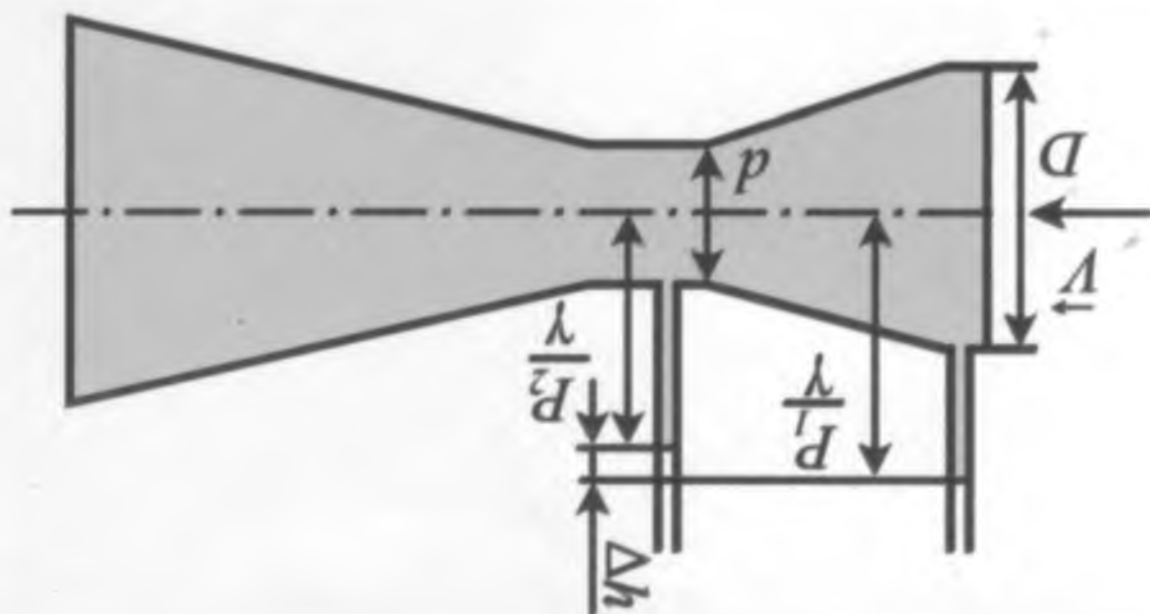


ГИДРОГАЗОДИНАМИКА

А.А. КАРИМОВ



532
K.15

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

A.A. KARIMOV

GIDROGAZODINAMIKA

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi
tomonidan darslik sifatida tavsiya etilgan*



**“Sano-standart” nashriyoti
Toshkent – 2019**

UO'K: 532(075.8)

KBK: 22.253ya73

K 25

R 25

Karimov A.A.

Gidrogazodinamika / darslik: – Toshkent. «Sano-standart» nashriyoti, – 2019, – 376 b.

Darslik Gidrogazdinamika faniga oid dasturlar asosida tuzilgan, hamda o'z ichiga quyidagi bo'limlarni qamrab olgan: suyuqlikni qattiq jismdan va gazlardan farqlanishi, suyuqliklarning asosiy fizik xossalari, gidrostatikanmg asosiy qonuniyatlari, suyuqlik va gaz gidrodinamika asoslari hamda suyuqliklar kinematikasi, suyuqlik va gazlarning harakat rejimlari, gaz filtratsiyasi, kichik teshiklardagi suyuqlik va gazlarning oqimlari, suyuqlik va gazlarning modellari, aniq misollar berilgan.

Darslik – talabalarning 5310100 – Energetika (issiqlik energetikasi) tarmoqlar bo'yicha, 5312100 – Energoaudit va sanoat korxonalarini energetik tekshiruvi, 5312400 – "Muqobil energiya manbalari (tarmoqlari bo'yicha), ta'lim yo'nalishlari uchun mo'ljallangan.

Taqrizchilar:

t.f.d. A.M.Arifjonov

TIQXMMI "Gidravlika va gidroinformatika" kafedrası mudiri, professor

t.f.d. R.P.Babaxadjaev

Issiqlik energetika va AES kafedrası professori

UO'K: 532(075.8)

KBK: 22.253ya73

O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2019 yil 20-iyuldagi 654-sanli buyrug'iga asosan darslik sifatida nashr etishga ruxsat etildi.

ISBN: 978-9943-6116-6-5

85/31

A.A. Karimov

© "Sano-standart", 2019

KIRISH

Mustaqil Respublikamizning taraqqiyoti, uning va yaqin xorijiy mamlakatlar bilan keng ko'lamdagi aloqalarining rivojlanishi, oliy o'quv yurtlarida hozirgi kun talablariga javob beradigan bilimdon, texnika jihozlari va texnologiyalarni bevosita takomillashtira oladigan, fan yutuqlarini amaliy ishlab chiqarishda bevosita qo'llay oladigan yuqori malakali mutaxassislar, muhandislar tayyorlashda taqazo etadi.

Bunday dolzarb muammoni xalq etish uchun tabiiy fanlar sohasidagi eng so'ngi yutuqlarni o'zida aks ettiruvchi yangi o'quv dasturlari asosidagi darsliklar, o'quv qo'llanmalar, uslubiy ko'rsatmalar yaratish zarur. Qolaversa hozirgi kungacha o'zbek tilida jahon andozasi talabiga javob berish darajasidagi darsliklar chop etilmagan. Yuqorida keltirilgan mulohazalarga ko'ra, gidrogazodinamika fanidan oliy texnika o'quv yurtlari uchun mo'ljallangan yangi darslik yaratildi.

Mazkur darslikdan O'zbekiston Respublikasi oliy texnika o'quv yurtlari uchun o'quv adabiyoti Davlat ta'lim standartining bakalavr mutaxassislari yuqorida ko'rsatilgan yo'nalishlar va texnik yo'nalishlarida ta'lim olayotgan talabalar, doktorantlar, ilmiy tadqiqotchilar va shu soha professor-o'qituvchilari ham foydalanishlari mumkin. Bu darslik muallifining 2006-yil Sankt-Peterburg davlat politexnika universitetida olgan tajribalardan va maruzalardan shu sohada ko'p yillik pedagogik va ilmiy ish tajribalari asosida yozilgan.

Darslikning "Gidrostatika" bobida gidrostatik bosim va uni o'lchash asboblari to'g'risida mukammal va to'liq tushinchalar berilib, barcha muhim formulalar izchillik bilan keltirib chiqarilgan.

"Gidrodinamika" asoslariga tegishli boblarda suyuqlik va gazlarning qattiq jismlar bilan o'zaro ta'sirini hamda ularning suyuqlik va gaz oqimlarida uzliksizlik tenglamalari, suyuqlik va gazlardagi harakat rejimidagi tenglamalari, suyuqlik va gazlar bir-biridan ichki ishqalanish kuchi orqali kata farq qiladi. Bundan tashqari ularning fizik xususiyatlari ham farq qiladi. Suyuqlik va gaz haq qanday kuch ta'sirida oz miqdorda bo'lsa ham ularning siqilishi hisobga olinadi. Harakat jarayonida suyuqlik va gazlarning amaliy hajmi, zichligi va bosimini har doim qo'llash mumkin.

Ushbu darslik sakkizta bobdan iborat bo'lib, har bir bobdagi mavzularga tegishli sxemalar va tajribalardan olingan natijalar rasmlarda keltirilgan. Darslikdagi birinchi bob fanning kirish qismi, ikkinchi bob suyuqlik gaz statikasi, uchinchi bob suyuqliklarning

gidrodinamikasi, to'rtinchi bob suyuqlik va gazlarning harakat rejimlari, beshinchi bob gaz dinamikasi, oltinchi bob gaz filtratsiyasi, yettinchi bob kichik teshiklardagi suyuqlik va gazlarning oqimlari, sakkizinchi bob suyuqlik va gazlarning modellari aniq ma'lumotlar berilgan.

Nazariy qismida asosan suyuqlik va gazlarning gidrostatika, suyuqlik gaz statikasida bosim va ularni o'lchash asboblari to'g'risida to'liq tushuncha berilib, barcha muhim formulalar izchillik bilan ketirib chiqarilgan.

Suyuqlik va gaz dinamikasida uzliksizlik tenglamalari, Bernulli tenglamasi va mavzularda mexanikaviy energiyaning saqlanish qonunidagi Darsi tenglamalari va qonunlari, yaqqol namoyon bo'lishini nazarda tutilgan. Suyuqlik harakat qonunlaridagi barqaror va beqaror, tekis va notekis harakatlar yo'qotilgan napor va bosim, oqim kinimaticasiga ta'siri mavzusiga bag'ishlangan, Bulardan tashqari filtratsiya qonuni, Darsi qonuni boshqacha filtratsiya tezligi va bosim gradienti orasidagi bir hadli daraja ko'rinishda hamda katta bosimlarda, to'g'ri chiziqli-parallel filtratsiya oqimi, tekis radial, radial – sferik, hamda real va ideal gazning barqaror filtratsiyasi, gazning holat tenglamasi Klapeyron tenglamasi, qisman boshqa uzviy bog'lanishlarni ham ko'rib chiqilgan.

Bundan tashqari barcha suyuqlik va gazlarga kerakli bo'lgan, muhandislik hisob-kitob ishlarida bo'lgan koeffitsiyentlar bu bo'limga oid barcha muhim hisoblash usullarda gidravlik formulalar bir necha ko'rinishda soddalashtirilgan holda keltirilgan.

I BOB. GIDOGAZODINAMIKA

1.1. Suyuqlik va gaz dinamikasi fani va uning qisqacha tarixiy taraqqiyoti

Gidrogazodinamika (suyuqlik va gaz dinamikasi) bu fan suyuqlik va gazlarning muvozanat va harakat qonunyatlarini o'rgatadi. Texnika universiteti talabalari ushbu fanning texnik masalalarini gidravlika qonuniyatlari asosida o'rganadilar va amaliyotda bu qonuniyatlarini qo'llash yo'l-yo'riqlari bo'yicha ko'nikmalar oladilar.

Suyuqlik va gaz dinamikasi, gidravlika va aerodinamikaning bir ko'rinishi bo'lib, gidravlika suyuqliklar mexanikasini muhandislik hisoblariga qo'llanishi bo'yicha saboq beradi.

Aerodinamika esa gaz mexanikasini o'rganishga oid bo'ladi. Shuning uchun ham *gidro – deganda suv* yoki umumiy holda *gaz mexanikasini* ifodalaydi. Albatta mexanikada asosiy hisoblash suyuqlik va gazlar muvozanati va harakatidan iborat bo'lgani uchun ko'pincha suv va havo parametrlarini e'tiborga olinadi. O'qish jarayonida gidravlika fani boshqa muhandislik fanlarining suyuqlik va gaz bilan bog'liq bo'lgan barcha fanlarning nazariy asosini tashkil qiladi.

Ayniqsa issiqlik tizimlari va issiqlik elektr stansiyalari, gidroelektrstansiyalar, muqobil energiya hosil qilishda issiqlik energetikasida suv o'tkazish quvurlari neft va gazning quvurli transpartirovkasi quduqlarni burg'ulash tog' va konchilik ishlarida nazariy asosi hisoblanadi. Qurilishni loyihalashda hamda hisoblash ishlarini bajarishda suv va havo ta'sirini yuqorida keltirilgan loyihalash ishlarida suv va gazning yer osti suvlarini, neft va gaz konlarida bo'ladigan gidrostatik va dinamik bosimlari e'tiborga olinadi.

Texnika xavfsizligini ta'minlash jarayonlarini hisobga olishda ushbu fan qonuniyatlarini hisobga olinmasa va to'g'ri hisob-kitob ishlari qilinmasa iqtisodiy tomondan katta talofatlarga uchrashi mumkin.

Ushbu darslikdan qanday foydalaniladi.

Birinchidan kitobni boshdan oxirgacha ko'zdan kechiriladi, undan keyin diqqatni bir joyga qo'yib boshidan oxirgacha o'qib chiqiladi. Darslikni oxirgi bo'limlarida qo'shimcha ravishda quyidagi savollarga e'tibor beriladi:

– oraliq va joriy nazoratlar uchun nazorat savollari ro'yxati keltirilgan

- harflar belgisi ko'rsatilganlari bilan
- narsalarning alfavit ko'rsatkichlari
- ma'lumotnomalar

Shuni ta'kidlash kerakki, ushbu kitobda qo'shimcha ma'lumotlar topish uchun qulay darslik hisoblanadi. Ammo u hajm jihatidan chegaralangan. Shunga qaramay muhandislar uchun amaliyot o'tishda, ma'lum loyiha va kurs ishlarni bajarishda muhim qo'llanma hisoblanadi. Talabalar esa oraliq va joriy nazoratlarni bajarishda to'g'ri va qulay ma'lumotlar oladilar.

Gidravlika, gidromashinalar (turbinalar, nasoslar va kompressorlar) va gidrouzatlarning umumiy masalalari hozirgi zamon fan va texnikasining har xil sohalarida e'tiborga olinadi.

Bulgara: gidrotexnik va gidroenergetik inshootlar qurilishi, neft quvurlari, suv bilan ta'minlash tarmoqlari, sug'orish, metall qiruvchi stanoklarning loyihalari, avtomatlashgan liniyalar, robotlar, qurilish va yo'l mashinalarini, tog'-kon mashinalari, gidropnevmomashinalar va boshqalarni yaratish va ishlatishlar kiradi.

Gidrogazdinamika uchta qismga bo'linadi: suyuqlik va gidrostatika, suyuqlik va gazdinamikasi, gaz filtratsiyasi.

Gidrostatika – suyuqliklarning nisbiy tinch holat qonuniyatlarini o'rganib, ularni amaliyotda qo'llash uchun uslubiyatlar yaratadi.

Gidrodinamika – suyuqlikning harakat qonuniyatlarini va ularning paydo bo'lish sabablarini o'rganish bilan birgalikda ularning tuzilish strukturalarini ham o'rganadi.

Bu fanning tashkil topish tarixi ancha uzoq bo'lib, bir necha ming yillik tarixni o'z ichiga oladi. Umuman, insoniyat, suyuqliklar bilan ma'lum ma'noda munosabat o'rnatishi bilan suyuqliklar haqidagi qonuniyatlarni o'rganishga kirishgan.

Gidravlika fani bilan tarixda birinchi ilmiy asar – Arximed tomonidan yozilgan (eramizdan avvalgi 287–212), “Suzuvchi jismlar” trakti hisoblanadi. Arximeddin keyingi XVII asr mobaynida Gidravlika fani taraqqiyotida sezilarli yutuqlar bo'lmagan.

XV–XVI asrlarda Leonardo da Vinchi (1452–1519) – “Suvning harakati va o'lchanishi” asarini yozdi, ammo bu asar 400 yildan keyin nashr etildi. S.Steven (1548–1620) – “Roshlang'ich gidrostatika”, Galileo Galiley (1564–1642), “Suvdagi jismlar tushunchasi va ularning harakati” maqolasini yozdi, E.Torrichelli (1608–1647-yillar) – kichik teshikdan oqayotgan yopishqoq bo'lmagan suyuqlikning tezligini

aniqladi, B.Paskal (1623–1662) – suyuqliklarda bosimning tarqalish qonunini yaratdi, I.Nyuton (1643–1727) – suyuqliklardagi ichki ishqalanish tushunchasini berdi.

Nazariy jihatdan, Gidravlika fani Peterburg Akademiyasining haqiqiy a'zolari D.Bernulli (1700–1782), L.Eyler (1707–1783) va M.V.Lomonosov (1711–1765) tomondan rivojlantirildi. Gidravlika fani rivojida katta xizmat qilgan olimlardan – D.Poleni (1685–1761), A.Shezi (1718–1798), P.Dyubua (1734–1809), D.Venturi (1746–1822), YU.Veysbax (1806–1871), O.Reynolds (1842–1912) va boshqalarni keltirish mumkin.

XIX asrning ikkinchi yarmidan Rossiyada Gidravlika fani yanada taraqqiy etishiga quyidagi olimlar katta hissa qo'shdilar. I.S.Gromika (1851–1889), D.I.Mendeleev (1834–1907), N.P.Petrov (1836–1920), N.E.Jukovskiy (1847–1921), N.N.Pavlovskiy (1884–1937) va keyingi yillarda I.I.Agroskin, E.A.Zamarin, I.I.Levi, K.A.Mixaylov, va boshqalar. Shuni ta'kidlash lozimki, fanning "Gidrodinamika" bo'limi asoschisi D.Bernulli matematika qonuniyatlari asosida inson organizmida qonning harakatini o'rganish bilan shug'ullangan. Peterburg akademiyasining haqiqiy akademigi D.Bernulli "Nafas olish" nomli dissertatsiya yozgan bo'lib, tabiatni matematika bilan uzviy bog'liqlikda o'rganish g'oyasini targ'ibot qilgan. Fikrimizning asosi sifatida uning zamondoshi L.Blyumentrostga yozgan xatidan quyidagilarni keltirish mumkin:

"Nazarimda muskullar harakati, nafas olish, oziqlanish, ko'rish, ovoz paydo bo'lishi va boshqalarni o'rganish borasida juda ko'p kuzatishlar o'tkazdim...".

Bundan tashqari uning zamondoshi E.Eyler ham "Gidrodinamika" fani rivojlanishiga o'zining salmoqli hissasini qo'shgan. U ham tabiatda suyuqlik harakatini matematik qonuniyatlarni bilan asoslab o'rgangan. Uning "Arteriyalardagi qon harakati trakti" ilmiy ishi bunga yaqqol dalildir.

"Suyuqliklar mexanikasi" fanining eng rivojlangan davri sifatida XIX-XX asrlarni ko'rsatish mumkin. Bu davrning mashhur tadqiqotchilari F.Forxgeymer (1852–1933), M.Veber (1871–1951), Prandtl (1875–1953), M.A.Velikanov, (1879–1964), B.A.Baxmetov (1880–1951), N.N.Pavlovskiy (1886–1937), va boshqalardir. Suyuqlik va gaz mexanikasi (gidravlika) A.D. Girgidov Sankt-Peterburg bosmaxonasi SPbGPU 2004-yil. 544.bet.

- harflar belgisi ko'rsatilganlari bilan
- narsalarning alfavit ko'rsatkichlari
- ma'lumotnomalar

Shuni ta'kidlash kerakki, ushbu kitobda qo'shimcha ma'lumotlar topish uchun qulay darslik hisoblanadi. Ammo u hajm jihatidan chegaralangan. Shunga qaramay muhandislar uchun amaliyot o'tishda, ma'lum loyiha va kurs ishlarni bajarishda muhim qo'llanma hisoblanadi. Talabalar esa oraliq va joriy nazoratlarni bajarishda to'g'ri va qulay ma'lumotlar oladilar.

Gidravlika, gidromashinalar (turbinalar, nasoslar va kompressorlar) va gidrouzatmalarning umumiy masalalari hozirgi zamon fan va texnikasining har xil sohalarida e'tiborga olinadi.

Bularga: gidrotexnik va gidroenergetik inshootlar qurilishi, neft quvurlari, suv bilan ta'minlash tarmoqlari, sug'orish, metall qirquvchi stanoklarning loyihalari, avtomatlashgan liniyalar, robotlar, qurilish va yo'l mashinalarini, tog'-kon mashinalari, gidropnevmomashinalar va boshqalarni yaratish va ishlatishlar kiradi.

Gidrogazdinamika uchta qismga bo'linadi: suyuqlik va gidrostatika, suyuqlik va gazdinamikasi, gaz filtratsiyasi.

Gidrostatika – suyuqliklarning nisbiy tinch holat qonuniyatlarini o'rganib, ularni amaliyotda qo'llash uchun uslubiyatlar yaratadi.

Gidrodinamika – suyuqlikning harakat qonuniyatlarini va ularning paydo bo'lish sabablarini o'rganish bilan birgalikda ularning tuzilish strukturalarini ham o'rganadi.

Bu fanning tashkil topish tarixi ancha uzoq bo'lib, bir necha ming yillik tarixni o'z ichiga oladi. Umuman, insoniyat, suyuqliklar bilan ma'lum ma'noda munosabat o'rnatishi bilan suyuqliklar haqidagi qonuniyatlarni o'rganishga kirishgan.

Gidravlika fani bilan tarixda birinchi ilmiy asar – Arximed tomonidan yozilgan (eramizdan avvalgi 287–212), “Suzuvchi jismlar” trakti hisoblanadi. Arximeddan keyingi XVII asr mobaynida Gidravlika fani taraqqiyotida sezilarli yutuqlar bo'lmagan.

XV–XVI asrlarda Leonardo da Vinchi (1452–1519) – “Suvning harakati va o'lchanishi” asarini yozdi, ammo bu asar 400 yildan keyin nashr etildi. S.Steven (1548–1620) – “Boshlang'ich gidrostatika”, Galileo Galiley (1564–1642), “Suvdagi jismlar tushunchasi va ularning harakati” maqolasini yozdi, E.Torrichelli (1608–1647-yillar) – kichik teshikdan oqayotgan yopishqoq bo'lmagan suyuqlikning tezligini

aniqladi, B.Paskal (1623–1662) – suyuqliklarda bosimning tarqalish qonunini yaratdi, I.Nyuton (1643–1727) – suvuqliklardagi ichki ishqalanish tushunchasini berdi.

Nazariy jihatdan, Gidravlika fani Peterburg Akademiyasining haqiqiy a'zolari D.Bernulli (1700–1782), L.Eyler (1707–1783) va M.V.Lomonosov (1711–1765) tomonidan rivojlantirildi. Gidravlika fani rivojida katta xizmat qilgan olimlardan – D.Poleni (1685–1761), A.Shezi (1718–1798), P.Dyubua (1734–1809), D.Venturi (1746–1822), YU.Veysbax (1806–1871), O.Reynolds (1842–1912) va boshqalarni keltirish mumkin.

XIX asrning ikkinchi yarmidan Rossiyada Gidravlika fani yanada taraqqiy etishiga quyidagi olimlar katta hissa qo'shdilar. I.S.Gromika (1851–1889), D.I.Mendeleev (1834–1907), N.P.Petrov (1836–1920), N.E.Jukovskiy (1847–1921), N.N.Pavlovskiy (1884–1937) va keyingi yillarda I.I.Agroskin, E.A.Zamarin, I.I.Levi, K.A.Mixaylov, va boshqalar. Shuni ta'kidlash lozimki, fanning "Gidrodinamika" bo'limi asoschisi D.Bernulli matematika qonuniyatlari asosida inson organizmida qonning harakatini o'rganish bilan shug'ullangan. Peterburg akademiyasining haqiqiy akademigi D.Bernulli "Nafas olish" nomli dissertatsiya yozgan bo'lib, tabiatni matematika bilan uzviy bog'liqlikda o'rganish g'oyasini targ'ibot qilgan. Fikrimizning asosi sifatida uning zamondoshi L.Blyumentrostga yozgan xatidan quyidagilarni keltirish mumkin:

"Nazarimda muskullar harakati, nafas olish, oziqlanish, ko'rish, ovoz paydo bo'lishi va boshqalarni o'rganish borasida juda ko'p kuzatishlar o'tkazdim..."

Bundan tashqari uning zamondoshi E.Eyler ham "Gidrodinamika" fani rivojlanishiga o'zining salmoqli hissasini qo'shgan. U ham tabiatda suyuqlik harakatini matematik qonuniyatlar bilan asoslab o'rgangan. Uning "Arteriyalardagi qon harakati trakti" ilmiy ishi bunga yaqqol dalildir.

"Suyuqliklar mexanikasi" fanining eng rivojlangan davri sifatida XIX-XX asrlarni ko'rsatish mumkin. Bu davrning mashhur tadqiqotchilari F.Forxgeymer (1852–1933), M.Veber (1871–1951), Prandtl (1875–1953), M.A.Velikanov, (1879–1964), B.A.Baxmetov (1880–1951), N.N.Pavlovskiy (1886–1937), va boshqalardir. Suyuqlik va gaz mexanikasi (gidravlika) A.D. Girgidov Sankt-Peterburg bosmaxonasi SPbGPU 2004-yil. 544.bet.

Gidravlika fani, asosan, ikki yo'nalishda rivojlangan:

1. Nazariy yo'nalish – nazariya asoslarini matematik qonuniyatlar asosida o'rganish.

2. Texnik yo'nalish, ya'ni suyuqliklarning nisbiy tinch holati va harakat qonuniyatlarini amaliyotda qo'llashga doir tadqiqotlarni o'tkazish va o'rganish. Texnik yo'nalish suyuqliklarning texnik atamasi, ya'ni Gidravlika deb atala boshlagan. Amaliyotdagi muammolarni yechishni yengillashtirish uchun ayrim cheklanishlar va taxminlarga yo'l qo'yiladi. Ko'pgina hollarda suyuqliklar bilan bog'liq fizik jarayonlarni o'rganishda ma'lum masshtabdagi tadqiqot va eksperimentlar o'tkazilib, ular natijasida, asosan, emperik va yarim emperik formulalar olinadi hamda hisob-kitob va loyihalashtirishda ulardan keng foydalaniladi.

Gidravlika so'zi grekcha "xyudor" va "aulos" so'zlari birikmasidan olingan bo'lib, "suv" va "quvur" degan ma'nolarni bildiradi. Gidravlika qonunlari texnikaning barcha sohalarida qo'llanilganligi uchun bu fanning amaliy ahamiyati benihoya kattadir. Gidravlika fanini qo'llanish sohaları – gidrotexnika, suv xo'jaligi va meioratsiya, gidroenergetikani suv bilan ta'minlash va kanalizatsiya, mashinasozlik, aviatsiya va xokazo.

Ko'p yillik arxeologik qazilmalar – yer sharining ko'p qismida katta-katta gidrotexnik inshootlar bizning eramizdan ancha ilgari qurilganligini ko'rsatadi. Qadim zamonlarda, tajriba va kuzatishlarga asosan ko'plab gidrotexnik inshootlar Markaziy Osiyo, Xitoy, Yegipet, Vavilon, Rim va Gretsiyada qurilgan. Ashxaboddagi (Annau) nurab ketgan injenrlik inshooti qadimda quruvchilar katta sug'orish sistemalarini qurishni bilganliklaridan dalolat beradi.

Masalan, juda qadimiy, hozirda ham ishlayotgan sug'orish sistemasi – "Shoxrud" ming yillar ilgari O'rta Osiyoda qurilgani bizni hayratga soladi. 861-yilda Abul Abbos Axmad ibn Muxannud ibn al-Farg'oniy (taxminan 797–865) Qohira yaqinidagi Ravzo orolida nilometrni, ya'ni Nil daryosi suvi sathini belgilovchi uskunani yasagan.

O'zbek davlatchiligi asoschilaridan biri Amir Temur saroyida qurilgan favvora inshooti ko'pchilik yevropalik elchilarni hayratga solganligi tarixiy manbalarda ta'kidlangan. Fikrimizning isboti sifatida fransuz yozuvchisi Lyusen Keren tomonidan yozilgan "Amir Temur saltanati" asarida Ispaniya hukmdori Henri III ning Vatanimizga jo'natgan elchisi Rui Gonsales de Klavixoning kundaligida 1404-yil 8-

sentyabrdagi Ulug' Amir Temurning Samarqand shahri tashqarisidagi uchrashuvini quyidagicha ta'riflagan:

Hukmdor (Amir Temur) hashamatli uy oldidagi shohsupa ustida o'tirardi. Uning yomdagi favvora suvlari ancha balandga otilib, xovuzga qaytib tushar, xovuzda esa qizil olmalar suzib yurardi. Bu ma'lumotlar suyuqlik va suyuqlik oqimini o'rganish va undan foydalanish bizning Vatanimizda qadimdan boshlanganligi haqida so'z yuritishimizga asos bo'ladi.

Suyuqlik va gaz oqimi muammolarini o'rganuvchi Gidravlika fani – fizika va nazariy mexanika qonunlariga asoslangan. Gidravlika fanida uchraydigan murakkab masalalarni hamma vaqt nazariya asosida yechib bo'lmaydi. Nima uchun? Chunki, ro'y berayotgan jarayonlarni matematik differentsial tenglamalar yordamida tavsiflash mumkinligini bilamiz. Bu fizik jarayon matematik differentsial tenglamalar yordamida yozilganda sistema tarkibidagi tenglamalar soni va bu tenglamaga kiruvchi noma'lum parametrlar orasida nomutanosiblik mavjud bo'ladi hamda bu nomutanosiblikni hozirgi tafakkurimiz doirasida faqat amaliy tajribalar natijasiga asoslanib, talqin qilish mumkin. Shuning uchun gidravlikada amaliy tajribadan keng foydalaniladi, ya'ni ilmiy tajriba keng qo'llaniladi. Gidravlikada amaliy tajriba yo'li bilan birinchidan, nazariy formulalarga kiruvchi koeffitsiyentlar va tuzatishlar, ikkinchidan, tajribaga asoslangan yangi formulalar kashf etiladi. Nazariya bilan amaliy tajribaning o'zaro aloqasi va ilmiy-tekshirish ishlarini keng tashkil etilishi Gidravlika fanini kelgusida yuqori ko'rsatkichlarga erishishda, xalq xo'jaligida muhim masalalarning yechimini topishda amaliy imkoniyat yaratadi. Shunday qilib, Gidravlika faniga qisqacha quyidagicha ta'rif berish mumkin:

Gidravlika – tabiiy fanlardan biri bo'lib, suyuqlikning nisbiy tinch holat va harakat qonuniyatlarini o'rganadi va bu qonuniyatlarni kishilar jamiyatining mehnat faoliyatida qo'llash uchun uslublar yaratadi.

Umuman, fan, o'zining o'rganilish jarayonida o'ziga xos yo'nalishlarga bo'linadi. Masalan, qurilish mutaxassisliklarida gidravlik inshootlar qurilishiga va ekspluatatsiyasiga bog'liq bo'lgan muammolar bilan shug'ullanadi yoki mashinasozlik, aviasozlik mutaxassisliklarida – bu sohalariga bog'liq bo'lgan fizik hodisalarni loyihalashtirish va ekspluatatsiya jarayonini o'rganadi.

Fanning rivojlanishi bilan hozirda, Gidravlika fanida o'rganish sifatida, nafaqat suvni, balki barcha tabiatda mavjud bo'lgan suyuqliklar qabul qilingan. Bo'lg'usi shifokorlarning ham fiziologiya fanini Gidravlika fani bilan qo'shib o'rganishi foydadan holi emas. Fikrimizning dalili sifatida Belgiyaning Gent universiteti "Gidravlika" kafedrasida olimlari tomonidan yaratilgan sun'iy inson yuragi modelidan sun'iy klapanlar sinovida juda ham keng foydalanayotganligini keltirish mumkin.

Suyuqlik va gazlarning asosiy fizik xossalari

Zichlik va solishtirma og'irlik

Zichlik (bir hajm birligidagi massa)

$$\rho = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{M}{V}$$

bu yerda, M – jism (modda) massasi; V – jism (modda) hajmi.
XO'Tda zichlikning o'lchov birligi $[\rho] = \text{kg/m}^3$.

Ayrim suyuqlik va gazlarning zichliklari jadvallarda keltirilgan.

Solishtirma og'irlik (bir birlik hajmdagi og'irlik miqdori)

$$\gamma = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{G}{V} = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{Mg}{V} = \rho g$$

XO'Tda solishtirma og'irlik o'lchov birligi $[\gamma] = \text{N/m}^3$

1.2. Suyuqliklarning asosiy fizik xossalari

Suyuqlikning zichligi deb, hajm birligidagi suyuqlik massasiga yoki suyuqlik massasining uning hajmiga bo'lgan nisbatiga aytiladi.

$$\rho = \frac{M}{V}, \quad (1.2.1)$$

bunda, M – suyuqlik massasi;

V – suyuqlik hajmi;

ρ – zichlik.

$$M = \rho \cdot V \quad (1.2.2)$$

Solishtirma og'irlik:

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

Hajm birligidagi suyuqlik og'irligiga yoki suyuqlik og'irligini uning hajmiga bo'lgan nisbatiga solishtirma og'irlik yoki hajm og'irligi deb ataladi (1.2.3) dan

$$G = \gamma V. \quad (1.2.4)$$

Bizga ma'lumki,

$$G = g M, \quad (1.2.5)$$

bunda, g – jismlarning erkin tushish tezlanishi.

(1.2.3)ni (1.2.2) va (1.2.4)ga qo'ysak,

$$\gamma V = g \rho V \quad (1.2.6)$$

bundan quyidagi ifodaga ega bo'lishimiz mumkin:

$$\rho = \frac{\gamma}{g}, \quad \gamma = \rho g; \quad (1.2.7)$$

va o'lchov birliklari:

$$\rho = \left[\frac{M^3}{L} \right]; \quad \gamma = \left[\frac{F}{L^3} \right] = \left[\frac{M}{T^2 L^2} \right],$$

bunda, M , L , F , T – massa, uzunlik, kuch va vaqt.

$$M \rightarrow kg = \frac{H \cdot s^2}{m}; \quad L \rightarrow m; \quad F = H; \quad kH; \quad T \rightarrow s$$

$$\text{demak: } \gamma = \frac{H}{m^3} = \frac{kg}{m^2 s^2}.$$

Siqiluvchanlik – suyuqliklarning tashqi kuchlari ta'sirida hajmining kamayishidir. Bu holat siqiluvchanlik koeffitsiyenti, β_s (m^2/N) bilan belgilanadi.

$$\beta_s = -\frac{1}{W} \frac{dw}{dp}. \quad (1.2.8)$$

Formuladagi minus hajm bosimining ortishi bilan suyuqlik kamayishini ko'rsatadi.

Suyuqlik massasi o'zgarmagan holda,

$$\beta_s = -\frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dp}. \quad (1.2.9)$$

Hajm siqiluvchanlik koeffitsiyenti teskari qiymati suyuqliklarning elastiklik moduli – E_j harfi bilan belgilanadi.

Fanning rivojlanishi bilan hozirda, Gidravlika fanida o'rganish sifatida, nafaqat suvni, balki barcha tabiatda mavjud bo'lgan suyuqliklar qabul qilingan. Bo'lg'usi shifokorlarning ham fiziologiya fanini Gidravlika fani bilan qo'shib o'rganishi foydadan holi emas. Fikrimizning dalili sifatida Belgiyaning Gent universiteti "Gidravlika" kafedrasini olimlari tomonidan yaratilgan sun'iy inson yuragi modelidan sun'iy klapanlar sinovida juda ham keng foydalanayotganligini keltirish mumkin.

Suyuqlik va gazlarning asosiy fizik xossalari Zichlik va solishtirma og'irlik

Zichlik (bir hajm birligidagi massa)

$$\rho = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{M}{V}$$

bu yerda, M – jism (modda) massasi; V – jism (modda) hajmi.
XO'Tda zichlikning o'lchov birligi $[\rho] = \text{kg/m}^3$.

Ayrim suyuqlik va gazlarning zichliklari jadvallarda keltirilgan.

Solishtirma og'irlik (bir birlik hajmdagi og'irlik miqdori)

$$\gamma = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{G}{V} = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{Mg}{V} = \rho g$$

XO'Tda solishtirma og'irlik o'lchov birligi $[\gamma] = \text{N/m}^3$

1.2. Suyuqliklarning asosiy fizik xossalari

Suyuqlikning zichligi deb, hajm birligidagi suyuqlik massasiga yoki suyuqlik massasining uning hajmiga bo'lgan nisbatiga aytiladi.

$$\rho = \frac{M}{V}, \quad (1.2.1)$$

bunda, M – suyuqlik massasi;

V – suyuqlik hajmi;

ρ – zichlik.

$$M = \rho \cdot V \quad (1.2.2)$$

Solishtirma og'irlik:

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

Hajm birligidagi suyuqlik og'irligiga yoki suyuqlik og'irligini uning hajmiga bo'lgan nisbatiga solishtirma og'irlik yoki hajm og'irligi deb ataladi (1.2.3) dan

$$G = \gamma V. \quad (1.2.4)$$

Bizga ma'lumki,

$$G = g M, \quad (1.2.5)$$

bunda, g – jismlarning erkin tushish tezlanishi.

(1.2.3)ni (1.2.2) va (1.2.4)ga qo'ysak,

$$\gamma V = g \rho V \quad (1.2.6)$$

bundan quyidagi ifodaga ega bo'lishimiz mumkin:

$$\rho = \frac{\gamma}{g}, \quad \gamma = \rho g; \quad (1.2.7)$$

va o'lchov birliklari:

$$\rho = \left[\frac{M^3}{L} \right]; \quad \gamma = \left[\frac{F}{L^3} \right] = \left[\frac{M}{T^2 L^2} \right],$$

bunda, M , L , F , T – massa, uzunlik, kuch va vaqt.

$$M \rightarrow kg = \frac{H \cdot s^2}{m}; \quad L \rightarrow m; \quad F = H; \quad kH; \quad T \rightarrow s$$

$$\text{demak: } \gamma = \frac{H}{m^3} = \frac{kg}{m^2 s^2}.$$

Siqiluvchanlik – suyuqliklarning tashqi kuchlari ta'sirida hajmining kamayishidir. Bu holat siqiluvchanlik koeffitsiyenti, β_s (m^2/N) bilan belgilanadi.

$$\beta_s = -\frac{1}{W} \frac{dW}{dp}. \quad (1.2.8)$$

Formuladagi minus hajm bosimining ortishi bilan suyuqlik kamayishini ko'rsatadi.

Suyuqlik massasi o'zgarmagan holda,

$$\beta_s = -\frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dp}. \quad (1.2.9)$$

Hajm siqiluvchanlik koeffitsiyenti teskari qiymati suyuqliklarning elastiklik moduli – E_j harfi bilan belgilanadi.

$$E_j = \frac{1}{\beta_s} \quad (1.2.10)$$

(1.2.9) formulani hisobga olsak, (1.2.10) ifoda quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$E_j = \rho \frac{dp}{dp}, \quad (1.2.11)$$

bundan,

$$\frac{dp}{\rho} = \frac{dp}{E_j}. \quad (1.2.12)$$

(1.2.11) ifoda Guk qonunini ifodalaydi va u harorat 0 dan 200 gacha va bosim 20 atmosfera bo'lganda chuchuk suv (distillangan suv)ning o'rtacha hajm siqilish koeffitsiyentiga teng. Suyuqliklarning siqilish imkoniyati juda kichik bo'lganligi sababli, gidravlikaning amaliy masalalari yechilganda ular hisobga olinmaydi va ularni amalda siqilmaydigan deb qaraladi.

Suyuqliklarning qovushqoqligi deb, suyuqlik bir qatlamini ikkinchi qatlamiga nisbatan siljiganda ko'rsatadigan qarshilikka aytiladi. Yoki suyuqlik harakatida qatlamlardagi ishqalanish kuchiga qovushqoqlik kuchi deb ataladi.

I.Nyuton 1687-yilda quyidagi gipotezani aytadi, ya'ni. suyuqlik qatlamlari harakat davomida ishqalanganda ichki ishqalanish kuchi quyidagiga teng:

$$T = \mu \omega \frac{d\vartheta}{dh}, \quad (1.2.13)$$

bunda, T – qatlamlardagi ishqalanish kuchi;

ω – qatlam ishqalanish yuzasi;

$\frac{d\vartheta}{dh}$ – tezlik gradienti, sirpanish tezligi;

μ – qovushqoqlik dinamik koeffitsiyenti.

N.P.Petrov 1876–1920-yillarda Nyuton gipotezasini tasdiqladi.

(1.2.13) formuladan dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi.

$$\mu = \frac{\frac{T}{\omega_{sh}}}{\frac{d\theta}{dh}} = \frac{\tau}{\frac{d\theta}{dh}}, \quad (1.2.14)$$

bunda, — ishqalanish kuchlanishi.

— o'lchov birligi quyidagicha:

$$\mu = \frac{m}{LT}; \quad \frac{H \cdot s}{m^2}; \quad \frac{kg}{m \cdot s} \text{ yki } \frac{g}{sm \cdot s} = puaz.$$

har xil haroratdagi suv uchun μ qiymatlari.

Gidrogazodinamika va gidravlika fanini o'rganishda dinamik yopishqoqlik koeffitsiyenti bilan bir qatorda kinematik qovushqoqlik koeffitsiyentidan ham foydalaniladi:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}. \quad (1.2.15)$$

Bu kattalik o'zida uzunlik, vaqt, kinematik qiymatlarni mujassamlashtiradi.

$$\text{Uning o'lchov birligi: } [\nu] = \frac{L^2}{T}; \quad \frac{m^2}{s}; \quad \frac{sm^2}{s} = \text{stoks}.$$

Amaliy tajribalar ko'rsatishicha, suyuqlikning qovushqoqlik suyuqlik turiga va uning haroratiga bog'liq. Harorat ko'tarilishi bilan suyuqliklarning qovushqoqligi kamayadi. Suyuqliklarning kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti quyidagi jadvallarda keltirilgan.

