligini hisobga olib, tekis barqaror harakat uchun uzunlik bo'yicha ishqalanish tufayli bosimning pasayishi topiladigan formulani olamiz:

$$H_l = \lambda \frac{l}{4R} \cdot \frac{v^2}{2g}.$$

Bu yerda l- trubaning uzunligi; R- gidrvlik radiusi. Silindrik trubalar uchun D=4R ekanligini hisobga olsak, oxirgi formula quydagi ko'rinishda yoziladi:

$$H_e = \lambda \frac{l}{D} \frac{v^2}{2g}.$$

Formula Darsi-Veysbax yoki qisqacha Darsi formulasi deb ataladi. Bu formulaga kiruvchi koeffitsentga gidravlik ishqalanish koeffitsenti yoki Darsi koeffitsenti deyiladi.

Suyuqlik trubalarda harakat qilganda turli to'siqlarni aylanib o'tish uchun energiya sarflaydi. Ana shu energiyaning sarflanishi suyuqlik bosimining pasayishiga sabab bo'ladi. Sarf etiladigan energiya trubadagi turli to'siqlarning soniga va turlariga bog'liq.

Quvurlarda oqimning keskin kengayishi.

1-1 kesimni truba kengayish kesimining ustida olingan deb qarash mumkin. U holda silindir asoslarining yuzalari tengligidan ularga ta'sir qiluvchi impul's o'zgarishi shunday yoziladi:

$$(p_1 - p_2) S_2.$$

1-1 kesimdagi harakat miqdori pQv_1 va 2-2 kesimdagi harakat miqdori pQv_2 bo'lgani uchun ular orasidagi harakat miqdorining o'zgarishi quyidagiga teng bo'ladi:

$$pQ(v_2 - v_1).$$

Bu ikki miqdorni tenglashtirib ushbu tenglamani olamiz:

$$(p_1 - p_2) S_2 = pQ (v_2 - v_1).$$

Tenglamaning ikki tomonini S_{2y} ga bo'lsak, $Q_2 = v_2 S_2$ ni hisobga olib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{\rho_1 - \rho_2}{\gamma} = \frac{\rho Q}{\gamma S_2} (v_2 - v_1) = \frac{v_2}{g} (v_2 - v_1)$$

Oxirgi tenglamaning $v_2 (v_2 - v_1)$ hadi ustida quyidagi amallarni bajaramiz:

$$V_2(v_2 - v_1) = v_2^2 - v_2 v_1 = \frac{v_2^2}{2} + \frac{v_2^2}{2} - \frac{2v_2 v_1}{2} + \frac{v_1^2}{2} - \frac{v_1^2}{2};$$

U holda tenglama ushbu ko'rinishga keladi:

$$\frac{\rho_1}{\gamma} - \frac{\rho_2}{\gamma} = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} + \frac{v_2^2}{2g} - \frac{2v_2 v_1}{2g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} + \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}.$$

Oxirgi tenglama hadlarini bir xil indekslar bo'yicha gruppallasak:

$$\frac{\rho_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{\rho_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}.$$

Bu tenglamani solishtirsak:

$$H_M = h_{\text{keng.}} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}$$

ekanligi kelib chiqadi.

Formulaga Bord formulasi deyiladi.

Endi bu formulaga uzluksizlik tenglamasini

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 \text{ yoki } v_2 = \frac{S_1}{S_2} v_1$$

qo'llasak, u quydagi ko'rinishda yoziladi:

$$H_M = \left(v_1 - \frac{S_1}{S_2} v_1 \right)^2 \frac{1}{2g} = \left(1 - \frac{S_1}{S_2} \right)^2 \frac{v_1^2}{2g}.$$

Trubalarning geometrik o'lchamlari (diametri, uzunligi)ni ma'lum sarfga moslab hisoblash, yoki berilgan bosimda o'lchamlari berilgan trubalarning sarflarini hisoblashga trubalarni gidravlik hisoblash deyiladi.

Uzun trubalar deb, ancha uzoq masofaga cho'zilgan va gidravlik qarshiliklarning asosiy qismini ishqalanish qarshiligi tashkil qilgan trubalarga aytiladi. Trubalarda mahalliy qarshiliklar alohida hisoblanmay, ishqalanish qarshiligining 5-10% iga teng deb qabul qilinadi. Bularga vodoprovod trubalari, neft va gaz trubalari va boshqalar misol bo'ladi. Trubalar ishlash sxemasiga qarab ikki turga bo'linadi; sodda trubalar, murakkab trubalar; sodda trubalar tarmoqlarga bo'linmagan trubalardir. Murakkab trubalar esa bir necha tarmoqlarga bo'lingan trubalardir. Bundan tashqari, trubalar tupik va yopiq trubalarga ajraladi. Yopiq trubalar ishonchli bo'lib, uning ayrim qismlari

buzilganda ularni remont qilish davomida suv ta'minoti to'xtamaydi. Yuqorida aytilganlardan tashqari, tranzit sarf trubalari ham mavjud bo'lib, ularda suyuqlik yo'l bo'yicha o'zgarmay qolishi yoki tekis taqsimlanishi mumkin.

Avvalo o'zgarmas diametrli sodda truba olamiz. Bunday trubani ketma-ket joylashgan bir qancha to'g'ri truba bo'laklardan tashkil topgan deb qarash mumkin. Bularda bosimning pasayishini barcha qarshiliklarning yig'indisi tarzida hisoblaymiz:

$$H = H_{l_1} + H_{M_1} + H_{l_2} + H_{M_2} + \dots + H_{l_n} + H_{M_n}$$

Yuqorida keltirilgan formulalardan foydalanib quydagi

$$H = \lambda \frac{l_1}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} + \varepsilon_1 \frac{v^2}{2g} + \lambda \frac{l_2}{D} \frac{v^2}{2g} + \varepsilon_2 \frac{v^2}{2g} + \dots + \lambda \frac{l_n}{D} \frac{v^2}{2g} + \varepsilon_n \frac{v^2}{2g}$$

Munosabatni chiqaramiz. Oxirgi munosabatda tezlikni sarf orqali ifodalab

$\left(v = \frac{4Q}{\pi D^2} \right)$ va o'xshash hadlarni gruppalamiz quydagini olamiz;

$$\begin{aligned} H &= (l_1 + l_2 + \dots + l_n) \frac{\lambda}{D} \frac{v^2}{2g} + (\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_n) \frac{v^2}{2g} = \lambda \frac{\sum l_i}{D} \frac{v^2}{2g} + \sum \varepsilon_i \frac{v^2}{2g} =; \\ &= \frac{8\lambda}{g\pi^2 D^5} \sum l_i Q^2 + \frac{8}{g\pi^2 D^4} \sum \varepsilon_i Q^2; \end{aligned}$$

Yoki

$$H = \left(\frac{8\lambda}{g\pi^2 D^5} \sum l_i + \frac{8}{g\pi^2 D^4} \sum \varepsilon_i \right) Q^2.$$

Qavs ichidagi miqdorni a bilan belgilasak, u holda:

$$H = aQ^2$$

Bazan umumlashgan parametrlar bir oz boshqacharoq ko'rinishda olinadi. Bu holda mahalliy qarshilikni ekvivalent uzunlik bilan almashtirsak, quydagicha bo'ladi:

$$H = \lambda \frac{l + l_{\text{экв.}}}{D} \frac{v^2}{2g} = \frac{8\lambda}{g\pi^2 D^5} (l + l_{\text{экв.}}) Q^2.$$

Formulani boshqacha ham yozish mumkin.

$$H = \frac{1}{K^2} Q^2,$$

bu holda $\frac{1}{K^2} = a$ bo'ladi.

Laminar soha uchun yuqoridagi formulalarda trubaning qarshiligi a va sarf kaefitsenti K formula yordamida hisoblanadi. Bunda λ Puazeyl formulasi bo'yicha hisoblanadi:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

tenglikka

$$A = \sqrt{\frac{g\pi^2 D^5}{8\lambda}}$$

belgilash kiritamiz va uni trubaning sarf xarakteristikasi deb ataymiz. U holda

$$H = \frac{l + l_{\text{экв.}}}{A^2} Q^2.$$

Yuqorida keltirilgan tenglama bosim va sarf orasidagi bog'lanishni grafik ko'rinishda ifodalashga imkon beradi. Ko'rinish turibdiki bu grafik koordinata boshidan o'tuvchi kvadratik parabola ko'rinishda ifodalaniladi va *trubaning xarakteristikasi* deyiladi.

Agar trubaning geometrik va pezometrik bosimlar farqini H_r ni hisobga olgan holda H va Q o'rtasidagi munosabat koordinata boshidan H_2 balandlikda joylashgan bo'ladi. U holda umumiy bosim va H_2 ning yig'indisidan iborat bo'ladi.

$$H = H_r + \frac{L}{A^2} Q^2.$$

Nazorat savollari

- 1) Quvurlardagi g'adir-budirliklarni hosil bo'lishi va ko'rinishi.
- 2) Quvurlarda hosil bo'ladigan gidravlik yo'qotish koeffitsienti .
- 3) Quvurlarda turbulent harakat vaqtida bosimning kamayishi.

Tayanch iboralar:

uzluksizlik tenglamasi, geometrik va pezometrik bosimlari, laminar soha, mahalliy qarshilik, ekvivalent uzunlik, o'zgarmas diametrli sodda truba, sodda trubalar, murakkab trubalar, trubalardagi mahalliy qarshiliklar, trubalarning geometrik o'lchamlari (diametri, uzunligi), turbulent harakat, gidravlik radiusi, gidravlik ishqalanish koeffitsienti,

13-Ma'ruza. Quvurlarni ketma –ket va parallel ulash va ularni hisoblash usullari. Tarmoqlangan quvurlar va ularni hisoblash.

Ketma-ket va parallel ulangan trubalarni hisoblash sodda trubalarni hisoblashga qaraganda murakkab bo'lib, trubalarning qaysi tartibda ulanganiga bog'liq. Shuning uchun bu ikki ulash usulini ayrim-ayrim ko'rib chiqamiz.

Turli diametrli bir nechta trubalardan tashkil topgan truboprovodni ko'ramiz. Ular ketma-ket ulangan bo'lib, qarshiliklari $a_1, a_2, \dots, a_n$ uzunliklari $L_1, L_2, \dots, L_n$ bo'lsin.

Bu trubalarning har birida sarflarning teng bo'lishi uzluksizlik tenglamasidan ko'rinadi. U holda trubalardagi bosimning kamayishi aniqlanadi:

$$\begin{aligned} H_1 &= a_1 Q^2; \\ H_2 &= a_2 Q^2; \\ H_n &= a_n Q^2. \end{aligned}$$

Ko'rilayotgan trubaprovod esa qarshiliklarni qo'shish prinsipiga asosan quydagicha hisoblanadi:

$$H = H_1 + H_2 + \dots + H_n = (a_1 + a_2 + \dots + a_n) Q^2.$$

Endi bir nechta parallel ulangan soda trubalardan tashkil topgan murakkab trubani ko'ramiz. Soda trubalarning sarflari $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$, qarshiliklari $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ bo'lsin. Umumiy sxemadan ko'rinish turibdiki, murakkab trubaning sarfi sodda trubalar sarflari yig'indisiga teng:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$$

har bir sodda trubadagi bosimning kamayishi ham, murakkab trubadagi bosimning kamayishi ham A va B nuqtalardagi to'liq bosimlarning ayirmasiga teng:

$$H_A - H_B = H_1 = H_2 = H_3 = \dots = H_n = H.$$

Har bir trubadagi bosimning kamayishiga asosan quydagicha aniqlanadi:

$$H_1 = a_1 Q_1^2,$$

$$H_2 = a_2 Q_2^2,$$

$$H_n = a_n Q_n^2.$$

Murakkab trubaprovodlarda trubalar turli usullarda tutashtirilgan bo'lib, ular ketma-ket ulangan, parallel ulangan va tarmoqlarga ajralgan qismlardan tashkil topgan bo'ladi. Biz yuqorida ketma-ket va parallel ulangan trubalardan tashkil topgan qismlarni ko'rdik. Endi, truboprovodning tarmoqlangan qismini ko'ramiz. Asosiy truboprovod A nuqtada 3ta: 1, 2, 3 tarmoqlarga ajralsin, ularning oxigi nuqtalarining balandliklari z_1, z_2, z_3 , bosimlari p_1, p_2, p_3 , sarflari Q_1, Q_2, Q_3 bo'lsin. U holda bu sarflarining yig'indisi asosiy trubadagi sarfdan iborat bo'ladi:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3.$$

Har bir tarmoq uchun Bernulli tenglamasini quydagicha yozish mumkin:

$$\frac{p_A}{\lambda} = z_1 + \frac{p_1}{\lambda} + H_1,$$

$$\frac{p_A}{\lambda} = z_2 + \frac{p_2}{\lambda} + H_2,$$

$$\frac{p_A}{\lambda} = z_3 + \frac{p_3}{\lambda} + H_3.$$

Bu tenglamalarda p_1, p_2, p_3 larni atmosfera bosimiga teng desak va $\frac{p_A}{\lambda} = H_A$ ekanini hisobga olsak, 1,2,3 trubalar uchun formuladan foydalanib quydagini yozamiz:

$$H_A = z_1 + a_1 Q_1^2,$$

$$H_A = z_2 + a_2 Q_2^2,$$

$$H_A = z_3 + a_3 Q_3^2,$$

yoki $H_A - z_1 = H_1$ ekanligi hisobga olib va $z_2 - z_1 = z_{1-2}$, $z_3 - z_1 = z_{1-3}$ belgilashni kiritib, oxirgi tengliklarni o'zgartiramiz:

$$H_1 = a_1 Q_1^2$$

$$H_1 = z_{1-2} + a_2 Q_2^2,$$

$$H_1 = z_{1-3} + a_3 Q_3^2.$$

Naychalar deb, idish devoridagi teshikka o'rnatilgan kalta trubalarga aytiladi. Ulardan sarfni ko'paytirishda yoki ixcham oqimchalar olishda foydalaniladi. Ko'p hollarda idish devori qalin bo'lib, u parma bilan teshilganda naycha shaklida teshik paydo bo'ladi.