Suyuqliklarning qovushqoqlik koeffitsiyenti viskozimetr yordamida o'lchanadi. Suyuqliklar maydonni uzluksiz to'la egallash modeli. Biz o'rganadigan suyuqliklar bir jinsli suyuqliklar bo'lib, ularni o'z maydonlarini uzluksiz to'la egallaydi, deb qaraymiz.

Haqiqatda esa, molekulalar oralig'i mavjud bo'lib, uzlukli bo'lsada, matematik usulda gidromexanikaning murakkab masalalarini yechishda ko'rsatilgan suyuqliklarning to'la uzluksiz maydonni egallashi qo'l keladi. Uzluksiz to'la maydon lotincha "continuum" deb ataladi. Amaliyotda suyuqliklarning uzluksiz maydonni to'la egallash modeli tasdiqlangan.

Real va ideal suyuqliklar. Suyuqliklarning harakat qonuniyatlarini o'rganishda qovushqoqlik, ichki ishqalanish kuchlari asosiy rol o'ynaydi. Ideal suyuqliklar tabiatda uchramaydi, ularni absolyut

siqiluvchan emas va ko'ndalang kuchlanishlarni qabul qilmaydi, qovushqoqlikka ega emas deb hisoblanadi. Bunday holatda, matematik qonuniyatlarni keltirib chiqarishda suyuqliklar harakati bilan bog'liq bo'lgan qiymatlar bizga qo'l keladi.

Real suyuqlik – zarrachalari harakatchan deb qaralsada, ular cho'zilish va siljish kuchlariga qarshilik ko'rsatadilar. Ko'ndalang kuchlanishlar suyuqliklar harakatida asosiy masalalardan biri hisoblanadi.

Ideal suyuqliklar – suyuqliklarning muvozanat va harakat qonuniyatlarini matematik keltirib chiqarishda asosiy omillardan biri hisoblanadi. Haqiqiy suyuqliklarga tajribaga asosan topilgan koeffitsiyentlar yoki kuchlanishlarni o'zgarishini bilgan holda o'tiladi. Shunday qilib amaliyot nazariya bilan bog'lanadi.

Suyuqlik va gaz mexanika fanining bir bo'limi bu Gidravlika bo'lib faqat suyuqliklarning muvozanat va harakat qonunlarini o'rganadi (tor ma'noda). Gidravlika – bu muhandislik hisoblash ishlarida va amaliyotda eksperimentdan olingan formulalardan foydalanishda aniq hisoblash uchun beriladi. Albatta hisob-kitob ishlarida eksperimental koeffitsientlarni joy-joyida ishlatish kerak bo'ladi. Ko'pincha texnik masalalarni hal qilish amaliyotlarida quyidagi keltirilgan suyuqliklarning fizik xususiyatlaridan foydalaniladi. Asosiy parametrlar bular zichlik, solishtirma og'irlik, qovushqoqliklardir.

Zichlik ρ – bir birlik suyuqlik hajmidagi massa (kg/m^3);

$$\rho = \frac{m}{V_0} \quad (1.2.16)$$

bu yerda, m – suyuqlik massasi, kg ; V_0 – suyuqlik hajmi, m^3 .

Suv zichligi $+4^\circ\text{C}$ minimum qiymatga ega va 1000 kg/m^3 ga teng. Suvning haroratga (temperaturaga) bog'liqligini maxsus spravochniklardan uning miqdorini olish mumkin. Ushbu darslik sahifada qisqacha ma'lumot keltirilgan.

Ma'lumotlardan ko'rinadiki, suvning zichligi haroratga bog'liqligi unchalik katta farqqa ega emas. Ko'pchilik holatlarda gidravlik hisoblash jarayonlarida suyuqlikni qisilish koeffitsienti hamda issiqlikdan kengayishi koeffitsientlarida qiymatlari e'tiborga olinmaydi. Odatda suv uchun zichlik qiymati o'zgarmas va 1000 kg/m^3 kub hisobga olinadi.

Solishtirma og'irlik γ – bir birlik hajmdagi suyuqlik og'irligi (N/m^3);

$$\gamma = \frac{G}{V_0} \quad (1.2.17)$$

bu yerda, G – suyuqlik og'irligi (og'irlik kuchi), N ; V_0 – suyuqlik hajmi, m^3 . Solishtirma og'irlik va zichlik erkin tushish tezlanishi ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$) bilan bog'liq bo'ladi.

$$\gamma = \rho g \quad (1.2.18)$$

Suyuqliklarning siqilishi.

Suyuqliklarning bosim ostida o'z hajmini o'zgartirish xususiyati – siqilish deyiladi. Suyuqlikning siqilishi hajmiy siqilish koeffitsiyenti bilan tavsiflanadi.

$$\beta = -\frac{dV}{V} \cdot \frac{1}{dP} \quad (1.2.19)$$

bu yerda, dV – suyuqlik hajmining o'zgarishi; dP – bosim o'zgarishi; β ning o'lchov birligi $[\beta_v] = \text{m}^2 / \text{N}$.

Hajmiy siqilish koeffitsiyentining teskari qiymati suyuqlikning hajmiy elastiklik modeli deyiladi: $E_v = \frac{1}{\beta_v}$, $[E_v] = \text{N} / \text{m}^2$ (1.7., 1.8-jadvallar). Qattiq jismlarning elastik xususiyati ham E_q parametr bilan ifodalanadi.

Haroratdan kengayish.

Haroratdan kengayish asosan haroratdan kengayish koeffitsiyenti bilan tavsiflanadi. U harorat o'zgarishida hajmning o'zgarishi bilan ifodalanadi. Matematik ifodada quyidagicha yoziladi.

$$\beta_t = \frac{dV}{V} \cdot \frac{1}{dT}, [\beta_t] = 1/^\circ\text{C}. \quad (1.2.20)$$

Turli xil suyuqliklar uchun haroratdan kengayish koeffitsiyentining qiymatlari quyidagi jadvallarda keltirilgan.

Qovushqoqlik.

Qovushqoqlik suyuqlikning xususiyatlaridan biri bo'lib, uning harakati davomida zarrachalarning bir-biriga ishqalanishda hosil bo'lgan ichki ishqalanishdagi qarshilikdan iborat. Suyuqlikning teng holatida qovushqoqlik bo'lmaydi.

Qovushqoqlik dinamik va kinematik qovushqoqliklardan iborat bo'ladi. Ularni biridan, ikkinchi turlariga o'tkazishda qiyinchilik tug'dirmaydi.

Qovushqoqlik dinamik va kinematik qovushqoqliklarga bo'linadi. Dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti μ bilan, kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti ν bilan belgilanadi. Ular orasidagi bog'liqlik quyidagicha ifodalanadi.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}, \quad (1.2.21)$$

bu yerda, ρ – suyuqlik zichligi.

Issiqlik sig'imi.

Issiqlik sig'imi deb – jismning issiqligini bir Kelvinga o'zgartirishga zarur bo'lgan issiqlik miqdoriga aytiladi. Issiqlik sig'imi haroratga va isitish jarayoniga bog'liq.

Solishtirma issiqlik sig'imi quyidagi formula orqali topiladi.

$$C = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta Q}{\Delta T} \right), \quad (1.2.22)$$

bu yerda: ΔQ – issiqlik sig'imi bo'lib, ΔT harorat oralig'ida o'zgarishini ko'rsatadi.

Solishtirma issiqlik sig'imi C , bosim $p = \text{const}$ – izobarik holatda va hajm $V = \text{const}$ – izoxarik holatlar bilan farqlanadi. Bunda, hamma vaqt $C_p > C_v$ bo'ladi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik.

Jismning harorati yuqori bo'lgan qismidan issiqlik jism harorati past bo'lgan qismiga harakatlanish jarayoniga issiqlik o'tkazuvchanlik deyiladi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik k harfi bilan belgilanadi. Ayrim gazlar uchun uning qiymati jadvallarda berilgan.

II BOB GIDROSTATIKA

Nazariy ma'lumotlar.

Gidrostatika — gidravlikaning bir bo'limi bo'lib, unda muvozanatdagi suyuqlikni va unga to'la yoki chala cho'ktirilgan qattiq jismlarga ta'sir qilayotgan kuchlar qonuniyatini o'rgatadi. Tinch turgan suyuqlikka ikkita kuch ta'sir qiladi: ichki va tashqi kuchlar.

Ichki kuchlarga zarrachalarning bir-biriga teng va qarama-qarshi kuchlari kiradi.

Tashqi kuchlarga: massa va sirtqi kuchlar kiradi.

Massa kuchlariga suyuqlik massasiga proporsional bo'lgan kuchlar: og'irlik kuchi, inertsia, magnit, elektrik va boshqa kuchlar kiradi.

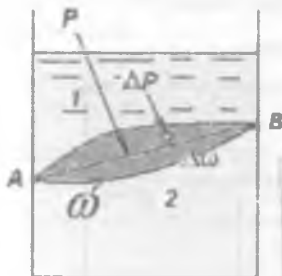
Sirtqi kuchlarga misol qilib idish devorini suyuqlikka ta'sir qilayotgan reaksiya kuchi, porshenni suyuqlikka ko'rsatayotgan bosim kuchi, suyuqlik sirtiga ta'sir qilayotgan atmosfera va boshqa kuchlarni olish mumkin. Suyuqlikni oquvchanlik hisobiga unda mujassamlangan kuchlar bo'lmay, balki sirtqi kuchlar, ajratilgan suyuqlik hajmi sirtiga uzluksiz taqsimlangan kuchlar bo'ladi.

Masalalar yechishda ishqalanish kuchi bilan normal bosim kuchi hisobga olinadi.

Gidrostatik bosim.

Muvozanatda turgan suyuqlik ichida yuzaga kelgan siqiluvchan kuchlanishga gidrostatik bosim yoki gidrostatik bosim kuchlanishi deyiladi.

Buni isbotlash uchun idishda muvozanatda turgan suyuqlik olamiz va shu suyuqlik hajmini AB tekislik bilan I va II qismga bo'lamiz (2.1.1-rasm).



2.1 1-rasm Gidrostatik bosim tushunchasini isbotlovchi sxema

Suyuqlikning I qismi II qism bilan AB tekislikdagi umumiy yuza ω bilan o'zaro ta'sir qilishadi.

Agar I qismni fikran tashlab yuborsak, u holda II qismni muvozanatda ushlab turish uchun tashlab yuborgan I qismga teng bo'lgan P kuch – gidrostatik bosim kuchini ω yuzaga qo'yamiz.

P kuchni ω yuzaga bo'lgan nisbati P o'rtacha gidrostatik bosim kuchini beradi, ya'ni

$$\frac{P}{\omega} = p_{ur}, \quad (2.1.1)$$

Tekislikda kichik $\Delta\omega$ maydonchani belgilab olamiz. Δp_n maydonchaga ΔP kuch ta'sir ko'rsatayotgan bo'lsin. Agar $\Delta\omega$ maydoncha nolga intilsa, u holda $\Delta P / \Delta\omega$ nisbati nuqtaga ta'sir qilayotgan gidrostatik bosim kuchi bo'ladi:

$$P = \lim_{\Delta\omega \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta P}{\Delta\omega} \right), \quad (2.1.2)$$

Gidrostatik bosim quyidagi o'lchamlarga ega, ya'ni $\left(\frac{\text{kuch}}{\text{maydon}} \right)$, bosim N/m^2 (Paskal), atmosfera bosimi texnik atmosferada (98100 Pa) yoki fizik atmosferada (101325 Pa), ba'zi hollarda barda (1 bar = 10^5 Pa) o'lchanadi

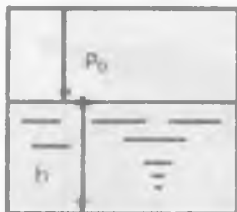
Gidrostatikaning asosiy tushunchasi – nuqtadagi gidrostatik bosim (GSB) bo'lib, u nuqtaga va yuza bo'yicha qo'yilgan bo'ladi.

p_A – nuqtadagi mutloq bosim;

p – ortiqcha bosim;

p_0 – yuzaga berilgan bosim;

$p_{og'}$ – og'irlik bosim;



2.1.2-rasm

p_{am} - atmosfera bosimi (2.1-jadval);

p_{vak} - vakuum bosim.

Bosim qiymatini topish uchun gidrostatikaning asosiy qonunidan foydalaniladi.

$$p_A = p_0 + \gamma h, \quad (2.1)$$

bu yerda, h -erkin sirtidan tekshirilayotgan nuqtagacha bo'lgan chuqurlik, og'irlik bosimi $p_{og'} = \gamma h$;

$p = p_A - p_a$, $p_A > p_a$ bo'lganda

$p_{vak} = p_a - p_A$, $p_A < p_a$ bo'lganda

O'lchov birliklari.

Si tizimida - Paskal, $1\text{Pa}=1\text{N/m}^2$

Boshqa o'lchov birliklarida:

Texnik atmosfera, $1\text{at}=1\text{kg.k/sm}^2=10^4\text{kg.k/m}^2=10\text{ t.k/m}^2$
 $=0,981 \cdot 10^5\text{ Pa}$;

Fizik atmosfera $1\text{at}=1,01325 \cdot 10^5\text{ Pa}$;

Metr suv ustuni, $1\text{m. suv ustuni}=0,1\text{at}=0,981 \cdot 10^4\text{ Pa}$;

Og'irlik kuchi bosimi miqdorini $F_{og'}$ desak, ixtiyoriy tekis yuzaga berilayotgan og'irlik bosimi.

$$F_{og'} = (p_{og'})_s \cdot \omega, \quad (2.1.2)$$

bu yerda, $(p_{og'})_s$ - shaklning og'irlik markaziga berilayotgan og'irlik bosim; ω - shakl yuzasi.

$F_{og'}$ qo'yilgan nuqta $(p_0 = p_{og'})_s$, ortiqcha bosim bo'lganda), og'irlik markazidan pastda bo'lgan quyidagi kattalikdagi e -ekssentrisitet uzunlikda bo'ladi:

$$e = \frac{J}{Z_c \omega}, \quad (2.1.3)$$

bu yerda, J - shaklning inertsia momenti, Z_c - shaklning og'irlik markazi koordinatasi bo'lib, erkin sirtga nisbatan olingan, e - ekssentrisitetni hisoblash uchun berilgan qiymatlardan foydalaniladi.

2.2. Suyuqlikning muhandislik mexanikasi

Nega biz gidrodinamikani fuqaroviy texnik qurilish kursida o'rganayapmiz? Industrial jamiyatning rivojlanishida ichimlik suvi bilan ta'minlash, drenaj, kanalizatsiya kabi xizmat tizimlariga kerakli suvni yetkazib berish muhim hisoblanadi. Aynan shu xizmatlarni fuqaroviy muhandislar amalga oshiradilar.

Suyuqlik mexanikasi fuqaroviy qurilishning deyarli barcha sohalarida to'g'ridan-to'g'ri yoki bevosita ishtirok etadi. Quyidagi suyuqlikni manipulyatsiya qilish ishlari biz uchun uning bevosita ishtiroki misoli bo'lib xizmat qila oladi.

- Dengiz va daryo mudofaasi;
- suv ta'aminoti tarmog'i – kanalizatsiya (sanitariya);
- suv tozalovchi inshootlarni gidravlik loyihalashtirish;
- to'g'onlar;
- irrigatsiya;
- nasos va turbinalar;
- suv ushlab turuvchi jihozlar;

Yana quyida asosiy bino bo'lib qurilma ishtirok etuvchi misollar beriladi, bunday hollarda suyuqlik mexanikasi tahlili juda muhim hisoblanadi.

- Bino ichi va uning atrofidagi havo oqimi;
- Daryolardagi ko'priklar ustunlari;
- Grunt suvlarining oqimi;

E'tibor bering, sanab o'tilgan misollarning deyarli barchasi suv bilan bog'liq. Quyidagi kurs suyuqliklarning umumiy tushunchalari va prinsiplarini kiritsada, amalda suyuqlik misolida aynan suv ishtirok etgan holatlarni ko'rib chiqadi.

Birliklar tizimi.

Istalgan kattalik sizga qulay bo'lgan istalgan uslub orqali ko'rsatilishi mumkin. Biroq ba'zi hollarda absolyut to'g'ri bo'lgan narsalarda ham adashish mumkin. Ayniqsa bu suyuqlik mexanikasida ko'p uchrashi mumkin. Ko'p yillar davomida turli kattaliklarni ifoda etish uchun turli uslublardan foydalanilgan. Hatto hozirgi kunda ham turli mamlakatlarda bir xil narsalar uchun turli atama va o'lchov birliklari ishlatilsa ba'zi hollarda boshqa narsalarni bir xil nomlashadi. Masalan amerikaliklarning pintalari britanlarning pintalarini $\frac{4}{5}$ ni tashkil etadi.

Ushbu kursda chalkashliklarni bartaraf etish uchun biz sizga tanish bo'lgan o'lchov tizimidan foydalanamiz. Barcha kattaliklar bir tizimda ifodalanishlari juda muhim bo'lib, bu sizning ishingiz natijalari noto'g'ri bo'lishini oldini oladi.

Bu ogohlantirishga qaramay siz savol berayotganingizda yo'l qo'yiladigan eng ko'p xato ekanligini tushunasiz.

Yuqorida ko'rsatilgan birliklardan doim foydalanishimiz kerak. Boshqa birliklar ma'nosmi ushbu tizimning kerakli qismiga o'tkazmasdan turib ulardan foydalanish mumkin emas. Siz biror birlikning ma'nosini bilmasangiz, siz aniqlashtirib olishingiz lozim bo'ladi, aks holda sizning taxminlaringiz noto'g'ri bo'ladi.

$$30\text{kg/m.s}=30\text{m}$$

Sizga bir foydali maslahat beramiz, siz foydalanmoqchi bo'lgan istalgan tenglamaning o'lchov birliklarini yozib oling.

O'lchov birliklariga misollar.

Suv kompaniyasi bu hududda uzoq vaqt mobaynida suv yetarli miqdorda bo'lishini tekshirmoqchi. U qamrab olayotgan mintaqa 500 mil kvadratini tashkil etadi va turli ofislar esa quyidagi iste'mol ko'rsatkichlarini jo'natdilar. Suv miqdorini hisoblash uchun yetarli ma'lumot bo'lsada, ular turli o'lchov tizimlarida ifodalangan.

Umumiy hududdan 100000 gektar qishloq xo'jalik yerlaridan qolganini esa shahar yerlaridir. Shahar aholisining zichligi kvadrat metrga 50 kishini tashkil etadi. O'rtacha unitaz 200mmga 15 dyumga 0.3 o'lchamli bo'lib, har bir odam o'rtacha kuniga 3 marotaba undan foydalanadi. Shahar aholisi zichligi 1 dyum kvadratiga 5 kishini tashkil etadi. Har bir odam haftasiga 2 marta vanna qabul qiladi, vannadagi o'rtacha suv miqdori 6 gallonni tashkil etadi. Mahalliy sanoat haftasiga 1000 m³ suv iste'mol qiladi. Suvdagi boshqa ehtiyojlar kishi boshiga 1 gallon deb aniqlandi. Mintaqadagi Amerika aviabazasi AQSH ning 1 kishisiga kuniga 50 gallon suv kerak degan ma'lumotni berdi. Yog'ingarchilikning 1 oy (28 kun) mobaynidagi o'rtacha miqdori. Shahar hududidagi yog'ingarchilikning deyarli to'liq qismi daryoga ketsa, qishloqlarda faqatgina 10 % igina, daryolarga 85% yo'qolib ketadi va qolgan 5% esa mintaqani suv bilan ta'minlab turuvchi suv omboriga ketadi. Ushbu rezervuar 500 akriga teng maydon bo'lib u ko'chatlardan 10 m chuqurlikda joylashgan. Uning 10% oy davomida turli maqsadlarga binoan ishlatiladi.

- A) kun davomida umumiy suv iste'moli miqdori qancha?
B) agar rezervuar bo'sh bo'lganida va suvni daryodan ololmaganlarida, yomg'ir faqatgina 10 % gagina suv yetarli bo'larinidi?

2.3. Suyuqlik mexanikasi va uning xossalari

Suyuqlik mexanikasi nimani anglatadi? Nomidan kelib chiqqan holda u amaliy mexanikaning bo'limi bo'lib, u suyuqlikning statik va dinamik holatini – gaz va qotishma holatlarini ko'rib chiqadi. Suyuqlik o'zini qanday tutishi tahlillari bizga tanish bo'lgan qattiq jisimli mexanikaning xususiyatlarini hisobga olgan holda mexanikadagi massa va energiya kuch va impuls bilan uzluksizligini bog'lovchi qonunlariga asoslanadi.

- *Ushbu bo'lim maqsadlari:*

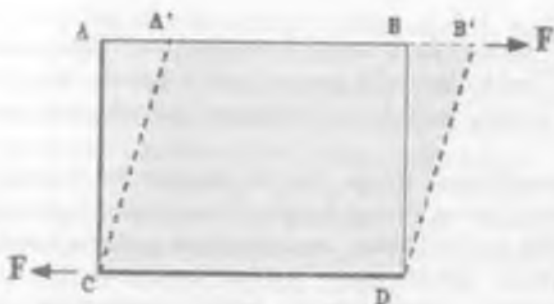
1. Suyuqlikning tabiatini aniqlash.
2. Suyuqlik mexanikasi va qattiq jism mexanikasining tutash joylarini aniqlash, tub farqlanish joylarini ko'rsatish.
3. Yopishqoqlik tushunchasini kiritish nyuton va nonyuton suyuqliklar nima ekanligini tushuntirish.
4. Suyuqliklarning o'ziga xos fizik xossalarini aniqlash, va shu bilan birga ular qanday qilib suyuq massalar va qattiq jismlarni, gazlar va qotishmalarni differentsiallarini ko'rsatadi.

2.4. Suyuqlik to'g'risida umumiy tushunchalar

Suyuqlik mexanikasini qattiq jism mexanikasidan ajratib turuvchi ikkita jihati mavjud: Odatda biz materiya 3 holatini ya'ni suyuq, qattiq va gaz holatini bilamiz. Biroq suyuqlik va gaz bir vaqtning o'zida suyuqlik hisoblanadi, ular qattiq jismdan farqli o'laroq deformatsiya shakl o'zgarishiga qarshilik ko'rsata olmaydi.

1. Suyuqlik tabiati qattiq jism tabiatidan tubdan farq qiladi.
2. Suyuqliklarda biz odatda boshlanishi va oxiriga ega bo'lmagan suyuqlik oqimini kuzatishimiz mumkin. Qattiq jismlarda esa biz faqatgina alohida elementlar holati bilan ishlay olamiz.

Shunday qilib deformatsiya kuchiga qarshilik ko'rsata olmagan suyuqlik, u harakatlanadi, u kuch ta'siri ostida oqib boshlaydi. Uning shakli uzluksiz o'zgarib boradi, kuchning ta'siri yakunlanmaguncha shakl o'zgaraveradi. Qattiq jism deformatsiya kuchiga qarshilik ko'rsata oladi. Tinch holatda bu kuch ba'zida joy o'zgartirishi mumkin. Biroq qattiq jism cheksiz harakatlana olmaydi.

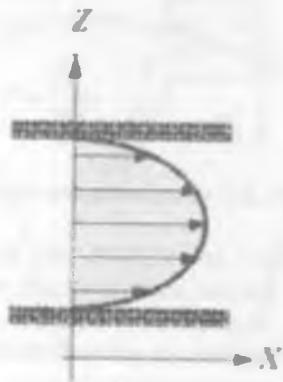


2.4.1-rasm. F suyuqlik elementiga ta'sir ko'rsatuvchi harakat kuchi

Deformatsiya chiqib ketish kuchlari natijasida yuzaga kelgan bo'lib, ular sirtga nisbatan tendensial ta'sir ko'rsatishadi. Quyidagi chizmaga nazar solsak, $ABDC$ ning to'g'ri burchakli (yaxlit tekislangan) elementlarida tendensial harakatlanayotgan F kuchni ko'rishimiz mumkin bo'ladi. Aynan shu chiqib ketuvchi kuch $ABDC$ ning ramkali (nuqtali) elementini paydo qiladi. Biz shunday deya olamiz.

Suyuqlik bu harakatlanuvchi kuch ta'sirida tinimsiz yoki oqimlar bilan deformatsiyalanuvchi moddadir

Aksincha bu ta'rif muhim bir jihatga e'tibor qaratishni talab etadi. Agar suyuqlik tinch holatda bo'lsa unga harakatlanuvchi kuchlar ta'sir ko'rsatmaydi. Barcha kuchlar ular ta'sir ko'rsatayotgan tekisliklarga perpendikulyar bo'lishlari kerak.



2.4.2-rasm. Quvurdagi tezlik profili

Suyuqlik harakatidagi, suyuqlik zarralari bir-biriga qarama-qarshi harakatlansa harakatlanuvchi quvvat oshib boradi. Bu holat sodir bo'layotgan paytda, yonma-yon joylashgan zarralar turli tezlikka ega bo'ladilar.

Agar suyuqlikning tezligi har bir nuqtada bir xil bo'lsa, unda harakatlanuvchi quvvat yuzaga kelmaydi va zarralar 0 ga teng bo'lgan qiyosiy tezlikka ega bo'ladilar. Suv oqayotgan quvurdagi oqimni ko'rib chiqamiz. Quvur devorlaridagi suvning harakat tezligi 0 ga teng bo'ladi. Suvning harakatlanish tezligi quvurning markaziga yaqinlashgan sari oshib boradi.

Suv tezligining bu kabi oqimning yo'nalishiga qarab ko'ndalang o'zgarishi bizga tezlik profili sifatida ma'lum bo'lib, u quyidagi chizmada ko'rsatilgan. Oqayotgan suvdagi yonma-yon joylashgan zarralari turli tezlikda harakatlanadi va harakatlanayotganliklari sababli harakatlanayotgan hozirgi muhitda ko'ndalang kuchlar amalda bo'ladilar.

Ya'ni ko'ndalang kuchlar odatda harakatdagi oqayotgan muhitda kuzatiladilar. Biroq agar suyuqlik chegaradan uzoq joylashgan va barcha zarralar bir xil tezlikka ega bo'lsa, u holda tezlik profili taxminan bunday ko'rinishga ega bo'ladi.



2.4.3-rasm. Bir xil oqimdagi tezlik profili

Barcha zarralar qiyosiy nol tezlikka ega bo'lganlari sababli bu yerda harakatlantiruvchi kuchlar mavjud emas. Amalda esa biz qattiq chegaralarning oqishini kuzatishimiz mumkin, ya'ni samalyotlar, avtomobillar, quvur devorlari, daryo kanallari va boshqalar va harakatlantiruvchi kuchlar ham mavjud bo'ladilar.

Bizga ma'lumki, tabiatda uch xil modda mavjud: qattiq, suyuq va gaz yoki plazma ko'rinishda. Harorat va bosimning o'zgarishi natijasida suyuq jism qattiq yoki gazsimon holatga o'tishi mumkin. Masalan, yuqori bosim ostida suv – muz kristalli holatga o'tadi yoki aksincha, past bosim ostida gazsimon holatni qabul qiladi.

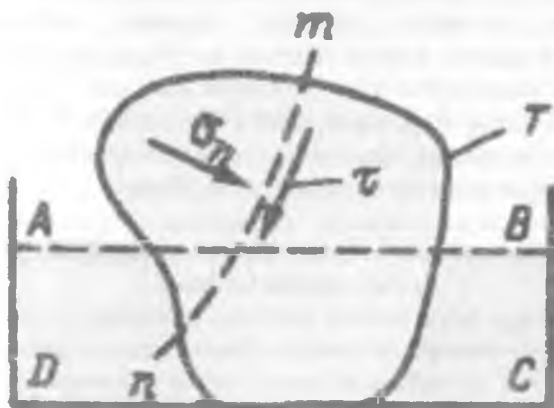
Suyuqliklar qattiq jismlarga qaraganda o'z shaklini ushlab tura olmaydi va egallab turgan idish shaklini oladi. Suyuqliklar qattiq jismlarga nisbatan o'z zarrachalarining juda harakatchanligi bilan farq qiladi va oquvchanlik xususiyatiga ega bo'ladi.

Gidravlikada suyuqliklar ikki turga bo'linadi: tomchilanuvchi va gazsimon. Suyuqlik deganda tomchilanuvchi suyuqlik tushuniladi. Ular gazsimonlarga qaraganda juda ham kichik va katta zichligi bilan farqlanadi; bularga, suv, spirt, neft, simob, turli moylar va boshqalar kiradi.

Tomchilanuvchi suyuqliklar bir qancha xususiyatga ega:

- hajmi bosim ta'sirida juda kam o'zgaradi;
- temperatura o'zgarishi bilan hajmi o'zgaradi;
- cho'zuvchi kuchlarga deyarli qarshilik ko'rsatmaydi;
- sirtida molekulalararo qovushqoqlik kuchi yuzaga keladi va u sirt taranglik kuchini vujudga keltiradi.

Suyuqlikka quyidagicha ta'rif berish mumkin – tashqi bosim va harorat ta'siri ostida o'z hajmini o'zgartirmaydigan va oquvchanlik xususiyatiga ega bo'lgan fizik jismga suyuqlik deb ataladi.



2.4.4-rasm. Suyuqlik oquvchanligini o'rganish sxemasi

Suyuqlikning oquvchanlik xususiyati mohiyatini tushunish uchun quyidagi hisoblash sxemasidan foydalanamiz (2.4.4–rasm) T qattiq jism suyuqlikka botirilgan og'irlik kuchi hisobiga ma'lum kuchlanishlar paydo bo'ladi. Agar jismda *mn* ixtiyoriy kesimni oladigan bo'lsak, unda normal kuchlanishdan tashqari urinma kuchlanishlar ham mavjud bo'ladi. Faraz qilaylik, T – jism tinch holatda urinma kuchlanish ta'siriga bardosh berolmay, yemirila boshlaydi va idishning ko'rinishini qabul qiladi. Boshqacha qilib aytganda, suyuqlik qattiq jismdan farqli o'laroq, nisbiy tinch holatda turganida urinma kuchlanishiga ega bo'lmaydi.

Suyuqliklar tomchi va gazlarga bo'linadi. Gidravlika kursida biz asosan tomchisimon suyuqliklarning qonuniyatlarini o'rganamiz. Tomchisimon suyuqlik deb, oquvchanlik xususiyatiga ega bo'lgan va biror idishga quyilganda shu idishni shaklini egallaydigan, amaliy siqilmaydigan fizik moddaga aytiladi.

Suyuqlik qattiq jismlardan molekulalar orasidagi tortishish kuchining juda kichikligi va oquvchanligi (siljuvchanligi) bilan farqlanadi. Shuningdek, suyuqlik amalda o'z hajmini o'zgartirmaydi, tashqi kuchlar ta'sirida va haroratning o'zgarishi bilan sezilmas darajada o'zgaradi.

Gazlar ham oquvchanlik xususiyatiga ega bo'lish bilan bir qatorda, o'z hajmlarini tashqi kuchlar ta'sirida o'zgartiradilar. Tomchili suyuqliklarga – suv, benzin, kerosin, spirt va boshqalar kiradi.

Kursimiz davomida “suyuqlik” deganda, melioratsiya va gidrotehnika sohalarini qamrab olgan suv ko'zda tutiladi. Suyuqliklar – ma'lum fizik xususiyatlari bilan bir-biridan farqlanadi. Shuning uchun ham suyuqliklarning fizik xususiyatlari bilan bir qatorda ularning bir-biri bilan bog'lanishlarini ham kuzatamiz. Bulardan tashqari, gidravlika fanini o'rganishda asosiylari quyidagilar hisoblanadi.

2.5. Suyuqliklarning muvozanat (tinch) va harakati davomida ta'sir etuvchi kuchlar

Suyuqliklarga ta'sir etuvchi kuchlarni ikki turga bo'lish mumkin: *Massa kuchlari* – suyuqliklar tomchisi (zarrasi) massasiga proportsional kuchlar. Bir jinsli suyuqliklarda massa kuchlarini hajmga proportsional kuchlar deb atash mumkin. Bunday kuchlarga – og'irlik kuchlari, inertsia kuchlari va boshqalar kiradi.

$$F = mA, \quad (2.5.1)$$

bunda, $m - W$ – W hajmdagi suyuqlikning massasi;

A – nisbiy solishtirma massa birligidagi kuch, ya'ni tezlanish. Tashqi yuzaga ta'sir etuvchi kuchlar – suyuqlik tashqi yuzasiga proporsional bo'lgan kuchlar. Bu kuchlar turkumiga – sirtga normal yo'nalgan siquvchi bosim kuchlari va ko'ndalang ishqalanish kuchlari kiradi. Masalan:

$$P = P\omega = \sigma\omega \quad (2.5.2)$$

$$O = \tau\omega, \quad (2.5.3)$$

bunda, D – bosim kuchi; T – ishqalanish kuchi;

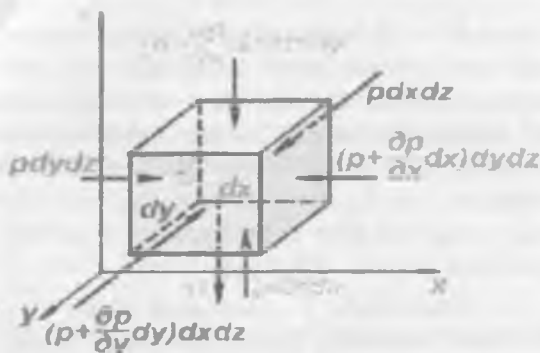
- suyuqliklar harakatidagi siqiluvchan normal kuchlanish;
- suyuqliklar harakatidagi ko'ndalang ichki kuchlanish;
- kuch ta'sir etayotgan yuza.

Yuqorida zikr etilgan kuchlar tashqi kuchlar turkumiga kiradi. Ichki kuchlar esa suyuqliklarning zarralarini bir-biriga ta'sirini ko'rsatadi va berilgan hajmda juft kuchlar bo'lganligidan ularning yig'indisi hamma vaqt nolga teng bo'ladi.

2.6. Suyuqliklar muvozanatining differentsial eyler tenglamasi

Suyuqlikning muvozanat holatini kuzataylik. Muvozanat holatdagi suyuqliklarga bosim va og'irlik kuchlari ta'sir qiladi. Bosim suyuqlik egallagan hajmning har xil nuqtasida har xil qiymatga ega. Buning uchun kuzatayotgan suyuqlik ichida koordinata o'qlarini belgilab olaylik (x, y, z) . Koordinatamizning boshlanishida ixtiyoriy A nuqtani belgilab olaylik, uning koordinatalari x, y, z bo'lsin (2.6.1-rasmga qarang).

A nuqta atrofida cheksiz kichik parallelepiped 1–2–3–4–5–6–7–8 qaraylik. Parallelepipedning dx, dy, dz tomonlari bo'lsin. A nuqtamiz parallelepipedning markazida joylashgan bo'lsin. Endi suyuqlikka ta'sir qiluvchi kuchlarning muvozanat holatini tekshiraylik. Og'irlik kuchlarining proyeksiyalari $\rho X dW, \rho Y dW, \rho Z dW$ bo'lsin.



2.6.1-rasm. Eyler tenglamasiga doir chizma

Elementar hajmning YOZ tekislikda yotgan sirtiga Ox yo'nalishda P ga teng, unga parallel bo'lgan sirtiga esa $p + \frac{\partial p}{\partial x}$ ga teng bosimlar ta'sir qiladi (2.6.1-rasm). Bu sirtlarga ta'sir qiluvchi bosim kuchlari esa tegishlicha $p dy dz$ va $(p + \frac{\partial p}{\partial x}) dy dz$ larga teng. Olingan elementar hajm Ox o'qi bo'yicha muvozanatda bo'lishi uchun bu o'q bo'yicha yo'nalgan kuchlar yig'indisi nolga teng bo'lishi kerak:

$$p dy - (p + \frac{\partial p}{\partial x} dx) dy dz - \rho x dx dy dz = 0 \quad (2.6.1)$$

Oy o'qi bo'yicha, yOz tekislikda yotuvchi sirtga $p dx dz$, unga parallel bo'lgan sirtga esa, $(p + \frac{\partial p}{\partial y} dy) dx dz$ kuchlar ta'sir qiladi.

Oy o'qi bo'yicha muvozanat sharti:

$$p dx dz - (p + \frac{\partial p}{\partial y} dy) dx dz - \rho y dx dy dz = 0 \quad (2.6.2)$$

Oz o'qi bo'yicha:

$$p dx dy \text{ va } (p + \frac{\partial p}{\partial z} dz) dx dy \text{ kuchlar ta'sir qiladi hamda}$$

muvozanat sharti quyidagicha bo'ladi:

$$pdx dy - \left(p + \frac{\partial p}{\partial z} dz\right) dx dy - \rho Z dx dy dz = 0 \quad (2.6.3)$$

O'xshash miqdorlarni qisqartirish va qolgan hadlarni dx , dy , dz ga bo'lishdan keyin quyidagi tenglamalar tizimini olamiz:

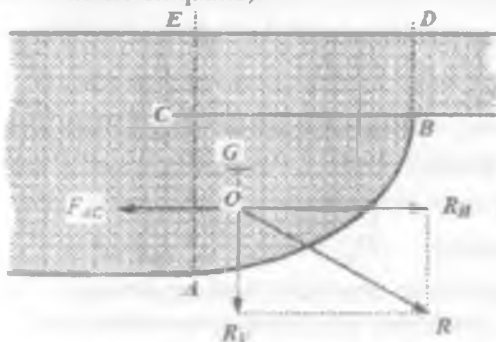
$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial x} &= \rho X \\ \frac{\partial p}{\partial y} &= \rho Y \\ \frac{\partial p}{\partial z} &= \rho Z \end{aligned} \right\} \quad (2.6.4)$$

Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, muvozanatdagi suyuqliklarda bosimning o'zgarishi massa kuchlariga bog'liq (3.7.4) tenglamalar tizimi suyuqliklar muvozanat holatining umumiy differentsial tenglamasidir. Bu tenglamani L. Eyler 1755-yilda ishlab chiqargan.

2.7. Cho'kkan egri sathdagi natijaviy kuchlar

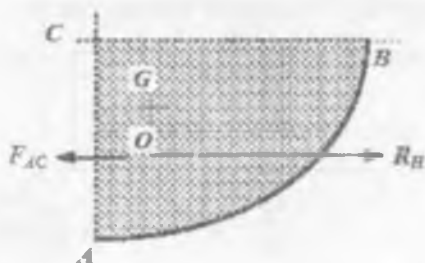
Yuqorida ko'rsatilganidek, agar sath egri bo'lsa, sathning har bir element kuchlari parallel bo'lmaydi. Vektor uslubini qo'llagan holda birlashtirilib qo'llanishlari mumkin bo'ladi.

Gorizontal va vertikal komponentlarni hisoblash va natijaviy kuchlarni hamda ularning yo'nalishlarini osonroq olish uchun ularni birlashtirish osonroq hisoblanadi. (Bu shu tarzda qolgan 3 ta o'lchovlar uchun ham qo'llanilishi mumkin, biroq bu yerda biz faqatgina bitta vertikal tekislikni ko'rib chiqamiz).



2.7.1-rasm. Cho'kkan egri sathdagi natijaviy kuch

Quyida keltirilgan diagrammada suyuqlik egri asosga tayangan. Element ABC suyuqlik elementi muvozanatda (chunki suyuqlik tinch holatda).



2.7.2-rasm. Cho'kkan egri AC , F_{AC} gorizontall kuch

Gorizontall kuchlarni hisobga olgan holda, ularning hech biri CB ga ta'sir qila olmaydi. Chunki statik suyuqlikda siljish kuchlanishi bo'lmaydi.

Shuning uchun ham kuchlar pastda ko'rsatilgandek AC va AB chegaralarida harakatlanadilar. AC , F_{AC} dagi gorizontall kuch teng bo'lishi kerakligini, egri sathdagi R_H 2.7.1--2.7.2-rasmlarda natijaviy kuchga qarama-qarshi bo'lishi kerakligini bilamiz.