Silindrik naychalardan oqayotgan suyuqlik kirishda devordan ajraladi va torayadi bu hodisa xuddi yupqa devordagi teshikdan oqish holidagi kabi bo'ladi. Lekin bu torayish to'xtab, toraygan oqimcha bilan naycha devori orasida uyurmali harakat vujudga kelganligi sababli kengayish boshlanadi va oqim naychaning butun kesimini egallab olguncha davom etad. Natijada oqimcha naychaning ko'ndalang kesimiga teng kesim bilan chiqib ketadi. Bu hodisa naychaning uzunligi l uning diametridan 3...4 marta katta bo'lganda to'liq amalga oshadi.

Bu holda oqimcha diametri naycha diametriga teng bo'lgani uchun siqilish koeffitsienti $\varepsilon = 1$ bo'ladi, natijada $m = \varphi$ bo'ladi. Agar naycha $l = 3...4d_n$ dan kalta bo'lsa, bu holda toraygan oqimcha kesimigacha kengayib ulgurmaydi va oqim teshikdan oqayotgan suyuqlik kabi bo'ladi. Naycha uzunligining uning diametriga nisbati l_H/d_H va Reynol'ds soni hamda sarf koeffitsientlariga ta'sir etadi. Bu tasirni

tajribalarda ko'p tekshirilgan bo'lib, φ , m va ε larning o'rtacha qiymatlari silindrik naychalar uchun quydagicha bo'ladi:

$$\varphi = m = 0.8; \varepsilon = 0.55.$$

Silindrik naychalarning kamchiliklari shulardan iboratki, ularning uzunligi yetarli bo'lib, oqimcha to'liq kengayishga ulgursa, u holda qarshilik ortib ketadi. Agar u kaltaroq bo'lsa, oqimcha toliq kengaymasligi natijasida sarf koeffitsienti kamayib ketadi. Shuning uchun odatda boshqa xildagi naychalar ham qo'llaniladi. Ular konussimon kengayuvchi, konussimon torayuvchi va konoidal naychalardir.

Konussimon kengayuvchi (difuzor) naychalarda oqimcha kirishida juda ko'p torayadi, so'ngra tez kengaya boradi va naychani butunlay to'ldiradi. Shuning uchun siqilish koeffitsienti $\varepsilon = 1$. Konuslik burchagi $0 > 8^\circ$ bo'lganda esa oqimcha to'liq kengaya olmaydi va natijada naycha devorlariga tegmay oqadi. Bu holda oqish yupqa devordagi teshikdan oqishdan farq qilmaydi.

Nazorat savollari

- 1) Quvurlarni ketma-ket va parallel ulab murakkab quvurlar hosil qilish.
- 2) Parallel ulangan quvurlarni xarakteristikasini tuzish va uni ulashning foydali tomonlari.
- 3) Murakab quvurlarni umumiy xarakteristikasi

Tayanch iboralar:

Konuslik burchagi, konussimon kengayuvchi (difuzor), silindrik naycha, sarf koeffitsienti, kalta trubalar, parallel ulan, ketma-ket, qarshiliklar, turli diametrli, uzluksizlik tenglamasi

14 ma'ruza Nasoslarning ishlash printsipi, qo'llanish soxasi va bajaradigan ishiga qarab klassifikatsiyasi

Nasoslarning tuzilishi, turli parametrlar, suyuqlikka energiya berish usuli va boshqarishiga qarab turlicha klassifikatsiyalash usullari mavjud.

Eng ko'p tarqalgan ko'p usul ularni ishlash prinsipiga qarab klassifikatsiyalashdir. Bunda nasoslar asosan ikkita katta gruppaga: kurakli va hajmiy nasoslarga bo'linadi. Bu ikki tur nasoslar deyarlik barcha nasoslarni o'z ichiga oladi, lekin bir qancha boshqacha printsipda ishlaydigan nasoslar bu ikki klassga kirmaydi. Bularga oqimchali nasoslar (uchinchi klass sifatida ajratish mumkin) va boshqa ko'targichlar kiradi. Kurakli nasoslar yana markazdan qochma, o'qiy, propellerli, uyurma nasoslarga bo'linadi. Tuzilishi va ishlash prinsipi bir xil bo'lgani uchun ventilyatorlarni ham kurakli nasoslar klassiga kiritish mumkin. Ventilyatorlarning ham markazdan qochma, o'qiy, propellerli turlari mavjud. Kurakli nasoslarning ularning bir valida bitta yoki bir nechta ish g'ildirag o'rnatilishiga bir pogonali va ko'p pogonali nasoslarga ajratish mumkin. Markazdan qochma nasoslar so'rish usuliga qarab bir tomonlama so'ruvchi va ikki tomonlama so'ruvchi nasoslarga bo'linadi.

Hajmiy nasoslar ikki gruppaga, porshenli va rotorli nasoslarga bo'linadi. Bular yana bir qancha kichik gruppachalarga bo'linadi (ular to'grisida tegishli bo'limda to'xtalib o'tamiz). Oqimchali nasoslar esa ejektor, injektor va gidroelevatorlarni o'z ichiga oladi. Nasoslarni bunday klassifikatsiyalashga ishlab chiqarishda eng ko'p

tarqalgan ikki tur (markazdan qochma va porshenli) nasoslar atrofida barcha nasoslarni gruppashga intilish asos bo'lgan bo'lsa kerak.

Nasoslarni suyuqlikka bergan bosimining miqdoriga qarab, past bosimli (bosimi 20 m suv ust. gacha), o'rtacha bosimli (bosimi 20 ... 60 m suv ust. ga teng), yuqori bosimli (bosimi 60 m suv ust. yuqori) nasoslarga ajratish mumkin. Ularni bergan sarfiga qarab past, o'rta va yuqori sarfli nasoslarga gruppash mumkin.

Nasoslarni energiyaning nasosga qanday berilishiga qarab klassifikatsiyalashgani ham bo'lgan. Bu aytilgan oxirgi uch tur klassifikatsiyalashning har biriga ham barcha mavjud nasoslarni kiritish mumkin bo'lgani bilan bu uch usul juda katta kamchilikka ega, chunki bu usullarda bir gruppaga porshenli, markazdan qochma, rotorli, propellerli va ishlash prinsipi tomoman bir – biridan farqlanuvchi boshqa nasoslar guruhiga kirishi mumkin. Suyuqlikka berilgan energiya turiga qarab klassifikatsiyalash ancha qulaydir.

Nasosdan o'tayotgan suyuqlikka berilgan energiya uch xil bo'lishi mumkin: holat energiyasi (Z); bosim energiyasi $\left(\frac{P}{\gamma}\right)$; kinetik energiya $\left(\frac{v^2}{2g}\right)$.

Faqat holat energiyasi beruvchi mashinalarga suv ko'targichlar deyiladi. Agar ko'tarilayotgan suyuqlik faqat suv emas, balki neft, turli moylar va boshqa xil suyuqliklar ham bo'lishi mumkinligini hisobga olsak, bu mashinalarni suyuqlik ko'targichlari deyish kerak bo'ladi. Bu gruppaga suv ko'tarish uchun ishlatilgan barcha qadimgi qurilmalar: charxpalak, chig'ir arximed vinti va boshqalar kiradi. Zamonaviy ko'lmalardan bu gruppaga kiradiganlari qatoriga defekli quvurdan neft chiqaruvchi tortuvchi qurilmalari, chuqur quduqlardan gaz va havo yordamida suyuqlik (suv, neft) ko'taruvchi ko'targichlar kiradi.

Ikkinchi gruppaga suyuqlikka bosimi orttirish yo'li bilan energiya beruvchi nasoslar kiradi. Suyuqlikni porshen' bosimi (porshenli nasoslar), aylanuvchi jismlar (rotorli nasoslar), siqilgan havo, gaz yoki bug' (pnevmatik suv ko'targichlar, Gemfri nasosi va x.k) yordamida siqib chiqarish mumkin. Bularga suyuqlikka gidravlik zarb orqali impul's beruvchi mexanizmlar (gidravlik taran) ham kiradi.

Uchinchi gruppa nasoslarda suyuqlikka kinetik energiya berilib, so'ngra u bosim energiyasiga aylantiriladi. Bularga birinchi galda kurakli (markazdan qochma, parrakli, o'qiy) nasoslar kiradi (ularda ish kismi valda aylanuvchi kurakli gildiraklardir), ikkinchidan oqimchali nasoslar (ejektorlar, injektorlar, gidravlik elevatorlar) kiradi (ularda suyuqlikka energiya beruvchi boshqa suyuqlik, gaz yoki bug'dir). Nasoslar va suv ko'targichlarni yuqorida aytilganlar bo'yicha

Gruppashni quyidagi sxemada tasvirlash mumkin.

Porshenli nasoslar. Tuzilishi va ishlash prinsipi

Porshenli nasos qurilmasining eng sodda sxemasi keltirilgan. Bu nasoslarda suyuqlikning so'rishi va haydalishi porshenning silindrda ilgarilanma – qaytma harakat qilishiga asoslangan. Bunda porshen 3 tarkibida shtok 2 bo'lgan krivoship – shatunli mexanizmi 1 yordamida harakatga keladi. Porshen' silindr ichida qaytma (orqaga) harakat qilganida uning oldidagi ish bo'shlig'ining hajmi ortib, siyraklanish hosil bo'ladi. Bu siyraklanish ma'lum bir chegaraga etganida ish bo'shlig'idagi

bosim r_s bilan tovonli klapan 7 ostidagi xrapovikda bo'lgan bosim orasidagi farq so'rish klapani 4 ni ochadi va suyuqlik so'rish trubasi 6 orqali ish bo'shligiga kiradi. Nasoslarda suyuqlik qaysi tipdagi kuchlardan (dinamik kuchlar yoki statik kuchlar)

foydalanib soʻrilishiga qarab, ular dinamik yoki hajmiy nasoslarga boʻlinadi. Bunda yuqoridagi klasifikatsiyaga kirgan nasoslarning porshenli va rotorli turlari hajmiy nasoslarga, qolganlari esa dinamik nasoslarga kiradi.

Soʻrilish porshen oʻzining eng chekka soʻrilish chegarasiga yetguncha aylanadi. Bunda soʻrilish trubasidagi siyraklanishni soʻrish klapani oldiga joylashtirilgan vakuumometr yordamida oʻlchash mumkin. Taʼminlovchi idishdagi suyuqlik satxidan nasos silindrining eng yuqori satxigacha boʻlgan balandlikka surish balandligi N_s deyiladi. Soʻrish balandligi chegaraviy soʻrish balandligi $N_s < N_{chs}$ dan katta boʻlmasligi kerak.

Porshenʼ (plunjer) ilgarilanma (oldinga) harakat qilganda esa ish boʻshligʼidagi bosim ortib, soʻrish klapani yopiladi.

Boʻshliqdagi bosim ortishda davom etib, uning miqdori suyuqlikni haydash bosimi r_x ga yetganida haydash klapani ochilib, suyuqlik haydash trubasi 9ga oʻta boshlaydi. Suyuqlikni haydash porshenning eng chekka haydash chegarasiga yetguncha davom etadi.

Nasosni ishga tushirganimizda u avval soʻrish trubasidagi havoni tortadi va suyuqlik hosil boʻlgan bosimlar farqi taʼsirida surish trubasiga koʻtariladi. Nasos bir oz vaqt ishlagandan soʻng soʻrish trubasi va silindrdagi havo haydash chiqarilib, suyuqlik silindrni toʻldiradi. Shundan keyin nasos moslangan tartibda ishlay boshlaydi. Natijada taʼminlovchi idishdagi suyuqlik qabul qiluvchi idishga oʻtadi. Silindrdagi yuqori satx bilan suyuqlik koʻtarilgan eng yuqori satxning farqiga haydash balandligi N_x deyiladi.

Soʻrish balandligi bilan haydash balandligining yigindisi $N_s + N_x$ nasosning tortish balandligi yoki toʻliq statik bosimni beradi. Porshenli nasoslarning turli loyixalari bilan qurilgan turlari ishlab chiqarishning koʻp soxalarida qoʻllaniladi.

Yuqorida aytganimizdek, porshenli nasoslar yuqori bosim kerak boʻlgandagina ishlatiladi. Amalda koʻp hollarda porshenli nasoslardan markazdan koʻchma nasoslar oʻrnida foydalaniladi. Hajmiy gidrouzatmalar sostavida ishlayotgap nasoslar asosan porshenli nasoslar turiga kiradi. Bu aytilganlardan tashqari, porshenli nasoslarning yana bir ustunligi ularning foydali ish koeffitsientining yuqoriligidir. Porshenli nasoslarning markazdan koʻchma nasoslardan yana bir farqi shundaki, uning soʻrishini haydash trubasiga oʻrnatilgan zadviyka yordamida oʻzgartirib boʻlmaydi. Lenin haydash trubasining kesimi kichrayib borishi bilan tezlik va zadviyka oldida bosim orta boradi. Agar zadviyka butunlay bекitib qoʻyilsa, bosim juda kattalashib ketishi natijasida yo nasos buziladi, yoki truba yoriladi, u xolda zoʻriqish ortib ketishi natijasida dvigatel toʻxtab qoladi. Shuning uchun porshenli nasoslardan yuqori bosimda oʻzgarimas soʻrish miqdori zarur boʻlgan hollarda foydalaniladi.

Porshenli nasoslarning markazdan koʻchma nasoslarga taqqoslangandagi asosiy kamchiligi ularning qoʻpolligi, qimmat turishi, ishlatish murakkabligidir. Bu nasoslarni markazdan qochma nasoslarga nisbatan koʻproq kuzatib turish tala qilindi, chunki porshenli nasoslarning klapanlari tez-tez ifloslanib turadi. Ifloslanish nasosning boshqa qismlarida ham boʻladi.

Nazorat savollari

1. Nasoslarning ishlash prinsipini tushintiring.
2. Nasoslar necha turga boʻlinadi.
3. Porshenli nasoslar qanday ishlaydi.

Tayanch iborlar.

Klapan, markazdan qochma nasos, hajmiy, tezlik , zadviyka, suyuqlik, bosim, energiya, hajmiy gidrouzatmalar

15 ma`ruza Nasosning bosimi, unumdorligi (so'rish miqdori)

Nasosning bosimi N deb nasosdan o'tayotgan suyuqlikning birlik og'irligiga berilgan energiya (boshqacha aytganda nasosdan o'tayotgan suyuqlik oqimining solishtirma energiyasi) ga aytiladi. N suyuqlik ustunining metrlarida o'lchanadi. Bosim ikki usulda aniqlanadi:

- 1) nasos qurilmasining o'lchov asboblari ko'rsatuvidan (nasos ishlab turganda);
- 2) nasos qurilmasi qismlarida suyuqlikka berilgan solishtirma energiyalar yig'indisidan .

Birinchi usulda bosim quyidagicha hisoblanadi. Avval nasosga kirishdagi energiya hisoblanadi:

$$e_1 = H_c + \frac{p_c}{\gamma} + \frac{g_c^2}{2g}$$

bu erda N_s , r_s , g_c — tegishli so'rish balandligi, bosimi va tezligi. So'ngra nasosda chiqishdagi energiya hisoblanadi:

$$e_2 = N_s + N_0 + \frac{p_x}{\gamma} + \frac{g_x^2}{2g}$$

bu erda N_0 - kirishdagi vakuumometr bilan chiqishdagi manometrlarda qaror topgan satxlar farqi; R_x , g_x - haydash bosimi va tezligi.

Nihoyat, chiqish va kirishdagi solishtirma energiyalar farqini hisoblab, nasosdan o'tayotganda suyuqlik olgan energiya topiladi, Bu faqat nasosning bosimiga teng bo'ladi:

$$H = e_2 - e_1 = (H_c + H_o + \frac{p_x}{\gamma} + \frac{v_x^2}{2g}) + (H_c + \frac{p_c}{\gamma} + \frac{v_c^2}{2g}) = H_o + \frac{p_x - p_c}{\gamma} + \frac{v_x^2 - v_c^2}{2g}$$

So'rish bosimini vakuumometrning ko'rsatishi bo'yicha topish mumkin:

$$R_s — R_a - R_{vak}$$

Haydash bosimi esa manometrnng ko'rsatishidan aniqlanadi:

$$p_x = p_a + p_m$$

Bu munosabatlardan foydalanib va vakuumometrik hamda manometrik bosimlarni tegishli bosim miqdorlari orqali ifodalab:

$$H_{bak} = \frac{p_{bak}}{\gamma} \quad H_m = \frac{p_m}{\gamma}$$

nasosning bosimi uchun quyidagi munosabatni olamiz:

$$H = H_m + H_{bak} + H_o + \frac{v_x^2 - v_c^2}{2g}$$

Ko'pincha, tezlik bosimlarining ayirmasi kichik miqdor bo'lgani uchun ularni hisobga olinmaydi.

Ikkinchi usul bilan bosimni hisoblash uchun avval ta'minlovchi idishdagi suyuqlik satxiga tegishli kesim (1 – 1) va nasosga kirishdagi kesim (2 – 2) uchun Bernulli tenglamasi yoziladi:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_c}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + h_c$$

So'ngra nasosdan chiqishdagi kesim (3 — 3) va suyuqlikning eng yuqori ko'tarilgan satxidagi kesim (4 – 4) uchun Bernulli tenglamasi yoziladi:

$$z_3 + \frac{p_x}{\gamma} + \frac{v_x^2}{2g} = z_4 + \frac{p_4}{\gamma} + \frac{v_4^2}{2g} + h_x$$

bu tengliklarda Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 - tegishli kesimlarning geometrik balandligi: $h_{c1} h_x$ - so'rish va haydash trubalaridagi gidravlik qarshiliklar.

Eng yuqoridagi kesimi qabul qiluvchi idishdagi suyuqlik satxida desak, idishlarning kesimi trubalar kesimidan katta bo'lgani uchun v_t va v_t larni v_K va v_x larga nisbatan kichik miqdor deb olib, ularni hisobga qo'shmaymiz. Oxirgi ikki tenglamaga $z_2 - z_1 = H_1$; $z_4 - z_3 = H_2$ belgilashlarni kiritib, ulardan so'rish va haydash bosimlarini topamiz:

$$\frac{p_c}{\gamma} = \frac{p_1}{\gamma} - H_1 - \frac{g_c^2}{2g} - h_c \quad \frac{p_x}{\gamma} = \frac{p_4}{\gamma} + H_2 - \frac{g_x}{2g} + h_x$$

Olingan miqdorlarni tenglamaga qo'yib ushbu tenglikni quyidagicha yozamiz

$$H = \frac{p_4 - p_1}{\gamma} + H_0 + H_2 + H_1 + h_c + h_x$$

Nasos qurilmasidan (4.2 -rasmlar) ko'rinadiki, $H_0 + H_2 = H_x$, $H_1 = H$ va $H_{ct} = H_x + H_c = H_0 + H_2 + H_1$.

Bunga asosan $N = N_{st} + h_s + h_x$.

Ta'minlovchi va qabul qiluvchi idishlarda bosim, odatda, atmosfera bosimiga teng bo'ladi ($p_1 = p_a, p_4 = p_a$). Shunday qilib, bosim uchun yozilgan oxirgi tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$N = N_{ST} + h_s + h_x.$$

Bu tenglikdan ko'rinadiki, ochiq idishlarda nasosning bosimi (4.3) suyuqlikni ko'tarish hamda so'rish va haydash trubalaridagi qarshilikni yengishga sarflanadi.

Nasosning unumdorligi (so'rishi) yoki sarfi deb, uning vaqt birligida so'rgan suyuqlik hajmi Q ga aytiladi. So'rish $m^3/soat$, l/s va boshqa birliklarda o'lchanadi. Sodda amaliy porshenli nasosning sarfi quyidagicha teng:

$$Q = F \cdot L \frac{n}{60}$$

bu erda F - porshen' kundalang kesimining yuzasi; L - porshenning yurishi (yo'li); n - porshenning bir minutda borib kelish soni (yoki krivoship -shatunli mexanizmning aylanish soni).

Ko'p amaliy porshenli nasosning sarfi:

$$Q = F \cdot L \frac{n}{60} \cdot i$$

bu erda i - nasos silindrlarining soni.

Ikki amaliy bir porshenli nasosning -sarfi:

$$Q = (2F - f)L \frac{n}{60}$$

bu erda f - shtok kundalang kesimining yuzi.

So'rish balandligi

So'rishda bosim kamayib, so'rish klapani ochiladi va so'rish trubasidagi suyuqlik kameraga kira boshlaydi. So'rish trubasidan kameraga suyuqlikning o'tib turishi natijasida so'rish trubasida siyraklanish (vakuum) hosil bo'ladi. Bu o'z navbatida suv manбайдan suvning so'rish trubasiga odib kirishiga sabab bo'ladi. Nasos suv satxiga nisbatan yuqoriroq joylashgan bo'lsa, u holda so'rish trubasidagi absolyut bosim suyuqlikning tuyingan bug'lari bosimidan kamayib ketishi mumkin. Bunda suyuqlikda erigan gazlar va suyuqlik bug'i ajralib chiqib pufakchalar hosil qiladi. Bosim yana ortganda pufakchalar ichidagi gaz va bug' yana erib ketib, ularning o'rniga suyuqlik intiladi. Natijada gidravlik zarb hosil bo'ladi (buni biz kavitatsiya hodisasi deb atagan edik). Kavitatsiyaning asosiy zararlaridan biri uning kuchayib ketishi natijasida nasosning moslashgan ish tartibining buzilishidir. Ikkinchi zarari kavitatsiya kuchaygan joylarda metall emiriladi. Shuning uchun so'rish trubasidan nasosga kirishda havo qalpogi o'rnatiladi.

Ba'zan havo qalpogi gidravlik zarbni susaytirish bilan birga, so'rishni tekislash maqsadida, haydash trubasining boshlanishiga ham o'rnatiladi. So'rish trubasida bosim aylanish sonining va surish balandligining ortishi natijasida kamayishi mumkin.

Aylanish sonining ortishi porshenning tezligini oshirib, so'rish trubasida bosimning kamayib ketishiga olib keladi. So'rish balandligining ortishi ham so'rish trubasida bosimning kamayishiga ta'sir qilib, kavitatsiya hodisasini vujudga keltiradi. So'rish balandligi ma'lum chegaradan o'tganda kavitatsiya kuchayib so'rishning to'xtashiga olib keladi.

Ana shu chegara qiymati chegara so'rish balandligi deyiladi. Chegara so'rish balandligini aniqlash uchun 4.2- rasmdan foydalanamiz. Ta'minlovchi idishdagi satxini birinchi kesim, nasosga kirishdagi satxni ikkinchi kesim deb, bu ikki kesimga Bernulli tenglamasini qo'llaymiz. Birinchi kesimda bosim p_1 tezlik, g_1 ikkinchi kesimda bosim p_s (so'rish bosimi) tezlik g_c (so'rish tezligi) kesimlar satxining farqi N_s (so'rish balandligi) deb hisoblab quyidagi tenglamani olamiz:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{g_1^2}{2g} = \frac{p_c}{\gamma} + \frac{g_c^2}{2g} + H_c + h_{12}$$

Bundan so'rish balandligini topamiz:

$$H_c = \frac{p_1}{\gamma} - \left(\frac{p_c}{\gamma} + \frac{g_c^2 - g_1^2}{2g} + h_{12} \right)$$

Albatta h_{12} gidravlika qismida ko'rilgandek so'rish trubasidagi gidravlik yuqotishlarning yigindisidan iborat, ya'ni

$$h_c = h_{12} = \lambda \frac{l_c}{d_c} \frac{g_c^2}{2g} + \sum_{i=1}^n \xi \frac{g_c^2}{2g}$$

bu erda birinchi xad ishqalanish qarshiligi bo'lib, so'rish trubasining uzunligi l_s va diametri d_c ga bogliq; ikkinchi had maxalliy qarshiliklar yigindisidir.

tenglamadan ko'rinadiki, so'rish balandligi ta'minlovchi idishdagi bosimning ortishi bilan ortib, so'rish bosimi esa suo'rish tezligi va so'rish trubasidagi qarshilikning ortishi bilan kamayadi. Agar ta'minlovchi idishdagi bosim atmosfera bosimiga teng ($p_1 = p_a$), tezlik nolga teng ($g - 0$) (ochiq idish), so'rish bosimi esa suyuqlikning bug' bosimiga teng bo'lsa, u holda tenglama quyidagicha yoziladi:

$$H_c \leq \frac{p_a}{\gamma} - \left(\frac{p_t}{\gamma} + \frac{g_c^2}{2g} + h_c \right)$$

Bunda tenglik belgisi N_s ning chegara so'rish balandligiga teng bo'lgan holini ko'rsatadi. Chegara so'rish balandligi N_s so'rish tezligi g_c , so'rish trubasining qarshiligi h_s va to'yingan bug' bosimi p_t ni hisobga olmagan holda ham dengiz satxida 20°S temperaturada 10 m dan oshmaydi. Amaliy tekshirishda chegara so'rish balandligi 6 ... 8 m, so'rish tezligi esa $g_s = 1 \dots 1,5$ m/s bo'ladi.

Nasoslarda energiya balansi, uning FIK va boshqa parametrlari

Nasos so'rilayotgan suyuqlikka ma'lum miqdorda energiya beradi. Lekin bu energiya nasosga dvigatel' tomonidan berilgan energiya miqdoriga teng emas, ya'ni dvigatel' bergan energiyaning bir qismi to suyuqlikka berilgan energiya darajasiga etguncha sarf bo'lib ketadi. Bu sarfni nasosning quvvati va foydali ish koeffitsientini tekshirish davomida aniqlanadi.

Nasosning quvvati deb, uning vaqt birligida bajargan ishiga aytiladi. Quvvat kgm/s, kvt va boshqa birliklarda o'lchanadi. Nasosning biror t vaqtda ko'targan suyuqligi G kg, bosimi N bo'lsa, uning bajargan ishi quyidagiga teng bo'ladi:

$$A = G_c H t.$$

Yuqorida aytilganga asosan:

$$N = \frac{GHt}{t},$$

lekin

$$G_c = \gamma \cdot Q,$$

shunga asosan quvvat quyidagicha topiladi:

$$N_\Phi = \gamma \cdot Q \cdot H_{\text{KKZ}} / c.$$

quvvatni kvt larda ifodalasak:

$$N_\Phi = \frac{\gamma \cdot QH}{\eta \cdot 102},$$

da ifodalasak:

$$N_\Phi = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{\eta \cdot 75}.$$

Olingan quvvat formulalari nasosning suyuqlikka bergan energiyasini ifodalovchi foydali quvvatni beradi. Amalda esa dvigatelning valni aylantirishga sarflangan quvvati bu formulalar bo'yicha hisoblangan miqdordan ancha ko'p bo'ladi. Dvigatelning valga bergan quvvati bilan foydali quvvatning farqi suyuqlikni ko'tarishda turli qarshiliklarni engishga sarf bo'ladi.