$AC - AB$ egri chiziqli sathining proektsiyasi ekan, biz buni umumlashtirishimiz mumkin:

Egri chiziqli sath ustidagi suyuqlikning natijaviy gorizontall kuchi AC , F_{AC} quyidagini tashkil qiladi:

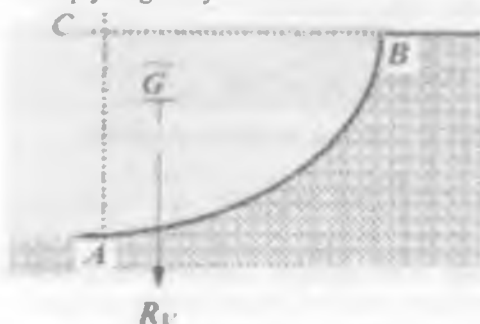
R_H vertikal sathga egri sathli proektsiyani natijaviy kuchi.

Biz bilamizki, vertikal tekislikdagi kuch $AsAC$ is, gorizontall harakatlanishi kerak. (Chunki u tekislikka normal harakatlanadi) va R_H bitta va yagona nuqtadan ta'sir qilishi kerak. Shunday qilib, biz etishimiz mumkin, R_H vertikal tekislikka egri tekislik proektsiyasining bosim markazi orqali gorizontall ta'sir ko'rsatadi. Shunday qilib, biz bosim diagrammasi metodidan ikki o'lchamli egri chiziqli sathdagi natijaviy gorizontall kuchining kattaligini va uning holatini hisoblash uchun foydalanishimiz mumkin ekan.

2.8. Vertikal va gorizontal kuchlar

Vertikal kuch pastda rasmda ko'rsatilganidek harakatlanadi. Agar egri chiziqli sath olib tashlangan bo'lsa, maydoni esa suyuqlik bilan almashtirilgan bo'lganida butun tizim muvozanatda bo'lgan bo'lardi. Shunday qilib, muvozanatni ushlab turish uchun egri sathga kerak bo'lgan kuch, sath ustidagi suyuqlikning kuchiga, ya'ni suyuqlik og'irligiga teng bo'ladi.

Shu asosda biz quyidagini ayta olamiz:



2.8.1-rasm. Vertikal kuch

Suyuqlikning egri chiziqli sathdan past bo'lgan natijaviy vertikal kuchi: R_v = egilgan sath ustidan suyuqlikning xayoliy massasi hajmi vertikalidir.

Natijalovchi kuch va qo'llanilish yo'nalishi sath ustidagi suyuqlikda hisoblanganidek hisoblanadi:

Teng harakatlanuvchi kuch:

$$R = \sqrt{R_H^2 + R_v^2} \quad (2.8.1)$$

va O orqali φ burchagi ostida harakatlanadi.

Gorizontalgacha ta'sir etayotgan kuch burchagi quyidagiga teng:

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{R_v}{R_H} \right) \quad (2.8.2)$$

Pastda keltirilgan diagrammalarda egri sath ustidan suyuqlik elementiga ta'sir qiluvchi vertikal kuchlar ko'rsatilgan.

Vertikal qirralarda ko'ndalang kuchlar bo'lmaydi, shuning uchun ham vertikal komponent faqatgina suyuqlik og'irligi bilan chaqirilishi

mumkin. Shundan kelib chiqib biz quyidagini ayta olamiz: egri chiziqli sath ustidagi suyuqlikning natijaviy vertikal kuchi ushbudan tashkil topgan:

R_v = egri sath ustida bevosita suyuqlik massasi;

U suyuqlik og'irlik massasi orqali vertikal pastga qarab harakatlanadi. Teng harakatlanuvchi kuch umumlashtirilganda natijaviy kuchni vertikal va gorizontal komponentlarining vektorlarini birlashtirish orqali topish mumkin.

Teng harakatlanuvchi kuch:

$$R = \sqrt{R_H^2 + R_v^2} \quad (2.8.3)$$

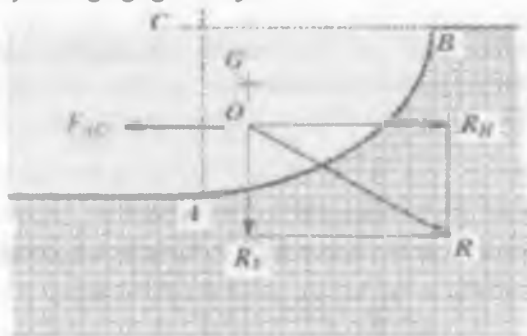
va O orqali φ burchak ostida harakatanadi.

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{R_v}{R_H} \right) \quad (2.8.4)$$

Gorizontalga ta'sir qiluvchi natijaviy kuch burchagi quyidagiga teng.

O ning o'rni R_H harakatning gorizontal chizig'ining va R_v harakatning vertikal chizig'ining integrallashuvi nuqtasi hisoblanadi.

Agar suyuqlik egri chiziqli sathidan pastroqda joylashgan bo'lsa kuchlar qanday bo'ladi? Bu kabi vaziyat ham yuzaga kelishi mumkin. Masalan, shlyuzning egilgan zanjiri.

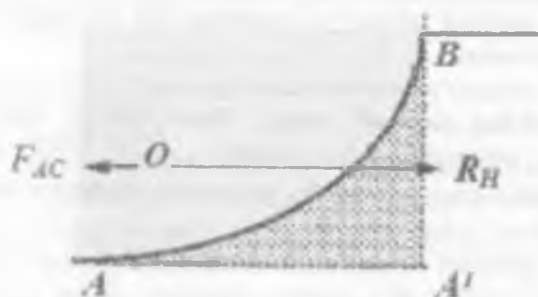


2.8.2-rasm. Gorizontalga ta'sir qiluvchi natijaviy kuch

Yuqorida berilgan rasmda suvning bosimini pastdan sizayotgan qiyshiq tekislik mavjud.

Suyuqlikka pastdan ta'sir ko'rsatuvchi kuchlarning hisobiga suyuqlik yuqorida joylashgan vaziyatnikiga juda o'xshash bo'ladi.

Gorizontal kuch.



2.8.3-rasm Egri chiziqli sathdan past bo'lgan gorizontal kuch

Pastda berilgan rasmdan ma'lumki, AB vertikal tekisligida bosim kuchiga teng va qarama-qarshi bo'lgan reaksiyaning gorizontal kuchini muvozanat holatida bo'lgan faqatgina ikkita gorizontal kuchlar ko'rsata oladi.

R_H natijalovchi kuch diagrammada ko'rsatilganidek harakatlanadi. Bundan kelib chiqqan holda biz quyidagini ayta olamiz: Egri chiziqli sathdan past bo'lgan suyuqlikning gorizontal natijalovchi kuchi quyidagini tashkil etadi.

R_H —proektsiyadagi natijalovchi kuch, vertikal tekislikning egri sathi

2.9. Statik suyuqliklarda cho'kgan sathlardagi kuchlar

Biz statik suyuqliklarning quyidagi o'ziga xos xususiyati va xususiyatlarini ko'rdik:

- vertikal bosimni gidrostatik taqsimlash.
- yassi suyuqlikda istalgan teng chuqurliklardagi bosim teng.
- nuqtadagi bosim barcha yo'nalishlarda bir xil harakatlanadi.
- (Paskal qonuni).
- suyuqlikdagi kuch chegarada to'g'ri burchak ostida shu chegaraga qarab harakatlanadi.

Maqsadlari: biz ulardan tahlil va cho'kgan sathlardagi kuchlarni ifodalarni topish uchun foydalanamiz. Shu bilan birga quyidagilarning o'rtasidagi farqni aniq tushunish kerak:

- ma'nosi barcha yo'nalishlarda bir xil bo'lib, skalyar kattalik bo'lgan bosim.

- ham yo'nalish ham kattalikga ega bo'lgan vektor kattalik kuchi.

Sathdagi suyuqlik bosimi. Bosim maydon birligiga teng kuch sifatida aniqlanadi. Agar bosim p , δA kichik maydonga ta'sir etayotgan bo'lsa, u holda bu joyga ta'sir qilayotgan kuch quyidagicha bo'ladi:

$$F = p\delta A \quad (2.9.1)$$

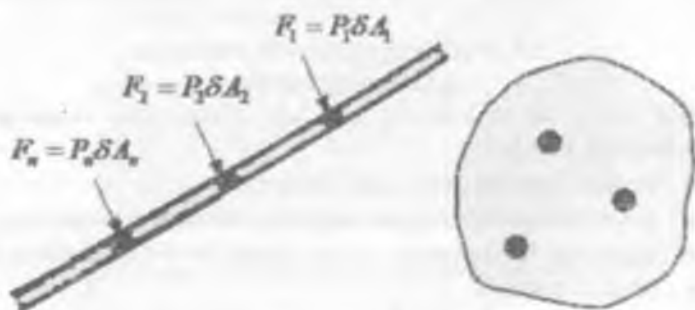
Suyuqlik tinch holatda bo'lganligi sababli kuch sathga to'g'ri burchak ostida ta'sir etadi. *Umumiy suv osti amalyoti.*

Pastdagi sur'atda ko'rsatilgan yassi sathni ko'rib chiqamiz. Umumiy maydon ko'pgina elementar mintaqalardan tashkil topgan. Har bir elementar maydondagi kuch doim sathga normal bo'ladi, biroq odatda har bir kuch turli kattalikka ega bo'ladi, chunki bosim o'zgaruvchan bo'ladi.

Biz sathdagi to'liq yoki natijaviy R kuchni kichik elementlardagi barcha kuchlarni umumlashtirgan holda topishimiz mumkin:

$$R = p_1\delta A + p_2\delta A_2 + \dots + p_n\delta A_n = \sum p\delta A \quad (2.9.2)$$

Bu natijaviy kuch bosim markazi orqali harakatlanadi, shuning uchun biz quyidagini ayta olamiz. Agar sath yassi bo'lsa kuch bosimning markazi bo'ylab to'g'ri burchak ostida ta'sir etayotgan faqatgina bitta natijaviy kuch bilan ko'rsatilishi mumkin.



2.9.1-rasm. Sathdagi suyuqlik bosimi

Suyuqlikka cho'kgan (yoki uning sathi bo'yicha bir xil bosim xis qiluvchi sath) Gorizontal sath uchun, p bosim sathning barcha nuqtalari uchun bir xil bo'ladi. Shunday qilib, natijaviy kuch quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$R = p \cdot w \quad (2.9.3)$$

R = bosim * sath maydoni

Kurrasimon suv osti sathi.

Agar sath kurrasimon bo'lsa unda har bir elementar kuch turli kattalikka ega bo'lib boshqa yo'nalishga ega bo'ladi, lekin shu element sathiga xali ham normal bo'ladi. Natijaviy kuch uning kattaligi va yo'nalishini topish uchun ortogonal koordinatsiya yo'nalishida barcha kuchlarni yechish orqali topilishi mumkin. Bu doimo alohida kuchlarning yig'indisidan kichkina bo'ladi $\sum p \delta A$.

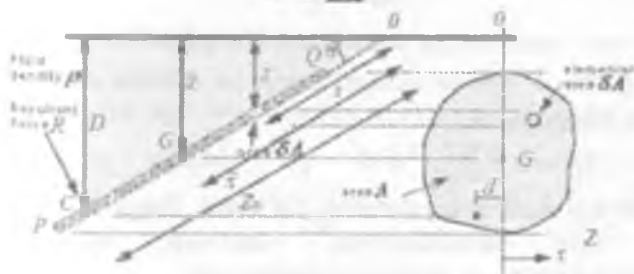
2.10. Natijaviy kuch va suyuqlikdagi cho'kgan yassi sathga bosim markazi

Ushbu ρ zichli yassi sath suyuqlikka butunlay cho'kgan bo'lib, va u gorizontal φ burchak ostida egilgan. Sathdagi bosimni 0 ga tenglashtirib va sathdan pastga qarab o'lchab, δA elementdagi bosim, z masofada cho'ktirilgan, quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

Shuning uchun elementdagi kuch : $p = \rho g z$ formula ga teng. Natijaviy kuchni ushbu barcha kuchlarni umumlashtirish orqali topish mumkin, ya'ni:

$$F = p \delta A = \rho g z \delta A \quad (2.10.1)$$

$$R = \rho g \sum z \delta A \quad (2.9.2)$$



2.10.1-rasm. Yassi sath proektsiyasi

ρ va g ni doimiy deb qarasak) $\sum p \delta A$ atamasi bizga maydondagi sathni 1 xususiyati sifatida ma'lum. U $A\bar{z}$ ga teng. ya'ni:

$$\sum p \delta A = A\bar{z} \quad (2.10.3)$$

Erkin sathning chizig'i yonidagi 1 – o'ziga xos xususiyat A – yassi sath maydoni, $A\bar{z}$ – chuqurlik (erkin sathdan bo'lgan masofa) G og'irlik markazigacha. Buni yana O nuqtadan masofa nuqtai nazaridan yozish mumkin.

$$O(as\ z = x \sin \varphi):$$

Maydonning 1 – xususiyati orqali chiziqqa.

Shunday qilib:

Sathdagi natijaviy kuch:

$$\sum z \delta A = Ax \sin \varphi = l'' \text{ bu ham teng } O \cdot \sin \varphi$$

Ushbu natijaviy kuch sathga bosim markazi C orqali to'g'ri burchak ostida, D chuqurligida ta'sir etadi.

Istalgan nuqtaning R soniyasi kuchlarning hamma bir nuqta atrofidagi sathning δA elementlaridagi soniyalari yig'indisiga teng bo'ladi. Biz buni bosim markazi joyini topish uchun qo'llaymiz.

Yassi sath proektsiyasi sath orqali o'tgan nuqta atrofidagi soniyalarni olish qulaydir. Rasmda O nuqtasi. O yonidagi R soniyasi = δA . O tartibining barcha elementlaridagi kuch soniyalarining yig'indisi. Biz har bir elementar mintaqadagi kuchni hisoblashimiz mumkin:

$$\delta A = \rho g z \delta A \quad (2.10.4)$$

$$\rho g s = \varphi \delta A$$

$$\delta A = \rho g \sin \varphi \delta A \cdot s \rho g \sin \delta A s^2 \quad (2.10.5)$$

ρ, g va δ har bir element uchun bir xildirlar. Shuning uchun yig'indi quyidagiga teng.

$O = \rho g \sin \delta \sum s^2 \delta A$ ga nisbatan δA hamma elementlardagi kuch soniyalarining yig'indisi. Bizga C nuqtasidagi bosim orqali harakatlanuvchi yuqoridagi natijaviy kuch $R = \rho g A x \sin \varphi$ ma'lum. Shunday qilib:

O oldidagi $R = \rho g A \bar{x} \sin \varphi$, soniyasini tenglashtirish bizga quyidagini beradi. $O = \rho g A \bar{x} \sin \varphi s_c$. Shunday qilib, sath bo'ylab bosim markazi holati O nuqtasidan aniqlanadi:

$$\rho g A \bar{x} \sin \varphi s_c = \rho g \sin \varphi \sum s_c \delta A. \quad (2.10.6)$$

Bu hisoblash uchun murakkab formula bo'lib ko'riladi, – ayniqsa umumlashtirish atamasi. Biroq ushbu atama O orqali o'q atrofidagi

i s sath maydonining 2-ahamiyati sifatida ham ma'lum, $s_c = \frac{\sum s^2 \delta A}{A \bar{x}}$

va uni turli keng tarqalgan shakllar orqali hisoblab chiqarish mumkin. Shunday qilib biz bilamiz.

$$O = i s = \sum s^2 \delta A \quad (2.10.7)$$

$A \bar{x} = O$ orqali chizma bo'ylab maydonning 1 – soniyasi.

Shunday qilib, yassi sath bo'ylab bosim markazi holati O nuqtasidan aniqlanadi:

$$s_c = \frac{2^{nd}}{1^{st}} / O \text{ orqali chizma bo'ylab 2 – maydon } / O \text{ orqali}$$

chizma bo'ylab 2 – maydon soniyasi bosim markazigacha chuqurlik :

$$D = S_c \sin \varphi \quad (2.10.8)$$

Maydonning 2 – tomonini qanday qilib aniqlash kerak.

Maydonning O orqali 2-tomonni sathini hisoblash uchun, biz parallel teoremasi bilan o'q atrofida maydonning ikkinchi tomoni belgilarini qo'llaymiz, geometrik xossalardan jadvalidan olingan shaklning markazi bo'lsa ham, parallel o'q haqidagi qoidasini yozish mumkin:

$$I_o = I_{GG} + A \bar{x}^2 \quad (2.10.9)$$

I_{GG} – bu markazdagi G sathi orqali o'q atrofida maydonning ikkinchi tomonlari.

Bundan foydalangan holda, bosim markazi holati uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$S_c = \frac{I_{GG}}{A \bar{x}} + \bar{x}, \quad (2.10.10)$$

$$D = \sin \varphi \left(\frac{I_{GG}}{A \bar{x}} + \bar{x} \right). \quad (2.10.11)$$

ρ va g ni doimiy deb qarasak) $\sum p \delta A$ atamasi bizga maydondagi sathni 1 xususiyati sifatida ma'lum. U $A\bar{z}$ ga teng. ya'ni:

$$\sum p \delta A = A\bar{z} \quad (2.10.3)$$

Erkin sathning chizig'i yonidagi 1 – o'ziga xos xususiyat A – yassi sath maydoni, $A\bar{z}$ – chuqurlik (erkin sathdan bo'lgan masofa) G og'irlik markazigacha. Buni yana O nuqtadan masofa nuqtai nazaridan yozish mumkin.

$$O(as \ z = x \sin \varphi):$$

Maydonning 1 – xususiyati orqali chiziqqa.

Shunday qilib:

Sathdagi natijaviy kuch:

$$\sum z \delta A = Ax \sin \varphi = l'' \text{ bu ham teng } O \cdot \sin \varphi$$

Ushbu natijaviy kuch sathga bosim markazi C orqali to'g'ri burchak ostida, D chuqurligida ta'sir etadi.

Istalgan nuqtaning R soniyasi kuchlarning hamma bir nuqta atrofidagi sathning δA elementlaridagi soniyalari yig'indisiga teng bo'ladi. Biz buni bosim markazi joyini topish uchun qo'llaymiz.

Yassi sath proektsiyasi sath orqali o'tgan nuqta atrofidagi soniyalarni olish qulaydir. Rasmda O nuqtasi. O yonidagi R soniyasi = δA . O tartibining barcha elementlaridagi kuch soniyalarining yig'indisi. Biz har bir elementar mintaqadagi kuchni hisoblashimiz mumkin:

$$\delta A = \rho g z \delta A \quad (2.10.4)$$

$$\rho g s = \varphi \delta A$$

$$\delta A = \rho g \sin \varphi \delta A \cdot s \rho g \sin \delta A s^2 \quad (2.10.5)$$

ρ, g va δ har bir element uchun bir xildir. Shuning uchun yig'indi quyidagiga teng.

$O = \rho g \sin \delta \sum s^2 \delta A$ ga nisbatan δA hamma elementlardagi kuch soniyalarining yig'indisi. Bizga C nuqtasidagi bosim orqali harakatlanuvchi yuqoridagi natijaviy kuch $R = \rho g A x \sin \varphi$ ma'lum. Shunday qilib:

O oldidagi $R = \rho g A \bar{x} \sin \varphi$, soniyasini tenglashtirish bizga quyidagini beradi. $O = \rho g A \bar{x} \sin \varphi s_c$. Shunday qilib, sath bo'ylab bosim markazi holati O nuqtasidan aniqlanadi:

$$\rho g A \bar{x} \sin \varphi s_c = \rho g \sin \varphi \sum s_c \delta A. \quad (2.10.6)$$

Bu hisoblash uchun murakkab formula bo'lib ko'riladi, – ayniqsa umumlashtirish atamasi. Biroq ushbu atama O orqali o'q atrofidagi

i_s satx maydonining 2-ahamiyati sifatida ham ma'lum, $s_c = \frac{\sum s^2 \delta A}{A \bar{x}}$

va uni turli keng tarqalgan shakllar orqali hisoblab chiqarish mumkin. Shunday qilib biz bilamiz.

$$O = i_s = \sum s^2 \delta A \quad (2.10.7)$$

$A \bar{x} = O$ orqali chizma bo'ylab maydonning 1 – soniyasi.

Shunday qilib, yassi sath bo'ylab bosim markazi holati O nuqtasidan aniqlanadi:

$s_c = \frac{2}{1^{st}}$ / O orqali chizma bo'ylab 2 – maydon / O orqali

chizma bo'ylab 2 – maydon soniyasi bosim markazigacha chuqurlik :

$$D = S_c \sin \varphi \quad (2.10.8)$$

Maydonning 2 – tomonini qanday qilib aniqlash kerak.

Maydonning O orqali 2-tomonni sathini hisoblash uchun, biz parallel teoremasi bilan o'q atrofida maydonning ikkinchi tomoni belgilarini qo'laymiz, geometrik xossalar jadvalidan olingan shaklning markazi bo'lsa ham, parallel o'q haqidagi qoidasini yozish mumkin:

$$I_o = I_{GG} + A \bar{x}^2 \quad (2.10.9)$$

I_{GG} – bu markazdagi G sathi orqali o'q atrofida maydonning ikkinchi tomonlari.

Bundan foydalangan holda, bosim markazi holati uchun quyidagi ifodani olamiz:

$$S_c = \frac{I_{GG}}{A \bar{x}} + \bar{x}, \quad (2.10.10)$$

$$D = \sin \varphi \left(\frac{I_{GG}}{A \bar{x}} + \bar{x} \right). \quad (2.10.11)$$

(parallel o'qlar va I_{GG} haqida teoremlar beriladi).

Ba'zi umumiy shakllar maydonining ikkinchi tomoni.

Stol zarbi ba'zi umumiy shakllarning markaz orqali chiziqli atrofi maydonining ikkinchi tomonining bir nechta misollari berildi.

Agar shakl simmetrik bo'lsa, bosim markazi simmetrik chizig'ida yotadi. Biroq u simmetrik bo'lmasa, O orqali chiziqli bo'ylab maydonni belgilab olganimizdek OG chizig'i bo'ylab maydonlarni qabul qilgan holda, uning holati topilishi kerak bo'ladi. ya'ni.

$R \cdot d = \sum$, larning barcha elementlari kuchlari tomonlarining

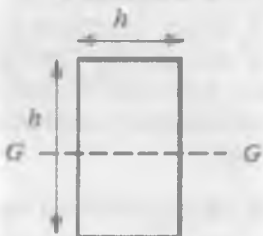
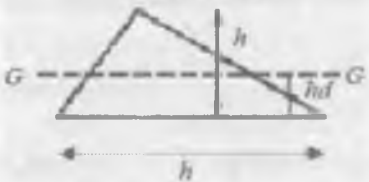
$$\text{yig'indisi } OG = \sum \rho g z \delta A x$$

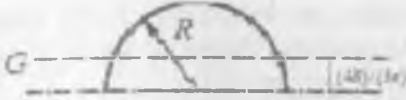
$$\text{Biroq bizda } R = \rho g A \bar{z}, \quad d = \frac{\sum \delta A z x}{A \bar{z}} \quad (2.10.12)$$

Masalan;

Quyidagi jadvalda keltirilgan

2.10.1-javol

Shakl	Area A	Markazlar orqali o'q haqidagi I_{GG} ning ikkinchi tomoni
To'g'ri burchak 	bd	$\frac{bd^3}{12}$
Uch burchak 	$\frac{bd}{2}$	$\frac{bd^3}{36}$

Doira 	πR^2	$\frac{\pi R^2}{4}$
Yarim doira 	$\frac{\pi R^2}{2}$	$0,1102R^4$ bosim markazining yonlama holati

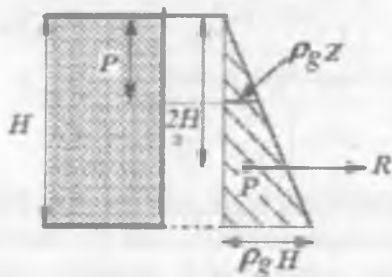
2.11. Cho'ktirilgan vertikal sath – bosim diagrammasi

Doimiy kattalikdagi vertikal devorlar uchun odatda natijalanuvchi kuch va bosim markazini topish ancha onson hisoblanadi. Bu bosim diagrammasi yordamida grafika ko'rinishida qilinadi.

Pastdagi diagrammadagi H chuqurligigacha ρ zichlikdagi suyuqlikni ushlab turuvchi va vertikal devorlarga ega idishni ko'rib chiqamiz. O'ng tomonda vertikal devorlarning birida chuqurlik bilan bosim o'zgarishi chuqurligi grafik tasvirlanishini ko'rish mumkin.

Bosim 0 dan sathdan chiziqli $p = \rho g z$, da asos $p = \rho g H$ da maksimumgacha o'zgaradi.

Ushbu uchburchak maydoni o'zidan vertikal devordagi kenglik birligiga natijaviy kuchni ko'rsatadi. Maydon esa uchburchakli ta'sir etuvchi kuchni idishda ko'ramiz. Nyutonni metr birligiga ega bo'lgan o'lchovlar tizimidan foydalangan holda shunday qilib:



2.11.1-rasm. Vertikal devor uchun bosim diagrammasi

$$Area = \frac{1}{2} \cdot AB \cdot BC = \frac{1}{2} H \rho g H = \frac{1}{2} \rho g H^2 \quad (2.11.1)$$

Kenglik birligiga natijaviy kuch:

$$R = \frac{1}{2} \rho g H^2 \text{ (N/m)}. \quad (2.11.2)$$

Kuch bosim diagrammasining og'irlik markazi orqali harakat qiladi. Uchburchak uchun makazdan uni balandligining 2/3 qismida joylashgan, ya'ni tepadagi 2.11.1-rasmda natijalanuvchi kuch.

$$z = \frac{1}{2} H.$$

Gorizontal nuqtasi orqali ta'sir qiladi.

Vertikal devor uchun bosim markazigacha bo'lgan chuqurlik quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$D = \frac{1}{2} H \quad (2.11.3)$$

Buni oldingi uslub bilan taqqoslab aniqlasa bo'ladi:

Natijaviy kuchning aniqlanishi :

$$R = \rho g A \bar{z} = \rho g A \bar{z} \sin \varphi = \rho g (H \cdot 1) \frac{H}{2} \sin \varphi = \frac{1}{2} \rho g H^2. \quad (2.11.4)$$

va bosim markazi chuqurligi bilan:

$$D = \sin \varphi \left(\frac{I_0}{A \bar{x}} \right)$$

va parallel o'q teoremasi asosida (1 kenglik bilan):

$$I_0 I_{GG} + A \bar{x}^2 = \frac{1 \cdot H^3}{12} + 1 \cdot H \left(\frac{H}{2} \right)^2 = \frac{H^3}{12} + \frac{H^3}{4} = \frac{H^3}{3}$$

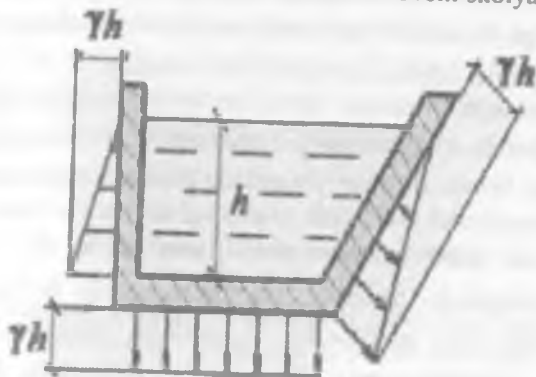
Bosim markazi chuqurligini berish:

$$D = \left(\frac{H^3 / 3}{H^2 / 2} \right) = \frac{2}{3} H. \quad (2.11.5)$$

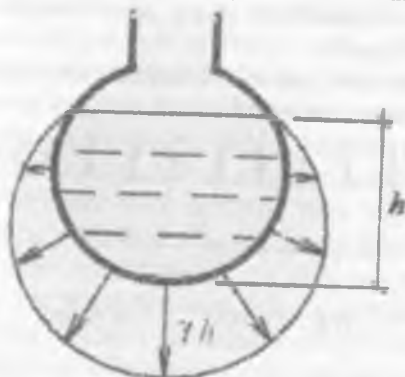
Bu ikkita natijalar bosim diagrammasi metodi bilan bir xil. Yanada murakkabroq bosim diagrammalarini noto'g'ri burchaklar uchun yoki novertikal tekisliklar uchun chizish mumkin, biroq bu uslublarni qo'llash chizishdan osonroq hisoblanadi.

2.12. Suyuqlik bosimining epyurasi

Suyuqlik bosimi epyurasi – bosimni qattiq yuzaga ta'sirini grafik asosida ko'rsatilishi. Epyuraning tekis hamda egri sirtlarga bo'lgan bosimi grafiklari 4 va 5 da misol tariqasida ko'rsatilgan. Epyuradagi strelka (yo'nalishi) bosimni tegishli sirtlardagi aniqrog'i bosim orqali sirtga berilayotgan normal kuchlanishni ifodalovchi skolyar miqdordir.



2.12.1-Rasm. Yassi devoridagi suyuqlik ustini bosimining chizmasi.



2.12.2-rasm. Egri devoridagi suyuqlik ustini bosimining yoysimon chizig'i epyurasi chizmasi.

Yo'nalishlarni masshtab orqali ko'chib chiqilganda u bosim miqdorini kattaligini ifodalaydi. Bosim epyuralari, suyuqlik bilan

devorlar orasidagi mustahkamligini Konstruktsiyasini hisoblashda xizmat qiladi. Masalan, suzish havzalari, suyuqlik bilan to'latilgan idishlar, sistemalarni mustahkamligini hisoblash uchun poydevordir.

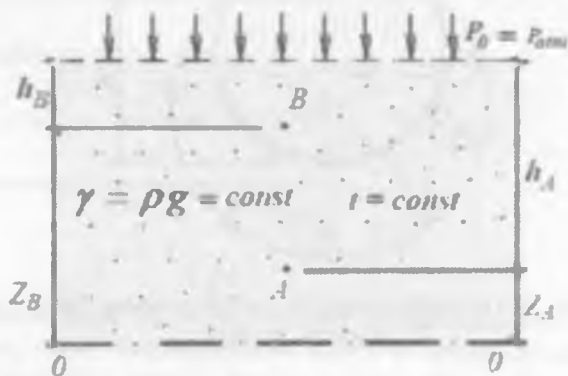
Hisob-kitob ishlarini materiallar qarshiligi qurilish mexanikasi qoidalari asosida olib boriladi.

Ko'pchilik hollarda hisoblash ishlarida asosan ortiqcha bosim P_{art} e'tiborga olinadi. To'liq bosimi esa e'tiborga olinmaydi, chunki idishlar va suyuqlik atmosfera bosim bilan o'ralgan.

Tekis va egri sirtlarda hosil bo'ladigan bosim epyuralarini ko'rishda chiziqli bog'lanishdagi manometrik bosim $P_{man} = \gamma h$ formula orqali hisoblash ishlari bajariladi. Bu hodisa gidrostatik bosim haqidagi 1-xususiyatni ifodalaydi yuqoridagi sahifani ko'ring.

Keltirilgan statik bosim. Statik bosim gazda P_{st} muvozanat shartini ko'rsatmaydi. Masalan, gaz muvozanatda bo'lsa ham Z balandliklardagi turli nuqtalarda P_{st} kattalik turlicha, chunki Z o'zgaruvchi qiymatga ega. Gidravlikada gidrostatik napor H tushunchasi qabul qilinib unga muvozanatdagi suyuqlik uchun barcha nuqtalarida bir xil bo'ladi. Ammo gazlar uchun haroratga ρ ni bog'liq holatda zichligini o'zgarishiga qarab napor haqida yuqoridagidek tushuncha qilib bo'lmaydi.

Shuning uchun ham gazlarda energetik tomondan solishtirishda keltirilgan statik bosim tushunchasi kiritiladi.



2.12.3-Rasm. O'tkazilayotgan $P_{uz.st}$ bosimni aniqlash.

$$P_{kel.st} = \rho gz + P_{st} \quad (2.12.1)$$

Bu yerda, ρgz -nuqtadagi gaz holati bosimi bo'lib, Z balandlikda 0–0 taqqoslash tekisligidan bo'lgan balandlik olingan;

ρ -gaz zichligi, ko'rilayotgan nuqtadagi tegishli haroratda bo'lganda ya'ni $P_{kel.st}$ gaz bosimi turli nuqtalardagisi 0–0 sathga keltirilgan bo'ladi. Gazlar uchun muvozanat shartini shunday ta'riflanadi: agar keltirilgan statik bosim P_{st} har xil nuqtalarda bir xil bo'lganda gaz muvozanatda bo'ladi. Bu holatni 2.12.1-rasmda, hamda (2.12.1) formula bilan gazning ikkita A va B nuqtalarida $P_{kel.st}$ bosim bir xil demak gaz muvozanatda.

2.13. Suyuqliklarning to'yingan bug'ining bosimi

Suyuqliklarning berilgan haroratidagi erkin bug'lanish va uning bug'lari yopiq idishlardagi bo'shliqni to'yinish holatigacha to'ldirish uchun kerak bo'lgan bosim suyuqlik to'yingan bug'ining bosimi deb ataladi. Shunga asosan suyuqlik to'yingan bug'ining bosimi bug'ning yopiq idishdagi suyuqlik bilan muvozanatlashgan holatiga tegishli barqarorlashgan bosimdir. Bu bosim suyuqliklardan yuqori haroratida foydalanish mumkinligini va ularning turli gidravlik qurilmalar, gidrosistemalardagi kavitatsiya xossasini aniqlash uchun foydalaniladi.

Suyuqliklarning bug'lanishi sirt bo'yicha ham, uning butun hajmi bo'yicha bug' pufakchalari hosil bo'lishi (qaynashi) yo'li bilan ham yuz berishi mumkin. Bunda ikkinchi hol, xohlagan haroratda yuz beradigan sirt bo'yicha bug'lanishdan farqli ravishda, faqat ma'lum haroratda teng bo'ladigan haroratda yuz beradi. Bosim ortishi bilan qaynash harorati ortadi, kamayishi bilan esa kamayadi. Bir jinsli suyuqliklarda to'yingan bug' bosimi har bir harorat uchun bir xil miqdorga ega bo'ladi, suyuqlik va bug'ning miqdoriy nisbatiga bog'liq bo'lmaydi.

Suyuqlik aralashmalarida esa suyuqlik tarkibidagi turli zarrachalar o'zaro ta'siri bug'lanishni qiyinlashtiradi. Bu holda aralashma bug'larida yengil bug'lanuvchi suyuqlik bug'larining nisbati, uning ayrim holatidagi bug'larga qaraganda ko'proq bo'ladi. Bu holda umumiy bug' bosimi partial bug' bosimlari yig'indisiga teng bo'ladi.

2.14. Gazlarni suyuqlikda erishi. kavitatsiya hodisasi haqida tushuncha

Hozirgi kunda tabiatda va texnikada suyuqliklar havoning tarkibidagi gazlar oz miqdorda erigan holda uchraydi. Bosim ortishi yoki haroratning kamayishi bilan erigan gazlar miqdori ortadi va aksincha bosim kamayganda yoki harorat ortganda ularning miqdorlari kamayadi.

Shuning uchun ham bosim kamayishi yoki haroratning ortishi bilan erigan gazlarning bir qismi ajralib chiqib, pufakchalar hosil qiladi, ya'ni yuqorida aytilganiga qaraganida bosim kamayganda suv ham bug'lanadi, lekin yengil zarrachalar sifatida erigan gazlar tezroq ajralib chiqib pufakchalar hosil qiladi.

Boshqacha aytganda bunday holat suyuqliklar bosimining va undagi gazning to'yingan bug'lari bosimlariga teng bo'lganda vujudga keladilar. Gaz pufakchalari paydo bo'lishi bilan suyuqliklarning tutashligi buziladi va tutash muhitlarga tegishli bo'lgan qonunlarga kuchini yo'qotadi. Bunday hodisalar kavitatsiya hodisasi deb ataladi. Pufakchalar suyuqlik ichida kichik haroratda yoki yuqori bosimli sohalar tamonga qarab harakat qiladi. Agar u yetarli darajadagi bosimga ega bo'lgan sohaga kelib qolsa, yana erib ketadi (agar bug' bo'lsa, kondensatsiyalanadi). Erigan gazlar o'rinda paydo bo'lgan bo'shliqqa zudlik bilan suyuqlik zarrachalari harakatlanadi, natijada hozirgina bo'shliq bo'lgan joyni tug'dirishga harakat qiladi.

Bu esa hozirgina bo'shliq bo'lgan joyda gidravlik zarbani vujudga keltiradi va natijada bu joyda bosim keskin ortib, harorat keskin kamayadi. Bunday gidravlik zarba va ularni keltirib chiqaruvchi kavitatsiya hodisasi turli quvur devorlari va texnikada, gidromashinalarda ularning suyuqlik haraktlanuvchi qisimlarining buzilishiga olib keladi. Hozirgi kunda kavitatsiya hodisasiga qarshi kurashda juda ko'p olimlarmiz tamonidan turli xil sohalarda ishlar olib borilmoqda.

2.15. Nyutonning yopishqoqlik qonuni

Bu kuzatuvlardan qanday foydalanishimiz mumkin? Biz ishni pastda ko'rsatilgan suyuqlikning to'g'ri burchakli elementini 3 d isini kuzatishdan boshlashimiz mumkin.

F harakatlantiruvchi kuch elementning yuqori qismidagi maydonga ta'sir ko'rsatayapti. Bu joy $A = \delta s \cdot \delta x$ sifatida beriladi. Shu tariqa biz maydon birligidagi harakatga teng harakat kuchini aniqlashimiz mumkin, ya'ni harakat kuchlanish.

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (2.15.1)$$

Bu harakatlantiruvchi kuch natijasida yuzaga keluvchi deformatsiya F burchak o'lchami bilan o'lchanib u harakatlantiruvchi kuchlanish sifatida ma'lum.

Harakatlantiruvchi kuch F ning qattiq deformatsiyasida mustahkamlangan harakatlanuvchi kuchlanish m da doimiy konstanta

Suyuqlikda F , m foydalanish mohaynida oshib boraveradi, suyuqlik oqaveradi.

Tajribada aniqlanganki, siljuvchi kuchlanish tezligi (harakat kuchlanishi vaqt birligida t /vaqt) harakatlanuvchi kuchga to'g'ri proporsional. E nuqtasidagi zarra (2.15.1-rasmda) E nuqtasiga qarab uninga kuchlanish ostida harakatlanayotgan bo'lsa, o'sha nuqtaga yetish uchun vaqt t kerak bo'ladi, u oraliq x ni surib yubordi. Kichik deformatsiyalar uchun quyidagini yozish mumkin.

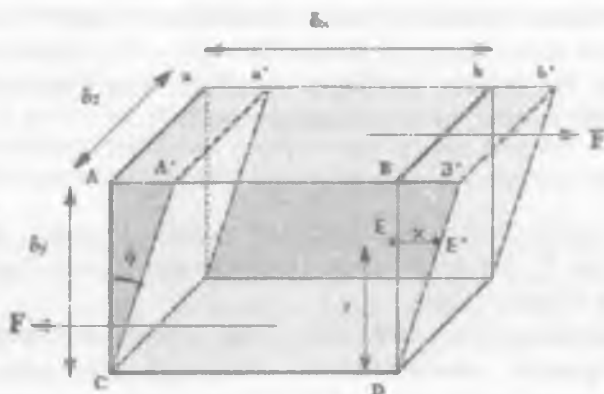
Siljuvchi kuchlanish $F = \frac{x}{y}$, teng

$$\text{Siljuvchi kuchlanish tezligi} = \frac{F}{t} = \frac{x}{ty} = \frac{x}{t} \cdot \frac{1}{y} = \frac{g}{y}$$

$\frac{x}{t} = g$ da E nuqtadagi zarra tezligi.

Tajribamiz natijasidan foydalangan holda, ya'm siljuvchi kuchlanish siljuvchi deformatsiya tezligiga proporsionalligini hisobga olsak, u holda

$$\tau = \text{const} \cdot \frac{g}{y} \quad (2.15.2)$$



2.15.1-rasm. Ko'ndalang kuch ta'siridagi suyuqlik elementi.

$\frac{\partial}{\partial y}$ bo'lagi tezlikning u yoki tezlik gradienti bilan o'zgarishi

bo'lib, $\frac{d\vartheta}{dy}$ kabi differentsial formada yozilishi mumkin bo'ladi.

Proportsianallik konstantasi μ suyuqlikning yopishqoqlik dinamikasi sifatida ma'lum bo'lib, u quyidagini beradi.

$$\tau = \mu \frac{d\vartheta}{dy} \quad (2.15.3)$$

Bu Nyutonning yopishqoqlik qonunidir.