Nasosning foydali ish koeffitsienti (FIK) deb, foydali quvvatning valga berilgan quvvatga nisbatiga aytiladi:

$$\eta = \frac{N_{\Phi}}{N}.$$

Buni nazarga olganda suyuqlikni so'rish uchun sarf bo'lgan umumiy quvvat dvigatel' sarflagan quvvatga teng ekanligini bilamiz. Umumiy quvvat quyidagi formulalar yordamida hisoblanadi:

$$N = \frac{\gamma Q \cdot H}{\eta} \kappa_{\varepsilon} / c;$$

$$N = \frac{\gamma Q \cdot H}{75\eta} o.\kappa;$$

$$N = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{102\eta} \kappa Bm$$

Yuqoridagilarga asosan aytish mumkinki, FIK η suyuqlikni ko'tarishdagi barcha energiya yo'qotishlarini ifodalovchi miqdordir. Bu yo'qotishlar uch turga bo'linadi: gidravlik, mexanik va hajmiy.

1. Gidravlik yo'qotishlar — nasosdagi gidravlik qarshiliklar nasosga kirish va chiqishda, uyurmalar hosil bo'lishida va x. k. lardagi gidravlik ishqalanishni engishga sarflanadigan energiyadir. Bu yo'qotishlar gidravlik FIK bilan hisobga olinadi:

2. Mexanik yo'qotishlar— nasosning podshipniklaridagi ishqalanishga, krivoshipshatunli mexanizmlarga va o'z extiyojlariga sarflangan quvvat yo'qotishlari bo'lib, mexanik FIK bilan hisobga olinadi:

$$\eta_M = \frac{N_i}{N_b}, \quad \eta_x = \frac{Q}{Q + \Delta Q}$$

bu er da ΔQ — nasosdagi suyuqlikning hajmiy yo'qotishlari. Hajmiy FIK nasosning germetiklik darajasini va ishlash sharoitini xarakterlaydi.

Shunday qilib, nasosning asosiy parametrlaridan biri bo'lgan to'liq FIK yuqoridagi uchta FIK ning ko'paytmasidan iborat:

$$\eta = \eta_r \cdot \eta_M \cdot \eta_x$$

3. Hajmiy FIK η_x quyidagicha ifodalanadi:

$$\eta_x = \frac{Q}{Q + \Delta Q}$$

bu er da ΔQ — nasosdagi suyuqlikning hajmiy yo'qotishlari. Hajmiy FIK nasosnint germetiklik darajasini va ishlash sharoitini xarakterlaydi.

Shunday qilib, nasosning asosiy parametrlaridan biri bo'lgan to'liq FIK yuqoridagi uchta FIK ning ko'paytmasidan iborat:

$$\eta = \eta_r \cdot \eta_M \cdot \eta_x$$

Porshenli nasoslarda $\eta = 0,7 \dots 0,9$ ga, markazdan qochma nasoslarda esa $0,6 \dots 0,8$ ga teng. Nasos dvigateliga kerakli quvvat N_{DV} ushbu formula bilan aniqlanadi:

$$N_{\text{ДВ}} = \frac{N_b}{\eta_{\text{y3am}}} \cdot a$$

bu erda η_{y3am} - uzatish FIK; a — dvigatelning tasodifiy o'ta zo'riqishiga qarshi zapas koeffitsient; u dvigatel' quvvatiga qarab $1,1; 1,1 \dots 1,5$ ga teng.

Nazorat savollari

1. Nasosning quvvat deb nimaga aytiladi.
2. Nasosning unumdorligi deb nimaga aytiladi
3. Nasos dvigateliga kerakli quvvat qanday aniqlanadi.
4. Nasosning asosiy parametrlaridan biri bo'lgan to'liq FIK qanday aniqlanadi.

Tayanch iborlar.

Klapan, markazdan qochma nasos, hajmiy, tezlik, zadviyka, suyuqlik, bosim, energiya, hajmiy gidrouzatmalar, quvvat, parametrlari, FIK

16 ma`ruza Nasos konstruksiyalarining namuna sxemalari

Porshenli nasoslar ko'llanish sharoitiga qarab turlicha konstruksiyalanadi. Hozirgi vaqtda mavjud nasoslar konstruksiya tuzilishiga qarab turlicha bo'ladi: a) yuritgichlariga qarab yuritgichi krivoship-shatunli, yuritgichi kriioship-shatunsiz, bevosita ishlaydigan va qo'l nasoslari; b) o'qning joylanishiga qarab gorizontal va vertikal o'qli nasoslar; v) tortadigan suyuqligiga qarab suv, issiq va agressiv suyuqliklar, loyqa va xokazolar tortuvchi nasoslar; g) aylanish soniga qarab tezyurar va sekinyurar nasoslar; d) suyuqlikni tortishda to'liq aylanish davrida necha marta so'rish yoki haydash protsessi bo'lishiga qarab bir, ikki, uch, to'rt va ko'p tomonlama ishlaydigan nasoslarga va xatto porsheni xamda klapanlarning joylashtirilishiga qarab klassifikatsiyalanadi. Bir tomonlama ishlaydigan krivoship-shatun mexanizmlil nasos keltirilgan. Bunda plunjer - vertikal yoki gorizontal joylashgan bo'lishi mumkin. Agar plunjerning o'rniga porshen' ishlatilsa, moydon kerak bo'lmay qoladi, lekin porshen' yo'li uzunligi bilan barobar, ichki sirti silliq pardozlangan-gil'zalangan tsilindr kerak bo'ladi.

Vertikal joylashgan tsilindr va porshen' ishlatilgan hollarda haydash klapanini porshenga o'rnatib, o'tuvchi porshenli nasos ko'rish qulayroqdir.

Ikki tomonlama ishlaydigan nasoslarda so'rish va haydash porshen' (plunjer) ning ikki tomonida ham amalga oshiriladi; Natijada nasosning so'rish ikki baravar ortadi va to'liq aylanish davrida tekisroq ishlaydi. Ikki tomonlama ishlaydigan porshenli va plunjerli nasoslarning sxemasi keltirilgan. Uch, to'rt va kup tomonlama ishlaydigan nasoslar kamroq qo'llanilib, so'rish bir tekis bo'lishi bir aylanishda tekisroq ishlashi bilan

farqlanadi, tuzilishi bo'yicha yuqoridagi keltirilgan turlardan kam farq qiladi. Uch tomonlama ishlaydigan nasosda uchta bir tomonlama ishlaydigan nasos, to'rt tomonlama ishlaydigan nasosda ikki tomonlama ishlaydigan ikkita nasos baravariga ishlaydi.

Yuqorida aytilganlardan differentsial nasoslar anchagina farq qiladi. Bu nasoslarda plunjer chapdan o'ngga harakat qilganda so'rish kamerasida so'rish klapani ochilib, haydash klapani yopiladi va suyuqlik so'riladi, plunjerning o'ng tomonidagi yordamchi kamerada esa siqilish protsessi natijasida bosim ortib suyuqlik hadash trubasiga oqa boshlaydi. Plunjer o'ngdan chapga harakat qilganda so'rish kamerasida bosim ortib, so'rish klapani yopiladi, haydash klapani esa ochiladi. Natijada suyuqlik so'rish kamerasidan chiqib, uning bir qismi haydash trubasiga oqadi, qolgan qismi yordamchi kameraga so'riladi. Shunday qilib, haydash trubasiga (iste'molchiga) suyuqlik bir tekis etkazib beriladi.

Differentsial nasoslar ikki tomonlama ishlaydigan nasosdek ishlasa ham, ulardan to'rt klapan o'rniga faqat ikki klapanidan foidalanishi bilan farqlanadi. Shu bilan birga differentsial nasosning hajmi bir tomonlama ishlaydigan nasos hajmidan uncha katta bo'lmaydi.

Ba'zan so'rishni haydash trubasida emas, so'rish trubasida bir tekis ta'minlash zarur bo'lganda yuqorida aytilgan usulni so'rish trubasi tomoniga qo'llash mumkin.

Amalda ishlatiladigan porshenlarning ba'zi turlari keltirilgan.

Nasoslarning ishlash sharoitiga qarab turli klapanlar tanlab olinadi. Klapanlarning ishlashida ularning o'z vaqtida ochilib yopilishi muxim rol o'ynaydi. Suyuqlikning faqat dinamik kuchi ta'sirida yoki klapaning ikki tomonidagi bosimlar farqi ta'sirida ochilib - yopiladigan va boshqa yordamchi mexanizmlari bo'lmagan klapanlarga mustakil klapanlar deyiladi.

Biror mexanizm ishtirokida ochilib - yopiladigan klapanlar nomustakil klapanlardir.

Klapan qurilmasining xarakteriga qarab ular ko'tarma, tashlama va zolotniksimon klapanlarga bo'linadi. Ko'tarma va tashlama klapanlar mustaqil va nomustaqil emas bo'lishi mumkin, zolotniksimonlar esa faqat nomustakil bo'ladi.

Klapanlarga qo'yilgan asosiy talab ularning klapan kanalining zich yopilishini ta'minlashidir. Bu talab bajarilmasa, klapan ostiga nasos ishini buzishi mumkin bo'lgan biror narsa (qum, cho'p, qurum, latta va x.k.) lar kirib qolishi mumkin.

Klapanlar turli konstruktiv shakllarga ega bo'ladi: tarelkasimon, konussimon, sharsimon klapanlar. Sharsimon klapanlar toza bo'lmagan suyuqliklarni so'rishda qo'llaniladi.

Boshqa tur hajmiy nasoslar: shersterniyali, kolovorotli, vintli, plunjerli, diafragmali nasoslar. Ularning qo'llanish soxasi.

Hajmiy rotorli nasoslar shesterniyali, vintli, plastinkali (shiberli) va aylanma porshenli turlarga bo'linadi. Ular o'zgaruvchan sarfli yoki boshqariladigan va o'zgarmas sarfli yoki boshqarilmaydigan bo'lishi mumkin.

Bu turdagi nasoslarning sarfi ish bo'shlig'i kattaligiga va rotorning aylanishlar soniga bog'liq; nasos elementlarining puxtaligi bosim tarmogidagi qarshilikka mos bo'lishi kerak. Agar bosim tarmogidagi zadviyka tasodifan yopiq bo'lib qolsa va nasos

muxofaza apparatlari bilan ta'minlanmagan bo'lsa, bu holda nasos sinadi yoki nasos dvigateli ishdan chiqadi.

Rotorli nasoslar har xil bir jinsli suyuqliklarni uzatishda avtonom qurilma sifatida, shuningdek, gidroprivodlar tarkibida suyuqlikni harakatlantiruvchi yoki suyuqlikka kerakli energiya (bosim) beruvchi nasos holida va o'zi harakatlanayotgan suyuqlik yordamida harakat olib, energiyasini boshqa mashinalarga, qurilmalarga uzatuvchi gidrodvigatellar holida ishlatilishi mumkin. Rotorli uzatuvchi gidrodvigatellar holida ishlatilishi mumkin. Rotorli nasoslarning hajmiy FIK i 0,7 ... 0,95 atrofida bo'lib, nasosning ishqalanuvchi qismlarining yoyilishiga mos o'zgaradi. Nasos aniq ishlangani uchun mexanik FIK yuqori – 0,95 ... 0,98 atrofida bo'ladi. Bularga nesternyali, kolovorotli, vintli, plunjerli, diafragmali nasoslar kiradi.

1. Shesternyali nasoslarning tuzilishi juda sodda. Oddiy shesternyali nasoslarning asosiy ish detallari ikkita bir xil shesternya 1 bo'lib ular o'zaro ishlashgan va korpus 2 ichiga joylashgan bo'ladi. Etaklovchi shesternya harakatni dvigateldan oladi. Nasosda ikkita kopkok bo'lib, ularda etaklovchi va etaklovchi valiklar podshipnik va sal'niklar bilan ta'minlangan. Nasos korpusida ikkita teshik bor, bittasi S – so'rish teshigi – shesternya tishchalari o'zaro ajralayotgan tomonda, ikkinchisi teskari tomonda – tishchalar ishlayotgan tomonda bo'lib, haydash teshigi x deyiladi. Nasosning ishlash printsipi quyidagicha. Etaklovchi val o'zida o'rnatilgan shesternyasi bilan dvigatel' yordamida harakatga keltiriladi, etaklanuvchi shesternya esa, undan aylanma harakat oladi. Shesternyalar aylanayotganda tishlar so'rish bo'shlig'ida (S) bir – biridan uzoqlashadi. Natijada tishlar orasidagi chuqurchada suyuqlikning katta tezlikda olib ketishi sababli so'rish bo'shlig'ida siyraklanish vujudga keladi va so'rish teshigiga suyuqlik kela boshlaydi. Tishlar orasidagi chuqurchalardagi suyuqlik tishlar o'zaro ilash paytida haydash bo'shlig'i (x) ga siqib chiqariladi, natijada haydash bo'shligida bosim ortib, suyuqlik tarmoqqa uzatiladi. Shesternyali nasoslar ishlayotganda tishlar orasidagi chuqurchalarda katta bosim vujudga kelib, u valik va nasos tayanchiga beriladi. Bu kuchlarni kamaytirish uchun tishlar orasidagi teshikchalarda suyuqlikning qolib ketishiga yo'l qo'ymaslik kerak. Shu maqsadda yuqori bosimli nasoslardagi chuqurchalarga radial ariqchalar qilinadi. Bu ariqchalardagi qoldiq suyuqlik chiqarib yuboriladi, natijada nasos tayanchi va valiklardagi yuk kamayadi. Shesternyali nasoslar tashqi va ichki ilashuvchi qilib yasaladi. Tashqi ilashuvchi nasoslar ko'p ishlatiladi. Ichki ilashuvchi kompakt nasoslar kichik qurilmalarda ishlatiladi. Shesternyali nasoslar hosil qilgan bosimga qarab past (10 kg/sm^2 gacha), o'rtacha (30 kg/sm^2 gacha) va yuqori (100 kg/sm^2) bosimli bo'ladi. Past bosimli nasoslar stanok va mashinalar, ichki yonuv dvigatellarining sistemalarida qo'llaniladi. O'rtacha bosimli nasoslar kuch organlariga harakatni tez uzatish kerak bo'ladigan stanoklarning gidrouzatmalarida (masalan, parmalash, pardozlash stanoklarida) ishlatiladi. Yuqori bosimli nasoslar stanokning ichki organiga katta kuch uzatish lozim bo'lgan gidrouzatmalarda qo'llaniladi. Shesternyali nasos 2, 3, 4 va hatto 5 shesternyali bo'lishi mumkin, ammo 3 dan yuqori shesternyallar qo'llanilganda FIK kamayib ketadi. 3 shesternyali nasos 2 shesternyaliga nisbatan katta ish unumiga ega, lekin hajmiy FIK kichik. Keyingi vaqtlarda hajmiy FIK ni oshirish maqsadida gidravlik kompensatsiyasini shesternyali nasoslar chiqarila boshlaydi. Yon chetdagi tirqishlarni gidravlik kompensatsiyalash uchun vtulka kuchli ishqalanish va yedirilish hosil qilmaydigan qilib shesternyaga maxkam siqib qo'yiladi. Bundan tashqari, yon qistirmalardan foydalanib, yon chetdagi tirqishlarni kichraytirish

usulidan ham foydalaniladi. Bu qistirmalar elastik devorli katakchalarga ega bo'lib, shayba tarzida shesternya bilan nasos korpusi orasiga qo'yiladi. Nasos ishlayotganda devordagi tirqishlardan kistirma katakchalari moyga to'latiladi. Bosim ostida katakcha to'siqlari deformatsiyalanadi va tirqishlardagi moy shesternya yonlariga siqiladi. Xususiy holda nasoslarning shesternyasi ikki tishli qilib yasaladi. Bunday nasoslarga kolovorotli nasoslar deyiladi.

2. Vintli nasoslar. Vintli nasoslar suyuqlikni bir tekis tortishi bilan farq qiladi. Ular yuqori FIK ga ega, ixcham, ishga qulay, yuqori bosimda va katta aylanishlar sonida shovqinsiz ishlay oladi. Vintli nasoslar bir, ikki, uch va hokazo vintli bo'ladi. Bir vintli nasoslar hajmiy nasoslarning hamma afzalliklarini mujassamlashtirgan bo'lib, ular yuqori bosimda uzatilayotgan suyuqlikni juda kam aralashtiradi va katta so'rish balandligiga ega. Undan tashqari, plunjerli va porshenli nasoslardan xarakatlanadigan detallarning kamligi (1 ta vint), klapanlarning va murakkab o'tish joylarining yo'qligi bilan farqlanib, ular gidravlik qarshilikni kamaytiradi. Bir vintli nasoslarda tortish bir tekis bo'lgani uchun inertsia ta'siri bo'lmaydi, natijada so'rish yaxshilanadi. Bu nasoslar ixcham, engil, sodda tuzilgandir. Sovet Ittifoqida bir vintli nasoslar ko'mir shaxtalaridan ifloslangan suvlarni tortib olishda, xavzalardan neftni so'rishda, quduqlardan suv tortishda va achitqilarni transportirovka qilishda ishlatiladi.

Bir vintli nasoslarning ishlash printsipti quyidagicha. Ichki tomoni vint shaklida profillangan tsilindrda vint aylanadi. TSilindr o'ziga xos profilli bo'lgani va vint aylanishi sababli suyuqlikning cheksiz xarakati vujudga keladi. TSilindrning ichki vintsimon yuzasi va vint yuzasi orasida yopiq bo'shliklar yoki xajm xosil bo'ladi. Bu bo'shliklarning vaqt birligi ichidagi umumiy xajmiga mos ravishda nasosning sarfi oshadi. So'rish tomonidagi bo'shlik xajmi kattalashganda nasosning kirish qismida bosimlar ayirmasi xosil bo'ladi va bu bo'shliq suyuqlikka to'ladi. Biror vaqtda bo'shlik yopiladi va bu tsilindrning xaydash tomoniga xarakatlana boradi: xar bir bo'shlik ma'lum xajmdagi suyuqlikni olib chiqadi. Vintning bir to'lik aylanishidagi suyuqlik tsilindr bo'yicha bir qadam uzunlikka siljiydi va o'zgarmas kesimdan to'kiladi. Yopik bo'shliklarning siljishi natijasida bosim so'rish bosimi r_s dan xaydash bosimi r_x gacha oshadi.

Eng ko'p tarqalgan vintli nasoslarga uch vintli nasoslar kiradi. Vintli nasoslarda asosiy ish organi vintlar bo'lib, ular aylanma xarakat qiladi. Ish vinti vazifasini faqat etaklovchi vint bajaradi. Etaklanuvchi vintlar uzatilayotgan suyuqlikning bosimi ta'sirida aylanadi, shuning uchun ekspluatatsiya davrida vintlar tez ishdan chiqmaydi, eyilmaydi va ishonchli bo'ladi. Etaklanuvchi vintlar zichlagich rolini o'tab, uzatish kamerasidan so'rish kamerasiga suyuqlikning qaytib tushishiga to'skinlik qiladi. Etaklovchi vintning ichki diametri va etaklanuvchi vintning tashqi diametri o'zaro tengdir. Uchta vintning kesimlari ish vaqtida o'zaro tegib cheksiz yuza bo'limi xosil qiladi va suyuqlikni so'rish kamerasidan uzatish kamerasiga so'ruvchi porshen' rolini bajaradi. Bo'lim yuzasi vintning xar bir qadamida takrorlanadi, qadamlar soni ish uzunligida ko'paygan sari bo'shliklar soni oshib boradi. Vint qadami chegarasidagi xar bir bo'shlik ko'p pogonali nasoslardagi ayrim pog'ona o'rnida bo'lib, vint uzunligi ko'payishi bilan yuqori hajmiy FIK li katta bosim hosil qiladi. Vintli nasos uchta asosiy qismdan iborat: stator, nasos korpusi va rotor (etaklovchi vint). Leningrad metall zavodida MVN 10 markali vintli nasosning printsiptial sxemasi yaratilgan. Bu nasosda to'rtta vint bor: o'rtadagi ikkitasi etaklovchi va ikkitasi etaklanuvchi. Vintlarning kesik

joylari stator ichida jips joylashgan bo`lib, podshipnikka o`xshab aylanadi. Statorni boshqacha qilib rubashka xam deyishadi, undagi vintlar uzunligi esa ish uzunligi deyiladi. Rubashka oxiriga so`rish va xaydash kameralari kelib birlashgan. Etaklovchi valning oxiri korpusdan chiqib turadi va mufta yordamida dvigatelga ulanadi. Uqiy bosimni muvozanatlash maqsadida nasos vintlarida yoki korpusda suyuqlik xaydash kamerasi tomondan so`rish kamerasi orqasidagi vint tagiga suyuqlik oqib tushadigan ariqchalar yasaladi.

Nasosni buzilishlardan saqlash uchun saqlagich klapanlar qo`yilgan. Uch vintli nasoslarning ishlash printsipti quyidagicha. Etaklovchi vint dvigateldan aylanma xarakatga keltiriladi, bunday vintlarning ajratish tekisligi so`rish kamerasining chuqurchalarida joylashgan bir xajm suyuqlikni kesib ajratib oladi. Keyin suyuqlik vint bo`ylab xaydash kamerasiga, undan xaydash trubasiga qarab xarakatlanadi. Shu paytda so`rish kamerasida siyraklanish bo`ladi, natijada so`rish trubasidagi suyuqlik so`rish kamerasiga tushib, vint chuqurchasini to`ldiradi; bu protsess cheksiz davom qiladi va nasos ishining uzluksizligini ta`minlaydi.

Suyuqlik kesimi yuzasi tomonidan ajratib olinmasdan oldin $r = r_a - r$ bosimi ostida xarakatlanayotgan bo`a, uning keyingi xarakati vintlarning kesimi yuzalarining bosimi ostida sodir bo`ladi (porshen o`xshab). Suyuqliknasosga uzluksiz berilgani sababli bir tekis so`rish ro`y beradi. Vintli nasoslar  $4 - 7 \text{ kg/sm}^2$  dan  $20 \text{ kg/sm}^2$  gacha bosimlar uchun tayyorlanadi. Chegara so`rish balandligi $8 \dots 9 \text{ m}$ suv ustuniga teng. Vint ish uzunligidagi o`ramlar soni, asosan, past bosimli nasoslar uchun  $z = 5 \text{ h}$ , o`rta bosimlar uchun $z = 3 \text{ h}$ va yuqori bosimlar uchun $z = 5 \text{ h}$ deb qabul qilingan (bunda h – vint qadami).

3. Plunjerli nasoslar. Plunjerli nasoslarning ishlash printsiptiga o`xshash bo`lib, ular konstruktiv sxemalari bo`yicha bir – biridan farq qiladi. Bu nasoslarda ish organi sifatida porshenning o`rniga plunjerdan foydalaniladi. Plunjerlarning porshendan farqi shundaki, ularning ko`ndalang kesimi uzunligiga nisbatan bir necha baravar kichik bo`lib, kompression va moy sidirish xalqalari bo`lmaydi.

4. Diafragmali nasoslar. Ximiyaviy aktiv suyuqliklarni va moddalarning katta zarrachalari aralashgan suyuqliklarni so`rish uchun porshenli nasoslarning maxsus turlari ishlatiladi. Bunday nasoslarning keng tarqalgan turi diafragmali yoki membranali nasosdir.

Bu nasoslarning ishlash printsipti plunjerli yoki porshenli nasoslarning ishlash printsiptiga o`xshaydi va suspenziyalarni xamda metall qismlarning emirilishiga katta ta`sir qiluvchi aktiv suyuqliklarni so`rishda ishlatiladi. Nasosning tsilindri 1 va plunjeri so`rilayotgan suyuqlikdan elastik to`sik 3 – diafragma (membrana) bilan ajratilgan bo`lib, to`siq yumshoq rezina yoki maxsus po`latdan tayyorlanadi. Plunjer orqaga yurganda diafragma bo`shlig`ining o`ng qismida siyraklanish xosil bo`ladi. Natijada diafragma o`ng tomonga egilib, siyraklanish bo`shlikning chap tomoniga, so`ngra nasosning ish bo`shligiga beriladi. Bu esa xuddi porshenli nasoslardagi kabi so`rish klapani ochilib, so`rish protsessining sodir bo`lishiga sabab bo`ladi. Plunjer oldiga yurganda esa diafragma bo`shlig`ining o`ng qismida bosim ortib, diafragma chapga egiladi. Shu yo`l bilan bosimning ortishi ish bo`shlig`iga berilib, so`rish klapani 4 yopiladi, so`ngra xaydash klapani 5 ochilib, suyuqlikning xaydash boshlanadi. Bunda plunjer va tsilindr so`rilayotgan suyuqlikdan ajratilgani uchun ximiyaviy aktiv moddalar ta`sirida bo`lmaydi va zanglash, eroziya xodisalaridan xoli bo`ladi.

Nasosning soʻrilayotgan suyuqlikka tegib turadigan qismlari (ish boʻshligʻi, klapanlar va x.k.) kislota bardosh materiallardan qilinadi yoki kislota bardosh moddalar bilan qoplanadi. Baʼzi xollarda shtok bevosita diafragma ulangan boʻlib, xarakat xaydash yuqorida aytilgandek amalga oshiriladi. Bunday nasoslar avtomobilʻ, traktor va boshqa qishloq xoʻjalik mashina dvigatellarining taʼminlash sistemasida qoʻllaniladi. Bu mashinalarda xarakat shtokka gaz taqsimlash valining ekstsentrighi yordamida beriladi.

Nazorat savollari

1. Diafragmali nasoslar qanday ishlatiladi nima uchun kerak.
2. Plunjerli nasoslarning ishlash printsihi deb nimaga aytiladi
3. Nasos dvigateliga kerakli quvvat qanday aniqlanadi.
4. Nasosning asosiy parametrlaridan biri boʻlgan toʻliq FIK qanday aniqlanadi.

Tayanch iborlar.