Suyuqliklar qattiq jismlarga qarshi.

Yuqorida keltirilgan ma'lumotlarda biz siz bilan kuchlar ta'sir ko'rsatganda suyuqliklar va qattiq jismlar o'rtasidagi farqlik holatlarini ko'rib chiqdik. Xulosa qila turib, biz endi bilamiz:

1. Qattiq jism uchun kuchlanish qo'zg'atish holatini keltiruvchi vazifadir (egiluvchanlik chegarasiga egilmaganlik sharti bilan). Suyuqlik uchun kuchlanish tezligi keltirilgan kuchlanishga proportsionaldir.

2. Qattiq jismdagi kuchlanish kuch ishlatilayotgan vaqt mobaynida unga bog'liq bo'lmaydi (egiluvchanlik chegarasiga erishilgan holda) va kuch ta'siri ketganda deformatsiya yo'qoladi. Suyuqlik esa kuch kelishi davomida va o'z shaklini tiklamagunigacha oqaveradi. Odatda suyuqlik zarrachalarni suyuq va qattiq jismlarga ajratish onson bo'ladi. Biroq

ba'zi zarrachalar (yelim yoki shisha) o'zlarining asl vaznlarida qattiqdek ko'rinadilar. Yelim xona haroratida qattiq ko'rinishga ega bo'lsada, biroq bir necha kun mobaynida deformatsiya bo'lib cho'zilib keta olsa, bir necha soniyada suv shakliga ham kirib oladi. Qattiq jismlarning xususiyatlarini o'rganish jarayonidan bizga ma'lum bo'ldiki, egiluvchanlik chegarasiga yetilganda, ular oqayotganga o'xshaydilar, plastik ko'rinishida bo'ladilar. Ular baribir suyuqlik belgilariga mos kelmaydilar, chunki ular siljish kuchining biror minimal darajasiga yetilganidan so'ng oqa boshlaydilar.

2.16. Suyuqliklarning qovushqoqlik xossalari Nyuton gipotezasi

Shunday qilib, olingan qatlamning qalinligi $y - dy - \bar{\vartheta}$ bo'yicha suyuqlik tezligi $\bar{\vartheta} + d\bar{\vartheta}$ va $\bar{\vartheta} = f(y)$ midorga o'zgaradi, ya'ni qatlamning yuqori sirti pastki sirtiga nisbatan siljib qoladi 2.16.1-rasmda ko'rsatilgandek deformatsiyalanadi. Siljish burchagi α deb belgilasak, siljish kattaligi $\operatorname{tg} \alpha = \frac{d\vartheta}{dy}$ bo'ladi.

Qatlam qalinligini cheksiz kichraytirsak differentsial belgilashga o'tsak u holda yuqoridagiga nisbatan tezlik gradienti $\left(\frac{d\vartheta}{dy} \right)$ ni

beradi. Agar suyuqlik sirtidagi plastinkaga qancha ko'p kuch qo'ysak, siljish shuncha ko'p bo'ladi. Bu narsa qo'yilgan kuch bilan tezlik gradienti orasida qandaydir bog'lanish mavjudligini ko'rsatadi.

Shunday qilib, suyuqliklardagi ichki ishqalanish kuchi tezlik gradientiga bog'liq ekanligini tushinish mumkin

1686-yil I.Nyuton ana shu bog'lanishni chiziqli bog'lanishdan iborat degan gipotezani oldiga suradi. Bu gipotezaga asosan suyuqlikning ikki harakatlanuvchi qatlamlari orasidagi ishqalanish kuchi F qatlamning tegib turgan sirti S ga va tezlik gradientiga to'g'ri propartsional ya'ni,

$$F = \pm \mu S \frac{d\vartheta}{dy} \quad (2.16.1)$$

Propartsionallik koeffitsenti μ qovushqoqlik dinamik koeffitsenti deb qabul qilingan. Nyuton gipotezasi keyinchalik N.P.Petrov

tamonidan nazariy asoslab berildi. Albatta bu hisoblash ishlarni soddalashtirish uchun ishqalanish kuchining birlik yuzasiga to'g'ri kelgan miqdori yoki gidravlikada urinma zo'riqish (ishqalanish kuchidan zo'riqish) deb atalgan miqdorga o'tish zarur bo'ladi. Bu miqdor grekcha τ harfi bilan belgilanadi:

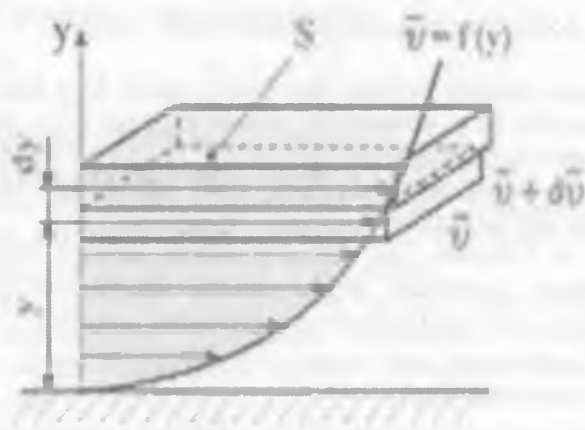
$$\tau = \frac{F}{S} = \pm \mu \frac{d\vartheta}{dy} \quad (2.16.2)$$

bu yerda, musbat va manfiy ishora tezlik gradientining yo'nalishiga qarab tanlab olinadi.

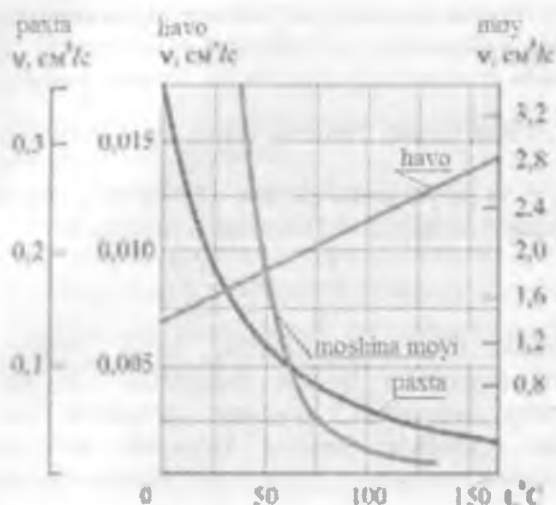
Professor K.Sh. Latipovning ishoralarida urinma zo'riqish ikki tashkil etuvchining yig'indisidan iborat deb qarash zarurligi ko'rsatilgan:

$$l_p = \mu \frac{d\vartheta}{dy} - \int \lambda_p (1 - \varphi_2) \vartheta dy + B, \quad (2.16.3)$$

bu yerda, $\lambda_p = (1 - \varphi_2)$ - bir qavatdan ikkinchi qavatga malekulalarning o'tishini bildiruvchi koeffitsientdir.



2.16.1-rasm. Qattiq devordagi suyuqlik yopishqoqligining epyurasi



2.16.2-Kinematik qovushqoqlik haroratga bog'liqlik grafigi

(2.16.3) formuladan ko'rinib turibdiki ishqalanish kuchidan zo'riqish tezlik gradientiga (yoki umumiyroq qilib aytganda tezlikning normal bo'yicha hodisasi) ga to'g'ri proporsionaldir. Qovushqoqlik koeffitsientining birligi SI da quyidagicha:

$$[\mu] = \frac{[\tau]}{[d\vartheta]} = \frac{H \cdot s}{m^2}$$

$$\frac{\text{dina} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$$

SGS sistemasida esa bilan o'lchanadi. Bu birlik Puaz (Pz) deb ham ataladi. Koeffitsent juda kichik bo'lganda santipuaz (spz) va illipuaz (mpz) larda ham o'lchanishi mumkin.

$$\tau = \mu \cdot \frac{d\vartheta}{dy}$$

Ishqalanishdagi urinma kuchlari

$$T = S \cdot \mu \cdot \frac{d\vartheta}{dy}$$

Iqalanish kuchi

Kinematik yopishqoqlik koeffitsenti $\nu = \mu / \rho$

μ Dinamik yopishqoqlik koeffitsenti

2.17. Nyuton qonuniga bo'ysunmaydigan suyuqliklar

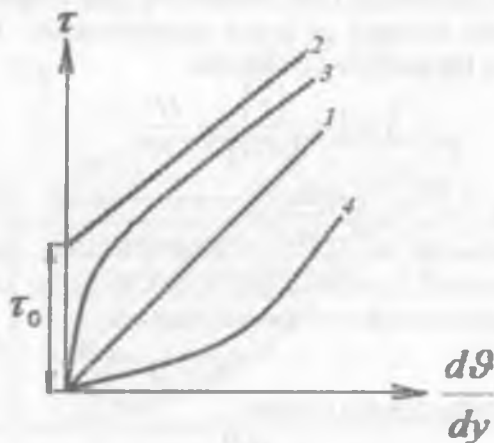
Yuqorida aytilganidek, suyuqliklarga ta'sir etuvchi qovushqoqlik zo'riqish kuchi gradientiga bog'liq bo'lib, Nyuton qonuni bo'yicha bu bog'lanish chiziqli bo'ladi. Shuning uchun agar abssissa o'qiga $\frac{d\vartheta}{dy}$

ni, ordinata τ ni qo'yib grafik chizsak, u holda bu grafikni ifodalovchi 2.17.1-rasmdagi 1-chiziq (2.17.1) formulani ifodalaydi.

$$\tau = \frac{F}{S} = \pm \mu \frac{d\vartheta}{dy}, \quad (2.17.1)$$

Bu grafik bilan ifodalanuvchi, ya'ni Nyuton qonuniga bo'ysunuvchi suyuqliklar Nyuton suyuqliklari deb ataladi. Hozir suyuqliklarning xossalari chuqurroq o'rganish va texnikada ishlatiladigan suyuqliklar turining ko'payishi natijasida Nyuton qonuniga bo'ysunmaydigan ko'pgina suyuqliklar mavjud ekanligini biz bilamiz.

Bunday suyuqliklarda qovushqoqlik zo'riqish kuchi τ umumiy holda tezlik gradienti $\frac{d\vartheta}{dy}$ ning funktsiyasi sifatida qaraladi.



2.17.1-rasm. Nyuton qonuniga asosan sxema.

$$\tau = f\left(\frac{d\theta}{dy}\right) \quad (2.17.2)$$

Ular Nyuton qonuniga bo'ysunmaydigan suyuqliklar deb ataladi. Bu suyuqliklar guruhlariga ajratiladi

1. **Bingam suyuqliklari** (plpastik yopishqoq suyuqliklar). Bu suyuqliklar kichik zo'riqishlarda ozgina deformatsiyalanib, zo'riqish yo'qolsa, yana avvalgi holatiga qaytadi. Zo'riqish kuchi τ biror τ_0 qiymatdan oshsa, harakat boshlanadi. Bingam suyuqliklari xuddi Nyuton suyuqliklari kabi harakatlanadi. Bu suyuqliklar uchun Nyuton qonuni o'rinda quyidagi qonun qo'llaniladi:

$$\tau = \tau_0 + \eta \frac{d\theta}{dy}, \quad (2.17.3)$$

bu yerda, η -struktura yopishqoqligi deb ataladi.

(2.17.3) fomula bilan ifodalanuvchi qonun 2.17.1-rasmda 2-ta chiziqqa ega bo'ladi. Quyuq suspenziyalar, pastalar, shlam va boshqalari plastik yopishqoq suyuqliklarga kiradi.

2. **Sohta plastik suyuqliklar**. Bular Nyuton suyuqliklari kabi zo'riqishining eng kichik qiymatlarida ham harakatga keladi. Lekin u tezlik gradienti ortishi bilan kamayib borib, sekin-asta o'zgarmas qiymatga aylanadi 2.17.1-rasmda 3-chiziq. Uning grafigi logarifmik masshtabda to'g'ri chiziqqa yaqin bo'lganligi uchun ko'rsatkichli funktsiya ko'rinishida ifodalanadi:

$$\tau = k \left(\frac{d\theta}{dy} \right)^m, \quad (2.17.4)$$

bu yerda, k , m — tajribada aniqlanuvchi o'zgarmas kattalik miqdorlardir (o'zgarmas m , odatda, 0 bilan 1 orasidagi qiymatlarni qabul qiladi). Bu suyuqliklarga siljituvchi zo'riqishning tezlik gradientiga nisbatan p_k o'xshashlik yopishqoqlik deb ataladi.

3. **Dilatant suyuqliklar**. Sohta plastik suyuqliklarga o'xshash bo'lib, ulardan tezlik gradienti ortganida p_k o'sib borishi 2.17.3-formula bilan ifodalanadi. Dilatant suyuqliklarning sohta plastik suyuqliklardan farqi shundaki, ulardan m doimo 1 dan katta bo'ladi.

Dilatant suyuqliklar bingam va sohta plastik suyuqliklarga nisbatan kam uchraydi.

Bundan tashqari τ va $\frac{d\vartheta}{dy}$ o'rtasidagi bog'lanish vaqtiga bog'liq

bo'lgan suyuqliklar ham tabiatda uchrab turadi. Ularning yopishqoqlik koeffitsiyenti zo'riqishning qancha vaqt ta'sir qilganiga qarab o'zgarib boradi. Bunday suyuqliklarga ko'pgina bo'yoqlar, masalan; sut mahsulotlarning ko'p turlari, turli smalalar misol bo'la oladi.

Ular tiksotrop suyuqliklar, reopektant suyuqliklar va maksimal suyuqliklarning yana bir xususiyatlari shundan iboratki, ularning ba'zi turlari (maksimal suyuqliklari) qo'yilgan zo'riqish kuchi olinishi bilan avvalgi holatiga qisman qaytadi (ya'ni hozirgi zamon fanining tili bilan aytganda xotirlash xususiyatiga ega bo'ladi).

Nyuton va nonyuton suyuqliklari.

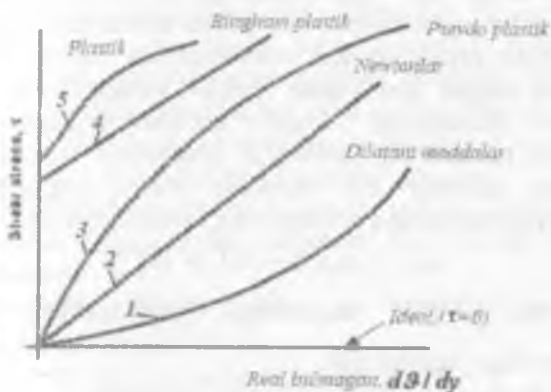
Xatto suyuqliklar orasida ham qo'zg'atilgan holda ularning tabiatlaridagi ba'zi o'zgarishlariga guvoh bo'lish mumkin. M kattaligi doimiy bo'lgan Nyuton qonuniga bo'ysinuvchi suyuqliklar Nyuton suyuqliklari deb nomlanadilar. Agar M doimiy siljish kuchlanishiga teng bo'lsa, chiziqlik gradient tezlikka bog'liq bo'ladi.

Bu ko'pgina oddiy suyuqliklarga tegishlidir. M kattaligi doimiy bo'lmagan suyuqliklar, nonyuton suyuqliklari hioblanadi. Bunday suyuqliklar bir necha toifada bo'lib, ular haqida quyida qisqacha ma'lumotlar berilgan. Ushbu toifalar suyuqlikdagi siljish kuchlanishi va gradient tezligi (siljish deformatsiyasi tezligi) o'rtasidagi o'zaro bog'lanishga asoslangan. Bir necha toifalar uchun keltirilgan bu bog'lanishlarni pastda ko'rsatilgan chizmada ko'rish mumkin.

$$\text{Bu chiziqlarning har biri } \tau = A + B \left(\frac{\delta\vartheta}{\delta y} \right)^n$$

tenglamalarida ko'rsatilishi mumkin. Bu yerda, A , B va n lar konstantalardir. Nyuton suyuqliklari uchun esa $A=0$, $B=\mu$ yki $n=1$. Quyidagi rasmda bir necha toifalarning fizik xossalaring qisqacha tavsifi keltirilgan.

Ushbu klassifikatsiya bilan $n=1$ ga teng. Misol tariqasida oqib tushgan suv quyiqalarni ko'rsatish mumkin



2.17.2-rasm. Siljish deformatsiyasi tezligiga bog'liq siljish $d\gamma / dy$

Elastik yopishqoq materiallar: Nyuton suyuqliklariga o'xshash, biroq kuchlanishda katta o'zgarish bo'lsa, ular o'zlarini plastik kabi tutadilar.

Real bo'lmagan, mavjudligi isbotlanmagan yana bir modda ya'ni ideal suyuqlik bor. Bu suyuqlik taxminlarga ko'ra yopishqoqlikka ega emas. Bu foydali konsepsiya bo'lib, teoretik qarorlarni ko'rib chiqish davomida u amaliy foydali yechimlar qilishga yordam beradi.

2.18. Suyuqliklar va gazlar

Suyuqlik va gazlar ko'p o'xshashliklarga ega bo'lib, o'zlarini bir-biriga o'xshash tutsalar ham o'zlariga xos jihatlariga ham egalar. Xususan:

1. Suyuqlik ko'p hollarda siqilmaydi va ko'p hollarda siqilmaydigan modda sifatida ko'riladi. Gaz esa oson siqiladi va odatda ishlovlanadi u bosim ostida hajmini o'zgartiradi.

2. Suyuqlikning berilgan massasi aniq bir hajmni egallaydi va u joylashgan idishni egallaydi hamda bo'sh sirtini tashkil qiladi (agar idish katta hajmga ega bo'lsa).

3. Gaz aniq bir hajmga ega bo'lmaydi, u kengaygan sari hajmini o'zgartiradi. U bo'sh sirtini tashkil etish uchun idishni to'liq to'ldiradi.

Suyuqliklardagi yopishqoqlik.

Suyuqliklardagi chegaradosh qatlamlari o'rtasida ba'zi molekulyar almashinuvi mavjud. Biroq suyuqlikning molekullari gaznikiga

nisbatan bir-biriga juda yaqin joylashganlari sababli zanjir kuchlari molekulalarni bir joyda uzoqroq mustahkam ushlab tura oladilar.

Bu zanjirlar suyuqliklardagi yopishqoqlikda katta ahamiyatga ega. Temperatura oshgan sari kogioz kuchlar kamayadi va molekulyar almashinuvni kuchaytiradi. Kogioz kuchlarning kamayishi siljish kuchlanishini kamaytiradi, molekulyar almashinuv oshishi esa siljish kuchlanishini oshiradi. Bu murakkab o'zaro bog'lanish sababli yopishqoqlikka haroratning ta'siriga aniq formula mavjud.

$$\mu_t = \mu_0 (1 + AT + BT) \quad (2.18.1)$$

μ_t bu $T^{\circ}C$ haroratdagi yopishqoqlik, μ_0 esa $0^{\circ}C$ haroratdagi yopishqoqlik.

A va B bu aniq bir suyuqlik uchun konstanta.

Yuqori bosim ham suyuqlikning yopishqoqligiga ta'sir ko'rsatadi. Bosim o'zgargan sari molekulalarning nisbiy harakati ko'proq energiyani talab etadi. Demak, yopishqoqlik oshadi.

2.19. Suyuqliklardagi yopishqoqlik sabablari va gazlardagi yopishqoqlik

Gaz molekulalarini molekulyar zanjirlari (ular bir-biridan uzoqda joylashgan) tufayli bir joyda ushlab juda qiyin.

Chegaradosh qavatlar bir-birlari bilan harakatlanar ekanlar, ularda tinimsiz molekulalar almashinuvi amalga oshadi. Sustroq qavat molekulalari tezligi kattaroq qavatlarga qarab harakatlanadilar, bu esa qarshilikni yuzaga keltiradi. Bu paytda boshqa yo'nalishda harakatlanayotgan molekulalar tezlashtiruvchi harakatni yuzaga keltiradilar. Ushbu impulsalar almashinuvi haqidagi matematik fikrlar bizni Nyutonning yopishqoqlik qonuniga olib keladi.

Gazdagi harorat oshishi qatlamlar orasidagi impulsalar almashinuvini oshiradi va yopishqoqlikning o'sishiga olib keladi. Shuningdek, yopishqoqlik bosim bilan ham oshib boradi, biroq bu o'zgarishlar normal sharoitlarda gazlar uchun katta bo'lmaydi.

2.20. Suyuqliklarning xossalari

Quyida tasvirlangan xossalari texnika uchun muhim hisoblangan suyuqlikning umumiy xossalari hisoblanadilar. Xossalarni ko'rsatish

uchun kerak bo'lgan belgi odatda oddiy suyuqliklar uchun belgilangan o'chovlar tizimining bir qancha tipik ma'nolari, birliklari bilan birgalikda beriladi. Konkret sharoitlardagi belgilarni (temperatura, bosim va x.k) ko'pgina kitoblardan topsa bo'ladi. Har bir birlikning o'lchovi ham MLT tizimida ko'rsatilgan (birliklar va o'lchovlar haqida batafsilroq pastda o'lchamlar tahlili kursida o'rganamiz).

Zichlik: Moddaning zichligi bu modda umumiy hajm birligining zarrasida mavjud bo'lgan modda miqdoridir. Uni 3 ta turli yo'llar bilan ifodalash mumkin.

Modda zichligi: Massa zichligi ρ hajm birligidagi modda massasi sifatida aniqlanadi.

O'lchov birliklari: kub metrga kilogrammlar

$$\text{kg} / \text{m}^3, (\text{kgm}^{-3}) \text{ yoki } \text{kgm}^{-3}.$$

O'lchamlar: ML^{-3}

Tipik belgilar:

$$\text{Suv} = 1000 \text{ kgm}^{-3}, \text{ simob} = 13600 \text{ kgm}^{-3},$$

$$\text{havo} = 1,23 \text{ kgm}^{-3}, \text{ parafin ygi} = 800 \text{ kgm}^{-3}$$

$$(\text{bosim} = 1,013 \cdot 10^{-5} \text{ Nm}^{-2} \text{ va harorat } 288,15 \text{ K.})$$

Solishtirma og'irlik.

Bu yerda, γ solishtirma og'irligi (ba'zida esa solishtirma og'irlik g sifatida ham ma'lum) hajm birligining og'irligi sifatida aniqlanadi. Yoki massa hajm birligiga g og'irlik kuchi ostida harakatlanuvchi kuch.

g va γ o'rtasidagi nisbat Nyutonning ikkinchi qonuni asosida aniqlanishi mumkin, chunki hajm birligining og'irligi = g hajm birligi massasi.

$$\gamma = \rho g$$

O'lchov birliklari: kub metrga $\frac{\text{N}}{\text{m}^3}$ va Nm^{-3} ;

O'lchamlar: $ML^{-2}T^{-2}$.

Tipik belgilar:

$$\text{Suv} = 9814 \frac{\text{N}}{\text{m}^3},$$

$$\text{merkurie} = 132943 \frac{\text{N}}{\text{m}^3},$$

$$\text{havo} = 12,07 \frac{\text{N}}{\text{m}^3},$$

$$\text{parafin ygi} = 7851 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}.$$

Qiyosiy zichlik.

σ Qiyosiy zichligi moddaning massaviy zichligini moddaning ba'zi standart massa zichligiga nisbati sifatida aniqlanadi. Qattiq moddalar va suyuqliklar uchun massaning bu standart zichligi atmosfera bosimi (4^0S da suv) uchun maksimal massa zichligi degan ma'noni anglatadi.

$$\sigma = \frac{\sigma}{\sigma_{\text{H}_2\text{O}(4^0\text{C})}}$$

Birliklar: yo'q. chunki nisbat bu toza raqam.

O'lchamlar: 1 Tipik belgilar: suv = 1, Merkuriy = 13,5. Parafin yog'i = 0,8.

Yopishqoqlik.

Yopishqoqlik suyuqlikning xususiyatlaridan biri bo'lib, korroziya va molekulalar o'rtasidagi o'zaro ta'sir tufayli u deformatsiyaga barqarorlik beradi. Turli xildagi suyuqliklar bir xildagi siljish kuchlanishida har xil tezlikda deformatsiyaga keladilar. Yuqori yopishqoqlik darajasiga ega suyuqlik, masalan qiyom deformatsiyaga kelishi oson emas. Suv esa yopishqoqligi past bo'lgan sababli oson deformatsiya bo'ladi.

Barcha suyuqliklar yopishqoq hisoblanadilar. Nyuton suyuqliklari Nyuton qonuniga asosan chiziqli tobeylikka bo'ysunadilar. Biz

$$\text{oldinroq ko'rgan } \tau = \mu \frac{d\vartheta}{dy},$$

bu yerda, τ siljish kuchi. N m^{-2} b'lekleri N m^{-2} ; $\text{kg m}^{-1}\text{s}^{-2}$.

O'lchamlar: $\text{ML}^{-1}\text{T}^{-2}$.

$\frac{d\theta}{dy}$ lar tezlik gradientlari yoki siljish deformatsiyasi tezligidirlar

va radian s^{-1} , birligiga ega.

O'lchamlar: t^{-1} , μ "dinamik yopishqoqlik koeffitsiyenti" (pastga qarang).

Dinamik yopishqoqlik koeffitsienti.

Dinamik yopishqoqlik koeffitsienti μ maydon birligiga (yoki siljish kuchlanishi τ ga) ko'ndalang kuch sifatida aniqlanadi.

Birlamchi tezlikka ega suyuqlikning bir qatlamini birlamchi masofa qatlami ortiga ko'chirish kerak bo'ladi.

$$\mu = \tau \frac{dy}{d\theta} = \frac{\text{Force}}{\text{Area}} \cdot \frac{\text{Velocity}}{\text{Distance}} = \frac{\text{Force} \cdot \text{Time}}{\text{Area}} = \frac{\text{Mass}}{\text{Length} \cdot \text{Area}}$$

O'lchov birliklari: kvadrat metrga nyuton sekundi, $N \cdot sm^{-2}$ yoki 1 sekundiga metr kilogramm. $kgm^{-1} s^{-1}$.

(E'tibor bering μ ko'pincha, P da ko'rsatilmoqda. Bu yerda, $10 P = 1 kgm^{-1} s^{-1}$.)

Tipik belgilar:

Suv = $1,14 \cdot 10^{-3} kgm^{-1} s^{-1}$, xavo = $1,78 \cdot 10^{-5} kg \cdot m^{-1} s^{-1}$,

simob = $1,552 kg \cdot m^{-1} s^{-1}$,

Paraffin moyi = $1,9 kgm^{-1} s^{-1}$, Mercury = $1.552 kgm^{-1} s^{-1}$.

Kinematik yopishqoqlik.

ν kinematik yopishqoqlik massa zichligiga dinamik yopishqoqlik nisbati sifatida aniqlanadi.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (2.20.1)$$

O'lchov birliklari: 1 sekundga kvadrat metrlar $m^2 s^{-1}$.

(shuni e'tiborga olish darkorki, n ko'p hollarda Stokes, St da belgilanadi, bu yerda, $10^4 St = 1 m^2 s^{-1}$).

O'lchamlar: $L^2 T^{-1}$. Tipik belgilar:

Water = $1.14 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, Air = $1.46 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$,

Mercury = $1.145 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, Paraffin moyi = $2.375 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$.

2.21. Statik suyuqliklardagi kuchlar

Bu bo'limda suyuqliklarga ta'sir ko'rsatuvchi kuchlar va suyuqliklar tomonidan tinch holatda paydo qilinadigan kuchlar o'rganiladi. *Maqsadlar:*

- Bosim tushunchasini kiritish.
- Uning ahamiyati istalgan pog'onada katta ekanligini isbotlash.
- Gidrostatik tenglamaga asosan u tubdan o'zgarishini ko'rsata olish.

• Bosim suyuqlik boshi orqali qanday ifoda qilinishi mumkinligini ko'rsatish.

Bu bilimlar keyinchalik suyuqlik harakatda bo'lgan holatini, hamda sirdagi kuch tahlillarida bosimni o'lchash usularini namoyish etishda kerak bo'ladi.

Suyuqlik statikasi.

Statikaning umumiy qonunlari (qattiq jism mexanikasida qo'llaniladi) siljimas suyuqliklarga qo'llaniladi. Bundan oldingi ma'lumotlardan bilamizki:

• *statik suyuqlik unga ko'ndalang kuch bilan ta'sir ko'rsata olmaydi.*

• *suyuqlik va chegara o'rtasidagi istalgan kuch chegaraga nisbatan to'g'ri burchak ostida ta'sir ko'rsatishi kerak;*

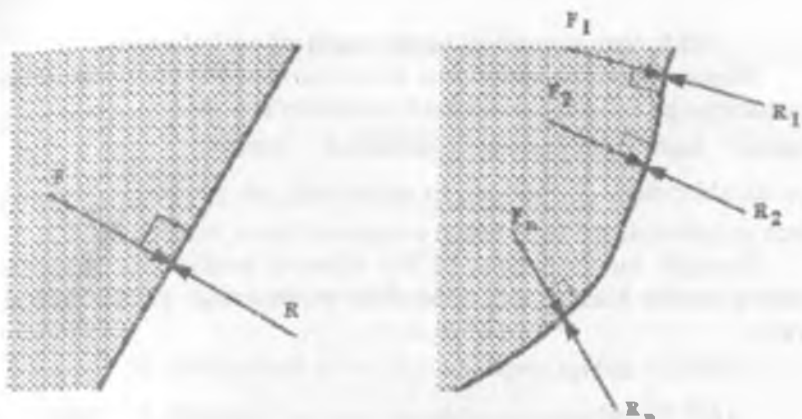
E'tibor berishimiz kerak, bu tushunchalar egri chiziqli sathlar uchundir. Bu holda istalgan nuqtada ta'sirlanayotgan kuch bu nuqta sathiga normal hisoblanadi. Bundan tashqari bu tushuncha statik suyuqlikdagi istalgan mavhum sathga ham qo'llanilishi mumkin.

Bu taktdan biz mavhum sathlar bilan chegaralangan suyuqlik tahlillarini ko'rib chiqib, tahlillaganda foydalanamiz.

Bundan tashqari bizga ma'lumki:

Tinch holatdagi suyuqlik elementi uchun, element muvozanat holatida bo'lganda istalgan yo'nalishda tashkil qilgan kuchlarning yig'indisi 0 ga teng bo'ladi.

Shuningdek, istalgan nuqta atrofidagi elementdagi kuch soniyalari ham 0 ga teng bo'lishi kerak.



2.21.1-rasm. Chegaraga perpendikulyar bo'lgan bosim kuchi

Odatda muvozanatni tekshirish uchun 3 ta o'zaro perpendikulyar o'qlar bo'ylab kelgan kuchlarni bo'lishni hamda 3 ta o'zaro perpendikulyar yassiliklardagi soniyalarni qabul qilishda ham 0 ga tenglashtirish kerak.

Bosim; Yuqorida aytib o'tilganidek, suyuqlik o'zi aloqaga kirayotgan istalgan chegaraga normal kuch bilan ta'sir o'tkazadi. Bu chegaralar katta bo'lishlari va kuch joydan-joyga farqlanishi mumkinligi sababli maydon birligiga keltiriluvchi kuch bo'lmish p bosimi nuqtai nazaridan kelib chiqqan holda ishlash osonroq bo'ladi.

Chegaraning har bir maydon birligiga ta'sir ko'rsatayotgan kuch bir xil bo'lsa, u holda bosim ham bir jinsli hisoblanadi.

p bosim F kuchi A kuch ishlatilayotgan maydoni.

$$p = \frac{F}{A} \quad (2.21.1)$$

O'lchov birligi: kvadrat metrga Nyuton H m^{-2} , $\text{kgm}^{-1}\text{s}^{-2}$ (xuddi shu birlik Paskal sifatida ham ma'lum Pa , ya'ni $1\text{Pa} = 1 \text{ N m}^{-2}$).

(bundan tashqari o'lchovlar tizimining bloki alternativasi ham qo'llaniladi $1\text{bar} = 105 \text{ H m}^{-2}$)

O'lchovlar: $ML^{-1}T^{-2}$.

2.22. Aniq nuqtadagi bosim haqidagi paskal qonuni

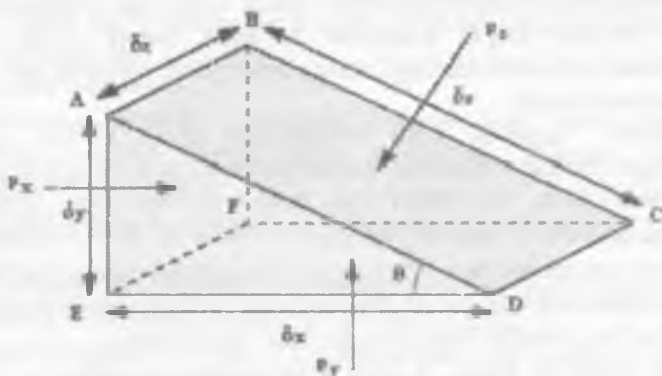
(Bosim barcha yo'nalishlarda bir xil harakat qilishining isboti). R nuqtasiga ega bo'lgan uchburchakli prizma ko'rinishidagi suyuqlikning uncha katta bo'lmagan elementini kuzatib, p_x , x , p_y yo'nalishlaridagi, y va p yo'nalishlarida va perpendikulyar qiya sath yo'nalishidagi 3 ta P bosim o'rtasida a'loqa o'rnatib bo'ladi.

Suyuqlik bu tinch holat bo'lib, siljuvchi kuchlarning yo'qligini hamda barcha kuchlar to'g'ri burchak ostida sathga perpendikulyar, ya'ni

$ABCD$ sathiga perpendikulyar ta'sir ko'rsatuvchi P_z

$ABFE$ sathiga perpendikulyar ta'sir ko'rsatuvchi P_x hamda

$FECD$ sathiga perpendikulyar ta'sir ko'rsatuvchi P_y larni bilamiz.



2.22.1-rasm. Suyuqlikning uchburchakli prizmatik elementi.

Suyuqlik tinch, muvozanat holatidagligini bilgan holda istalgan yo'nalishdagi kuch yig'indisi 0 ga teng bo'lishini bilamiz.

X yo'nalishidagi kuchlarni umumlashtirib,

p_x ga kuch:

$$p_x = p_x \cdot Area_{ABFE} = p_x dx dy \quad (2.22.1)$$

p_y dagi x yo'nalishidagi kuch komponentlari:

$$p_x = -p_s \cdot Area_{ABCD} \cdot \sin \theta = -p_s \delta s \delta z \frac{\delta y}{\delta s} = -p_s dy dz \quad (2.22.2)$$

$$\left(\sin \theta = \frac{dy}{ds} \right) \quad (2.22.3)$$

p_y dagi x yo'nalishidagi kuch komponentlari:

$$F_{x_s} = 0$$

tinch holat, muvozanatda bo'lish uchun:

$$F_{x_s} + F_{x_s} + F_{x_y} = 0$$

$$p_x \delta x \delta y + (-p_s dy dz) = 0$$

$$p_x = p_s \quad (2.22.4)$$

u yo'nalishidagi kuchlarni umumlashtirib, p_y sababli kuch:

$$F_{y_y} = p_y \cdot Area_{ABCD} = p_y \delta x \delta z \quad (2.22.5)$$

p_s kuchli komponentlari hisobiga :

$$\left(\cos \theta = \frac{\delta x}{\delta s} \right) \quad (2.22.6)$$

p_x kuchli komponentlari hisobiga

$$F_{x_y} = 0$$

og'irlik kuchi sasabli kuch :

$$Weight = -\rho g \cdot \frac{1}{2} \delta x \delta y \delta z \quad (2.22.7)$$

tinch holatda bo'lish uchun

$$F_{y_y} + F_{y_s} + F_{y_z} = Weight = 0$$

$$p_y \delta x \delta y + (-p_s \delta x \delta z) + \left(-\rho g \frac{1}{2} \delta x \delta y \delta z \right) = 0$$

elementlar kichkina, ya'ni δx , δy va δz lar kichkinadirlar. Shuning uchun $\delta x \delta y \delta z$ lar ham kichkina va katta ahamiyatga ega bo'lmaydilar.

Demak, $p_y = p_x$

Bundan esa quyidagi kelib chiqadi,

$$p_x = p_y = p, \quad (2.22.8)$$

Prizmatik elementni yana kuzatib, p_z bu istalgan θ burchak ostidagi sath bosimi. x , y va z yo'nalishlari istalgan nuqtalarida bo'lishlari mumkin. Element shunchalar kichkinaki uni nuqta sifatida ko'rish mumkin. Shuning uchun $p_x = p_y = p_z$ xosilasi bosim istalgan nuqtada va istalgan yo'nalishda bir xilda bo'ladi. Z o'qini qo'shgan holda isbotni kengaytirish ham mumkin. Istalgan nuqtada va yo'nalishda bosim bir xilda bo'ladi. Bu Paskal qonuni bo'lib, u tinch holatdagi suyuqliklar uchun qo'llaniladi

2.23. Og'irlik kuchi ta'siridagi suyuqlikda bosimning vertikal o'zgarishi

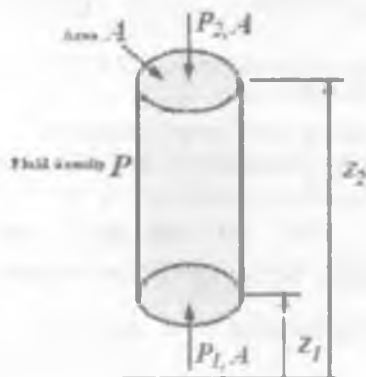
Suyuqlikning vertikal elementar silindr, pastda ko'rsatilgan rasmdan biz ρ massa zichligi bilan o'ralgan, doimiy A ko'ndalang kesishuvli vertikal ustunini ko'rsatayotgan suyuqlik elementini ko'rib turibmiz.

Suyuqlik tinch va muvozanat holatidadir, shuning uchun vertikal yo'nalishdagi barcha kuchlar 0 gacha umumlashtirilagan, ya'ni bizda endi

$$A \text{ sababli kuch (tepaga)} = p_1 A$$

$$A \text{ sababli kuch (pastga)} = p_2 A$$

$$\text{Element vazni sababli kuch (pastga)} = mg$$



2.23.1-rasm. Og'irlik kuchi ta'siridagi suyuqlikda bosimning vertikal o'zgarishi

Massaviy zichlik hajmi:

$$\rho g A (z_2 - z_1)$$

Tepaga ijobiy sifatida qabul qilgan holda, muvozanat holatida:

$$p_1 A - p_2 A - \rho g A (z_2 - z_1) = 0$$

$$p_2 - p_1 = -\rho g A (z_2 - z_1)$$

Shunday qilib, og'irlik kuchi ta'siri ostidagi suyuqlikda balandlik oshgani sari bosim kamayadi: $z = (z_2 - z_1)$.

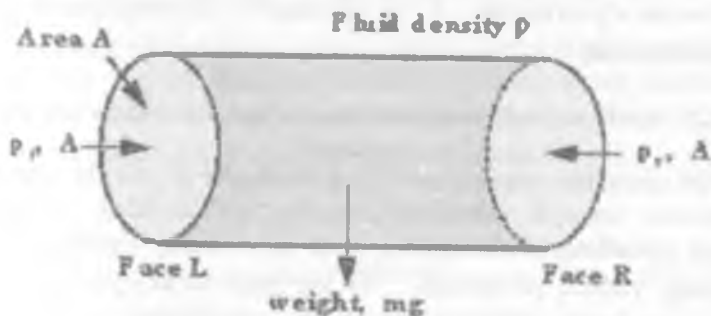
2.24. Statik suyuqlikda bir xil bosqichdagi bosim tenglamasi

Quyida keltirilgan rasmdagi gorizontal silindr elementini suyuqligini (A ko'ndalang kesishuvli, ρ) zichlik, chap tomonidagi p_1 bosimga va o'ng tomonidagi p_2 bosimga ega suyuqlik) ko'rib chiqamiz. Suyuqlik muvozanat holatida, shuning uchun x yo'nalishida harakatlanayotgan kuchlar yig'indisi 0 ga teng.

$$p_1 A = p_2 A$$

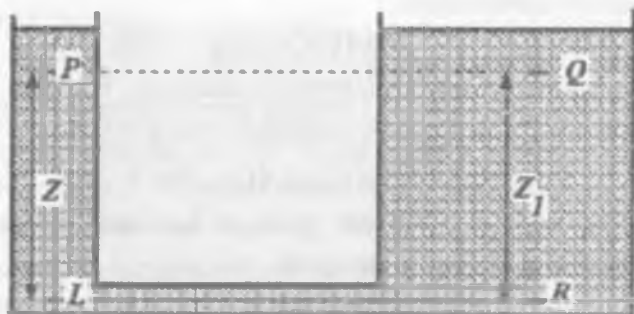
$$p_1 = p_2$$

Gorizontal yo'nalishdagi bosim doimiy.