Klapan, markazdan qochma nasos, hajmiy, tezlik , zadvijka, suyuqlik, bosim, energiya, hajmiy gidrouzatmalar ,quvvat , parametrlari, FIK diafragmali nasos plunjerli nasos

17 maʼruza

Markazdan qochma nasosning tuzilishi

Odatda, markazdan qochma nasosning ish gʻildiragi shunday joylashtiriladiki, suyuqlik uning atrofidagi boʻshlik orqali oʻtib, soʻngra oʻkdan radius boʻyicha uzoqlashadi. Nasoslarning tuzilishi boʻladi. Soʻrish trubasi orqali taʼminlovchi idishdan koqtarilgan suyuqlik kameraning oʻrta ʻismiga kiradi. Soʻngra val 1 orqali xarakatga keltiriluvchi ish gʻildiragi 2 ning kuraklari 3 orasidan oʻtib, nasos kamerasi 4 ga tushadi. Bu erda markazdan qochma kuch taʼsirida xosil boʻlgan bosim suyuqlikni xaydash trubasiga siʻib chiqaradi. Suyuqlikning xaydash trubasida maʼlum miqdordagi tezlik bilan oqishini taʼminlashi uchun oʻtkazuvchi kamera, yoʻnaltiruvchi apparat va diffuzor kabi bir qancha maxsus moslamalardan foydalaniladi. Nasosdagi soʻrilish qabul qiluvchi idishdagi suyuqlik satxiga taʼsir qiluvchi bosim bilan soʻrish trubasidagi siyraklanish bosimi orasidagi farq xisobiga amalga oshadi. Bunda aytilgan bosimlar farqi soʻrish balandligi, soʻrish trubasidagi qarshiliklarni yengishga va suyuqlikka tezlik berishga sarf boʻladi. Bu tezlik suyuqlikning kameraga va soʻngra parraklar orasidagi kanalga kirishiga yordam beradi. Tabiiyki, bunda taʼminlovchi idish bilan soʻrish trubasidagi bosimlar farqi soʻrilayotgan suyuqlik bugʻlari bosimida kam boʻlmasligi kerak. Haydash balandligi markazdan qochma nasos engishi mumkin boʻlgan eng yuqori balandlik boʻlib, gʻildirakning tashqi aylanmasidagi tezlik qancha katta boʻlsa, u xam shuncha katta boʻladi.

Nasos korpusining tuzilishi xam xaydash balandligining yuqori boʻlishiga katta taʼsir qiladi. Shuning uchun nasosning korpusida soʻrilish yoʻli, spiral yoʻli va yoʻnaltiruvchi apparatlar moslangan boʻladi.

Soʻrilish yoʻli – korpusning soʻrish trubasidan ish gʻildiragiga oʻtishdagi kanolidir. Suyuqlikning nasosga soʻriladigan yoʻlining eng yaxshi shakli oʻq yoʻnalishidagi konus koʻrinishida boʻladi.

Tezyurarligi oʻrtacha va kichik boʻlgan nasoslar uchun nasosga soʻrilish yoʻli spiral shaklida boʻlishi mumkin. Tezyurarligi yuqori boʻlgan nasoslarda esa oʻq boʻyicha soʻrilish tezlikni 15 ... 20 % oshiruvchi konfuzor orqali amalga oshiriladi. Spiral

ko'rinishdagi so'rilish kameralarini xisoblashda so'rish tezligi S_{sur} g'ildirakka kirish tezligi s_1 ga qaraganda ancha kichik qilib olinadi: $S_{\text{sur}} = (0,85 \dots 0,70) s_1$.

Spiral yo'l. Suyuqlikning nasosdan chiqish kanali – spiral kamera tuzilishi sodda bo'lgani uchun yo'naltiruvchi apparatga qaraganda qarshiligi kam bo'ladi (ya'ni FIK katta). Lekin spiral kameraning kanallarini mexanik usulda silliqlab bo'lmaydi. Sunggi vaqtlarda metall qo'yish ancha aniq va toza bajarilgani uchun spiral kameralar ko'proq qo'llanila boshladi (xatto ko'p pog'onali nasoslarda ham qo'llanilmoqda).

Ish g'ildiragidan chiqqan suyuqlik zarrachasi spiral kameraning biror kismiga kirgandan so'ng radius bo'yicha harakatlanishda davom etishi bilan birga aylanma harakat ham kelib, chiqish tomonga intiladi va o'zidan keyin kelayotgan zarrachaga o'z o'rnini bo'shatib beradi. Spiral kamerani hisoblashda aylanma tezlikning tegishli radius – vektorga ko'paytmasi o'zgarmas deb qabul qilinadi. Natijada spiral kamerada suyuqlik tezligi chiqishga qarab kamayib boradi. Bu hol nasosning ishlashiga yaxshi ta'sir qiladi va tezlikning kamayishi potentsial energiyani ortishiga olib keladi. Bunda tabiiyki, tezlikning kamayib borishiga kesimning a ko'rinishi b ko'rinishga qaraganda ko'proq ta'sir qiladi.

Odatda spiral kamerada tezlik quyidagicha formula bilan hisoblanadi:

$$c_c = k_c \sqrt{2g \cdot H},$$

bu erda K_s – tezyurarlik koeffitsientiga bog'lik bo'lib, 0,45 dan 0,2 gacha o'zgaradi.

Eslatib o'tish kerakki, har qanday spiral kamera faqat tegishli hisoblangan sarf uchun to'liq samara berib, sarfni o'zgartirganda uning qarshiligi hisoblangan harakat buziladi, bu esa FIK ga ta'sir qiladi. Tezlikni kamaytirib, yuqori bosim olish uchun chiqish oldida diffuzordan foydalanish yaxshi natija beradi.

Yo'naltiruvchi apparat. Yo'naltiruvchi apparat ish g'ildiragidan chiqqan suyuqlikning radius bo'yicha kengayib borishi davomida suyuqlik kesimini aylana bo'yicha ham ortib borishga majbur qiladi. Natijada apparatdan o'tish davomida tezlik kamayib boradi. Yo'naltiruvchi apparatda suyuqlik zarrachalari to'g'ri chiziqli yo'nalishda og'ib, apparat parraklariga bosadi va uni ish g'ildiragi o'qi atrofida aylanishga majbur qiladi. Kuraksiz yo'naltiruvchi apparatlarda suyuqlikka radial tsunalishga yaqin tezlik berib bo'lmaydi. Shuning uchun bunday aparatlar kamroq qo'llaniladi. Parrakli yo'naltiruvchi aparatlarda esa suyuqlik zarrachalariga ish g'ildiragidan chiqqandagi tezlikdan tamom farqli tezlik beriladi. Bundan tashqari, kesimi o'zgarmaydigan kuraksiz yo'naltiruvchi apparat nisbatan kurakli yo'naltiruvchi apparatda tezlikni ko'proq kamaytirib, kinetik energiyani potentsial energiyaga ko'proq aylantirish mumkin.

Yo'naltiruvchi aparatning tuzilishi ish g'ildiragidan chiqqan suyuqlikning haydash trubasiga kirishini osonlashtiradi.

Ish g'ildiragi nazariyasi asoslari.

Ish g'ildiragi markazdan qochma nasosning asosiy ismini tashkil qilib, uning tuzilishiga asos bo'ladi. Yuqorida aytganimizdek, nasoslarda suyuqlikka markazdan qochma kuch yordamida kinetik energiyani mumkin qadar ko'proq qismi potentsial energiyaga aylantiriladi.

Turbinalarda xam asosiy qism ish g'ildiragi bo'lib, u suyuqlik energiyasi yordamida xarakatga keladi. Bunda turbinadan o'tayotgan suyuqlik uning kuraklariga ma'lum kuch bilan bosim uni aylanma harakatga keltiradi. Bu xarakat esa generator

rotorini aylantiradi. Hidravlika bo'limidagi kabi nasos va turbinadagi xarakatni xam bir o'ldhovli xarakatga keltirib, ish g'ildiragidagi suyuqlik massasining xarakati elementar oqimcha xarakati kabi qaraladi.

Aytilgan usul bilan markazdan qochma nasos uchun tenglama 1755 yilda L.Eyler tomonidan chiqarilgan bo'lib, keyinchalik kurakli mashinalar nazariyasida asosiy tenglama deb yuritiladigan bo'ldi va turbinalar xamda boshqa turdagi kurakli mashinalarda xam ko'llanila boshladi. eyler tenglamasi ish g'ildiragining geometrik va kinematik harakteristikalarini nasos hosil qilgan bosim bilan bog'laydi. Bu tenglama quyidagi ikkita masalani xal qilishga yordam beradi:

1) berilgan sarf va xosil qilinishi kerak bo'lgan bosim bo'yicha ish g'ildiraklari soni va uning o'ldhamlarini topish;

2) berilgan ish g'ildiragi va valning aylanish soni bo'yicha sarf va hosil bo'ladigan bosimni xisoblash.

Tenglamani chiqarishda:

1. kuraklarning chekliligi xisobga olinmaydi;

2. kuraklar orasidagi kanallardan o'tayotgan suyuqliklar bir xil sharoitida oqadi deb qaraladi. Ana shunday yo'l qo'yishlar bilan hisoblanishiga qaramay natija juda to'g'ri chiqadi.

Endi, markazdan qochma nasos ish g'ildiragini xosil qiladigan bosimni hisoblaymiz. Buning uchun g'ildirak kanallaridan birini ko'ramiz. Suyuqlik so'rish trubasidan kanalga S_1 tezlik bilan keladi. Nazariy hisobga yo'qotish kirmasligi uchun suyuqlikni kanalga «gidravlik zarbsiz» kiradi deymiz. Bu degan so'z, kirishdagi tezlik S_1 ning kattaligi va yo'nalishi bo'yicha kanalning boshlanishidagi absolyut tezlikka, ya'ni aylanma telik i_1 va kurakka nisbatan nisbiy tezlik S_1 ning kattaligi va yo'nalish bo'yicha kanalning boshlanishidagi absolyut tezlikka, ya'ni aylanma tezlik u_1 va kurakka nisbatan nisbiy tezlik w_1 lardan tuzilgan parallelogrammning diagonaliga teng. Kanaldan chiqishda suyuqlikning absolyut tezligi s_2 aylanma tezligi u_2 , nisbiy tezligi w_2 bo'ladi. Kirishda bosim r_1 , chiqishda r_2 bo'lsa, u holda kanalning kirish va chiqish kesimlari uchun Bernulli tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{w_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{w_2^2}{2g} - H_k + h_{12},$$

bu yerda; h_{12} – ikki kesim orasidagi gidravlik yo'qotish; H_k – kanaldagi harakat vaqtida markazdan qochma kuch hisobiga bosimning ortishi.

Bosimning energetik ma'nosini nazarga olsak, N_k markazdan qochma kuch hisobiga xosil bo'lgan energiyani bildiradi. Bu energiya kinetik energiyaning ko'p ortib, potentsial energiya (bosim energiyasi) ning kam ortishi, yoki potentsial energiya ko'p ortib, kinetik energiya kam ortishi ko'rinishida namoyon bo'ladi. Birinchi holda ish g'ildiragini aktiv, ikkinchi holda esa reaktiv deyiladi. Bunday bosimlardan turbinalarda ko'proq qo'llaniladi (aktiv va reaktiv turbinalar). Aktivlikning chegarasi $r_1 = r_2$ tenglikning bajarilishi, reaktivlikning chegarasi esa $\frac{c_1^2}{2g} = \frac{c_2^2}{2g}$ ning bajarilishi bilan baxolanadi.

Markazdan qochma kuch hosil qilgan energiya $z_1 - z_2$ masofada bajarilgan solishtirma (birluk og'irlukdagi suyuqlik uchun) ishga teng bo'ladi. Agar ish g'ildiragining burchak tezligi ω bo'lsa, u holda og'irligi G , massasi m bo'lgan suyuqlik

zarrasiga ta'sir qiluvchi markazdan o'chma kuch $m\omega^2 r$ yoki $\frac{G}{g}\omega^2 r$ ga teng bo'ladi. U xolda $r_2 - r_1$ masofada bajarilgan ish:

$$A = \int_{r_1}^{r_2} \frac{G}{g} \omega^2 r dr = \frac{G\omega^2}{2g} (r_2^2 - r_1^2)$$

ga teng. Burchak tezligi ω ning radius r ga ko'paytmasi aylanma tezlik u ga teng, shuning uchun

$$\omega^2 \cdot r_2^2 = u_2^2 \text{ va } \omega^2 r_1^2 = u_1^2$$

Bu xolda $A = G \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g}$

A ni G ga bo'lib solishtirma ish yoki N_k ni topamiz:

$$H_k = \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g}.$$

Buni (4.14) tenglamaga qo'yib, quyidagi tenglikni olamiz:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\omega_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\omega_2^2}{2g} - \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + h_{12}$$

Ish qiladigan kanaliga kirish oldidagi bosim:

$$H_1 = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{c_1^2}{2g}$$

Chiqishdan chiqish ortidagi bosim:

$$H_2 = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{c_2^2}{2g} + h_{12}$$

U holda kirish va chiqishdagi bosimlar farqi quyidagicha xisoblanadi:

$$H = H_2 - H_1 = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{c_2^2}{2g} + h_{12} - (z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{c_1^2}{2g})$$

Bir xil indeksli hadlarni tenglikning ikki tomoniga gruppalasak, u holda quyidagi tenglamani olamiz:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{c_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{c_2^2}{2g} + h_{12} - H$$

Endi, (4.15) dan (4.16) ni ayirsak, ushbu munosabatga ega bo'lamiz:

$$\frac{\omega_1^2}{2g} - \frac{c_1^2}{2g} = \frac{\omega_2^2}{2g} - \frac{c_2^2}{2g} - \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + H$$

Bu tenglikdan kirish va chiqishdagi bosimlar farqini topsak, u quyidagiga teng bo'ladi:

$$H = \frac{\omega_1^2 - \omega_2^2}{2g} + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g}$$

Ish qiladigan kanaliga kirish va undan chiqishdagi tezlik paralleogrammlaridan foydalansak:

$$\omega_1^2 = u_1^2 + c_1^2 + 2u_1c_1 \cos \alpha_1$$

$$\omega_2^2 = u_1^2 + c_2^2 + 2u_2c_2 \cos \alpha_2$$

Bularni qo'yib, ba'zi soddalashtirishlardan keyin quyidagini olamiz:

$$H = \frac{\alpha_2 c_2 \cos \alpha_2 - u_1 c_1 \cos \alpha_1}{g}$$

Shunday qilib, kirish va chiqishdagi bosimlar farqi yoki boshqacha aytganda suyuqlikning ish g'ildiragidan olgan bosimi munosabat orqali aniqlanadi va unga markazdan qochma mashinalarning asosiy tenglamasi yoki Eyler tenglamasi deyiladi. Bu tenglama xarakat miqdori momentlari teoremasidan foydalanib xam chiqarilishi mumkin.

Yuqorida keltirilgan eyler tenglamasi barcha kurakli mashinalar uchun umumiy bo'lib, bir qancha soddalashtirishlar kiritilgandan keyin olingan. Xaqiqatda esa, ish g'ildiragi kuraklari orasidagi harakat ancha murakkabdir. Shuning uchun (4.18) tenglama yordamida xisoblangan bosimga nazariy bosim deyiladi. Bu tenglamani nasosga qo'llaganda $\alpha_1 = 90^\circ$ deb qabul qilish kerak, chunki odatda, suyuqlik so'rish trubasi va so'rish kamerasi orqali utib, ish g'ildiragi kanaliga radial yo'nalishda kiradi. Bu esa uning kanalga zarbsiz kirishini ta'minlaydi. Shu sababli eyler tenglamasi nasoslar uchun quyidagi ko'rinishda qo'llaniladi:

$$H_u = \frac{u_2 c_2 \cdot \cos \alpha_2}{g}$$

Bu tenglama nasos ish g'ildiragi suyuqlikka bergan bosimning nazariy tenglamasi yoki markazdan qochma nasoslarning asosiy tenglamasi deb ataladi. Bu tenglamada u_2 aylanma tezlik $c_2 \cos \alpha_2$ esa absolyut tezlikning aylanma tezlik yo'nalishiga proektsiyasi ekanligini nazarda tutish kerak. asosiy tenglamadan ko'rinib turibdiki, u_2 va c_2 faqat bosimga bog'liq bo'lib, nasosdan o'tayotgan suyuqlik miqdoriga bog'liq emas. Keltirilgan tezlik parallelogrammidan foydalanib, S_2 ni yo'qotish mumkin. Nasos g'ildiragi kuragining chiqishdagi yo'nalishi (yoki chiqishdagi nisbiy tezlik yo'nalishi) aylanma tezlik yo'nalishi bilan β_2 burchak xosil qiladi. Tezlik parallelogrammidan ko'rinadiki u_2 bilan c_2 o'rtasidagi quyidagi munosabat mavjud:

$$c_2 \cos \alpha_2 = u_2 - \omega_2 \cos \beta_2$$

Bu tenglikni qo'ysak, ushbu ko'rinishga keladi:

$$H_u = \frac{u_2^2}{g} \left(1 - \frac{\omega_2}{u_2} \cos \beta_2 \right).$$

Oxirgi tenglamadan ko'rinadiki, nasosning nazariy bosimi ish g'ildiragi aylanishlar sonining kvadratiga proporsional (chunki, $\pi d_2 n$) va kuraklar shakliga bog'liq ekan. Bunda uchta holni ko'rish mumkin:

1. Kuraklar ish g'ildiragi aylanishi tomoniga egilgan, ya'ni: $\beta_2 > 90^\circ$ va $\cos \beta_2 < 0$. Bu xolda tenglamada qavs ichidagi miqdor 1 dan katta:

$$H_u > \frac{u_2^2}{2g}$$

2. Kuraklar ish g'ildiragi aylanishiga teskari egilgan, ya'ni $\beta_2 < 90^\circ$ va $\cos \beta_2 > 0$. Bu xolda qavs ichidagi miqdor 1 dan kichik:

$$H_u < \frac{u_2^2}{2g}$$

3. Kuraklar radial yo'nalishga ega, ya'ni $\beta_2 < 90^\circ$ va $\cos \beta_2 < 0$. Bu holda qavs ichidagi miqdor birga teng:

$$H_n = \frac{u_2^2}{2g}$$

Ko'rinib turibdiki, nazariy bosimning eng katta qiymati kuraklar ish g'ildiragi aylanishi tomoniga egilganda bo'lib, eng kichik qiymat teskariga egilganda buladi. Lekin β_2 ning kiymati ortgan sari gidravlik yo'qotishlar ortib, nasosning gidravlik FIK i kamayib ketadi. Shuning uchun amalda nasoslarda nazariy bosim kam bo'lishiga qaramay β_2 ni 90° dan kichik qilib olinadi. Amalda eng ko'p qo'llaniladigan burchaklar 16° dan 40° gacha qiymatlarda qabul qilinadi. Albatta β_2 ning kichrayishi ish g'ildiragining reaktivligini oshiradi. Bu esa turbinalar nazariyasida qo'l keladi va aylanish sonining ortishiga sabab bo'ladi. Nazariy bosimni xisoblashda bir qancha soddalashtirishlar kiritilgan. Ish g'ildiragiga kirish va undan chiqish davomida parraklar orasidagi kanalning kengayib borishidan, kuraklar egriligining ortishi natijasida tsirkulyatsiya xosil bo'ladi. Buning natijasida va boshqa sabablarga ko'ra nazariy bosimning bir qismi sarf bo'ladi. Natijada nasosning amaliy bosimi nazariy bosimga qaraganda kamroq bo'ladi. Nasos ish g'ildiragidan amalda olinadigan ana shu bosimga amaliy bosim deyiladi va N_2 bilan belgilanadi.

Amaliy bosimning nazariy bosimga nisbati nasosning gidravlik foydali ish koeffitsientini beradi:

$$\eta_r = \frac{H_a}{H_n}$$

Gidravlik FIK 0,8 bilan 0,95 urtasida o'zgardi va yu'orida aytilgan sabablarning ta'siriga qarab turli qiymatlarni qabul qiladi. SHunday qilib:

$$H_a = \eta_2 \cdot H_n = \eta_r \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2}{g}$$

yoki gidromashinalar uchun bu tenglamani quyidagi umumiy ko'rinishda yoziladi:

$$H_a = \eta_r \frac{u_2 c_2 \cos \alpha - u_1 c_1 \cos \alpha_1}{g}$$

Yuqorida keltirilgan bosim tenglamalariga ish g'ildiragidagi kuraklar soni kirmaydi. Xaqiqatdan esa kuraklar sonining ko'p yoki kam bo'lishiga qarab, ular orasidagi kanal turlicha bo'ladi. Bu esa o'z navbatida bosimga ta'sir qilmay qolmaydi. (4.21) tenglik yordamida xisoblangan bosim kuraklar soni cheksiz ko'p bo'lgan xolga to'g'ri keladi, chunki u kanallarda oqayotgan suyuqlikning barcha zarralari bir xil traektoriya bo'yicha xarakat qilgan xoli uchun o'rinlidir. Kuraklar sonini bosim tenglamasiga kiritish yo'li bilan nasosning foydali bosimi uchun tenglama olish mumkin:

$$H_\phi = H_n \eta_2 \varepsilon,$$

bu erda: ε - nasos kuraklari soni chekliligini xisobga oluvchi koeffitsient bo'lib, u 0,6 – 0,8 ga teng.

O'qiy va markazdan qochma nasoslarning qo'llanilish soxalari

Markazdan qochma va o'qiy nasoslarning o'lchamlarini hamda aylanish sonini o'zgartirishi yo'li bilan ularning sarfi, bosimi va quvvatini juda keng chegaralarda o'zgartirishga erishish mumkin. Shuning uchun bunday nasoslarning qo'llanilish soxalarini xarakterlashni ularning barcha ko'rsatkichlarini umumlashtiruvchi yagona bir ko'rsatkichga keltirish orqali amalga oshirish mumkin. Kurakli nasoslar uchun

bunday ko'rsatkichlar ichida eng ko'p qo'llaniladigani tezyurarlik koeffitsienti xisoblanadi. Tezyurarlik koeffitsienti, boshqacha aytganda solishtirma aylanish soni deb shunday aylanish soniga aytiladiki, u bosim bir metr (N – 1m) bo'lganda nasos berayotgan suyuqlikka bir ot kuchi (0,735 kVt) ga teng energiya berishga imkon beradi va n_s xarfi bilan belgilanadi.

Shunday qilib, tezyurarlik koeffitsientidan nasosning suyuqlikka bergan energiyasini baxolash uchun foydalaniladi va shu yo'l bilan turli nasoslarni bir – biriga taqqoslashga imkon beradi.

O'xshashlik nazariyasi yordamida tezyurarlik koeffitsientini hisoblash uchun quyidagi formula keltirib chiqarilgan:

$$n_s = 3,65n \frac{VQ}{H^{3/4}}$$

Tezyurarlik koeffitsienti nasosning turini aniqlashga yordam beruvchi universal ko'rsatkich bo'lib, u bir yo'la uchta asosiy xarakteristika (aylanish soni, sarf va bosim) ni o'z ichiga oladi.

Bu koeffitsientning miqdoriga qarab nasos kuraklarining tuzilishi, konstruksiyasi bir – biriga o'xshash bo'ladi.

Tezyurarlik koeffitsientining qiymatiga qarab nasoslar quyidagicha klassifikatsiyalanadi:

Markazdan qochma nasosning turi	
40 ... 80	Sekinyurar
80 ... 150	O'rtacha
150 ... 300	Tezyurar
300 ... 600	Vintli (diagonal')
600 ... 1200	O'qiy (parrakli)

Yuqoridan ko'rinib turibdiki, tezyurarlik koeffitsientiga qarab nasoslarning ish g'ildiragi va qanotlarining tuzilishini aniqlash mumkin. Tezyurarlik koeffitsientining kichik miqdorlariga sekinyurar, o'rtacha va tezyurar markazdan qochma nasoslar to'g'ri kelsa, uning katta qiymatlariga diagonal' va o'qiy nasoslar to'g'ri keladi.

Tezyurarlik koeffitsienti kichik markazdan qochma nasoslar yuqori bosim xosil qila oladi. Lekin sarfi kichik bo'ladi. Shuning uchun katta sarf kerak bo'lib, bosimning yuqori bo'lishi shart bo'lmagan yerlarda katta tezyurarlik koeffitsientiga ega bo'lgan (o'qiy) nasoslar qo'llaniladi.

Suyuqlik ishtirokida harakat uzatadigan mexanizmlarga gidravlik uzatmalar deyiladi.

Qo'llanilish printsipiga qarab gidravlik uzatmalar hajmiy va gidrodinamik turlarga bo'linadi.

Hajmiy gidravlik uzatmalar Hajmiy nasoslar yordamida ishlaydi. Bunday uzatmalarda energiya boshqaruvchi valdan suyuqlik orqali statik bosim sifatida uzatilib, gidrodvigatelni ishga tushiradi.

Hajmiy gidravlik uzatmalarda boshqaruvchi valga energiya statik bosim ko'rinishida berilgani sababli uni ko'pincha gidrostatik uzatma ham deyiladi.

Gidrodinamik uzatmalar parrakli gidromashinalar yordamida ishlaydi. Bu erda ish g'ildiraklarining parraklari yordamida suyuqlikka berilgan dinamik bosim energiyasidan foydalaniladi. Gidrodinamik uzatmalar ba'zan turbouzatma deb xam

ataladi. Bunga sabab ularda markazdan qochma nasos va gidravlik turbinalardan birgalikda foydalaniladi.

Gidrodinamik uzatmalar bir oqimli va ikki oqimli bo'lishi mumkin. Bir oqimli gidrodinamik uzatmalarda hamma quvvat gidravlik g'ildiraklar orqali uzatiladi. Ikki oqimli gidrodinamik uzatmalarda esa dvigatel' quvvatining bir qismi gidravlik gildiraklar orkali, ikkinchi qismi esa mexanik yul bilan uzatiladi. Gidrodinamik uzatmaning xarakat printsiptini quyidagi sodda sxemada tushuntiramiz.

Nasos g'ildiraklarni aylantirishi bilan suyuqlik oqimiga energiya beriladi. Qo'shimcha energiya olgan suyuqlik turbina g'ildiragiga o'tadi va olgan energiyasini turbinaga berib, ish suyuqligi nasosga qaytadi. Suyuqlikning bunday yopiq xarakati nasos va turbina g'ildiraklaridagi aylantiruvchi momentning uzatilishini ta'minlaydi.

Aylanish momentining uzatilish usuliga qarab gidrodinamik uzatmalar ikkiga bo'linadi:

- 1) gidromuftalar
- 2) gidrotransformatorlar

Mashinalarda gidromufta va gidrotransformatorlar aloxida va turli kombinatsiyalarda qo'llanilishi mumkin, ya'ni gidromufta va gidrotransformator, gidromufta xamda ikki yoki uchta gidrotransport va boshqalar bilan birgalikda ishlatiladi. Gidrodinamik mufta yoki turbomufta ko'rsatilgan.

Nasos va turbina g'ildiraklari shtaplangan yarim shar shaklida tayyorlanadi. Nasos va turbina g'ildiraklaridagi kuraklar ko'pincha ikki sirtga radial joylashtirilgan bo'ladi. Nasos g'ildiragining aylanishi natijasida markazdan qochma kuch suyuqlikni strelka yo'nalishida xarakat qilishga majbur qiladi. Suyuqlik turbina g'ildiraklariga o'tganidan so'ng uni xarakatga keltirish, kamaygan energiya bilan yana nasos g'ildiragiga qaytib keladi. Turbina g'ildiragining xarakati esa etaklanuvchi valga beriladi.

Gidromuftalar uzatish soni 1 ga teng bo'lgan gidrouzatmalarda ishlatiladi. Agar uzatish soni 1 dan farqli bo'lishi zarur bo'lsa, u xolda har xil o'lchamli nasos va turbina qo'llaniladi. Turbina va nasoslarning o'lchamlari har xil bo'lgani sababli yo'naltiruvchi apparat qo'llash zarurati tug'iladi. Bunday qurilmaga gidrotransformator deyiladi.