2.24.1-rasm. Gorizontal elementar silindrdagi suyuqlik

Bu natija istalgan uzluksiz suyuqlik uchun bir xil. Bu oldingidek ikkita to'g'ridan-to'g'ri ulanish joyiga ega bo'lmagan, biroq bog'langan idishlar uchun to'g'ri keladi. Masalan, rasmdagi idishni ko'ring.



2.24.2-rasm. Ikkita turli ko'ndalang kesishuvli, quvur orqali bog'langan idishlar.

Ikkita turli ko'ndalang kesishuvli, quvur orqali bog'langan idishlar. Biz yuqorida ko'rsatganimizdek, $p_l = p_r$, bosimning vertikal o'zgarishi tenglamasidan bizda:

$$p_l = p_p + \rho g z \quad (2.24.1)$$

$$\text{va: } p_r = p_q + \rho g z \quad (2.24.2)$$

$$\text{shunday qilib: } p_p + \rho g z = p_q + \rho g z \quad (2.24.3)$$

bu esa o'z navbatida, p va Q ning bir xil bosqichlarida bosim bir xilda bo'ladi.

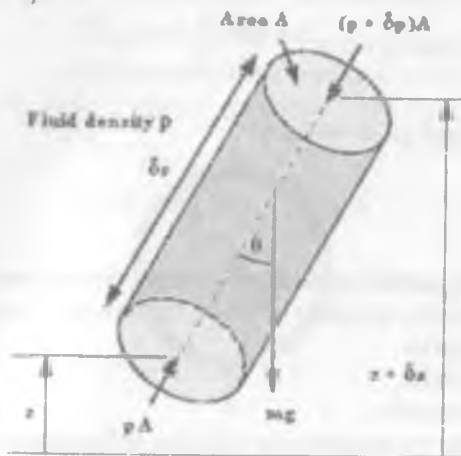
2.25. Statik suyuqlikdagi bosimning o'zgarishi uchun umumiy tenglama

Bu yerda, biz yuqorida keltirilgan kuzatuvlar qay tarzda vertikal va gorizontal suyuqlik zarrachalari istalgan yo'nalishdagi zarrachalar uchun umumlashtirilishi mumkinligini ko'rsatamiz. Pastdagi 2.25.1-rasmdagi vertikal yo'nalishga θ burchagi ostida egilgan, uzunligi δs , ρ massa zichligiga ega statik suyuqlikdagi A ko'ndalang kesishuv maydonli suyuqlikning silindrik qismini ko'rib chiqamiz. z balandlikka ega oxiridagi bosim p ga teng, balandlikning yakunida z is p esa teng

$$z + \delta z \text{ is } p + \delta p \quad (2.25.1)$$

Ixtiyoriy qismga ta'sir ko'rsatuvchi kuchlar, pA da yuzning yakuniga to'g'ri burchak ostida ta'sir qiluvchi

$z + \delta z \quad mg = \rho A \delta s g$ da yuzning pastki qismida to'g'ri burchak ostida ta'sir qiluvchi $(p + \delta p)A$. Ixtiyoriy qismning ushbu tomonlariga perpendikulyar ta'sir qiluvchi suyuqlikning atrofidagi kuchlar ham mavjud.



2.25.1-rasm. Ixtiyoriy yo'nalishdagi suyuqlikning silindrik qismi

Jihozning muvozanati uchun istalgan yo'nalishdagi kuchlarni natijasi 0 ga teng. Markaziy o'q tomonga yo'nalgan asosiy kuch bizga quyidagini beradi:

$$pA - (p + \delta p)A - \rho g A \delta s \cos \theta = 0 \quad (2.25.1)$$

$$\delta p = -\rho g \delta s \cos \theta$$

$$\frac{\delta p}{\delta s} = -\rho g \cos \theta \quad (2.25.2)$$

Yoki differentsial formada: $\frac{\delta p}{\delta s} = -\rho g \cos \theta$ agar $\theta = 90$

bo'lsa, unda s is, x yoki y yo'nalishida joylashgan bo'ladi (ya'ni gorizontal), shuning uchun pastga vertikal harakatlanayotgan element og'irligi :

$$\left(\frac{dp}{ds}\right)_{\theta=90^\circ} = \frac{dp}{dx} = \frac{dp}{dy} = 0 \quad (2.25.3)$$

formula bosim istalgan gorizontol sathda 0 ga tengligining isboti. Agar $\theta = 0$ bo'lsa u holda s is z yo'nalishida joylashgan bo'ladi.

$$(\text{vertikal}), \text{ shuning uchun: } \left(\frac{dp}{ds}\right)_{\theta=0^\circ} = \frac{dp}{dz} = -\rho g$$

$$\text{natijaning tasdiqi: formulalar } \frac{P_2 - P_1}{z_2 - z_1} = \rho g$$

$$P_2 - P_1 = \rho g (z_2 - z_1) \quad (2.25.4)$$

2.26. Suyuqlik va gazlarda bosim o'lchash asboblari

Suyuqlik bosimi quyidagi asboblarda yordamida o'lchanadi:

- pe'zometrlar,
- manometrlar,
- vakuummetrlar,

Pe'zometrlar va manometrlar ortiqcha yoki manometrik bosimlarni o'lchaydi, ya'ni atmosfera bosimidan

$$P_{atm} = 1 \text{ kgk} / \text{sm}^2 = 0,1 \text{ MPa} \text{ dan ortiqchasini o'lchaydi.}$$

Bu asboblarda atmosfera bosimidan yuqori bo'lgan bosimlarni o'lchaydi. To'liq bosim uchun P_{man} bosimga atmosfera bosimini P_{atm} barometrda berilgan qiymati qo'shib beriladi.

Gidravlikada atmosfera bosimi ko'pincha o'zgarmas bo'lib u $P_{atm} = 101325 \text{ Pa} \approx 100\,000 \text{ Pa}$ ga teng.

Pe'zometrlar odatda vertikal qo'yilgan shisha quvurlardan iborat bo'lib uni osti qismi bosimi o'lchanayotgan nuqtasida bo'ladi. (masalan, A nuqta 2.26.1-rasm) ustki qismi ochiq bo'lib atmosfera bosimiga ega pe'zometrda h_n ko'rsatkich suyuqlik ustuni qiymati ortiqcha (manometrik) bosim miqdorini ifodalaydi.

$$p = \gamma h_n, \quad (2.26.1)$$

bu yerda, h_n - pe'zometr naporni ifodalaydi.

Eslatib o'tilgan pe'zometrlar ko'pincha laboratoriya sharoitidagi bosimni o'lchashga asoslangan, bu o'lchov asbobini qulayligi shundaki

o'lashda qo'shimcha mexanizmlar ishlatilmay oddiy chizg'ich yordamida o'lchanadi.

Ammo bunday pe'zometrlarning balandligi 5 m gacha bo'lishi mumkin. Pe'zometr sifatida har qanday suv bilan ta'minlangan quduq, o'ra va boshqa usti ochiq bo'lgan havzalardagi suv chuqurligini o'lchash natijasi h_n -miqdorini ifodalaydi.

Manometrlar uchun esa ko'pincha mexanik manometrlar (2.26.1-rasmda) qo'llaniladi. ayrim hollarda suyuqlik manometrlari ishlatilindi.



2.26.1-rasm. Manometr

Barcha manometrlar to'liq bo'lmagan ortiqcha yoki manometrik bosimni o'lchaydi.

$$p_{atm} - p_{ori} = p - p_{atm} \quad (2.26.2)$$

Manometrlarni pe'zometrlarga nisbatan afzalligi shundaki ularning o'lchash chegarasi keng ammo ular kamchiliklardan holi emas, ularni ko'rsatkichlari har doim kuzatib boriladi. Manometrlar hozirgi vaqtdagi ishlab chiqariladiganlari XUB asosida MPa yoki kPa. Shunga qaramay chet davlatlarda ishlab chiqarilgan manometrlar ishlatib kelinmoqda, ular ko'rsatkichlari kgk/sm² ni ko'rsatadi, uni ko'rsatkichi atmosfera bosimdan yuqori qiymatni beradi.

Vakuummeter tashqi ko'rinishi manometrغا (2.26.1-rasmga) o'xshash bo'ladi. Vakuummeterlar atmosfera bosimdan past qiymatni o'lchaydi u miqdor p_{vak} asbobga to'liq va atmosfera bosimga bog'liq u quyidagi formula bilan hisoblanadi.

$$p_{vak} = p_{atm} - p \quad (2.26.3)$$

Ya'ni vakuum – atmosfera bosim va to'liq bosim ayirmasiga teng ekan. P_{vak} – vakuum bosim atmosfera bosimdan katta qiymatga ega bo'lmaydi, ya'ni uning chegara qiymati $P_{vak} = 100\ 000\text{ Pa}$, chunki to'liq bosim absolyut noldan kichik bo'lishi mumkin emas.

Pe'zometrik balandlik bilan P_{man} – manometrik bosim yoki ortiqcha P_{art} bosim va P_{vak} vakuummetrik bosimlar orqali bog'lanishni quyidagi misollar orqali farqlarini ko'rsatamiz:

– pe'zometr ko'rsatkichi $h_n = 160\text{ sm}$ suv ust. Bo'lsa manometrik bosim XUB birlikda $P_{atm} = P_{vak} = 16000\text{ Pa}$ va to'liq bosim

$$p = 100\ 000 + 16000 = 116\ 000\text{ Pa}$$

– manometr ko'rsatkichi $P_{man} = 2,5\text{ kgk/sm}^2$ suv ustuni bo'yicha $h_n = 25\text{ m}$ va to'liq bosim XUB birlikda $p = 0,35\text{ MPa}$;

– vakuummetr $P_{vak} = 0,04\text{ MPa}$ ko'rsatkichda, to'liq bosim

$$P = 100\ 000 - 40\ 000 = 60\ 000\text{ Pa},$$

bu 60% P_{art} bosimni tashkil etadi.

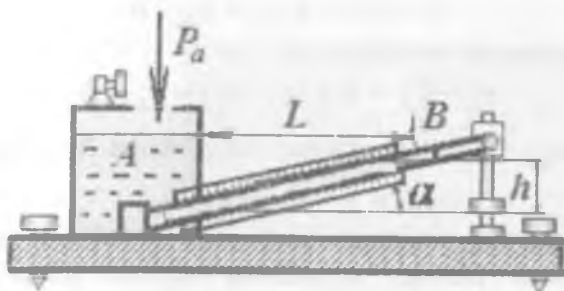
Masalalarni yechimini aniqlashda biror birlikdan ikkinchi o'lchov birlikiga o'tishini ta'minlaydi.

Mikromanometr – juda kichik bosimlarni o'lchash uchun ishlatiladi va suyuqlik sathining o'zgarishi sezilarli darajada bo'lishi uchun suyuqlik to'ldirilgan idishga shisha naycha qiya burchak ostida ulangan bo'ladi 2.26.2-rasmda.

U holda idishdagi chegirma bosim quyidagicha aniqlanadi: $P = \gamma h$ bo'lgani uchun

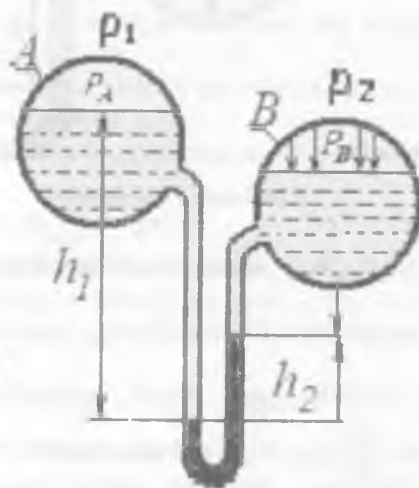
$$P = \gamma L \sin \alpha, \quad (2.26.4)$$

shisha naychani qiyalik burchagi α , qancha kichik bo'lsa bosim shuncha aniq o'lchanadi. Ko'p hollarda manometr shisha naychani qiyalik burchagini o'zgaruvchan qilib ishlanadi, bu esa mikromanometrlarning qo'llash sohasi kengayadi.



2.26.2-rasm. Mikromanometr

Differentsial manometrlar-ikki idishdagi bosimlar farqlarini o'lchash uchun ishlatiladi 2.26.3-rasmda. Bosimlarni P_A va P_B ga teng bo'lgan ikki idish simobli U -simon naycha oqali tutashtirilgan. Bu holda $\bar{N}$ nuqtadagi bosim birinchi idishdagi bosim quyidagicha ifodalanadi.



2.26.3-rasm. Differentsial manometr

$$P_c = P_a + \gamma_1 h_1 \quad (2.26.5)$$

Ikkinchi idishdagi bosim orqali esa

$$P_c = P_a + \gamma_1 h_2 + \gamma_{sm} \cdot h \quad (2.26.6)$$

U holda idishlardagi bosimlar farqi

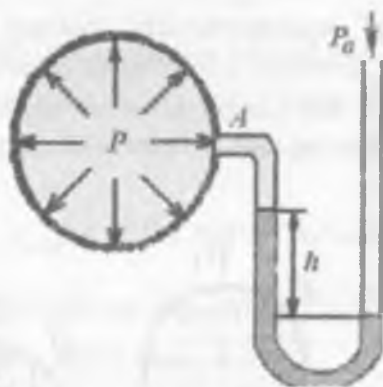
$$P_a - P_b = \gamma_1 (h_2 - h_1) + \gamma_{sm} \cdot h \quad (2.26.7)$$

Ikki idishdagi suyuqliklar sathi teng bo'lganda esa $h_2 - h_1 = h$ va

$$P_a - P_b = \gamma_1 (\gamma_{sm} - \gamma_1) h \quad (2.26.8)$$

Vakuummترلar. Tuzilishi xuddi suyuqlik U -simon manometrغا o'xshash bo'lib, idishdagi siyraklanish darajasini aniqlaydi 2.26.4-rasmda.

Gidrostatik bosim tenglamasiga asosan $P + \gamma_{sm} h_{sm} = P_{at}$

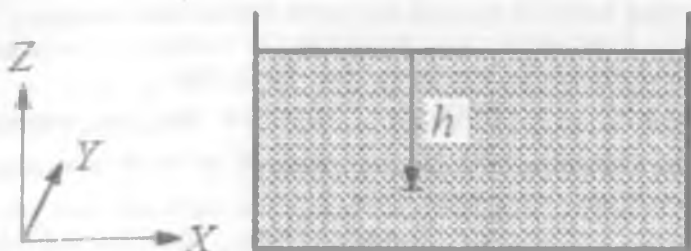


u holda

2.26.4-rasm. Vakuummeter

$P = P_{at} - \gamma_{sm} h_{sm}$ simob ustunining pasayishi idishdagi bosim va P_a orqali quyidagicha ifodalanadi: $h_{sm} = \frac{P_a - P}{\gamma_{sm}}$.

Doimiy zichlikka ega Statik suyuqlikda biz yuqorida ko'rsatilganidek $\frac{dp}{dz} = -\rho g$ nisbatiga egamiz. Buni quyidagini olish uchun integrallasa bo'ladi $p = -\rho g z + \text{const}$



2.26.5-rasm. Bakdagi suyuqlik bosim darajasini aniqlash

Erkin sathli suyuqlikda istalgan z chuqurlikdagi bosim erkin sathdan hisoblaniladi.

Demak, $z = -h$ (yuqoridagi rasmga qarang).

Bu $p = -\rho g z + \text{const}$ bosimini beradi.

Biz odatda ish olib boradigan suyuqliklar sathida bosim atmosfera bosimi sifatida ko'riladi.

So, $p = -\rho g h + p_{\text{atm}}$ biz va boshqa barcha narsalar shu atmosfera bosimi ostida harakatlanar ekanmiz, uni boshlang'ich nuqta sifatida qarash qulayroq bo'ladi.

Shuning uchun ham biz bosimni atmosfera bosimidan teparoq yoki pastroq olishimiz kerak bo'ladi.

Bu tarzda ko'rsatilgan bosimni manometr bosim sifatida ma'lum, ya'ni:

Manometr bosim $p_{\text{man}} = \rho g h$

Bosimning istalgan pastki chegarasi 0 ga teng – bu ideal vakuumdagi bosimdir. Bu kattalikdan katta qilib o'lchangan bosim absolyut bosim hisoblanadi, ya'ni:

Absolyut bosim

$$p_{\text{abs}} = p_{\text{atm}} + \rho g h \quad (2.26.9)$$

Absolyut bosim = Manometrik bosim + Atmosfera bosim

Biz g ni (taxminiy) doimiy deb olsak, manometrik bosimni shu bosimga teng bo'lgan ρ , zichlikdagi istalgan vertikal balandlikdagi suyuqlikni bergan holda olish mumkin bo'ladi.

$$p = \rho g h \quad (2.26.10)$$

Vertikal balandlik suyuqlik oqinining kuchi sifatida ma'lum
 Ilova: Agar bosim o'qi kuchi sifatida ko'rsatilgan bo'lsa, u holda suyuqlikning zichligini ham ko'rsatish kerak bo'ladi.

Masalan, $\rho = 1000 \text{ kgm}^{-3}$ zichlikka ega suv ustunining balandligi atamasida 500 kN m^{-2} bosimini ko'rsatishimiz mumkin.
 $p = \rho gh$ dan foydalangan holda.

$$h = \frac{p}{\rho g} = \frac{500 \cdot 10^3}{1000 \cdot 9,81} = 50,95 \text{ m}$$

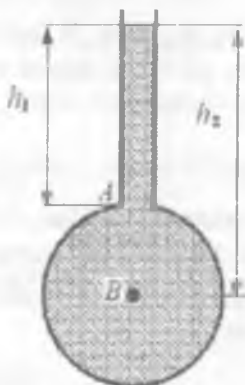
Merkuriy nuqtai nazaridan $\rho = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kgm}^{-3}$ zichligi bilan.

$$h = \frac{500 \cdot 10^3}{13,6 \cdot 10^3 \cdot 9,81} = 3,75 \text{ m.}$$

Oqim kuchi va bosim o'rtasidagi nisbat bosimni manometr (suyuqlik indikator) sifatida ham ma'lum) yordamida o'lchash uchun kerak bo'ladi.

Tahlillarni namoyish qilish va bosimni o'lchash uchun turli xildagi manometrlardan foydalanish.

P'ezometrik manometr. Eng oddiy manometr bu tepasi ochiq, idishning tepa qismiga mustahkamlangan, ichida bosimi (atmosfera bosimidan yuqori) o'lchanishi kerak bo'lgan suyuqlikka ega quvurdir. Riko pastda 2.26.6-rasmda ko'rsatilgan. Bu oddiy uskuna P'ezometr trubkasi sifatida ma'lum. Trubkaning og'zi atmosfera uchun ochiqdir. Uning bosimi esa atmosfera bosimiga nisbatan o'lchangan. Shuning uchun manometrik bosim:



2.26.6-rasm. P'ezometr trubkasi

P'ezometr trubkasidagi A dagi manometr bosim = A dan yuqori suyuqlik ustunida aniqlangan bosim quyidagicha $p_A = \rho g h_1$, B dagi bosim = B dan yuqori suyuqlik ustuni sababli paydo bo'lgan bosim.

$$p_B = \rho g h_2 \quad (2.26.11)$$

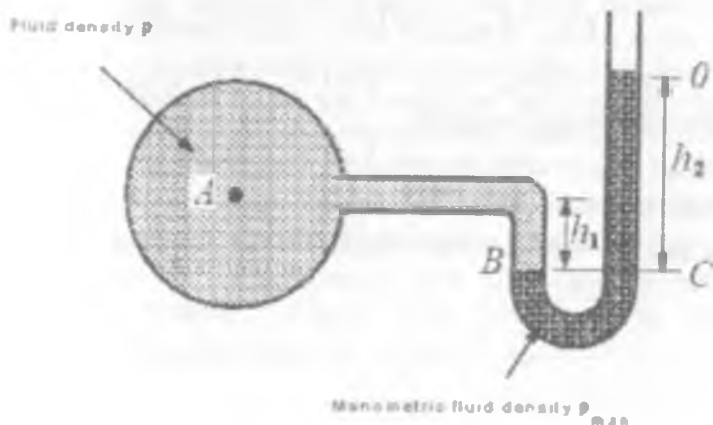
Bu usul faqatgina suyuqliklar uchun (gazlar uchun emas) va balandlikni o'lchash mumkin bo'lgan hollardagina qo'llanilishi mumkin. U juda katta yoki juda kichkina bo'lishi kerak emas va bosimdagi o'zgarishlar aniqlanishi kerak.

Manometr "u" –trubkasi.

"U" – trubkasidan foydalanish bitta uskuna yordamida suyuqliklar va gazlarning bosimini o'lchash imkonini beradi. "U" pastdagi rasmda ko'rsatilganidek, bog'langan va manometrik suyuqlik bilan to'ldirilgan. Uzlaksiz statik suyuqlikdagi bosim istalgan gorizontal bosqichda bir xil bo'ladi. Shuning uchun, B bosim = C nuqtasidagi bosim $p_B = p_C$ Bir tomondan B dagi bosim = A dagi bosimga + o'lchanayotgan suyuqlikning h_1 balandlik bosimi

$$p_B = p_A + \rho g h_1 \quad (2.26.12)$$

Boshqa tomondan C dagi bosim = D dagi bosim + bosim balandligi manometrda suyuqlikning h_2 balandlik bosimi



2.26.7-rasm. "U" –Trubkali manometr

$$p_C = p_{Atm} + \rho_{man}gh_2 \quad (2.26.13)$$

Biz manometrik bosimni o'lchayotgan ekanmiz. biz p_{Atm} atmosfera bosimni olib tashlashimiz mumkin bo'ladi U holda

$$p_B = p_C$$

$$p_A = \rho_{man}gh_2 - \rho gh_1 \quad (2.25.14)$$

O'lchanayotgan suyuqlik gaz bo'lsa manometrik muhit zichligiga nisbatan zichlik juda past bo'lishi mumkin: ya'ni, $\rho_{man} \gg \rho$. Bu holda ρgh_1 bo'lagini olib tashlash quyidagi manometrik bosimni bersa bo'ladi.

$$p_A = \rho_{man}gh_2 \quad (2.25.15)$$

"U" – trubka manometri yordamida bosimlarning to'g'rililigini o'lchash: Agar U shimon trubkali manometr idish bilan ikkita nuqtada bosim ostida bog'langan bo'lsa, u holda ushbu ikkita nuqta o'rtasidagi bosimlarning to'g'rililigini o'lchash mumkin bo'ladi.

Agar manometr yuqoridagi 2.28.8-rasmda ko'rsatilganidek joylashgan bo'lsa, u holda C dagi bosim = C nuqtasidagi bosim:

$$p_C = p_D$$

$$p_C = p_A + \rho gh_a$$

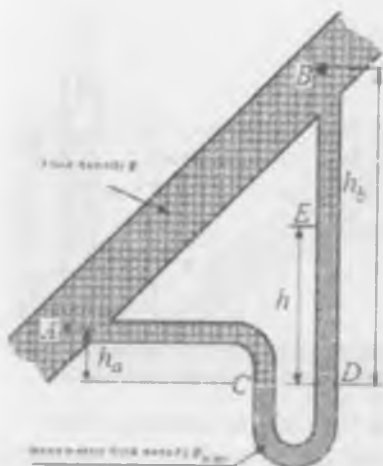
$$p_D = p_B + \rho g(h_b - h) + \rho_{man}gh \quad (2.26.16)$$

$$p_A + \rho gh_a = p_B + \rho g(h_b - h) + \rho_{man}gh$$

Bosimlar farqini bera turib:

$$p_A - p_B = \rho g(h_b - h_a) + (\rho_{man} - \rho)gh$$

Agar bosimlari to'g'rililigi o'lchanayotgan suyuqlik gaz bo'lsa va $\rho_{man} \gg \rho$, u holda r ning ishtirokchilarini e'tiborga olamiz.



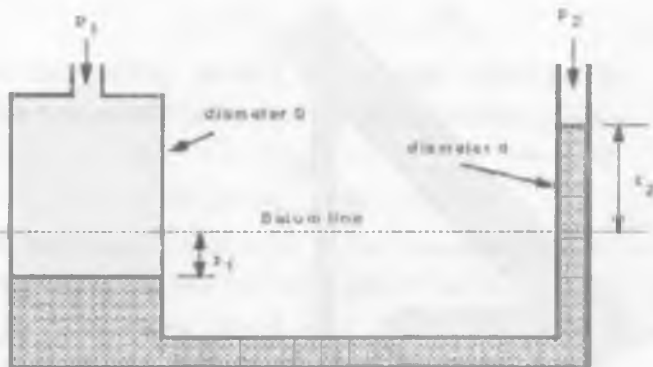
2.26.8-rasm. "U" –Trubkali manometr yordamida bosimlarning to'g'rililigini o'lchash

Shuning uchun ham:

$$P_A - P_B = \rho_{man} g h \quad (2.26.17)$$

Quvvurlik "U" simon manometriga o'tish: U-simon trubkali manometrning kamchiligi shundan iboratki, balandlikning o'zgarishlarini ikki tomondan o'lchash kerak. Agar bir tomon diametri ikkinchi tomonga nisbatan juda katta bo'lsa buni bartaraf qilish mumkin bo'ladi. Bu holda kichik diametrli tomon ancha ko'p harakatlangan, bir paytda kattaroq diametrli tomon kam harakatlanadi.

Tasavvur qilib ko'raylik. gaz bosimlarini turlichaligini o'lchash uchun (kichik zichlikni e'tiborga olmagan holda) manometr yuqoridagi rasmdagidek joylashtirilgan. Bosimlarning turlicha bo'lishligi $P_1 - P_2$ ga teng. Agar bazaviy chiziq bosimlarning turlicha bo'lishliga 0 ga tengligini ko'rsatgan holda manometrik suyuqlikning sathini ko'rsatsa va balandliklarning turli xil bo'lganligi berilgan bosimlarda ko'rsatilsa, u holda chap tarafdin o'ng tarafga o'tkazilayotgan suyuqlik hajmi $= z_2 \cdot (\pi d^2 / 4)$:



2.26.9-rasm. Quvvurlik "U" simon manometriga o'tish

va chap taraf sathining tushishi:

$$z_1 = \frac{\text{Viume moved}}{\text{Area}} = \frac{z_2 (\pi d^2 / 4)}{\pi D^2 / 4} = z_2 \left(\frac{d}{D} \right)^2$$

"U" trubkali manometr qoyidasidan bizga ma'lum bo'ldiki, ikki ustunchalarda farq qiluvchi balandlik, bosimning farqlanishini beradi, shuning uchun:

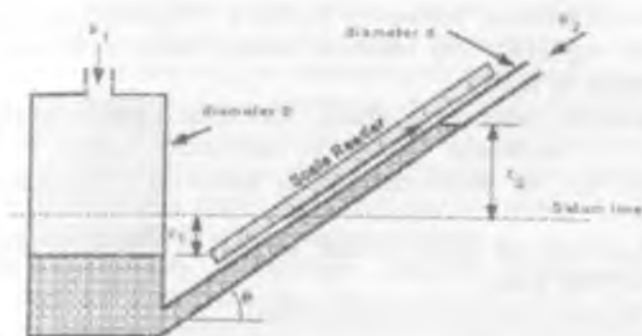
$$p_1 - p_2 = \rho g \left[z_1 + z_2 \left(\left(\frac{d}{D} \right)^2 \right) \right] = \rho g z_2 \left[1 + \left(\frac{d}{D} \right)^2 \right] \quad (2.26.18)$$

Ma'lumki, agar D , d dan ancha katta bo'lsa, u holda $(d/D)^2$ juda kichik bo'ladi shuning uchun ham,

$$p_1 - p_2 = \rho g z_2 \quad (2.26.19)$$

Shu sababdan ham bosimning to'g'riiligidini o'lchash uchun faqat bitta ko'rsatkichdan foydalanish zarur bo'ladi.

Agar o'lchanayotgan bosim juda kichik bo'lsa, u holda dastakni ag'darish manometrnig kattaroq ko'chishiga qulayroq uslubni ta'minlaydi. Yuqorida keltirilgan qiya dastakli uskuna 2.26.10-rasmda ko'rsatilgan.



2.26.10-rasm Qiya manometr

Bosimlarning to'g'rililigi endi ham manometrik suyuqlikning balandligini o'zgartirish orqali aniqlanadi, biroq shkalani qiya dastak chizig'i bo'ylab o'rnatish kerak bo'ladi va bu hisoblashda katta harakatlar kuzatiladi. Bosimning farqi esa quyidagicha bo'ladi:

$$p_1 - p_2 = \rho g z_2 \quad (2.26.20)$$

$$\rho g x \sin \theta$$

Bosimning o'zgarishiga sezuvchanlik manometrik idishning kuchli egilishi hisobiga kattalashishi mumkin, aks holda manometrda suyuqlikning zichligi o'zgarishi mumkin.

Manometrlarni tanlash: Idishga manometr mustahkamlanish jarayonida chtiyotkorlikka e'tibor berish kerak bo'ladi, bo'g'im atrofida g'adir-budurlar bo'lishi kerak emas. G'adir-budurlar o'lchashga ta'sir ko'rsatuvchi bosimni lokal tebranishlarini yuzaga keltirgan holda oqimni o'zgartirib yuboradilar.

- Manometrlarning ba'zi kamchiliklari: sekin aks – manometr juda sekin o'zgaruvchi bosim uchun foydalidir – bosimning tebranish holatlarida, umuman ko'p hollarda foydalanilmaydi;

- “U” manometri uchun h ko'rsatkichini bir paytda olish uchun bir vaqtning o'zida ikkita o'lchov ishini amalga oshirish lozim. Buni faqatgina manometrnin bir tarafida boshqa tarafiga nisbatan katta ko'ndalang kesishuvli maydonli trubkadan foydalanilagina bartaraf qilish mumkin bo'ladi;

- ko'p hollarda bosimning kichkina o'zgarishlarini o'lchash qiyinchilik tug'diradi, shu sababdan boshqa manometrik suyuqlikka ehtiyoj paydo bo'ladi.

- muqobil (alternativ) sifatida qiya manometrda foydalanish mumkin; u bosimning yuqori ko'rsatkichlari uchun foydalana olinmaydi, agar bir necha manometrlar ketma-ket o'zaro ulaninagan bo'lsalar;

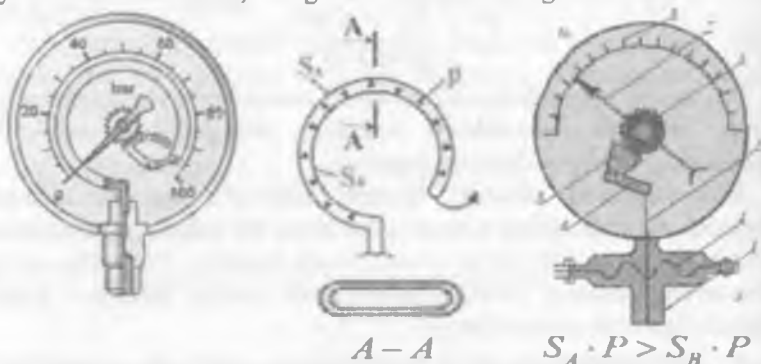
- juda aniq ish uchun harorat, harorat va o'rtasidagi bog'liqlik ma'lum bo'lishi kerak;

- manometrlarning ba'zi ustunliklari:

- ular juda oddiylar;

- almashtirish uchun ehtiyoj bo'lmaydi – bosimni birinchi qoydalari asosida hisoblash imkoni bor.

Mexanik asboblalar (katta bosimlarni o'lchash uchun ishlatiladi va buning uchun turli mexanik jihozlardan foydalanadi): 2.26.11-rasmining a) **Purjinali manometr** ichi bo'sh yupqa egik latun 1 naychadan iborat bo'lib, uning bir uchi kavsharlangan.



2.26.11. a-rasm. Purjinali manometr. 2.26.11. b-rasm. Membranaali manometr

Shu uchi zanjir ikkinchi uchi bilan tishli uzatma uchinchu uchiga ilashtirilgan bo'ladi.

Ikkinchi uchi esa bosimi o'lchanishi zarur bo'lgan idishga bo'yin to'rtinchi uchi orqali tutashtiriladi. Egik latun naycha havo bosimi ta'sirida to'g'rilanishga harakat qiladi va natijada tishli uzatma

yordamida strelkaning burilishiga sabab bo'ladi. Bunday manometrlarda bosimni ko'rsatuvchi shkala chiziqlari bor.

(2.26.11. b-rasmning) esa *membranali manometr* yupqa temir plastinkadan iborat bo'lib, u membrana deb ataladi. Suyuqlik bosimi idish bilan tutashtiruvchi bo'yincha orqali o'tib, membranani egadi va egilish natijasida uzatuchi qismlar orqali strelka harakatga keladi va shkala bo'yicha surilib qancha bosim borligini ko'rsatadi.

1. Modda miqdorini o'lchaydigan asboblari.

Modda miqdorini o'lchaydigan asboblari *hisoblagichlar* deb ataladi. Hisoblagichlar o'zlaridan o'tgan modda miqdorini istalgan vaqt (sutka, oy va hokazo) mobaynida o'lchaydi. Uning miqdori hisoblagich ko'rsatkichlari farqi bilan aniqlanadi. Modda miqdori hajm (litr, m^3) yoki massa (kg, t.) birliklarida ifodalanadi. Hisoblagichlar bevosita o'lchash asboblari bo'lib, ularning shkalasi bo'yicha olingan ko'rsatkichlar qo'shimcha hisoblashni talab qilmaydi.

Sarf o'lchash uchun ishlatiladigan asboblari *sarf o'lchagichlar* deb ataladi. Moddani berilgan kanali kesimi orqali vaqt birligi ichida o'tgan miqdori modda sarfi deyiladi. Sarf o'lchaydigan asboblari o'niy sarfini o'lchaydi va texnologik rejimlar (ayniqsa uzluksiz jarayonlarda) ishining barqarorligini nazorat qilishga, texnologik jarayonning o'tishini har bir onda avtomatik ravishda rostlashga va rejimni berilgan yo'nalishda sozlashga imkon beradi.

Moddani hajmiy sarfi l/s , m^3/s , $m^3/soat$, massa sarfi esa kg/s , $kg/soat$, $t/soat$ va hokazolarda ifodalanadi. Asboblari hisoblagichlar (integratorlar) bilan ta'minlanishi mumkin, unda bu asboblari hisoblagichli sarf o'lchagichlar deyiladi. Bunday asboblari modda sarfi va miqdorini o'lchashga imkon beradi. Sanoatda keng tarqalgan hisoblagichlar va sarf o'lchagichlar ishlash prinsipi va tuzilishlariga ko'ra bir qancha guruhlariga bo'linadi (GOST 15528-70).

Suyuqlik va gazlarning miqdorini o'lchaydigan hisoblagichlar quyidagi asosiy guruhlariga ajratiladi:

1) hajm hisoblagichlari; 2) tezlik hisoblagichlari; 3) vazn hisoblagichlari.

Ishlab chiqarishda suyuqlik, bug' va gazlarning sarfini o'lchaydigan asboblarning quyidagi turlaridan foydalaniladi:

1. Bosim farqlari o'zgaruvchan sarf o'lchagichlar.

2. Bosim farqlari o'zgarmas sarf o'lchagichlar.

3. Tezlik bosimi sarf o'lchagichlari.

4. O'zgaruvchan sathli sarf o'lchagichlar.
5. Induksion sarf o'lchagichlar.
6. Ultratovush sarf o'lchagichlar.
7. Kalorimetrik (issiqlik) sarf o'lchagichlar.
8. Ionizatsion sarf o'lchagichlar.

O'lchanayotgan moddaning turiga ko'ra sarf o'lchagichlar suv, mazut, bug', gaz va hokazolar o'lchagichlarga bo'linadi.

2. Hajm hisoblagichlar.

Suyuqlik va gazlar miqdorini o'lchashga mo'ljallangan hisoblagichlar o'zlarining ishlash prinsipiga ko'ra hajm, tezlik va vazn hisoblagichlariga bo'linadi. Ko'proq hajm va tezlik hisoblagichlari ishlatiladi. Gaz miqdorini o'lchashda hajm hisoblagichlaridan foydalaniladi.

Vaqt oralig'i $t_1 - t_2$ dagi oqim, massa va energiya yig'indisini ko'rsatuvchi o'lchash asbobi hisoblagich deb ataladi. Hisoblagichlar o'z funktsiyasini quyidagi formulaga muvofiq bajaradi:

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} g \cdot dt \quad (2.26.21)$$

bu yerda, Q – vaqt oralig'ida sarflanadigan modda miqdori;

g – vaqt birligi ichida modda yoki energiya sarfi.

Hajm hisoblagichlari modda miqdorini hajm bo'yicha, tezlik hisoblagichlari esa oqim tezligi bo'yicha o'lchaydi. Ikkala hisoblagich ham moddaning asbob ishlab turgan vaqtda undan o'tgan umumiy miqdorini ko'rsatadi. Ma'lum vaqt oralig'idagi modda miqdorini aniqlash uchun olingan davrning boshlanishi va oxiridagi hisoblagich ko'rsatishini belgilash kerak. Hisoblagich ko'rsatishlarining farqi shu davr ichida asbobdan o'tgan modda miqdoriga teng bo'ladi.

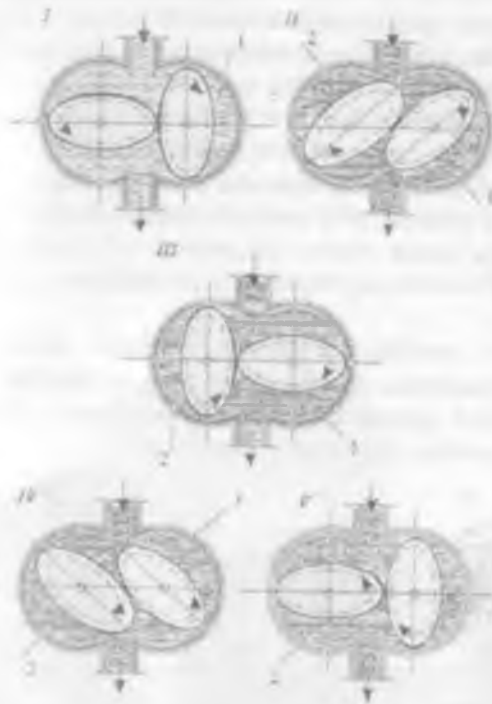
Hajm hisoblagichlarining ishlash prinsipi suyuqlik yoki gaz oqimi muayyan miqdorga – *portsiya* (doza)larga bo'linib sarflanishi va bu portsiyalar sonini hisoblash yo'li bilan sarflanayotgan modda miqdorini aniqlashga asoslanadi.

Sarflanayotgan portsiyalar soni yig'indisi hisoblash mexanizmi yordamida aniqlanadi. Hajm hisoblagichlari asosan toza, mexanik aralashmalarsiz bo'lgan suyuqlik va gazlar miqdorini o'lchashga mo'ljallangan. Ularning asosiy afzalliklari o'lchash xatoligining kichikligi va o'lchash diapazonining kattaligidir.

Tuzilishiga ko'ra hajm hisoblagichlari ovalsimon shesternyali, rotatsion, porshenli, diafragmal, barabanli va boshqa xil turlarga bo'linadi.

Suyuq moddalar miqdorini o'lchash uchun ovalsimon shesternyali va porshenli hisoblagichlar keng qo'llaniladi. 5-rasmda ovalsimon shesternyali hisoblagichning prinsipial sxemasi ko'rsatilgan.

Shesternyalar oqimining kirishiga ko'ra bir-birini ketma-ket harakatga keltiradi. Ular aylanganda shesternya ovali va o'lchash kamerasi devori bilan cheklangan suyuqlikning muayyan hajmi chiqarib yuboriladi.



2.26.12-rasm. Ovalsimon shesternyali hisoblagich sxemasi

Shesternyaning bir marta to'liq aylanishida hisoblagich o'lchov kamerasining hajmi yig'indisiga teng bo'lgan to'rtta ma'lum hajmdagi suyuqlik oqib o'tadi. Hisoblagichdan o'tgan suyuqlik miqdori shesternyalarning aylanishlar soniga ko'ra aniqlanadi 1-holatda

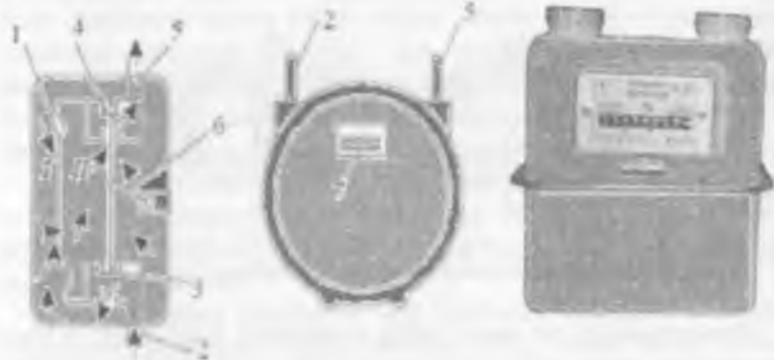
(2.26.12-rasm) suyuqlik o'ng shesternyani soat strelkasi harakati yo'nalishida aylantiradi, o'ng shesternya esa o'z navbatida chap shesternyani soat strelkasi harakati yo'nalishiga qarshi aylantiradi.

Bu holatda o'ng shesternya suyuqlikning I-qismini chiqarib tashlaydi. II holatda chap shesternya suyuqlikning yangi 2-qismini chiqaradi, o'ng shesternya esa avval chiqarilgan I-hajmli hisoblagichning chiqishmasiga uzatadi. Ish paytida aylantiruvchi moment ikkala shesternyaga ham ta'sir qiladi. III holatda chap shesternya yetaklovchi bo'lib, suyuqlikning 2-hajmini chiqaradi. IV holatda o'ng shesternya 3-hajmni chiqarishni tamomlaydi, chap shesternya esa 2-hajmni hisoblagichga kiritadi. V holatda 3-sig'im batamom chiqariladi, ikkala shesternya ham yarim aylanishni bajarib, o'ng shesternya yana yetaklovchi bo'lib qoladi.

Shesternyalar aylanishining ikkinchi yarmi yuqoridagidek o'tadi. Suyuqlikning hajmi shesternyalar aylanishiga mos.

Ovalsimon shesternyali suyuqlik hisoblagichlari $0,8 \div 36 \text{ m}^3/\text{soat}$ diapazondagi o'lchashlarni ta'minlaydi. Shartli o'tish diametrlari $15 \div 80 \text{ mm}$, asbobning xatosi $\pm 0,5\%$, ish bosimi $1,57 \text{ MPa}$ (16 kgk/sm^2). Hisoblagich o'rnatilishidagi bosimning yo'qotilishi taxminan $0,02 \text{ MPa}$ ($0,2 \text{ kgk/sm}^2$).

Gazsimon moddalar miqdorini o'lchash uchun diafragmali, rotatsion va barabanli hisoblagichlar keng qo'llaniladi. 39.2-rasmda NPM-04 markali gazsimon moddalarni miqdorini o'lchash tipidagi diafragmali hisoblagich sxemasi ko'rsatilgan.



2.26.13-rasm. GKF tipidagi diafragmali hisoblagich

Diafragma I bilan bo'lingan hisoblagichning ikki kamerasi (I va II) ma'lum sikl bo'yicha gazga to'lib va bo'shab turadi.

Bu kameralar richag 6 orqali klapanlar 3-4 bilan bog'langan bo'lib, yuqorigi klapanlar berkilganda gaz I kameraga, pastki klapanlar berkilganda II kameraga o'tadi. Gaz I kameraga kirganda uning bosim kuchi diafragmani o'ng tomonga suradi, II kamera toraya boshlaydi va undagi gaz miqdori bir portsiya bo'lib, teshik 5 orqali sarfga o'tadi. Diafragma o'ngga surilib ma'lum oraliqqa kelganda, richag 6 pastki klapanlarni berkitadi. Endi gaz II kameraga yig'iladi va diafragmani chapga surib I kameradagi gazni teshik 5 orqali sarfga chiqaradi. Diafragma ma'lum oraliqqa surilganda richag 6 endi yuqorigi klapanlarni yopadi, gaz I kameraga yig'iladi. Shunday qilib, kameralardan teng miqdordagi gaz portsiyalari ma'lum sikl bo'yicha sarfga chiqib turadi. Richagning har bir sikldagi harakati hisoblagich 7 siferblatining shkalasida hisoblanib turadi.

Rotatsion hisoblagich (2.26.14-rasm) ko'p miqdordagi gaz hajmini o'lchashga mo'ljallangan. Bu asbobda o'lchov 8 raqami ko'rinishidagi ikkita rotor 1 yordamida bajariladi. Bu rotorlar g'ilof 2 ichida aylanadi. Hisoblagichga gaz turli filtniing kirish tarmog'i orqali keladi.



2.26.14-rasm. Rotatsion hisoblagich

3. Suyuqlik miqdorini o'lchaydigan tezlik hisoblagichlari.

Rotorlardan biri asbobdan o'tgan gaz hajmini ko'rsatuvchi hisoblash mexanizmi bilan bog'langan. Hisoblagichning o'lchash hajmi g'ilof devori va rotorlar orasidagi kamera orqali aniqlanadi.

Rotatsion hisoblagichlar $40 \div 40000 \text{ m}^3/\text{soat}$ sarfni o'lchashga mo'ljallab chiqariladi. Ish bosimlari: 0,1; 0,6; 1,6 va 6,4 mPa. Shartli o'tish diametrlari 50 ÷ 1200 mm. Asboblarning aniqlik klassi 1 va 1,5. Hisoblagich o'rnatilishidagi bosim sarfi (yo'qotilishi) $35 \div 40 \text{ mm suv. ust. dan}$ oshmaydi.

Suyuqlik miqdorini o'lchaydigan tezlik hisoblagichlari harakatdagi oqimning o'rtacha tezligini o'lchash prinsipiga asoslangan.

Suyuqlik miqdori oqim harakati tezligi bilan quyidagi nisbat orqali bog'langan:

$$Q = \mathcal{Q}_{\text{ort}} \cdot S, \quad (2.26.21)$$

bu yerda, Q – hajmiy sarf, m^3/s ; $\mathcal{Q}_{\text{ort}}$ – oqimning o'rtacha tezligi, m/s ; S – oqimning ko'ndalang kesim yuzi, m^2 .

Oqim yo'liga o'rnatilgan parraklarning aylanish soniga qarab asbobdan o'tgan suyuqlik miqdorini aniqlash mumkin. Parraklar aylanishining tezligi oqim tezligiga proporsionaldir:

$$n = K \cdot \mathcal{Q}_{\text{ort}}, \quad (2.26.22)$$

bunda n – parraklarning aylanish soni, $1/\text{s}$; K – asbobning geometrik hajmiga bog'liq bo'lgan doimiysi, m^{-1}

Agar (1.2) tenglamani nazarda tutsak:

$$n = K \cdot \frac{Q}{S}. \quad (2.26.23)$$

Parraklarning τ vaqt ichidagi aylanishlar soni asbobdan shu vaqt ichida o'tgan modda sarfiga proporsional:

$$N = n\tau = \frac{K}{S} \cdot Q\tau. \quad (2.26.24)$$

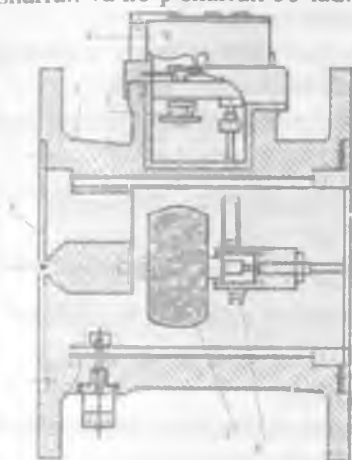
Parraklarning shakliga ko'ra tezlik hisoblagichlari ikki guruhga bo'linadi: spiralsimon va qanotli.

Spiralsimon parraklar o'lchanayotgan oqimga nisbatan parallel, qanotli parraklar esa oqim o'qiga perpendikulyar joylashadi. Spiralsimon parrakli tezlik hisoblagichlari ko'p miqdordagi suv sarfini o'lchashda ishlatiladi. 8-rasmda spiralsimon (gorizontal) parrakli (suv

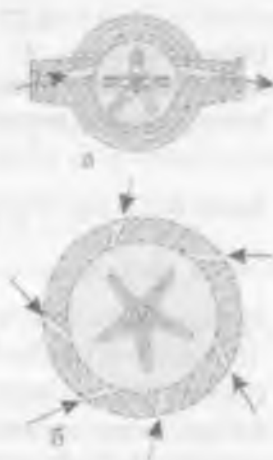
o'lgachig) hisoblagich ko'rsatilgan. Suyuqlik oqimi asbobning korpusi 1 ga kelib, sharra to'g'rilagich 5 orqali ko'p kirimli vint shaklida ishlangan parrak kurakchalari 2 ga yo'naladi. Parrakning aylanishi chervyakli juft 6 va uzatish mexanizmi 3 orqali hisoblagich 4 ga uzatiladi.

Bu hisoblagichlar $50 \div 200$ mm shartli o'tishga mo'ljallanib, sarfni $70 \div 1700 \text{ m}^3/\text{soat}$ va $\pm 2 \div 3\%$ xato bilan o'lchaydi. Muhitning bosimi $0,98 \text{ mPa}$ (10 kgk/sm^2) dan oshmasligi kerak.

Suyuqlikni parrakga keltirish usuliga ko'ra qanodli hisoblagichlar bir sharrali va ko'p sharrali bo'ladi.



2.26.15-rasm. Spiralsimon parrakli suyuqlik hisoblagichi



2.26.16-rasm. Bir sharrali (a) va ko'p sharrali (b) hisoblagichlar sxemasi

2.26.16. a-rasmda bir sharrali va 2.26.16. b-rasda ko'p sharrali hisoblagichlar sxemasi ko'rsatilgan. Bu hisoblagichlarda suyuqlik asbobning parraklariga tangentsial ravishda yo'naltiriladi. Parrakli hisoblagichlar agressiv bo'lmagan oqimda ishlasa va oqim temperaturasi 30°S dan oshmasa, ularning parragi plastmassadan tayyorlanadi. Oqim temperaturasi 90°S dan yuqori bo'lsa, parraklar jezdan tayyorlanadi.

Nazorat savollari:

1. Hisoblagichlar deb nimaga aytiladi?
2. NPM-04 tipidagi diafragmali hisoblagichni ishlash prinsipi qanday?
3. Rotatsion hisoblagichlarning ishlash prinsipi qanday?
4. NPM-04 tipidagi diafragmali hisoblagichdan qanday afzalliklari bor?
5. Suyuqlik miqdori oqim harakati tezligi qanday nisbat orqali bog'langan?

2.27. Hidrostatik bosim

Hidrostatik bosim D – bu skolyar miqdor bo'lib, suyuqlikning kuchlanganlik holatini ifodalovchi kattalikni xarakterlaydi.

Bosim nuqtadagi normal bo'yicha kuchlanganlik moduliga teng:

$$P = |\sigma|. \quad (2.27.1)$$

Bosim XO'B ligi bo'yicha paskal kattalik bilan o'lchanadi:

$$Pa = \frac{H}{m^2} \quad (2.27.2)$$

Boshqa o'lchov birliklar orqali bosim quyidagicha bog'langan:

$$10\,000\text{ Pa} = 0,1\text{ MPa} = 1\text{ kg/sm}^2 = 1\text{ at} = 10\text{ m suv ustuni}.$$

Hidrostatik bosim ikki xil xossaga ega:

1. Tinch turgan suyuqlikda gidrostatik bosim u ta'sir qilayotgan yuzaga normal bo'yicha yo'nalgan bo'ladi.

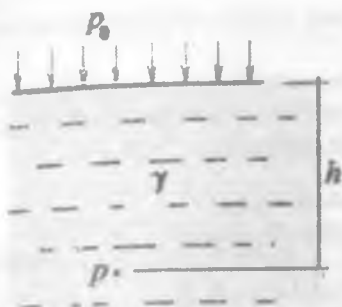
2. Hidrostatik bosim u ta'sir qilayotgan nuqtada hamma yo'nalishlar bo'yicha bir xil qiymatga ega bo'ladi.

Gidrostatikaning asosiy tenglamasi.

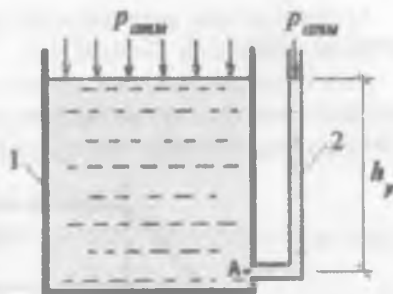
Hidrostatikaning asosiy tenglamasiga quyidagicha ta'rif berish mumkin: suyuqlik ichidagi bosim P suyuqlikka berilayotgan tashqi bosim P_0 bilan suyuqlik ustuni og'irligi γh yig'indisiga teng; ya'ni

$$p = p_0 + p_* = p_0 + \gamma h \quad (2.27.3)$$

bu yerda, h -suyuqlikda ko'rilayotgan nuqtagacha bo'lgan masofa (suyuqlik yuzidan nuqtagacha bo'lgan chuqurlik) bo'lib, nuqtadagi bosimni ifodalaydi (2.27.1-rasm).



2.27.1-rasm. Gidrostatika tenglamasining umumiy sxemasi



2.27.2-rasm. Tashqi bosim o'lchash usuli

Tenglamadan ko'rinib turibdiki suyuqlik ichidagi bosim h chuqurlik bo'yicha oshib boradi va chiziqli bog'lanishga ega.

Xususiyl holida suyuqlik ochiq idishda bo'lsa ya'ni atmosfera bosim ta'sirida bo'lsa (2.27.2-rasm) tashqi bosim

$$P_0 = P_{atm} = 101325 \text{ Pa} \approx 1_{atm}.$$

U holda gidrostatikaning asosiy tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$P_0 = P_{atm} + \gamma h_n. \quad (2.27.4)$$

bu yerda, h_n – pe'zometrik balandlik. Ortiqcha bosim (manometrik bosim) P_{ort} to'liq bosimdan atmosfera bosimni ayirmasiga teng. Ochiq havzalarda ortiqcha bosim quyidagicha ifodalaniladi.

$$P_0 = P_{atm} = P - P_{atm} = \gamma h. \quad (2.27.5)$$

2.28. Arximed qonuni. Suzib yuruvchi jism muvozanati

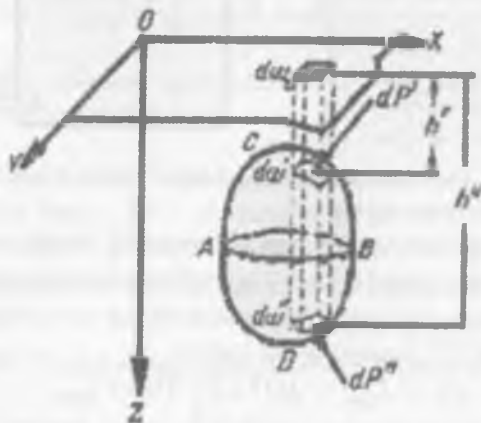
Tinch turgan suyuqlikdagi suzib yuruvchi jism muvozanati to'g'risidagi masala jismning suzuvchanligi hamda uning suvda botmay tura olish qobiliyatini o'rganish orqali yechiladi.

1. Ma'lum kuch ta'siri ostida jismning suzishi – jismning suzuvchanligini bildiradi. Masalan, kemalarning suzuvchanlik zaxirasiga ega bo'lishi kerak. Suzuvchanlik zaxirasi deb, kemanding suv ustidagi qismi hajmidagi suv og'irligiga teng bo'lgan qo'shimcha og'irlik tushuniladi.

2. Egiluvchanlik – ya'ni jismning suyuqlikda egilgandan keyin dastlabki holatiga qaytish xususiyati tushuniladi.

Arximed qonuni suyuqlik ichidagi jism sirtiga suyuqlikning bosim kuchini aniqlashda qo'llaniladi.

Aziz o'quvchi, Arximed qonuni o'rta maktab kursida quyidagicha keltiriladi: har qanday qattiq jism suyuqlikka botirilganda o'zining og'irligiga teng miqdorda suyuqlikni siqib chiqaradi.



2.28.1-rasm

Jismning sirti ixtiyoriy to'g'ri chiziqning faqat ikki nuqtasida kesishadi deb qaraylik (2.28.1-rasm). Jismning sirtini koordinata tekisligiga parallel bo'lgan vertikal tekisliklar yordamida elementar maydonchalarga bo'laylik.

U holda $d\omega'$ va $d\omega''$ maydonchalarga ta'sir qiluvchi elementar bosim o'qlarning vertikal proektsiyasi quyidagicha bo'ladi:

$$(dP')_z = p' d\omega' \cos(dP', Z) = p' d\omega'_z \quad (2.28.1)$$

$$(dP'')_z = p'' d\omega'' \cos(dP'', Z) = p'' d\omega''_z \quad (2.28.2)$$

bu yerda, p' va p'' - $d\omega'$ va $d\omega''$ maydonlar og'irlik markazlaridagi bosim.

$$p' = \gamma h' \text{ va } p'' = \gamma h'' \quad (2.28.3)$$

bundan

$$dP'_z = \gamma h' d\omega'_z; \quad dP''_z = -\gamma h'' d\omega''_z \quad (2.28.4)$$

Bundan jismning sirtidagi bosimning Oz o'qidagi proektsiyasi

$$P_z = \gamma \int_{\omega'_z} h' d\omega'_z - \gamma \int_{\omega''_z} h'' d\omega''_z = -\gamma(W'' - W') = -\gamma W \quad (2.28.5)$$

bunda, W – jism siqib chiqargan suyuqlik hajmi

W' va W'' – prizmalarning hajmi

P_z kuchini – ko'tarish kuchi deb ataymiz.

Elementar bosimning qolgan ikkita o'qdagi proektsiyasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

$$P_x = \gamma \int_{\omega'_x} h' d\omega'_x - \gamma \int_{\omega''_x} h'' d\omega''_x = 0 \quad (2.28.6)$$

$$P_y = \gamma \int_{\omega'_y} h' d\omega'_y - \gamma \int_{\omega''_y} h'' d\omega''_y = 0 \quad (2.28.7)$$

bunda, $h' = h''$ $d\omega'_x = d\omega''_x$ $d\omega'_y = d\omega''_y$

Natijada quyidagi xulosaga kelamiz:

Ichiga jism tushirilgan suyuqlikka suyuqlik bosimi ko'tarish kuchi – jism siqib chiqargan suyuqlik hajmidagi suv og'irligi yo'nalishiga qarama-qarshi miqdori bo'yicha tengdir.

$$P = \gamma W \quad (2.28.8)$$

bu yerda, γ – suyuqlikning hajmiy og'irligi

W – siqib chiqarilgan suyuqlik hajmi.

Jismning suzuvchanligi.

Agar G suyuqlik ichiga tushirilgan jism og'irligini P ko'tarish kuchidan $P = \gamma W$ kichik, ya'ni $G > P$ bo'lsa, u holda jism qalqib chiqadi. Agar $G < P$ bo'lsa, jism cho'kadi.

$$\text{Agar} \quad G = P = \gamma W \quad (2.28.9)$$

bo'lsa, suyuqlik ichida muallaq holda suzib yuradi.

Agar jism suyuqlik sirtida suzib yursa, bunda suv yuzasida suzish deyiladi. Aksincha suv osti suzish deyiladi. Bunda har ikkala holatda ham ko'tarish kuchi R jism og'irligiga teng bo'lishi kerak.

$$P = G \quad (2.28.10)$$

Agar jism butun hajm bo'yicha W_1 bir jinsli (masalan, g'o'la) hajmiy og'irligi γ_1 bo'lib, suyuqlikda γ hajmiy og'irlik bilan suzib yursa, suv ustida suzishi uchun

$$\gamma_1 W_1 = \gamma W \quad (2.28.11)$$

bundan

$$\frac{W}{W_1} = \frac{\gamma_1}{\gamma} \quad (2.28.12)$$

Suv ustida suzishi uchun esa $W_1 = W$, chunki $\gamma_1 = \gamma$.

Bir jinsli jismlarning suv sirtida suzib yurishi holatidagi jismning botishini aniqlashda qo'llaniladi.

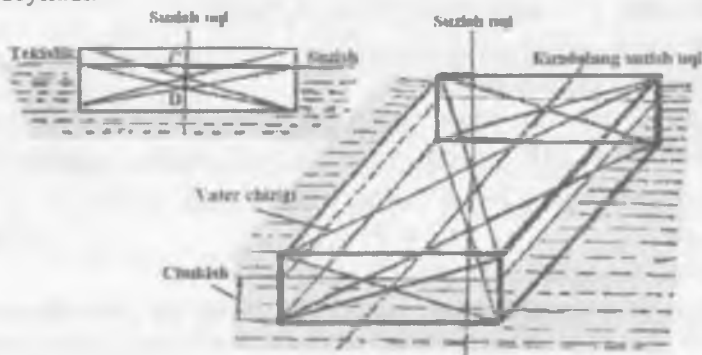
Suzib yuruvchi jismlarning cho'kishi deganda jism namlangan sirtining eng quyi nuqtasining botishi tushuniladi.

Suzib yuruvchi jismni kesib o'tuvchi suyuqlik yuzasining erkin sirtiga suzish sirti tekisligi deyiladi.

Suzib yuruvchi jism yon sirtining suzish tekisligi bilan kesishish chizig'iga vater chizig'i deyiladi.

Jismning og'irlik markazi S dan va suvning sig'im markazi D dan o'tuvchi chiziqqa suzish o'qi deyiladi (2.28.2-rasm). Vater chiziqlar bilan chegaralangan maydonning og'irlik markazi orqali o'tuvchi bo'ylama chiziqqa vater chizig'i maydonining bo'ylama o'qi deyiladi.

Bo'ylama o'qqa perpendikulyar yo'nalishdagi shu nuqtadan o'tuvchi gorizontaal chiziqqa vater chizig'i maydonining ko'ndalang o'qi deyiladi.



2.28.2-rasm

Agar suv ostida yoki suv sirtida suzayotgan jism muvozanatda bo'lsa, u holda suzish yoki vertikal holatda bo'lishi kerak. Kelgusida faqat simmetrik jismlarning suzishini ko'rib chiqamiz.

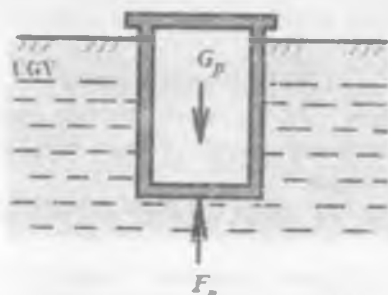
2.29. Arximed va Paskal qonunlari

Amaliyotda gidrostatika qonuniyatlariidan foydalanishda asosan qurilish ishlarida *Arximed va Paskal qonunlaridan* foydalaniladi.

Arximed qonunida jismni suyuqlikka tushirganda suyuqlik tomonida shu jismni ko'taruvchi kuch (Arximed kuchi) F_n ta'siri hosil bo'lishi quyidagi formula orqali ifodalaniladi:

$$F_n = \gamma V_m \quad (2.29.1)$$

bu yerda, γ -suyuqlik solishtirma og'irligi, V_m -jism orqali siqib chiqarilgan suyuqlik hajmi.



2.29.1-rasm. Arximed qonuniga asoslangan chizma

Qurilish amaliyotida *Arximed qonuni* masalan, yer osti havzalarini hisoblashda suv bosgandagi tuproq zarralari yuqoriga suzib chiqishida qo'llaniladi.

Shunday havzalardan sxematik ko'rinishi 2.29.1-rasmda keltirilgan.

Ana shu havzaning ma'lum qismi yer osti suv yuzasidan yuqorida joylashgan, 2.29.1-rasmda. Shunday qilib u suvni hajmini siqib chiqaradi. Bu hajm jismning suvga botirib turgan qismichalik suv hajmini beradi.

Ya'ni Arximed kuchi F_n ni hosil qiladi. Agar F_n havzaning og'irligidan esa katta bo'lsa, u holda shu konstruktsiya suzib chiqishi mumkin. Bu avariya holat bo'ladi.

Paskal qonuni quyidagicha ta'riflanadi: yopiq idishda turgan suyuqlikka tashqi tarafdan shu suyuqlikka bosim berilsa suyuqlik ichidagi barcha nuqtalarga o'zgarmas ravishda uzatiladi.

Bu qonun asosida turli gidravlik qurilmalar ishlangan: gidrodamkratlar, gidropretslar, mashina gidrouzatgichlari avtomashinalarning tormoz sistemalari.

Paskal qonuni gazsiz suyuqliklar, ya'ni siqilmaydigan suyuqlik uchun o'rinli bo'ladi. Masalan, tormoz suyuqligi mashina g'ildiraklarida uzatgich (rechagi) orqali bosim berilib barcha g'ildiragiga barobar tarqaladi. Agar tormoz suyuqligini uzoq vaqt o'zgartirilmasa u holda havo puffakchalari bilan to'yingan holda bo'lib, bunday suyuqlik siqiluvchan suyuqlikka aylanadi. Demak, bunday suyuqliklar uchun *Paskal qonuni* ishlamaydi. Demak, bunday hollarda texnikada mashinalarni avariya holatga tushishiga olib keladi.

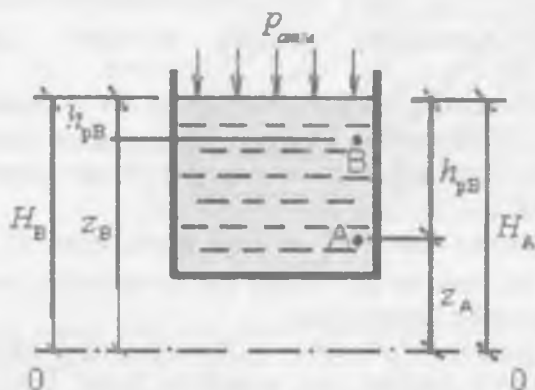
2.30. Hidrostatik napor

Gidrostatik napor H -bu tinch holatda turgan suyuqlikning energetik xarakteristikasini beradi. Napor metrlarda o'lchanadi. U vertikal balandlikni beradi.

Gidostatik napor H ikkita naporlar yig'indisidan iborat (2.30.1-rasmda);

$$H = Z + h_p = Z + \frac{P_{\text{vert}}}{\gamma} \quad (2.30.1)$$

bu yerda, Z -geometrik napor yoki ma'lum hisoblash uchun ajratilgan gorizontall tekislik-O-O tekislikdan hisoblangan balandlik; h_p -pe'zometr napor (balandlik)



2.30.1-rasm. Hidrostatik naporni tushinishga doir chizma

Gidrostatik napor H -suyuqlik potentsial energiyasini (tinch holat energiyasi) xarakterlaydi. Masalan, suv bashniyasi qancha yuqorida joylashgan bo'lsa, suv quvur tizimida shuncha napor katta qiymatga ega bo'ladi, h_p kattalik bosim orqali bog'langan.

Masalan, ortiqcha bosim qancha katta bo'lsa suv quvur tizimida, quvurdagi napor shuncha katta bo'lib quvur orqali shuncha balandlikka ko'tariladi. Suyuqlikning turli nuqtalaridagi naporni gorizontaal tekislikdagi O-O tekislik orqali belgilanadi.

Bunday gorizontaal tekislik O-O istalgan tekislik bo'lishi mumkin. Masalan, gorizontaal joylashgan quvurlar uchun bunday tekislik (laboratoriya sharoitida) auditoriya poli bo'lishi mumkin.

Ayrim hollarda hisoblashni yengil holda olish uchun gorizontaal quvurlarda shunday tekislik quvur o'qi bo'lishi mumkin. Bunday hollarda $Z = 0$ bo'ladi.

Odatda Z absolyut geodezik balandlik boltiq dengizi yuzasidagi o'lchamlaridan hisoblanadi. Masalan, $H_A = H_B$ naporning tengligi 2.30.1-rasmda.

Gidrostatik napor tinch holatdagi suyuqlikda barcha nuqtalari uchun bir xil, ular o'zaro bog'liqlikda.

A va V nuqtalarda har xil chuqurlikda joylashgan bo'lishiga qaramay bosim ularda bir xil emas. Ochiq havzalarda napor suyuqlik istalgan nuqtalarda erkin sirtidan, ya'ni O-O tekislik bo'yicha bosim (2.30.1-rasm) orqali ifodalanadi.

Gidrostatik bosim ikkita asosiy xossaga ega:

– doim ichki normal bo'yicha, suyuqliklarda sodir bo'ladigan ichki siqilish kuchlanishi bo'lganligi sababli o'zi ta'sir etayotgan yuzaga tik (perpendikulyar) yo'nalgan bo'ladi;

– miqdori esa berilgan nuqtada shu nuqta atrofida yuzaning o'zgarishi bilan o'zgarmaydi. Berilgan suyuqlik ichidan olingan nuqtada gidrostatik bosim hamma tomondan shu nuqtaga bir xil miqdorda ta'sir etadi; ya'ni.

$$R_x = R_y = R_z = R_p$$

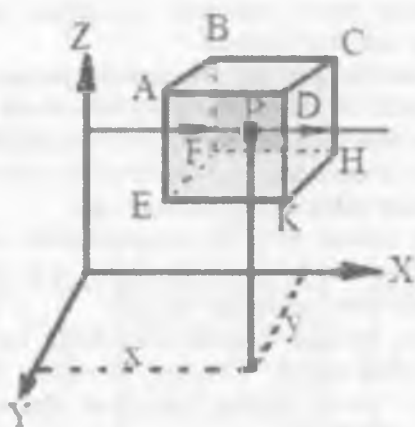
bunda, R_x , R_y , R_z va R_p koordinaata o'qlariga nisbatan $0x$, $0y$, $0z$ va ixtiyoriy yo'nalishdagi "P" ga nisbatan gidrostatik bosim.

2.31. Muvozanatdagi suyuqlikning differentsial tenglamasi

Muvozanatda turgan suyuqlikda gidrostatik bosimning taqsimlanish qonunini aniqlash uchun muvozanatda turgan suyuqlik umumiy holatini ko'ramiz (2.31.1-rasm.). Buning uchun muvozanatda turgan suyuqlikda x, y, z koordinatalar sistemasida tomonlari dx, dy va dz bo'lgan elementar kichik parallelepiped olamiz.

Parallelepipedning og'irlik markazida P bosim kuchi joylashgan bo'lsin va undagi suyuqlik massasi $\rho dx dy dz$ bo'lsin.

Parallelepipedni o'rab turgan suyuqlikni tashlab yuboramiz va tashlab yuborgan suyuqlikning parallelepiped tomonlariga ko'rsatib turgan ta'sirini uni tomonlariga qo'yilgan kuchlar bilan almashtiramiz. Tomonlarga qo'yilgan bu kuchlar, siquvchi kuchlar bo'ladi, ya'ni kuchlar qo'yiladi. Xuddi shu tarzda parallelepipedni boshqa qirralariga ham gidrostatik bosim kuchlarini yozish mumkin. Suyuqlikka tashqi kuchlardan tashqari massa (hajmiy) kuch G ta'sir qiladi va bu kuchni x, y, z koordinatalariga bo'lgan birlik proektsiyalarini X, Y, Z bilan belgilaymiz.



2.31.1-rasm

ABEF qirrasiga

$$\left(P - \frac{dp}{dx} \cdot \frac{dx}{2} \right) dy dz$$

DCHK qirrasiga

$$\left(P + \frac{dp}{dx} \cdot \frac{dx}{2} \right) dydz$$

Kuchlarni muvozanatda bo'lish shartiga asosan tanlangan yo'nalishda kuchlar proektsiyalari yig'indisi nolga teng bo'lishi kerak.

OX o'qi bo'yicha kuchlar proyeksiyasi bo'ladi

$$\left(P - \frac{dp}{dx} \cdot \frac{dx}{2} \right) dydz - \left(P + \frac{dp}{dx} \cdot \frac{dx}{2} \right) dydz - X\rho dx dydz = 0 \quad (2.31.1)$$

Qavslarni ochib qisqartirishlardan keyin

$$-\frac{dp}{dx} + X\rho = 0$$

Xuddi shu tarzda OY va OZ yo'nalishlari bo'yicha tenglamalarni tuzib quyidagilarni olamiz.

$$\begin{aligned} X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} &= 0 & -\frac{\partial p}{\partial x} + X\rho &= 0, \\ Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} &= 0 & \text{yoki } -\frac{\partial p}{\partial y} + Y\rho &= 0, \\ Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} &= 0 & -\frac{\partial p}{\partial z} + Z\rho &= 0 \end{aligned} \quad (2.31.2)$$

Bu tenglamalarga muvozanatdagi suyuqlikning differentsial tenglamasi yoki Eyler tenglamasi (1755y. olingan) deyiladi.

Tenglamalardagi $\frac{\partial p}{\partial x}; \frac{\partial p}{\partial y}; \frac{\partial p}{\partial z}$ — bosim gradientlari.

X, Y, Z — birlik massa kuchlarining mos o'qlarga bo'lgan proektsiyasi, ρ — suyuqlik zichligi. Har bir tenglamani o'z tomonlari dx, dy va dz larga ko'paytiramiz va ularni qo'shib, massa kuchlarni barobardan keyinga o'tkazib, quyidagi tenglamani hosil qilamiz

$$\frac{\partial p}{\partial x} dx + \frac{\partial p}{\partial y} dy + \frac{\partial p}{\partial z} dz = \rho(Xdx + Ydy + Zdz), \quad (2.31.3)$$

Tenglamani chap tomonni $P = f(x, y, z)$ bo'yicha funktsiyani dp differentsiali bo'ladi u holda (2.31.4) tenglama quyidagicha bo'ladi

$$dp = \rho(Xdx + Ydy + Zdz), \quad (2.31.4)$$

(2.31.5) tenglamani chap tomoni $p = \text{const}$ bo'lgan bir turli siqilmaydigan suyuqlikning to'la differentsiali bo'lsa, o'ng tomonidagi, qavs ichidagi qandaydir $U(X, Y, Z)$ funktsiyaning to'la differentsiali bo'ladi; ya'ni,

$$\frac{\partial U}{\partial x} = X; \frac{\partial U}{\partial y} = Y; \frac{\partial U}{\partial z} = Z; \quad (2.31.5)$$

Shunday qilib massa kuchlarining potentsiali bo'ladi. U holda (2.31.6) quyidagi ko'rinishda yozish mumkin

$$dp = \rho \left(\frac{\partial U}{\partial x} \cdot dx + \frac{\partial U}{\partial y} \cdot dy + \frac{\partial U}{\partial z} \cdot dz \right) \text{ yoki } dp = \rho dU, \quad (2.31.6)$$

$dp = \rho dU$ tenglamani integrallab quyidagini hosil qilamiz

$$P = \rho U + C, \quad (2.31.7)$$

C integral doimiysi bo'lib, uni topish uchun chegaraviy shartlarni bilish kerak, ya'ni P_0 va U_0 , u holda $P_0 = \rho U_0 + C$ bo'lsa, unda $C = P_0 - \rho U$ va $P = \rho U + C = \rho U - P_0 - \rho U_0$ yoki

$$P - P_0 = \rho(U - U_0), \quad (2.31.8)$$

Bu tenglama, bir turli suyuqliklarda bosim taqsimlanishining kuch funktsiyasini o'zgarishi qonuniyatiga amal qiladi. Shuning uchun u bo'yicha funktsiyaning chegaraviy shartlari ma'lum bo'lsa, suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasidagi bosimni aniqlash mumkin.

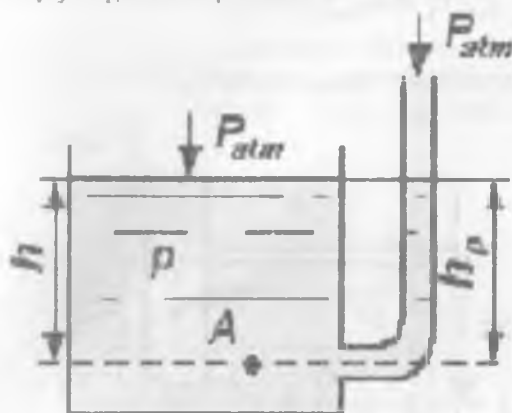
2.32. Pezometrik va vakuummetrik balandliklar

Suyuqlikka to'ldirilgan ochiq idish uchun muvozanat shartini ko'ramiz. Buning uchun suyuqlikda A nuqta olib, shu nuqta tekisligi bo'yicha usti ochiq shisha quvurchani idishga ulaymiz (2.32.1-rasm).

Og'irlik yoki ortiqcha $\rho \cdot g \cdot h$ bosim kuchi ta'sirida suyuqlik shisha quvur ichida h_d balandlikka ko'tariladi. Shisha quvurni p'ezometr, undagi suvning balandligini esa p'ezometrik balandlik h_d deyiladi.

Gidrostatikaaning asosiy suyuqlikning muvozanat sharti tenglamasini suyuqlikdagi A nuqtadan o'tgan tekislikka nisbatan

tadbiq qilamiz. A nuqtadagi bosim idishning p'ezometr o'rnatilmagan tomonida quyidagicha aniqlanadi:



2.32.1-rasm. Ochiq idish uchun

$$P_A = P_{atm} + \rho gh \quad (2.322.1)$$

P'ezometr tomonida:

$$p = P_{atm} + \rho gh_p, \quad (2.32.2)$$

U holda:

$$P_{atm} + \rho gh = P_{atm} + \rho gh_p. \quad (2.32.3)$$

yoki

$$h = h_p \quad (2.32.4)$$

ya'ni p'ezometrik h balandlik nuqtadagi ortiqcha bosimni ko'rsatadi, bu yerda p'ezometr uzunlik o'lchami bo'yicha ulangan.

Yopiq idish uchun muvozanat shartini ko'raylik, unda erkin sirtga ta'sir etayotgan bosim p_0 atmosfera P_{atm} bosimidan katta 2.32.2-rasm. P_{atm} dan katta bo'lgan p_0 bosim va og'irlik bosimi ρgh ta'sirida suyuqlik ochiq idishnikiga qaraganda p'ezometrda h_p balandlikka ko'tariladi.

Idish tomondan A nuqtaga bo'lgan bosim:

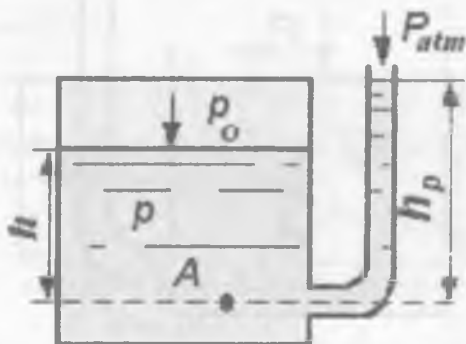
$$P_A = p_0 + \rho gh \quad (2.32.5);$$

ochiq p'ezometr tomonida:

$$p_A = p_{atm} + \rho g h_p \quad (2.32.6);$$

U holda:

$$p_0 + \rho g h = p_{atm} + \rho g h_p \quad (2.32.7)$$



2.32.2-rasm. Yopiq idish uchun muvozanat sharti.

bu tenglikdan h_p uchun quyidagini olamiz:

$$h_p = \frac{p_0 - p_{atm} + \rho g h}{\rho g} \quad (2.32.8)$$

Olingan tenglamani mulohaza qilib ko'rganimizda, p'ezometrik h balandlik p'ezometr ulangan nuqtadagi ortiqcha bosim kattaligiga teng va ortiqcha bosim ikkita qo'shilma yig'indisidan iborat: erkin sirtga ta'sir qilayotgan tashqi $p_{0,ort}^i = p_0 - p_{atm}$ ortiqcha bosimdan va og'irlik bosimdan $\rho g h$

$$h_p = \frac{p_0 + \rho g h}{\rho g} = \frac{p_{0,ort}^i}{\rho g} + h, \quad (2.32.9)$$

Ortiqcha bosim manfiy kattalikda ham bo'lishi mumkin, u holda bosimga vakuum deyiladi. Chunki markazdan qochma nasoslarni so'ruvchi kalta quvurchasida, silindrik nasadkalardan oqib chiqayotgan suyuqlik oqimida, qozonlarda suyuqlikda atmosfera bosimidan kichik bo'lgan yerlarda kam bosimli muhitlar – vakuum yuzaga keladi.