Gidrotransformator dvigatel' yordamida harakatga keltiriluvchi nasos g'ildiragi 1 ish suyuqligini turbina g'ildiragi 2 ga yo'naltiradi. Energiyani turbinaga berib, suyuqlik qo'zgalmas kurak 3 li yo'naltiruvchi apparat orkali nasosga qaytadi. Yo'naltiruvchi apparatning qo'zgalmas kuraklari nasos va turbina orasidagi suyuqlikning harakat miqdori momentini o'zgartiradi. Natijada turbinaning aylanish momenti va burchak tezligi mos ravishda o'zgaradi.

Gidrodinamik uzatmalar katta energiya sig'imiga ega bo'lib, kinetik imkoniyatlari deyarli cheklanmaganligi tufayli ular mashinasozlik texnikasining turli soxalarida keng qo'llanilmoqda.

Bunda dvigatel' bilan kuch uzatmasi orasida fikr bog'lanish yo'qligi sababli dvigatel' va uzatma qismlari zarbga uchraydi. Gidravlik uzatmalar mashinani turgan joydan siljishida va tezlikni o'zgartirish natijasida hosil bo'ladigan keskin siljinishlarni keskin kamaytiradi, bu esa mashinaning chidamliligini oshiradi, xizmat qilish vaqtini uzaytiradi.

Hijmiy gidrouzatmalar hajmiy gidromashinalar yordamida mexanik energiyani uzatish va o'zgartirish uchun mo'ljallangan. Hajmiy nasos va gidrodvigateldan tuzilgan qurilma hajmiy gidrouzatmaning printsiptial asosi xisoblanadi.

Hozirgi vaqtda metalga ishlov beradigan deyarli xamma zamonaviy stanoklar hajmiy gidrouzatma bilan ta'minlangan. Shuningdek, paxta zavodlarida tola toylovchi gidroresslar xam gidrouzatmalar yordamida harakatga keladi.

Porshenli gidrouzatmaning sxemasi – nasos porshen' 1 ning ilgarilanma – qaytma xarakatini kuch tsilindridagi porshen' 2 ning ilgarilanma – qaytma xarakatiga aylantiruvchi qurilmaning printsiplal sxemasi ko'rsatilgan. Porshen' 1 strelka a bilan ko'rsatilgan yo'nalishda harakat qilganda suyuqlik kanal 3 bo'ylab keladi va porshen' 2 ni bosadi va uni v strelka bilan ko'rsatilgan yo'nalishda siljitadi. Porshen' 2 ning boshqa tomonidagi tsilindrda bo'lgan suyuqlik kanal 4 dan chiqib ketadi. Porshen' 1 strelka v yo'nalishi bo'ylab harakat qilganda porshen' 2 va u bilan bog'lik bo'lgan stol teskari yo'nalish bo'yicha xarakat qiladi.

Gidrouzatmalarning qo'llanilish soxalari

Ko'pincha, mashinalar orasida mexanik energiyani uzatish zarurati tug'ilganda ularning xarakteristikalarini mos kelmaydi, natijada mashinalar tejamsiz rejimda, zo'riqib yoki to'la yuklanmasdan ishlaydi. Gidrouzatmalardan foydalanish yo'li bilan mashinalarning xarakteristikalarini moslab ishlatishga erishish mumkin. Lekin bu holda uzatma murakkablashadi va energiya sarflanishi ko'payadi.

Shuning uchun gidravlik uzatish orqali xarakteristikalarini moslash bilan bog'lik bo'lgan qo'shimcha yo'qotishlar ungacha bo'lgan umumiy yo'qotishlarga nisbatan kam bo'lsa, gidrouzatmalardan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Bundan tashqari, aylanishlar sonini ravon o'zgartirish zarur bo'lganda va kuch uzatishni avtomatlashtirishda gidrouzatmalardan foydalanish qulaydir.

Gidrouzatmalardan dvigaellarni xavfli zo'rikishdan saqlashda va turli mashinalarda aylanishlar sonini o'zgartirishda foydalaniladi. Sozlanmaydigan gidromuftalar burovchi momentlarni ravon uzatish yo'li bilan mashinalarni xavfli zo'riqishdan saqlashda ishlatiladi. Sozlanadigan gidromuftalar esa saqlagich vazifasini bajarishdan tashqari, turli mashinalarning aylanish sonini sozlashga xam yordam beradi.

Ular ayniqsa o'zgaruvchan tokda ishlaydigan, sozlanmaydigan elektr dvigatellaridan xarakat oluvchi mashinalarning aylanish sonini o'zgartirishda qo'l keladi.

Gidrotransformatorlar o'zgaruvchan tok elektr dvigatellari gaz turbinalari, karbyuratorli ichki yonuv dvigatellari va dizel' dvigatellari bilan uyg'unlashgan holda ishlaydi.

Nazorat savollari

1. Gidrouzatmalarning qo'llanilish soxalari aytib bering.
2. Nasosning unumdorligi deb nimaga aytiladi
3. Nasos dvigateliga kerakli quvvat qanday aniqlanadi.
4. Nasosning asosiy parametrlaridan biri bo'lgan to'liq FIK qanday aniqlanadi.

Tayanch iborlar.

Klapan, markazdan qochma nasos, hajmiy, tezlik , zadviyka, suyuqlik, bosim, energiya, hajmiy gidrouzatmalar ,quvvat , parametrlari, FIK markazdan qochma va o'qiy nasoslar, tezyurarlik, kurak gidrouzatma

18 ma`ruza Gidroturbinalarning ishlash printsipti, bosimning qiymati, suyuqlik oqimining yo`nalishi va konstruktiv xususiyatlariga qarab klassifikatsiyalanishi

Gidroturbinalar ishlash printsiptiga qarab aktiv va reaktiv turbinalarga bo`linadi.

Aktiv turbinalar XIX asrda qo`llanila boshlagan, bu turbinalarning ishlash printsipti gidravlik oqimchalarning turbina ish g`ildiragi cho`michlariga ta`sir qilishiga asoslangan bo`lib, ularni oqimchali turbinalar deb ham atash mumkin. Ularda oqimchaning kinetik energiyasi cho`michga va u orqali ish g`ildiragiga beriladi. Aktiv turbinalarda ish gildiragi kuraklarning beriladi. Aktiv turbinalarda ish gildiragi kuraklarning hammasi emas, balki ishlayotgan soplolar nechta bo`lishiga qarab bir nechta oqimcha ta`siriga bir vaqtda uchraydi. Bunday turbinalarning xususiyatlaridan biri shuki, kurakka urilgan oqimcha kuraklar orasidagi soxani batamom to`ldirmaydi. Suvning ish g`ildiragi kuraklariga kirish va ulardan chiqish tezliklari deyarli bir xil bo`lib, g`ildirakning ikki tomonidagi bosimlar (atmosfera bosimiga) tengdir. Kuraklarda suv tezlanish olmagan sababli reaktiv printsipti bo`lmaydi. Kuraklarda bosim oqimchaning kurakka bevosita ta`siri orqali (uning kurakdagi yo`nalishi o`zgarib borgan xolda) xosil qilinadi.

Reaktiv turbinalar amerikalik injener Frensis (1849 y) va chex professori Viktor Kaplan (1912 y) nomi bilan bog`lik.

Reaktiv turbinalarda suvning asosiy potentsial energiyasi mexanik xarakatga aylantiriladi. Reaktiv turbinalar so`rish trubasi bilan birga ishlatiladi. So`rish trubasi ta`sir etuvchi bosimni kuchaytirishga yordam beradi va bu xususiyat ayniqsa kichik bosimlarda qo`llaniladigan turbinalarda muhimdir. Ta`sir etuvchi bosimni oshirish uchun reaktiv turbinalar bilan birga yo`naltiruvchi apparat xam ishlatiladi.

Yo`naltiruvchi apparat va turbina g`ildiragi kuraklarining oraliqlari suv bilan batamom to`ladi va g`ildirakning yuqorisi va pastida bosimlar turlicha bo`ladi. Reaktiv turbinalarda suv ish gildiragini urab turuvchi, yunaltiruvchi apparatdan chikib, g`ildirak kuraklari oralig`i orqali so`rish trubasiga o`tadi. Bunda yo`naltiruvchi apparatdan chiqishdagi va so`rish trubasiga kirishdagi bosimlar farqi ta`sirida g`ildiraklar orasida xarakatlanayotgan suvning tezligi ortib boradi. Suvning bunday tezlanishli xarakati ish g`ildiragi kuraklarida reaktiv kuch hosil qiladi. Bu kuch ta`sirida ish g`ildiragi aylanma harakat qiladi.

Yo`naltiruvchi apparat kuraklarining xolatini o`zgartirib, turbinaning ishlash rejimini o`zgartirish va xatto turbinaga kelayotgan suvni butunlay to`xtatib qo`yish mumkin.

Gidroturbinalar bosimning qiymatiga qarab yuqori bosimli, o`rtacha bosimli va kichik bosimli turbinalarga bo`linadi:

- 1) bosimi 80 m dan kichik ($N < 80$ m) turbinalarga o`qiy va kichik bosimli diagonal` xamda radial –o`qiy turbinalar kiradi;
- 2) bosim 80 m dan 500 m gacha ($80 \text{ m} < N < 500 \text{ m}$) bo`lgan turbinalarga o`rtacha bosimli turbinalar deyiladi va ularga radial` – o`qiy hamda yuqori bosimli diagonal` turbinalar kiradi;
- 3) bosimi 500 m dan yuqori ($N > 500$ m) bo`lgan turbinalarga yuqori bosimli turbinalar deyiladi va ularga aktiv turbinalar kiradi. Turbina ish g`ildiragida oqimchaning qanday yo`nalishiga qarab ular o`qiy, diagonal`, radial` – o`qiy (aktiv) turbinalarga bo`linadi.

O'qiy turbinalar ish g'ildiragining ichki va tashqi diametrlari teng bo'lib, ularda oqimcha g'ildirak o'qi yo'nalishida xarakat qiladi. Bu turbinalar bosim 70 m gacha bo'lgan hollarda qo'llaniladi.

Diagonal' turbinalarda ish g'ildiragi tashqi va ichki diametrlarining nisbati 1,1 ... 2,2 ga teng bo'lib, oqimcha g'ildirak o'qiga o'tkir burchak ostida yo'nalgan bo'ladi. Ular bosimning qiymati 40 ... 200 m bo'lgan hollarda qo'llaniladi.

Radial' – o'qiy turbinalarda oqimcha yo'naltiruvchi apparatdan g'ildirak o'qiga tik yo'nalishda chiqib, ish g'ildiragida o'z yo'nalishini 90^0 ga o'zgartiradi va g'ildirakdan chiqib, so'rish trubasiga kirishda o'k yo'nalishida harakat qiladi. Bunday turbinalar bosim 50 ... 700 m bo'lgan hollarda qo'llaniladi.

Oqimchali turbinalarda esa oqimcha turbina gildiragining cho'michiga ega ko'p reaktiv kuch beradigan qilib yo'naltirilgan bo'ladi. Bu turbinalar bosim 400 ... 1700 m bo'lgan hollarda qo'llaniladi.

Turli turbinalarning bosimi uchun yuqorida ko'rsatilgan chegaralar shartli bo'lib, bosimning kamayishi yoki ko'payish tomonga o'zgarib turish hollari uchrashi mumkin. Turbinalar konstruktiv belgilariga qarab to'rt turga bo'linadi:

1) radial' – o'qiy; 2) propellerli; 3) burilma kurakli; 4) cho'michli.

Nazorat savollari

1. Hidroturbinalar deb nimaga aytiladi.
2. Hidroturbinalarning ishlash pristpi deb nimaga aytiladi
3. Nasos dvigateliga kerakli quvvat qanday aniqlanadi.
4. Nasosning asosiy parametrlaridan qaysilarini bilasiz.

Tayanch iborlar.

Klapan, markazdan qochma nasos, hajmiy, tezlik , zadvijka, suyuqlik, bosim, energiya, hajmiy gidrouzatmalar ,quvvat , parametrlari, markazdan qochma va o'qiy nasoslar, tezyurarlik, kurak gidrouzatma, gidroturbina

Asosiy va qo'shimcha adabiyotlar.

1. D.R.Bozorov va boshqalar Gidravlika. – Toshkent 2003 y
2. Umarov A.YU. Gidravlika.- Toshkent: «O'zbekiston».- 2002 y.
- 3.Latipov K.SH. Gidravlika, gidromashinalar va gidroyuritgichlar.- Toshkent:O'qituvchi.-1992 y.
- 4.Latipov K.SH., ergashev S. Gidravlika va gidromashinalar.- Toshkent: «O'qituvchi» - 1992 y.

5. Bashta T.M., Rudnev S.S., Nekrasov B.I. va boshqalar Gidravlika, gidromashini i gidroprivodi.-M.: Mashinostroenie.- 1982 y.
6. Kiselov P.G. Gidravlika osnovi mexaniki jidkosti. M.: energiya.- 1980 y..
7. Voytkunskiy YA.I., i dr. Gidromexanika.- L.: Sudostroenie.- 1982 y.
8. Emtsev B.T. Texnicheskaya gidromexanika. – M.: «Mashinostroenie».- 1987 y.
9. Bol'shakov V.A., Popov V.N. Gidravlika. – Kiev: «Visshaya shkol».- 1989 y.
10. Loytsyanskiy V.G. Mexanika jidkosti i gazov. – M.: «Nauka».-1987 y.
11. Karayev M.A. Gidravlik burovix nasosov.-M.: Nedra.- 1983y.