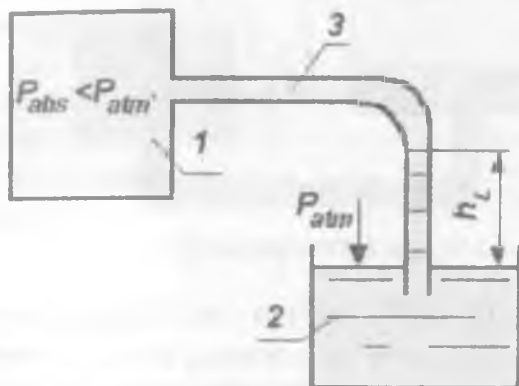
U holda: $p_{vak} = -p_{ort}$,

$$P_{ort} = P_{abs} - P_{atm}, \quad (2.32.10)$$

$$P_{vak} = -(P_{abs} - P_{atm}) = P_{atm} - P_{abs} \quad (2.32.11)$$

Vakuum – bu atmosferadan kam bo'lgan bosim.

Rezervuar 1 da (2.32.3-rasm) mutlaq bosim atmosfera bosimidan kam bo'lsin (masalan vakuum – nasos bilan havoni bir qismi so'rib olingan bo'lsin).



2.32.3-rasm. Vakuummetrik balandlik

Suyuqlikli rezervuar 2 egilgan quvurcha 3 bilan rezervuar 1 bilan tutashsin. Rezervuar 2 dagi suyuqlikka atmosfera bosim ta'sir qilsin.

Rezervuar 1 da bosim kam bo'lgani uchun suyuqlik quvurcha 3 dan qandaydir balandlikka ko'tariladi, bu bosim vakuummetrik bosim deyiladi va h_{vak} belgilanadi. h_{vak} kattalik quyidagi tenglik orqali aniqlanadi.

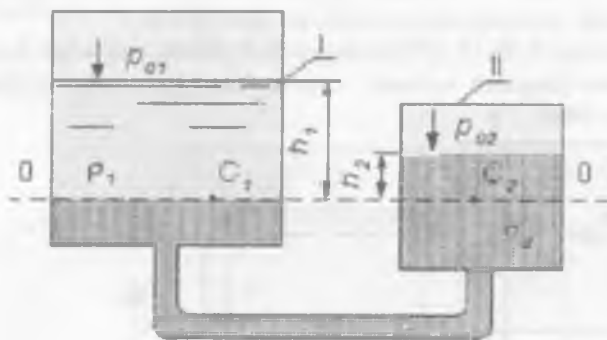
$$P_{atm} = P_{abs} + \rho g h_{vak}, \quad (2.32.12)$$

$$h_v = \frac{P_{atm} - P_{abs}}{\rho g}. \quad (2.32.13)$$

Vakuummetrik bosimning maksimal qiymati 98,1 kPa yoki 10 suv ust.m., lekin amalda suyuqlik bosimi to'yingan bug' bosimidan kam bo'lmasligi kerak va 7–8 suv ust. m. teng.

2.33. Tutash idishdagi suyuqlikning muvozanat sharti

Ikkita tutashgan idish bir-birini ho'llamaydigan ikki xil suyuqlik bilan to'ldirilgan bo'lsin (2.33.1-rasm).



2.33.1-rasm. Tutashgan idishlar

Idishlar yopiq, P_{01} va P_{02} bosimlar 1 va 2 idishlarda har xil 0-0 chiziq, har xil suyuqlikni bo'lib turuvchi chiziq bo'lsin. 0-0 chiziqdan o'tuvchi gorizontaal chiziq esa teng bosimning tekisligi bo'ladi. Teng bosimli tekislikda yotgan C_1 va C_2 nuqtalardagi gidrostatik bosim kattaligini aniqlaymiz.

Gidrostatikani asosiy tenglamasiga binoan:

$$p_{C1} = p_{01} + \rho_1 g h_1 \quad (2.33.1)$$

$$p_{C2} = p_{02} + \rho_2 g h_2 \quad (2.33.2)$$

bu yerda, h_1 va h_2 - 1 va 2 idishdagi suyuqliklarni 0-0 tekislik yuqorisida joylashgan balandliklar; ρ_1 va ρ_2 suyuqliklar zichliklari.

U holda: $p_{C1} = p_{C2}$

$$p_{01} + \rho_1 g h_1 = p_{02} + \rho_2 g h_2, \quad (2.33.3)$$

$$p_{01} - p_{02} = \rho_2 g h_2 - \rho_1 g h_1, \quad (2.33.4)$$

(2.33.4) tenglama tutashgan idishlardagi suyuqliklarni muvozanat holatini xarakterlaydi. Bu tenglama yordamida ba'zi bir masalalarni yechish mumkin.

1-hol. Idishlarlarda bir xil suyuqlik quyilgan, lekin ulardagi P_{01} va P_{02} bosimlar har xil, unda $\rho_1 = \rho_2 = \rho$ sharti bo'yicha quyidagini olamiz:

$$P_{01} - P_{02} = \rho g(h_2 - h_1), \quad (2.33.5)$$

2-hol. Suyuqlik bir xil, ya'ni $\rho_1 = \rho_2 = \rho$ va $P_{01} = P_{02}$.

U holda:

$$h_1 = h_2, \quad (2.33.6)$$

idishdagi suyuqliklar bir xil bo'ladi.

3-hol. Suyuqlik bir xil $\rho_1 = \rho_2 = \rho$, lekin bitta idish ochiq $P_{01} = P_{atm}$ boshqasi yopiq $P_{02} > P_{atm}$.

U holda:

$$P_{C1} = P_{atm} + \rho g h_1, \quad (2.33.7)$$

$$P_{C2} = P_{02} + \rho g h_2, \quad (2.33.8)$$

Chunki $P_{C1} = P_{C2}$, unda

$$P_{atm} + \rho_1 g h_1 = P_{02} + \rho g h_2, \quad (2.33.9)$$

$$h_1 = h_2 + \frac{P_{02} - P_{atm}}{\rho g} \quad (2.33.10)$$

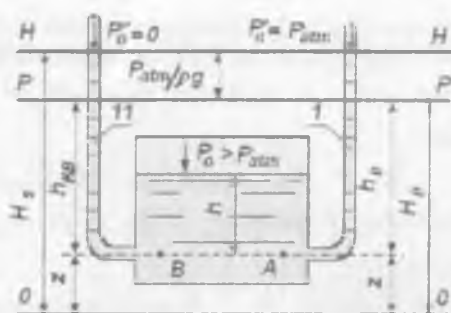
$\frac{P_{02} - P_{atm}}{\rho g}$ – yopiq idishning sirtida yotgan nuqtalar uchun p'ezometrik balandlik.

II. 4-hol. Har xil aralashmaydigan suyuqlik, lekin

$P_1 = P_2$ teng.

$$\text{U holda: } \rho_1 g h = \rho_2 g h \quad (2.33.11)$$

$$\text{yoki } \frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \quad (2.33.12)$$



2.33.2-rasm. Naporni aniqlash

Yopiq idishda suyuqlik olamiz va uning ixtiyoriy chuqurlikdagi A va B nuqtalarda 1 va 2 p'ezometrlar ulangan bo'lsin (2.33.2-rasm). Idishdagi suyuqlik sirtidagi p_0 bosim p_{atm} atmosfera bosimidan katta. Quvurcha 1 yuqoridan ochiq bo'lib, yuqorisidagi bosim atmosfera bosimiga teng $p_0' = p_{atm}$

Quvurcha 2 yuqoridan payvandlangan bo'lib uning ichidan havo so'rib olingan, ya'ni undagi bosim nolga teng $p_0'' = 0$.

A va B nuqtalarni vertikal koordinatalarini aniqlash uchun ixtiyoriy balandlikdan 0-0 gorizonttal tekislik o'tkazamiz.

Bu tekislik taqqoslovchi tekislik deb ataladi. Taqqoslovchi tekislikdan ko'rilayotgan nuqttagacha bo'lgan balandlik geometrik balandlik deyiladi va Z harfi bilan belgilanadi.

Taqqoslovchi tekislik sifatida yer sathi, pol yoki ixtiyoriy fazoviy tekislik bo'lishi mumkin. Idish ichidagi suyuqlik sirtiga ta'sir qilayotgan bosim atmosfera bosimidan katta bo'lgani uchun, 1 va 2 p'ezometrik h quvurchalardan suyuqlik suv sathiga nisbatan yuqoriga ko'tariladi. Ochiq p'ezometrda suyuqlik balandligini h_p bilan yopiq p'ezometrda quvurchadagini esa h_{KB} bilan belgilaymiz. P'ezometr balandlik h_p — A nuqtagi manometrik bosim. Keltirilgan balandlik

h_{KB} — B nuqtagi mutlaq bosim kattaligi. $h_{KB} - h_p = \frac{p_{atm}}{\rho \cdot g}$

balandliklar farqi suyuqlik ustuni atmosfera bosimiga teng, ya'ni 10 m. suv ustinigga teng.

Suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasidagi geometrik Z balandlik bilan p'ezometrik h_p balandlikni yig'indisi o'zgarmas kattalik bo'ladi va p'ezometrik h napor deyiladi:

$$H_p = Z + h_p = \text{const}; \quad (2.33.13)$$

$$\text{lekin } h_p = \frac{P_m}{\rho g} = \frac{P_{abs} - P_{atm}}{\rho g}; \quad (2.33.14)$$

Bu formulani (2.33.13) ga qo'yib tenglikni olamiz.

$$H_n = \left[\frac{P_{abs}}{\rho g} - \frac{P_{atm}}{\rho g} \right] + Z; \quad (2.33.15)$$

yoki

$$H_p = \left[\frac{P_{abs}}{\rho g} + Z \right] - \frac{P_{atm}}{\rho g}; \quad (2.33.16)$$

$$\left(\frac{P_{abs}}{\rho g} + Z \right) - \text{keltirilgan balandlik bilan holat balandligini}$$

yig'indisi gidrostatik napor H_S deyiladi.

U holda, keltirilgan balandlik bilan holat balandligini yig'indisi gidrostatik napor H_S dan $\frac{P_{atm}}{\rho g}$ ni ayirmasi

$$H_p = H_S - \frac{P_{atm}}{\rho g} \text{ ni beradi.} \quad (2.33.17)$$

(2.33.17) tenglama bo'yicha suyuqlikning ixtiyoriy nuqtasi uchun

$H_S = \text{const}$ bo'ladi. $\frac{P_{atm}}{\rho g}$ esa nuqtaning qayerda joylashishiga

bog'liq bo'lmaydi.

$$\text{Shunday qilib: } H_p = H_S - \frac{P_{atm}}{\rho g} = \text{const}, \quad (2.33.18)$$

Shuning uchun idishga qancha p'ezometr ularnasak ham baribir hamma p'ezometrlarda sath bir xil bo'ladi: 2-2 tekislikka to'g'ri kelgan

tekislikka p'ezometrik L tekislik deyiladi, $N - N$ sathga esa napor tekisligi deyiladi.

P'ezometrik γ napor suyuqlik solishtirma potentsial energiyasi bo'ladi. Faraz qilaylik suyuqlik hamma zarrachalarining A nuqtadagi og'irligi G (2.33.2-rasm).

Taqqoslovchi 0-0 tekislikka nisbatan potentsial energiya zaxirasi GZ , bu yerda Z tekislik 0-0 ga nisbatan A nuqtagacha bo'lgan masofa. h chuqurlikda yotgan suyuqlik zarrachasi ortiqcha P_i gidrostatik bosim ta'siri ostida h_p ko'tarilishi mumkin, u Gh_p ga teng bo'lgan potentsial bosim energiyasiga ega bo'ladi.

Og'irligi G bo'lgan suyuqlik zarrachasining to'la potentsial energiyasi $Gz + Gh_p$ ga teng. Solishtirma potentsial energiya, ya'ni zarracha og'irlik birligiga to'g'ri kelgan energiyaga teng bo'ladi:

$$Z + h_p = H_p, \quad (2.33.19)$$

Shuningdek, gidrostatik napor H_s ham suyuqlikning potentsial energiyasi kattaligi hisoblanadi, lekin I_p ga nisbatan solishtirma potentsial atmosfera bosimi miqdoridan katta.

$$H_s = H_p + \frac{P_{atm}}{\rho g}; \quad Z + h_p = H_s; \quad (2.33.20)$$

2.34. Ixtiyoriy shakldagi yassi sirtga suyuqlikning bosim kuchi

Amalda gidrotexnik inshootlarda, rezervuarlarda va boshqa qurilmalarda gidrostatik bosim kuchi yo'nalishi va uning qo'yilgan nuqtasini aniqlash kerak bo'ladi.

Gidrostatikaning asosiy tenglamasidan foydalanib yassi devorga nisbatan suyuqlikning bosim kuchini topish mumkin. Oldin suyuqlikning yassi devorga bo'lgan bosim kuchini va uning qo'yilgan nuqtasini aniqlaymiz.

Ma'lum chuqurlikda AV nuqtalar bilan chegaralangan gorizontalga α burchak ostida perpendikulyar bo'lgan ω ixtiyoriy yuzali sirt (2.34.1-rasm) joylashgan bo'lsin. Bu sirtning OX o'qini 90° burchakka burib, uni chizma tekisligi bilan o'rnatamiz.

ω yuzaning h chuqurligida joylashgan m nuqta atrofida kichik

bo'lgan $d\omega$ yuzani olamiz va shu yuzaga ta'sir qilayotgan dp bosim kuchini aniqlaymiz.

U holda elementar $d\omega$ yuzaga ta'sir qilayotgan elementar kuch bo'ladi.

$$dp = p d\omega = (p_0 + \gamma h) d\omega, \quad (2.34.1)$$

lekin bu yerda, $h = \gamma \sin \alpha$ bo'ladi.

(2.34.1) tenglamani itegrallab ω yuzaga ta'sir qilayotgan to'la bosim kuchini topamiz;

$$dp = \int_{\omega} (p_0 + \gamma \cdot y \sin \theta) d\omega = p_0 + \gamma \sin \theta \int_{\omega} y d\omega, \quad (2.34.2)$$

bu yerda, $\int_{\omega} y d\omega$ — ω yuzani OX o'qqa nisbatan statik momenti, ya'ni

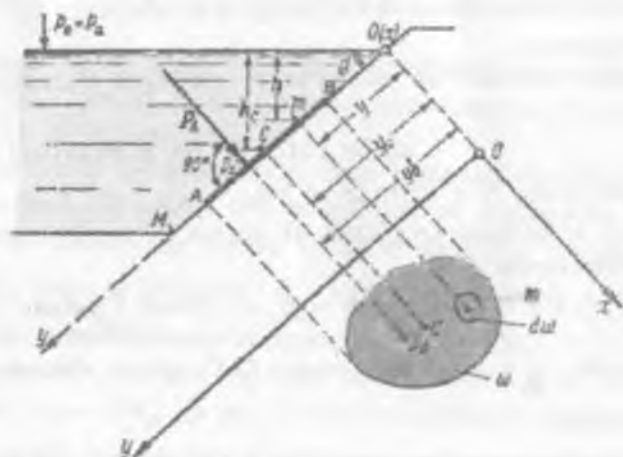
$\int_{\omega} y d\omega = y_{\bar{n}} \omega$, bu yerda $y_c = 0$ o'qidan suyuqlikning og'irlik markazigacha bo'lgan masofa.

U holda $P = P_0 \omega + \gamma \sin \theta \cdot y_{\bar{n}} \cdot \omega$, chunki $y_{\bar{n}} \sin \theta = h_{\bar{n}}$

$$\text{unda } P = (P_0 + \gamma h_{\bar{n}}) \omega, \quad (2.34.3)$$

ya'ni, yassi figuraga ta'sir qilayotgan bosim kuchi shu maydon figurasini og'irlik markaziga ta'sir qilayotgan gidrostatik bosimning ko'paytmasiga teng.

Agar tashqi bosim kuchini hisobga olmasak, u holda (2.34.3) tenglama quyidagicha bo'ladi



2.34.1-rasm. Bosim markazini aniqlash

$$P = \gamma h_c \omega$$

Hisoblarda og'irlik markazidan tashqari bosim kuchi yig'indisi qo'yilgan markazni yoki bosim markazini bilish kerak bo'ladi. Bosim markazini aniqlash uchun ta'sir etayotgan kuchlar momentining yig'indisi bo'lgan teng ta'sir etuvchi kuchning momentidan va uning tashkil etuvchilaridan foydalanamiz

$$dM = y dP = y \cdot \gamma h \cdot d\omega = y \cdot \gamma \cdot y \sin \theta \cdot d\omega = \gamma \sin \theta \cdot y^2 d\omega, \quad (2.34.4)$$

(2.34.4) tenglamani integrallab butun ω maydonchani teng ta'sir etuvchi M momentini topamiz;

$$M = \int_{\omega} \gamma \sin \theta y^2 d\omega = \gamma \sin \theta \int_{\omega} y^2 d\omega, \quad (2.34.5)$$

bu yerda, $\int_{\omega} y^2 d\omega$ — ω maydonchani OX o'qiga bo'lgan inertsia momenti; $\int_{\omega} y^2 d\omega = J_x$ bilan belgilaymiz. u holda

$$M = \gamma \sin \theta J_x \text{ bo'ladi.}$$

$$\text{Bu tenglamadan } y_c = \sin \theta J_x / \omega h_c = J_x \omega y_o \quad (2.34.6)$$

Inertsia momenti o'qini maydonchani og'irlik markaziga o'tkazamiz.

Parallel o'qqa nisbatan bo'lgan inertsia momenti o'zaro quyidagi tenglik bilan bog'langan;

$$J_x = J_0 + \omega y_d \quad (2.34.7)$$

bu yerda, J_0 – og'irlik markazi orqali x o'qiga parallel o'tgan maydonchanning inertsiya momenti; y_c – maydonchanning og'irlik markazigacha bo'lgan masofani inertsiya J_x ni (2.34.7) qo'yib topamiz.

$$y_d = y_c + J_x / \omega y_c \quad (2.34.7)$$

$$\text{yoki } y_d = y_c + J_x / S \quad (2.34.8)$$

bosim markazi og'irlik markazidan har doim J_x / S masofada joylashgan.

III BOB SUYUQLIK VA GAZODINAMIKASI

Maqsadlari:

- harakatdagi suyuqliklarni tahlil qilish uchun kerakli bo'lgan tushunchalarni kiritish.
- Mo'tadil nostatsionar teng pastlovchi turli xil siqilmaydigan oqimlar o'rtasida farqni aniqlash.
- tok chiziqlari va oqimli trubkalarni namoyish qilish.
- massali va nazoratli hajmlarni saqlab qolgan holda uzluksizlik prinsipini kiritish.
- Bernulli tenglamasini chiqarish (energiya).
- Bernulli tenglamasini amaliy qo'llashni va oqim tahlilidagi uzluksizlikni namoyish qilish.
- suyuqlik uchun harakat tenglamasini kiritish.
- impuls tenglamasining qo'llanilishi, oquvchi suyuqliklar sababli yuzaga kelgan kuchlarni bashorat qilish uchun impuls saqlash prinsipini ko'rsatish.

Bu bo'limda harakatdagi suyuqlikni tahlili ya'ni suyuqlik dinamikasi muhokama qilinadi. Suyuqliklarning harakatini ham fizikaning fundamental qonunlari asosida qattiq jismlar harakatini bashorat qilib bo'lganidek, suyuqlikning fizik xossalari yordamida bashorat qilish mumkin.

Suyuqlikning juda murakkab oqimini ham oldindan nazarga olish qiyin emas. Avtomobil ortidagi sprej, sohillardagi to'lqinlar, bo'ron va to'fonlar, tornado va istalgan boshqa atmosfera hodisalari – suyuqlikning murakkab oqimlarining misollari bo'lib, ular har xil natijalar bilan bashorat qilinadilar (ba'zi hollarda umuman bashorat qilina olmaydilar). Umuman olganda tahlil qilsa bo'ladigan umumiy vaziyatlar mavjud.

Bir tekis va mo'tadil oqim.

O'rganilayotgan oqimni uncha katta bo'lmagan guruhlariga klassifikatsiyalashning imkoniyati mavjud va bu foydadan holi emas. Hozirgi muhitga nazar tashlasak, hozirgi normal sharoitlardagisiga, masalan, daryoni kuzatsak, uning bir nuqtasidagi sharoitlar boshqa nuqtasidagi sharoitlardan farq qiladi. (Masalan, tezlikning turiligi), biz notekis oqimni guvohi bo'lamiz. Agar bir nuqtadagi sharoitlar vaqt

o'tgani sari o'zgarsa u holda nomo'tadil oqimga ega ekanligimizni rishunishimiz kerak bo'ladi.

Ba'zi holatlarda oqim yuqoridagidek o'zgaruvchan bo'lmaydi. Keyingi atamalar suyuqlik oqimlar holatlarini klassifikatsiya qilish yaratilganlar.

- bir tekis oqim: agar oqim tezligi suyuqlikning har bir nuqtasida kattaligi va yo'nalishi bo'yicha bir xil bo'lsa u holda bu bir tekis oqim hisoblanadi.

- bir tekis bo'lmagan oqim: ayni soniyada tezlik bir xil bo'lmasa, unda oqimning har bir nuqtasi notekis bo'ladi. (amalda, bu tavsif asosida, yassi chegara yaqinida oquvchi har bir oqayotgan muhit notekis bo'ladi. Chunki, suyuqlik chegarada odatda 0 ga teng bo'lgan chegaraning tezligini olishi kerak. Biroq agar suyuqlik oqimining chorraxaviy oqimi o'lchami va shakli doimiy bo'lsa u bir xil hisoblanadi).

- mo'tadil: mo'tadil oqim — bu sharoitlar (tezlik, bosim, ko'ndalang kesishuv) nuqtadan nuqtaga farq qilsada vaqt mobaynida o'zgarmaydi).

- nostatsionar: agar suyuqlikning istalgan nuqtasida vaqt mobaynida o'zgarsa, oqim nomo'tadil deb tasvirlanadi. (Amalda doim tezlik va bosimda o'zgarishlar bo'ladi, biroq o'rtacha o'lchamlar doimiy bo'lib tursa oqim mo'tadil hisoblanadi).

Yuqorida berilgan ma'lumotlarni umulashtiradigan bo'lsak, biz istalgan oqimni 4 tipdan biriga klassifikatsiya qilishimiz mumkin bo'ladi:

1. *Mo'tadil bir tekisdagi oqim.* Oqimdagi sharoitlar xolat yoki vaqt ta'sirida o'zgarmaydilar.

Bunga misol sifatida doimiy diametr va doimiy tezlikdagi quvirdagi suv bo'lishi mumkin.

2. *Bir xil bo'lmagan mo'tadil oqim.* Sharoitlar oqimning bir nuqtasidan boshqa nuqtasiga o'zgaradilar, biroq vaqt davomida o'zgarmaydilar.

Misol sifatida torayuvchi quvirdagi kirishda doimiy tezlikka ega oqim bo'lishi mumkin. Tezlik quvirming uzunligi bo'ylab harakatlanish jarayonida o'zgarib boraveradi.

3. *O'lchamli bir tekis oqim.* Ayni soniyalarda har bir nuqtadagi sharoitlar bir xildirlar. Biroq ular vaqt davomida o'zgaraveradilar.

Doimiy diametrga ega va doimiy tezlikka ega nasosga ulangan biroq keyin o'chuvchi quvir misol tariqasida ko'rsatilishi mumkni.

4. *O'lchamsiz har xil oqim*. Oqimning har bir sharoiti nuqtadan nuqtaga va vaqt davomida o'zgarishi mumkin. Masalan, kanaldagi oqimlar.

Agar siz yuqorida berilgan ma'lumotlarni ko'z oldingizga keltira olsangiz, u holda siz bu oqimlarning har biri qanchalar murakkab ekanligini tasavvur qila olsangiz kerak. Mo'tadil bir tekis oqim bu oqimlar ichida eng oddiysi hisoblanadi.

Ushbu kurs faqatgina shu 4 ta sinf oqimlari bilan chegaralanishini eshitib hursand bo'lsangiz kerak. Hech bir misolda biz siz bilan notekis yoki nostatsionar effektlar bilan to'qnash kelmaymiz. (Bitta yoki ikkita yaxshi tayorgarchilik bilan bartaraf qilinishi mumkin bo'lgan muammolardan tashqari).

Siqluvchanlik va siqilmaslik xususiyatlari.

Barcha suyuqliklar siqiladilar, xatto suv ham, ularning zichligi bosim o'zgarishi bilan o'zgarib boradi. O'rnatilgan sharoitlarda va bosim o'zgarishlari katta bo'lmaslik sharti bilan, oqim taxlili siqilmaydi va doimiy zichlikka ega degan holda taxlillarni oddiylashtirish mumkin. Siz albatta suyuqlikni siqish juda qiyinligini tushunasiz, shu sababdan ham eng stabil sharoitlarda ularni siqilmaydi deb qabul qilamiz.

Ba'zi o'lchamsiz sharoitlarda katta bosim o'zgarishlari yuzaga kelishi mumkin. Ularni suyuqliklar uchun hisobga olish kerak bo'ladi. Aksincha, gazlar juda oson siqiladilar va ko'p hollarda ulardagi bosimni hisobga olgan holda *siqluvchan deb* qabul qilish kerak ekan.

3.1. Hidrogazodinamika asoslari. asosiy tushunchalar

Gidrodinamika, gidravlika (suyuqliklar mexanikasi) bir bo'limi bo'lib harakatdagi suyuqliklarni o'rganuvchi bo'limdir. *Gidravlik atamalar lug'ati*

Suyuqlik oqimida ikki rusumdagi oqimlar mavjud (3.1.1-rasm).

1) Naporli – bunda suyuqlik ma'lum erkin sirtsiz chegaraga ega ya'ni suyuqlik chegarasi hamma tomondan sirt bilan to'silgan.

2) Naporsiz – bu harakatda erkin sirt mavjud.

Barcha suyuqlik oqimi umumiy gidravlik elementlarga ega:

tok zichligi, jonli kesim, sarf, tezlik. Quyida bular haqida qisqacha ma'lumot beramiz.



3.1.1-rasm. Naporli va naporsiz harakatlar

Erkin sirt – bu suyuqlik bilan gaz orasidagi bosim atmosfera bosimiga teng bo'ladi (3.1.1.a-rasmda). Uni borligi yoki yo'qligi oqim rusumini aniqlaydi. Ular naporli yoki naporsiz harakatlar. Naporli odatda vodoprovod quvurlarida kuzatiladi (3.1.1.b-rasmda). Suyuqlik bu holda quvur ichida uning qiyaligi hisobiga harakatlanadi. Bunday harakatni kanalizatsiya quvurlarida uchratish mumkin. Tok zichligi ko'ndalang kesim yuzasi juda kichik bo'lgan oqimning elementar oqimchali. Oqim esa shu oqimchalar dastasidan iborat (3.1.1.v-rasmda).

Oqimning jonli kesim yuzasiga aytiladi (8.g-rasmda)

Oqim sarfi q (yoki Q) – bir birlik vaqt ichida jorli kesim orqali oqib o'tgan suyuqlik hajmi V_0 ga teng.

$$q = V_0 / t \quad (3.1.1)$$

Xalqaro o'lchov birliklar (XO'B da sarf birligi m^3/s larda o'lchanadi yoki $m^3/soat$, (m^3/sut) L/s.

Oqimning o'rtacha tezligi $V(m/s)$ – bu oqim sarfini ko'ndalang jonli kesim yuzasiga bo'linishdan hosil bo'lgan xususiy hol.

$$V = q / \omega. \quad (3.1.2)$$

Bundan sarfni quyidagicha aniqlash mumkin:

$$q = V \omega \quad (3.1.3)$$

Suv oqimi o'rtacha tezligi uylarda vodoprovod to'rlarida va kanalizatsiya quvurlarida odatda ko'p hollarda $1 m/s$ ni tashkil etadi. Quyidagi ikkita atama, naporsiz harakatga tegishli.

Ho'llangan perimetr $\chi (m)$ -bu jonli kesimni perimetrini bir bo'lgi bo'lib, oqim bu yerda qattiq devorga tegib turgan perimetriga aytiladi. Masalan 3.1.1.v-rasm da χ aylana yoyi uzunligiga teng,

chunki bu yerda jonli kesimni bir qismi pastki qismi quvur devoriga tegib turadi.

Gidravlik radius R (m) – bu quyidagi nisbatga teng.

$$R = \omega / \chi. \quad (3.1.4)$$

Texnik gidrodinamika masalasining umumiy qo'yilishi.

Suyuqlik va gazlarning harakat oqimining asosiy gidrodinamik xarakteristikasi sifatida r – gidrodinamik bosimning skalyar kattaligi va zarrachaning harakat tezligining (u) vektor kattaligini ko'rsatish mumkin. Suyuqlik harakatlanayotgan muhitning turli qo'zg'almas nuqtalarida bosim turli qiymatlarga ega bo'lishi bilan birgalikda, vaqtning turli qiymatlarida ixtiyoriy qo'zg'almas nuqtada bu kattalik turli qiymatlarga ega bo'lishi mumkin. Ya'ni:

$$\begin{cases} p = f_1(x, y, z, t) \\ u_x = f_2(x, y, z, t) \\ u_y = f_3(x, y, z, t) \\ u_z = f_4(x, y, z, t) \end{cases} \quad (3.1.5)$$

bunda, u_x, u_y, u_z – tezlikning dekart koordinatalar sistemasidagi proektsiyalari. Ma'lum bir t_1 – vaqtdagi f_1, f_2, f_3, f_4 funktsiyalar qiymatini bilish orqali bosimning skalyar maydoni va tezlikning vektor maydoni haqida ma'lumot olish imkoniyatini beradi. Shuning uchun matematik gidrodinamikada r va u kattaliklarni bilish asosiy masala hisoblanadi.

Masalaning bunday qo'yilishida f_1, f_2, f_3, f_4 funktsiyalar qiymatini hisoblash shu darajada qiyin masalaki, xatto real suyuqlikni ideal suyuqlik deb faraz qilinganda ham, masalani hal qilib bo'lmaydi. qolaversa amaliyotda bu masalani nihoyatda yuqori darajada hisoblashga ehtiyoj bo'lmaydi.

Shu sababli texnik gidrodinamikada (3.1.5) ifodadan foydalanilmasdan, gidravlik usuldan keng foydalaniladi. Gidravlik usul yordamida harakatlanayotgan suyuqlik joylashgan muhitning ixtiyoriy qo'zg'almas nuqtasidagi bosimni va tezlikni aniqlash oqimning ayrim o'rtacha va integral xarakteristikalariga asoslangan. Shu usulga asoslanib tuzilgan asosiy tenglamalar quyidagilardir:

- suyuqlikning siqilmaslik va uzluksizlik gidravlik tenglamasi;
- real xolatdagi butun oqim uchun kinetik energiyaning (Bernulli tenglamasi) gidravlik tenglamasi;
- real xolatdagi suyuqlik uchun harakatlar soni gidravlik tenglamasi;
- suyuqlikning harakatida paydo bo'ladigan ishqalanish kuchlarining miqdorini baholash uchun emperik va yarim emperik ifodalar (Darsi va Veysbax ifodalari)dan foydalaniladi.

Tenglamalarning hadlarini aniqlab, ularning yordamida gidravlik hodisalarni taxlil qilish natijasida suyuqliklar mexanikasiga oid nihoyatda qiyin amaliy muammolarni hal qilish mumkin bo'lgan texnik nazariyani yaratish mumkin. Lekin ayrim masalalarning yechimini topishda bu usullarni suyuqliklarning matematik mexanikasi bilan birgalikda qo'llanilishini ham ta'kidlashimiz kerak.

Gidrodinamikaning ikki xil masalasi. Suyuqlikning harakati bilan tanishganda, asosan, ikki xil masalani yechimini topishga to'g'ri kelishi mumkin:

- tashqi masala, ya'ni, suyuqlik oqimi ma'lum bo'lib, suyuqlikning o'zi aylanib oqib o'tayotgan qattiq jismga ta'siri;
- ichki masala, suyuqlikka ta'sir etayotgan kuchlar (hajmiy, masalan, og'irlik kuchi) berilgan bo'lib, oqimning gidrodinamik xarakteristikasi – bosim, tezlik va xokazolarni topish.

3.2. Suyuqlik harakatinining kinematikasi

Suyuqlik harakatini kuzatishning ikki asosiy analitik usuli mavjud:

Lagranj usuli. Harakatlanayotgan suyuqlikda K sohani ajratib olib (3.2.1-rasm), qo'zg'almas Ox va Oz koordinata o'qlarini belgilaymiz. Boshlang'ich vaqtda kirish chegarasidan M_1, M_2, M_3 harakatlanayotgan zarrachalarni ko'rib chiqamiz. Ularning boshlang'ich koordinatalarini x_0 va z_0 deb belgilab olamiz.

Demak,

$$\left. \begin{aligned} x &= f_1(x_0, z_0, t) \\ z &= f_2(x_0, z_0, t) \end{aligned} \right\} \quad (3.2.1)$$

bu ifodalar yordamida har qanday belgilangan zarracha tracktoriyasini aniqlashimiz mumkin. Endi zarrachaning dt vaqtda bosib o'tgan ds masofasini topib olishimiz mumkin. Bundan ixtiyoriy nuqtadagi tezlikni topishimiz mumkin. Belgilab olingan sohani bosib

o'tayotgan zarrachani bosib o'tish uchun ketayotgan t vaqt davomida kuzatishimiz mumkin.

Lagranj fikriga asosan, zarrachalar traektoriyalarining umumlashgan ko'rinishi orqali oqimni o'rganish mumkin. Ta'kidlash kerakki, x va z lar suyuqlik zarrachasining o'zgaruvchan koordinatalari bo'lib, dx va dz kattaliklar ds kattalik proektsiyalari sifatida qaralishi mumkin.

Demak,

$$u_x = \frac{dx}{dt}; \quad u_z = \frac{dz}{dt}; \quad (3.2.2)$$

Eyler usuli. Faraz qilaylik, harakatlanayotgan suyuqlik bilan muhitning bir bo'lagini ajratib olish mumkin. Bu bo'lakni dekart koordinatalar sistemasiga joylashtirib, unda $1, 2, 3, \dots$ nuqtalarni tanlab olamiz. Bunda, x, z – Lagranj usulidagi kabi, zarracha koordinatalari emas, balki, muhitning qo'zg'almas nuqtalaridir (3.2.2-rasm). t_1 vaqt oralig'ini kuzatadigan bo'lsak, 1 nuqtada $u_1(t_1)$, 2 nuqtada $u_2(t_1)$ va xokazo tezliklarga ega bo'lgan zarrachalar mavjud bo'ladi.

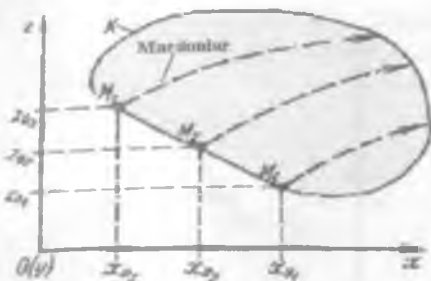
Ko'rinib turibdiki, t_1 vaqtda oqim – tezlik vektori maydonlari ko'rinishida ifodalanib, har qaysi vektorga ma'lum qo'zg'almas nuqta mos keladi. Ikkinchi boshqa vaqt oralig'ida $1, 2, 3, \dots$ nuqtalar uchun $u_1(t_2), u_2(t_2), u_3(t_2)$ va xokazo tezliklar maydoniga ega bo'lamiz.

Umuman, xulosa qilib aytishimiz mumkinki, oqim ma'lum vaqt oralig'ida muhitning qo'zg'almas nuqtalaridagi zarrachalarining tezlik maydonlari bilan ifodalanadi. t_1 va t_2 vaqt oraliqlariga mos keluvchi tezlik maydonlarini o'zaro taqqoslash bilan aytish mumkinki, oqim vaqt o'tishi bilan o'zgaradi.

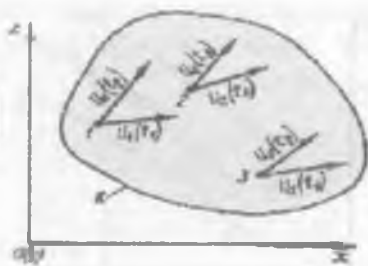
Yuqorida ta'kidlanganidek, x va z koordinatalar, Eyler usuliga asosan, muhitning qo'zg'almas nuqtalari bo'lganligi sababli, dx va dz kattaliklarni ds kattalikning proektsiyaari sifatida qarash mumkin emas, balki, oddiy erkin vaziyatlar sifatida qabul qilinishi mumkin. Shu sababli (3.2.2) ifodani bunday vaziyatda qo'llab bo'lmaydi.

Suyuqlik harakatini tadqiq qilishning gidravlikada qo'llaniladigan usuli. Lagranj usuli o'ziga xos murrakkabligi sababli amaliyotda keng qo'llanilmaydi. Bundan keyin asosan, Eyler usulidan foydalanamiz.

Bunda, biz, suyuqlik zarrachasi harakatini dt ko'rilayotgan nuqtadan o'tgunga qadar bo'lgan dt vaqt davomida kuzatamiz.



3.2.1-rasm. Lagranj usulining tasviri
 M_1, M_2, M_3 — suyuqlik zarrachalari.



3.2.2-rasm. Eyler usulining tasviri
 1, 2, 3, ... — muhitning qo'zg'almas nuqtalari.

Masalani bunday qo'yilishida muhitning har qanday nuqtasida joylashgan zarracha dt vaqt davomida tashkil etuvchilari dx va dz bo'lgan ds masofani bosib o'tadi, deb qabul qilishimiz mumkin. Shu sababli, u_x va u_z tezlik tashkil etuvchilarini aniqlash uchun (3.2.2) ifodadan foydalanish mumkin.

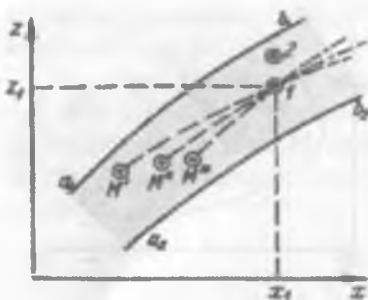
Suyuqlikning harqaror va beqaror harakatlari.

Bunday harakat turlari haqida tushuncha hosil qilishimiz uchun 6.4-rasmda ifodalangan a_1, b_1 va a_2, b_2 chiziqlar bilan chegaralangan suyuqlik oqimi bilan tanishamiz. Rasmda ifodalangan muhitda l qo'zg'almas nuqta tanlab, bu nuqta orqali bir necha suyuqlik zarrachalari (M)ning harakatini kuzatamiz.

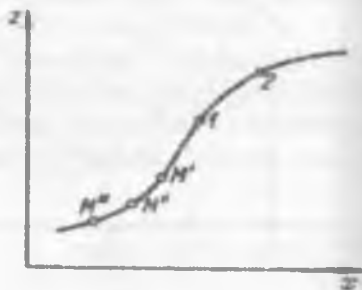
Bu qo'zg'almas nuqtadan t' vaqtda M' zarracha, t'' vaqtda M'' zarracha va xokazolar mos ravishda $u', u'', \dots$ tezliklar bilan o'tadi. Agar suyuqlik harakatlanayotganda muhitning biror nuqtasidagi tezlik vaqt davomida o'zgarib tursa, bunday harakat **beqaror harakat** deyiladi.

$$u = f_1(x, y, z, t) \quad (3.2.3)$$

Suyuqlik harakati davomida, u harakatlanayotgan muhitning har bir nuqtasida tezlik vaqt o'tishi bilan o'zgarib, bunday harakat **harqaror harakat** deyiladi. Bir qo'zg'almas nuqtadan o'tayotgan M zarrachalarning harakat traektoriyalari ustma-ust tushadi (3.2.4-rasm) va vaqt davomida ular o'zgaradi. Beqaror harakatda ikki xil xolat bo'lishi mumkin:



3.2.3-rasm. Suyuqlik zarrachalarining beqaror harakati.



3.2.4-rasm. Suyuqlik zarrachalarining barqaror harakati.

– alohida ayrim nuqtalarda tezlik sekin o'zgarganligi sababli $\frac{\partial u_x}{\partial t}$, $\frac{\partial u_y}{\partial t}$ va $\frac{\partial u_z}{\partial t}$ hadlarni hisobga olmaslik mumkin, bunday xolatdagi harakat *sekin o'zgaruvchan harakat* deyiladi;

– alohida ayrim nuqtalarda tezlikni tez o'zgarishi bilan kuzatiladigan harakat esa *tez o'zgaruvchan harakat* deyiladi.

Oqim chizig'i va elementar oqimchalar to'plami.

Barqaror harakat. Oqimning bunday harakatida vaqt davomida o'zgarmaydigan va undan suyuqlik zarrachalari ketma-ket harakatlanganidagi maydonlari tushuniladi (3.2.3-rasm.), $M'''-M''-M'-I-2$ chiziq.

Beqaror harakat. Bunday harakatda suyuqlik harakatlanayotgan muhitning ixtiyoriy qo'zg'almas nuqtalaridan zarrachalarning tezlik vektorlariga o'tkazilgan urinma chiziq – *oqim chizig'i* deb ataladi (3.2.5-rasm).

Beqaror harakatda I, I', I'' nuqtalar orqali o'tuvchi oqim chiziqlari harakatning oniy vaziyatini ko'rsatadi. Vaqt o'zgarishi bilan bu vaziyat o'zgarishi mumkin. Endi oqimning ichki qismida tanlab olingan ixtiyoriy I nuqta olib, uning atrofida $\delta\omega$ elementar yuza tanlaymiz va bu yuza orqali oqim chiziqlarini o'tkazamiz.

Xuddi mana shu chiziqlar bilan chegaralangan muhitni (3.2.6-rasm) *elementar oqimchalar to'plami* deb ataymiz. Oqimning barqaror harakatida elementar oqimchalar to'plami quyidagi xususiyatlarga ega:

– oqimchalar chizig'i barqaror harakatda vaqt davomida o'zgarmas bo'lganligi sababli, oqimchalar to'plami shakli ham o'zgarmasdir,



3.2.5-rasn. Beqaror harakatdagi oqim chizig'i.



3.2.6-rasm. Oqim ichida ajratilgan oqimchalar to'plami.

– elementar oqimchalar to'plami oqim chiziqlari bilan chegaralangan bo'lib (3.2.6-rasm), ular orqali suyuqlik zarrachalari sirpanib harakatlanganligi sababli, oqimchalar to'plami ichiga tashqaridan zarrachalar kirmaydi va ichkaridagilari ham tashqariga chiqmaydi; – $\delta\omega$ – elementar yuza bo'lganligi sababli, butun yuza bo'ylab (u) tezlik va gidrodinamik bosim o'zgarmas bo'lib, uzunlik bo'ylab o'zgarishi mumkin.

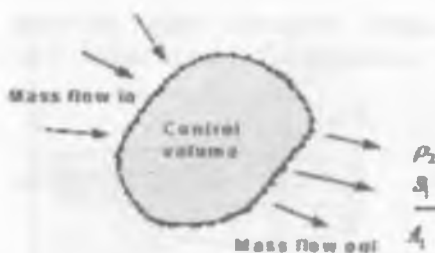
3.3. Uzlusizlik

Materiya paydo qilinishi yoki yo'q qilinishi mumkin emas – (u materiyaning boshqa shakliga o'zgarishi mumkin). Ushbu qoyida massani saqlab qolish sifatida ma'lum bo'lib, oquvchi muhitlarni ta'lil qilishda bizga kerak bo'ladi.

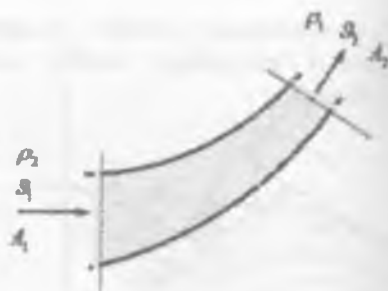
Bu prinsip pastdagi rasmda ko'rsatilganidek nazorat qiluvchi qismlar (yoki sirtki qatlam) deb nomlanuvchi mustahkamlangan qismlar uchun qo'llaniladi.

Barcha kontrol hajm uchun massa saqlash qonuniga asosan:

Vaqt birligiga ommaviy kiritish = vaqt birligiga ommaviy kctish + vaqt birligiga tekshirloyotgan hajmda massaning o'sishi.



3.3.1-rasm. Ixtiyoriy shaklning kontrol tovush balandligi



3.3.2-rasm. Oqimli trubka

Muqarrar oqim uchun tekshirilayotgan hajm chegarasida massaning o'sishi yo'q, shuning uchun muqarrar oqim vaqt birligiga ommaviy kiritish = vaqti birligiga ommaviy ketishiga aytiladi. Buni oqim trubkasiga pastda ko'rsatilganidek qo'llash mumkin.

Hech bir suyuqlik chiziqlar bilan egri chiziq tashkil etganida chegara orqali oqmaydi, shuning uchun ham massa oqimning shu jabxasidagi ikki yakuniy joylari orqali chiqadi va kiradi.

U holda biz quyidagini yozishimiz mumkin.

1 massa yakunida vaqt birligiga ommaviy to'g'ri kelish = 2 yakunida vaqt birligiga ommaviy ketish;

$$\rho_1 \varphi A_1 Q_1 = \rho_2 \varphi A_2 Q_2 \quad (3.3.1)$$

yoki muqarrar oqim uchun

$$\rho_1 \varphi A_1 Q_1 = \rho_2 \varphi A_2 Q_2 = \text{const} = m \quad (3.3.2)$$

Bu uzluksizlik tenglamasi

Haqiqiy quvur (yoki istalgan boshqa idish) orqali suyuqlik oqimi devor borligi uchun o'zgarib turadi. Bu holda biz o'rtacha tezlikdan foydalanishimiz va quyidagini yozishimiz mumkin:

$$\rho_1 A_1 Q_{w1} = \rho_2 A_2 Q_{w2} = \text{const} = m \quad (3.3.3)$$

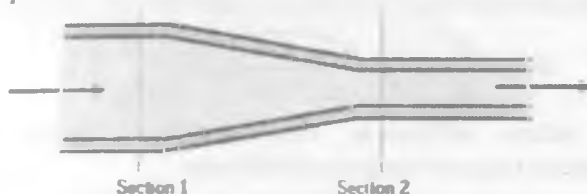
Suyuqlikni siqilmaydigan deb hisoblasak, ya'ni zichlik o'zgarmaydi, $\rho_1 = \rho_2 = \rho$ (m indeksini olib tashlagan holda)

$$A_1 Q_1 = A_2 Q_2 = Q \quad (3.3.4)$$

Bu uzluksizlikning eng ko'p qo'llaniladigan formulasidir.

Bu formula suyuqlik mexanikasida juda kuchli qurol hisoblanadi va bu kurs davomida ko'p marotaba qo'llaniladi.

Ilovalarning ba'zi misollarida biz uzluksizlik prinsipini o'z uzunligi bo'ylab o'zgaruvchi ko'ndalang kesishuvchi quvurlarga qo'llashimiz mumkin. Pastdagi qisqartirilgan quvur diagrammasini ko'rib chiqamiz:



3.3.3-rasm. Quvur diagrammasi

Suyuqlik chapdan o'ngga qarab oqmoqda, quvur ham shu yo'nalishda qisqarib bormoqda. Uzluksizlik prinsipiga asosan ommaviy harakat har bir joyda bir xil bo'lishi kerak – quvurga kelayotgan massa, quvurdan chiqayotgan massaga teng. Shuning uchun ham biz quyidagicha yoza olamiz:

$$A_1 g_1 \rho_1 = A_2 g_2 \rho_2 \quad (3.3.5)$$

(ikki bo'limda ko'rsatkichlar beruvchi 1 va 2 kesim yuzalari)

Odatda suyuqlik sifatida biz uncha siqilmaydigan suvni ko'rganimiz sababli, zichlik juda kam o'zgaradi. Shuning uchun $\rho_1 = \rho_2 = \rho$ bu bundan tashqari ommaviy harakat doimiyligini yoki

1 bo'lakdagi harakat = 2 bo'lakdagi harakatni ta'kidlaydi.

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 g_1 = A_2 g_2 \quad (3.3.6)$$

Masalan, agar maydon $A_1 = 10 \cdot 10^{-3} m^2$ va $A_2 = 3 \cdot 10^{-3} m^2$ va boshlanayotgan oqimning o'rtacha tezligi $g_1 = 2,1 m/s$ bo'lsa, u holda pastlayotgan oqimning o'rtacha tezligi ushbu formula yordamida hisoblansa bo'ladi:

$$Q_2 = \frac{A_1 Q_1}{A_2} = 7,0 \text{ m/s}$$

E'tibor beringki, pastga ketayotgan oqimning tezligi faqat boshlanayotgan oqim tezligidan quvurning ikkita qismi nisbatiga o'zgaradi. Doirasimon quvurning maydoni dimetrga bog'liq bo'lgani uchun, biz hisob kitob ishlarida yanada qisqartirishimiz mumkin.

$$Q_2 = \frac{A_1}{A_2} Q_1 = \frac{\pi d_1^2 / 4}{\pi d_2^2 / 4} Q_1 = \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2 Q_1 \quad (3.3.7)$$

Endi bularni diffuzorda sinab ko'ring. Pastdagi rasmda ko'rsatilganidek kengayib tarqaluvchi quvurda:



3.3.4-rasm. Diffuzorda kengayib tarqaluvchi quvur

Agar 1 bo'lim diametri $d_1 = 30 \text{ mm}$ teng bo'lsa, 2 bo'limida esa $d_2 = 40 \text{ mm}$, 2 bo'limdagi o'rtacha tezlik $Q_2 = 3,0 \text{ m/s}$ tashkil etsa u holda diffuzorga kelib tushuvchi tezlik:

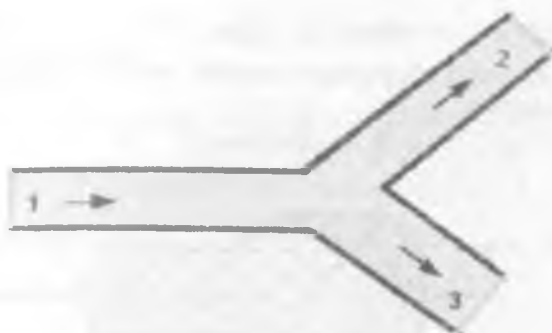
$$Q_1 = \left(\frac{40}{30} \right)^2 3,0 = 5,3 \text{ m/s.}$$

Uzluksizlik prinsipini qo'llashning yana bir misoli bu o'tish joylaridan chiqqan quvurlardagi tezliklarni aniqlash bo'la oladi. O'tishdagi umumiy ommaviy harakat = o'tish joyidan umumiy ommaviy harakat

$$\rho_1 Q_1 = \rho_2 Q_2 + \rho_3 Q_3 \quad (3.3.8)$$

Oqim siqilmas bo'lganda (masalan suv bo'lsa) $\rho_1 = \rho_2 = \rho$

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_2 + Q_3 \\ A_1 Q_1 &= A_2 Q_2 + A_3 Q_3 \end{aligned} \quad (3.3.9)$$



3.3.5-rasm

Agar quvur diametri $1d = 50 \text{ mm}$ ni tashkil etsa, o'rtacha tezlik 2 m/s , quvur diametri $d = 40 \text{ mm}$ umumiy harajatdan 30% ni tashkil etadi va quvur diametri $d = 60 \text{ mm}$.

Har bir quviudagi harajat va o'rtacha tezlik ko'rsatkichlari qanday?

$$Q_1 = A_1 g_1 = \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) g_1 = 0,00392 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_1 = 0,3Q_1 = 0,001178 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

$$Q_2 = Q_1 - 0,3Q_1 = 0,7Q_1 = 0,00275 \text{ m}^3/\text{s},$$

$$Q_2 = A_2 g_2, \quad g_2 = 0,936 \text{ m/s},$$

$$Q_3 = A_3 g_3, \quad g_3 = 0,972 \text{ m/s}.$$

3.4. Oqimning uzluksizlik tenglamasi

Oqimning uzluksizlik tenglamasi massasini saqlanish qonunini ifodalaydi quvur ichiga kirayotgan suyuqlik miqdori oqib chiqayotgan suyuqligiga teng. Masalan 10-rasmda naporli quvurdagi ko'ndalang kesimlardan kirayotgan va chiqayotgan suyuqlik saqlanadi:

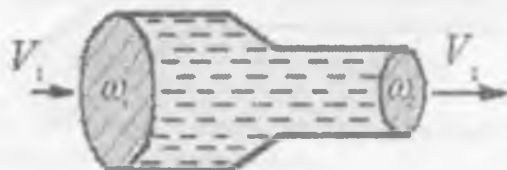
$$Q_1 = Q_2 \quad (3.4.1)$$

$Q = g\omega$, ekanligini e'tiborga olsak u holda uzluksizlik tenglamasini oqim uchun quyidagicha yozamiz:

$$Q_1 \omega_1 = Q_2 \omega_2. \quad (3.4.2)$$

Bundan quvurdan chiqayotgan suyuqlik tezligi quyidagi formula yordamida aqlaymiz:

$$Q_2 = Q_1 \omega_1 / \omega_2, \quad (3.4.3)$$



3.4.1-rasm. Oqim va oqimchalar tenglamasi uchun sxemasi.

Bundan ko'rinib turibdiki quvurdan chiqayotgan tezlik jonli kesimlarga nisbatan teskari proporsional holda katta qiymatni olar ekan. Bu xulosa, tezlik bilan ko'ndalang kesimlar orasidagi teskari bog'lanish, uzluksizlik tenglamani texnikada muhandislik amaliyotida muhim rol o'ynaydi, ayniqsa yong'inni so'ndirishda kuchli va uzoqqa suyuqlikni yetkizib berishda, mashinalarni yuvushda kuchli napor hosil qilishlarda ishlatiladi.

Quyidagi misolni e'tiboringizga havola etamiz.

Napor quvuri diametri d bo'lsa bu diametрни ikki barobarga kamaytirsak u holda oqim tezligi qanday qiymatga o'zgaradi.

Bunday quvurning ko'ndalang kesim yuzasi formula yordamida

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} \quad (3.4.4)$$

3.4.1-rasmدا joyi aniqlanadi. (3.4.4) formulaga asosan ko'ndalang kesimlar nisbati 4 ga teng.

Shunday qilib quvur diametri ikki barobarga oshadi. Shuningdek, agar diametr uch barobarga kamaysa – tezlik 9 marta oshadi.

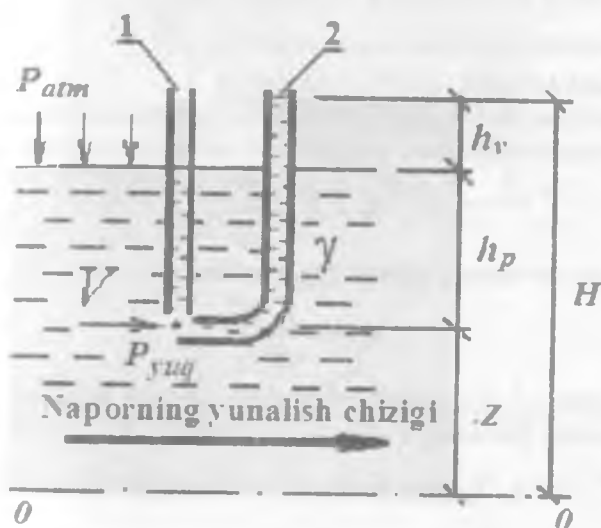
3.5. Gidrodinamik napor

Gidrodinamik napor H (m) – harakatdagi suyuqlikni energetik xarakteristikasini ko'rsatadi. Bu tushuncha gidravlika fanining asoslaridan biridir.

Gidrodinamik napor H (3.5.1-rasmda) quyidagi formula yordamida aniqlanadi;

$$H = z + h_p + h_g = z + \frac{P_{yuq}}{\gamma} + \frac{Q^2}{2g}, \quad (3.5.1)$$

bu yerda, Z -geometrik napor (balandlik), m ; h_p -p'ezometrik napor, balandlik), m ; $h_g = Q^2 / (2g)$ -tezlik nabori, m ; Q -oqim tezligi; g -erkin tushish tezlanishi, m^2 / s .



3.5.1-rasm. Gidrodinamik naporni tushintirishga doir sxema:

1 – p'ezometr; 2-Pito naychasi.

Gidrodinamik napor gidrostatik naporga qaraganda uchta tashkil etuvchilar yig'indisidan iborat. Yuqoridagi tenglamadagi h_g kattalik suyuqlik harakatining kinetik energiyasini ifodalaydi. Qolgan hadlar potentsial energiyani ifodalaydi.

Napor asosan O-O tekislikdan o'tuvchi gorizontaal chizig'i nol hisobida bo'ladi (3.5.1-rasm). Undan keyingi hisobidagi balandlik suyuqlik nabori hisoblanib metr (m) larda o'lchanadi.

Tezlik nabori h_p tezlik orqali hisoblanadi yoki p'ezometrlar va Pito quvurchalari yordamida o'lchanadi.

P'ezometr va pito quvurchalaridan ko'rsatkich farqi quvurchalar naporini ifodalaydi. Pito quvurchasi p'ezometrqa qaraganda uning pastki qismi suyuqlik harakatiga teskari ravishda quyilgan bo'lib, bosim va tezlikni o'lchaydi.

3.6. Suyuqliklar harakatidagi naporning yo'qolishi

1. Uzunlik bo'yicha napor yo'qolishi – h_l

2. Mahalliy qarshilikda napor yo'qolishi – h_m

Uzunlik bo'yicha napor yo'qotilishi.

Uzunlik bo'yicha napor yo'qotilishini hisoblashda Darsi-Veysbax formulasidan foydalaniladi, u duma!oq ko'ndalang kesimli quvur uchun

$$h_l = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{g^2}{2g} \quad (3.6.1)$$

Boshqa ko'ndalang kesimli quvur uchun,

$$h_l = \lambda \frac{l}{4R} \frac{g^2}{2g}, \quad (3.6.2)$$

bu yerda, λ – gidravlik ishqalanish qarshilik koeffitsiyenti; l – quvur uzunligi (hisobdagi); d – quvur diametri; R – gidravlik radius,

$R = \frac{\omega}{\chi}$; χ – ho'llangan perametr; ω – suyuqlik kesimining yuzasi;

g – oqimning o'rtacha tezligi.

Gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti λ Reynol'ds soni Re ga va quvurning nisbiy g'adur-budurligiga bog'liq bo'ladi.

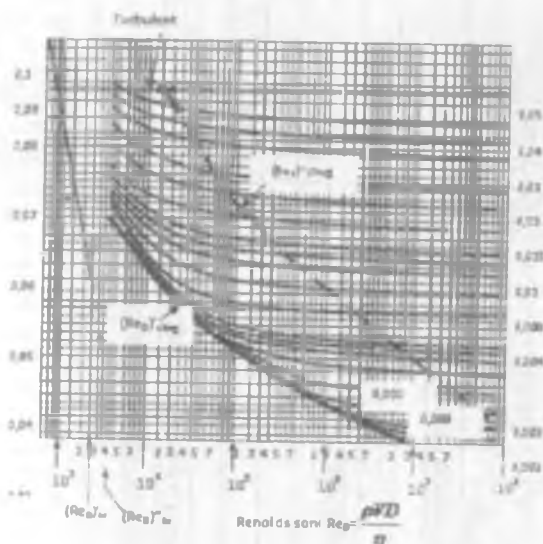
$\Delta_r = \frac{\Delta}{D}$ nisbiy g'adir-budurlik; Δ – mutloq ekvivalent g'adir-

budurlik (qiymatlari 3.6.1–3.6.3-jadvallarda berilgan).

Laminar oqim uchun $\lambda = \frac{64}{Re}$, turbulent oqimda

$\lambda = f(Re, \Delta_r)$ bo'lib, Nikuradze yoki Kolbruk-Uayt grafiklaridan aniqlanadi. Kvadratik qarshilik zonasida bo'lgan harakatda. naporning

uzunlik bo'yicha yo'qolishini quyidagi Shezi formulasi orqali topish mumkin:



3.6.1-rasin

$$Q = \omega C \sqrt{Ri_e}, \quad (3.6.3)$$

bu yerda, Q – suyuqlik sarfi; C – Shezi koeffitsiyenti, ko'pincha

$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$ Mannin formulasi orqali topiladi; n – g'adir-budirlik

koeffitsiyenti (3.6.13-jadval) $i_e = \frac{h_l}{l}$ – gidravlik qiyalik. Shezi formulasiga asoslanib h_l quyidagicha, bo'ladi:

$$h_l = \frac{Q^2}{K^2} l, \quad (3.6.4)$$

bu yerda, $K = \omega C \sqrt{R}$ – sarf moduli.

K ning qiymatlari cho'yan quvurlar uchun 3.6.4–3.6.6 jadvallarda berilgan bo'lib, C bilan λ o'rtasidagi bog'liqlik quyidagicha:

$$\lambda = \frac{8g}{C^2} \quad (3.6.4)$$

Po'lat quvurlar uchun mutloq g'adir-budurlik Δ ning qiymatlari

3.6.1-jadval

Ishlatilavotgan quvurlar sathlari tavsifi	Δ , mm
Suv o'tkazuvchi quvurning yuzasi yangi va toza	
Ulanishlarsiz, toza	0,015–0,04/0,025 ¹⁾
Uzunligi bo'yicha payvand qilingan ishlov berilgan toza	0,03–0,12/0,05
Ko'ndalang bo'yicha payvand qilingan toza ishlov berilgan	0,08–0,17/0,12
Ichki qismidan qoplama berilgan suv o'tkazuvchi quvurning yuzasi yangi va toza	
Zavoddan bitum bilan ishlov berilgan	0,014–0,018/0,016
Xuddi shunday, ko'ndalang bo'yicha payvand qilingan	0,2–0,6/0,4
Suv o'tkazuvchi quvurning yuzasi eski, lekin toza	
Unchalik korroziya(chirish)ga uchramagan	0,1–0,3/0,2
Biroz korroziyalangan yengil cho'kindili	0,3–0,7/0,5
Ko'p korroziyali	0,8–1,5/1,0
Zangdan tozalangan yuzali	0,5–0,2/0,18
Suv o'tkazuvchi quvur bir necha yil ishlatilgandan so'ng	
To'liq payvandli 2 yilgacha ishlatilgan cho'kindisiz	0,12–0,24/0,18
Xuddi shunday 20 yilgacha ishlatilgan cho'kindisiz	0,6–0,5/2,8
Temir bakteriyali kuchli zanglagan, to'lib qolgan	3,0–4,0/3,5
Xuddi shunday, faqat cho'kindi qalinligi 5–25 mm	6 va katta
3 yil ishlatilgan ichki qismidan bitum bilan qoplangan	0,1–0,35/0,25

Suratda shu guruh uchun g'adir-budurlik – Δ qiymatining o'zgarish oralig'i, maxrajda esa Δ ning ehtimolli qiymatlari keltirilgan.

Napori tunnel uchun qoya toshli tuproqda mutloq g'adir-budurlik Δ ning qiymatlari

3.6.2-jadval

Ishni olib borish usullari, yuza tavsifi	Δ , mm
Kichkina yoriqlarga ega tunnellar	100–140
Yoriqlari ko'p tunnellar	130–500
Yuzasi juda notekis tunnellar	500–1500

Turli xil materiallar uchun g'adir-budurlik qiymatlari

3.6.3-jadval

Yuzasi	Δ , mm	N
Juda silliq sirtlar	0,02	0,009–0,013/0,010
Sementli suvoq:		
– toza tekislangan	0,02–0,03/0,1	<0,010
– oddiy	0,1–0,8/0,3	<0,012
Po'lat quvurlar:		
– Ulanmagan, yangi, toza	0,010,02/0,014	0,009–0,011/0,010
– Payvandlangan, yangi, toza	0,03–0,12/0,05	0,011–0,013/0,012
– kam zangiagan	0,3–0,7/0,05	0,013–0,015/0,020
Cho'yan quvurlar:		
– yangi	0,25–1,0/0,7	0,013–0,016/0,015
– korrodirovkali	1,00–1,5/1,3	0,016–0,025/0,020

Taxtadan yasalgan yog'och lotoklar:		
– tekislangan (randalangan)	0,5–8,0/2,0	0,010–0,018/0,014
– randalanmagan	0,8–10,0/3	0,012–0,019/0,016
Betonlangan devor	0,3–5,0/2,0	0,012–0,015/0,013
G'ishtli devor	1,0–6,0/3,0	0,013–0,017/0,015
Qo'lbola devor	5–70/20	0,017–0,025/0,021
Toshli	15–30/25	0,020–0,025/0,022
Kanalizatsiya quvurlari:		
– betonli va temir-betonli	2	0,014
– keramikali	1,25	0,013
To'g'ri yo'nalishli yer kanallari:		
– ishlatilgandan so'ng toza	15–200/50	0,018–0,024/0,022
– kalta o'tli va suv o'tlari bor		0,024–0,033/0,028
– tagi toza, qiyaligi o't-o'lanli		0,04–0,08/0,06
Daryolar:		
– Toza, to'g'ri chiziqli, o'nqir-cho'nqirsiz		0,025–0,033/0,030
– Juda egri-bugri, o'nqir-cho'nqirli		0,033–0,045/0,040
– O't-o'lanlar o'sgan		0,075–0,15/0,11

Yangi bitumlangan cho'yan quvurlar uchun $\Delta = (0,10-0,15)$ mm bo'lganda sarf moduli – K ning qiymatlari (kvadratik qarshilik zonasi)

3.6.4-jadval

D, mm	$K_{\min}, \text{l/s}$	$K^2_{\min}, (\text{l/s})^2$	$K_{o'ri}, \text{l/s}$	$K^2_{o'ri}, (\text{l/s})^2$	$K_{mak}, \text{l/s}$	$K^2_{mak}, (\text{l/s})^2$
50	12,16	147,9	12,47	156,5	12,80	163,8
75	35,41	$1,254 \cdot 10^3$	36,07	$1,301 \cdot 10^3$	37,03	$1,371 \cdot 10^3$
100	74,96	$5,619 \cdot 10^3$	76,16	$5,800 \cdot 10^3$	77,70	$6,037 \cdot 10^3$
125	133,3	$17,796 \cdot 10^3$	135,2	$18,279 \cdot 10^3$	138,9	$19,253 \cdot 10^3$
150	214,2	$45,882 \cdot 10^3$	219,3	$48,092 \cdot 10^3$	227,8	$51,893 \cdot 10^3$
200	457,4	$20,921 \cdot 10^4$	474,9	$22,552 \cdot 10^4$	484,3	$23,455 \cdot 10^4$
250	833,3	$69,439 \cdot 10^4$	845,7	$71,521 \cdot 10^4$	859,3	$73,840 \cdot 10^4$
300	1334	$17,796 \cdot 10^5$	1352	$18,729 \cdot 10^5$	1387	$19,238 \cdot 10^5$
350	1986	$39,442 \cdot 10^5$	2019	$40,764 \cdot 10^5$	2065	$42,642 \cdot 10^5$
400	2801	$78,456 \cdot 10^5$	2863	$81,968 \cdot 10^5$	2924	$85,498 \cdot 10^5$
450	3817	$14,569 \cdot 10^6$	3878	$15,039 \cdot 10^6$	3924	$15,398 \cdot 10^6$
500	5020	$25,200 \cdot 10^6$	5069	$25,969 \cdot 10^6$	5193	$26,967 \cdot 10^6$
600	8079	$65,270 \cdot 10^6$	8169	$66,733 \cdot 10^6$	8377	$70,174 \cdot 10^6$
700	12008	$14,419 \cdot 10^7$	12251	$15,009 \cdot 10^7$	18296	$15,866 \cdot 10^7$
800	16949	$28,727 \cdot 10^7$	17324	$30,012 \cdot 10^7$	18827	$35,710 \cdot 10^7$

900	23069	$53,218 \cdot 10^7$	23627	$55,804 \cdot 10^7$	24177	$58,453 \cdot 10^7$
1000	30513	$93,104 \cdot 10^7$	31102	$96,733 \cdot 10^7$	31730	$100,680 \cdot 10^7$

Yangi bitumlangan cho'yan quvurlar uchun $\Delta = (0,25-1,00)$ mm bo'lganda sarf moduli – K ning qiymatlari (kvadratik qarshilik zonasi)

3.6.5-jadval

$D, \text{ mm}$	$K_{\min}, \text{ l/s}$	$K^2_{\min}, (\text{l/s})^2$	$K_{\text{ort}}, \text{ l/s}$	$K^2_{\text{ort}}, (\text{l/s})^2$	$K_{\max}, \text{ l/s}$	$K^2_{\max}, (\text{l/s})^2$
50	8,77	79,91	9,64	92,93	11,22	125,89
75	26,24	688,54	28,42	807,70	33,23	1104,2
100	56,40	$3,1810 \cdot 10^3$	61,37	$3,7663 \cdot 10^3$	70,94	$5,0325 \cdot 10^3$
125	102,32	$10,469 \cdot 10^3$	110,59	$12,230 \cdot 10^3$	125,93	$15,858 \cdot 10^3$
150	166,53	$27,732 \cdot 10^3$	181,42	$32,906 \cdot 10^3$	204,78	$41,943 \cdot 10^3$
200	359,35	$1,2913 \cdot 10^5$	391,36	$1,5288 \cdot 10^5$	429,20	$1,8421 \cdot 10^5$
250	649,83	$4,2228 \cdot 10^5$	701,99	$4,9280 \cdot 10^5$	770,71	$5,9398 \cdot 10^5$
300	1059,4	$11,223 \cdot 10^5$	1128,3	$12,724 \cdot 10^5$	1242,7	$15,443 \cdot 10^5$
350	1588,6	$25,237 \cdot 10^5$	1684,8	$28,383 \cdot 10^5$	1878,4	$35,285 \cdot 10^5$
400	2262,6	$51,194 \cdot 10^5$	2394,4	$57,312 \cdot 10^5$	2669,3	$71,252 \cdot 10^5$
450	3076,7	$94,661 \cdot 10^5$	3260,9	$106,34 \cdot 10^5$	3623,7	$131,48 \cdot 10^5$
500	4054,7	$16,439 \cdot 10^6$	4283,3	$18,347 \cdot 10^6$	4776,7	$22,810 \cdot 10^6$
600	3570,5	$43,171 \cdot 10^6$	6860,5	$47,66 \cdot 10^6$	7662,4	$58,706 \cdot 10^6$

700	9788,8	$95,828 \cdot 10^6$	10259	$105,25 \cdot 10^6$	11446	$130,99 \cdot 10^6$
800	13838	$191,49 \cdot 10^6$	14543	$211,47 \cdot 10^6$	16257	$264,29 \cdot 10^6$
900	18759	$351,91 \cdot 10^6$	20035	$401,36 \cdot 10^6$	22053	$445,59 \cdot 10^6$
1000	24603	$605,31 \cdot 10^6$	26104	$713,10 \cdot 10^6$	28895	$834,92 \cdot 10^6$

Oldin ishlatilgan cho'yan quvurlar uchun $\Delta = (1,0-1,5)$ mm bo'lganda sarf moduli – K ning qiymatlari (kvadratik qarshilik zonasi)

3.6.6-jadval

$D, \text{ mm}$	$K_{\min}, \text{ l/s}$	$K^2_{\min}, (\text{l/s})^2$	$K_{\text{ort}}, \text{ l/s}$	$K^2_{\text{ort}}, (\text{l/s})^2$	$K_{\max}, \text{ l/s}$	$K^2_{\max}, (\text{l/s})^2$
50	8,13	66,10	8,43	71,07	8,77	76,91
75	24,18	584,67	24,69	609,60	26,24	688,54
100	52,41	$2,7468 \cdot 10^3$	53,90	$2,9052 \cdot 10^3$	56,40	$3,1810 \cdot 10^3$
125	95,23	$9,0687 \cdot 10^3$	98,22	$9,6472 \cdot 10^3$	103,32	$10,469 \cdot 10^3$
150	155,48	$24,162 \cdot 10^3$	160,62	$25,799 \cdot 10^3$	166,53	$27,732 \cdot 10^3$
200	336,59	$1,1329 \cdot 10^5$	346,36	$1,1997 \cdot 10^5$	359,35	$1,2913 \cdot 10^5$
250	607,73	$3,6934 \cdot 10^5$	627,74	$3,9406 \cdot 10^5$	649,83	$4,2228 \cdot 10^5$
300	990,26	$9,8060 \cdot 10^5$	1017,8	$10,359 \cdot 10^5$	1059,4	$11,223 \cdot 10^5$
350	1491,0	$22,231 \cdot 10^5$	1534,6	$23,550 \cdot 10^5$	1588,6	$25,237 \cdot 10^5$

400	2124,8	$45,148 \cdot 10^5$	2195,5	$48,202 \cdot 10^5$	2262,6	$51,194 \cdot 10^5$
450	2911,7	$84,780 \cdot 10^5$	2980,9	$88,858 \cdot 10^5$	3076,7	$94,661 \cdot 10^5$
500	3857,3	$14,833 \cdot 10^6$	3954,0	$15,634 \cdot 10^6$	4054,7	$16,439 \cdot 10^6$
600	6278,2	$39,415 \cdot 10^6$	6415,0	$41,152 \cdot 10^6$	6570,5	$43,171 \cdot 10^6$
700	9370,0	$87,797 \cdot 10^6$	9531,2	$90,840 \cdot 10^6$	9788,8	$95,824 \cdot 10^6$
800	13213	$174,59 \cdot 10^6$	13487	$181,91 \cdot 10^6$	13838	$191,49 \cdot 10^6$
900	17971	$322,96 \cdot 10^6$	18297	$334,78 \cdot 10^6$	18759	$351,91 \cdot 10^6$
1000	23731	$563,16 \cdot 10^6$	24175	$584,43 \cdot 10^6$	24603	$605,31 \cdot 10^6$

*Cho'yan quvurlar uchun gidravlik ishqalanish koeffitsiyenti λ ning qiymatlari
(kvadratik qarshilik zonasi)*

3.6.7-jadval

D , mm	Yangi bitumlangan ($\Delta = 0,10-0,15$ mm)			Oldin ishlatilgan ($\Delta = 1,00-1,50$ mm)			
	$\lambda_{\min}$	$\lambda_{o'rt}$	$\lambda_{\max}$	$\lambda_{\min}$	$\lambda_{o'rt}$	$\lambda_{\max}$	$\lambda_{\max}$
50	0,0230	0,0242	0,0255	0,0300	0,0410	0,0490	0,0570
75	0,0209	0,0220	0,0230	0,0260	0,0350	0,0416	0,0490
100	0,0200	0,0208	0,0215	0,0240	0,0320	0,0380	0,0440
125	0,0190	0,0200	0,0206	0,0230	0,0300	0,0350	0,0404
150	0,0177	0,0191	0,0200	0,0220	0,0280	0,0330	0,0380

200	0,0165	0,0172	0,0185	0,0210	0,0235	0,0300	0,0342
250	0,0160	0,0165	0,0175	0,0200	0,0240	0,0280	0,0320
300	0,0153	0,0161	0,0165	0,0190	0,0230	0,0262	0,0300
350	0,0149	0,0156	0,0161	0,0180	0,0224	0,0252	0,0286
400	0,0145	0,0151	0,0158	0,0170	0,0215	0,0242	0,0275
450	0,0142	0,0148	0,0153	0,0168	0,0209	0,0235	0,0262
500	0,0140	0,0145	0,0150	0,0165	0,0206	0,0230	0,0255
600	0,0134	0,0141	0,0145	0,0160	0,0200	0,0211	0,0242
700	0,0128	0,0136	0,0141	0,0155	0,0192	0,0212	0,0232
800	0,0125	0,0132	0,0138	0,0150	0,0185	0,0207	0,0227
900	0,0122	0,0128	0,0131	0,0147	0,0178	0,0203	0,0221
1000	0,0120	0,0125	0,0130	0,0145	0,0170	0,0200	0,0215

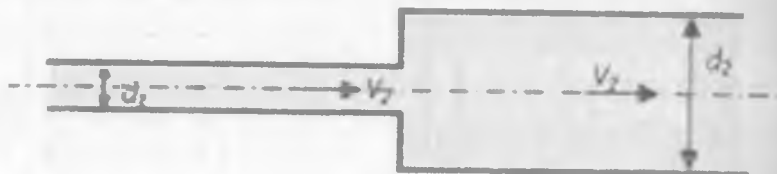
3.7. Naporning mahalliy qarshiliklarda yo'qotilishi

Naporning mahalliy qarshiliklarda yo'qotilishi Veysbax formulasi yordamida aniqlanadi:

$$h_m = \xi_m \frac{v^2}{2g}, \quad (3.7.1)$$

bu yerda, ξ_m -mahalliy qarshiliklar koeffitsiyenti.

Laminar harakatda ξ_m va suv o'tkazgichning geometriyasi Re soniga bog'liq. Turbulent harakatda mahalliy qarshilik koeffitsiyenti ξ_m suyuqlik o'tkazuvchining mahalliy qarshilikka ega bo'lgan geometriyasiga bog'liq.



3.7.1-rasm.Quvurning keskin kengayishi

Quvurlarning keskin kengayishidagi naporning yo'qotilishini nazariy ravishda chiqarilgan Bord formulasidan aniqlanadi;

$$h_{k.k} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}, \quad (3.7.2)$$

bu yerda, v_1 va v_2 – suyuqlik oqayotgan quvurning toraygan va kengaygan qismlaridagi tezliklari.

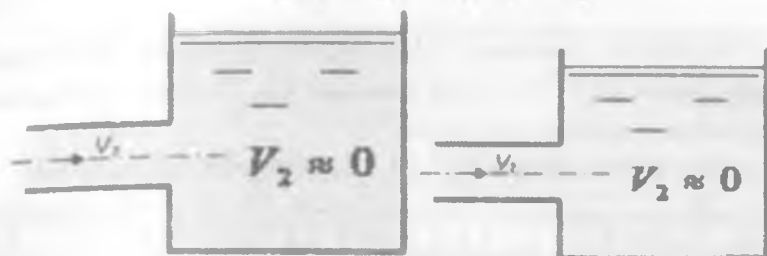
Formulani quyidagi qulay holatlarda yozish mumkin;

$$h_{k.k} = \xi'_{k.k} \frac{v_1^2}{2g} \text{ yoki } h_{k.k} = \xi''_{k.k} \frac{v_2^2}{2g} \quad (3.7.3)$$

bu yerda,

$$\xi'_{k.k} = \left(1 - \frac{v_2}{v_1}\right)^2 = \left(1 - \frac{D_1^2}{D_2^2}\right)^2;$$

$$\zeta_{k.k}'' = \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2 = \left(\frac{D_2^2}{D_1^2} - 1 \right)^2 \quad (3.7.4)$$



3.7.2-rasm. Quvurdan suyuqlik idishiga o'tishi

suyuqlikning quvurdan idishiga o'tishidagi qarshilik koeffitsiyenti Bord formulasi orqali aniqlanadi. $\omega_2 \gg \omega_1$ va $V_2 \approx 0$ bo'lgani uchun $\zeta_{chiq} = 1,0$.



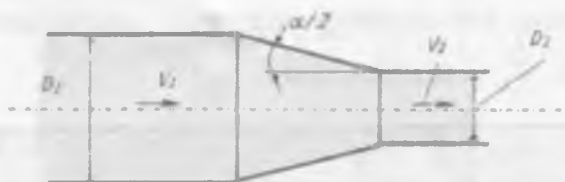
3.7.3-rasm. Quvurlarning keskin torayishi

keskin torayishda mahalliy qarshilik koeffitsiyenti $\zeta_{k.t}$ ni quyidagi I.E. Idelchik formulasi yordamida aniqlash mumkin:

$$\zeta_{k.t} = 0,5 \left(1 - \frac{D_2^2}{D_1^2} \right) \quad (3.7.5)$$

yoki A.D. Altshul formulasi yordamida $\zeta_{k.t} = \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right)^2$

bu yerda ε – quvurga kirishdagi siqilish koeffitsiyenti, u quyidagiga teng



3.7.6-rasm. Konfuzorlar

Konfuzordagi qarshilik koeffitsiyentini quyidagi formula yordamida topish mumkin:

$$\xi_{kon} = \xi_{kon,k} \left(1 - \frac{D_2^2}{D_1^2} \right) + \xi_{ishq} \quad (3.7.9)$$

bu yerda, $\xi_{kon,k}$ – konfuzorga kirishdagi qarshilik koeffitsiyenti, uning miqdori 4.10-jadvalda berilgan. ξ_{ishq} – qarshilik koeffitsiyenti bo'lib, u quyidagi formula orqali aniqlanadi.

$$\xi_{ishq} = \frac{\lambda_{o,r}}{8 \sin \frac{\alpha}{2}} \left(1 - \frac{D_2^4}{D_1^4} \right) - \lambda_{o,r} f \left(\alpha, D_2/D_1 \right) \quad (3.7.10)$$

$$\frac{\xi_{ishq}}{\lambda} = f \left(\alpha, D_2/D_1 \right) \text{ qiymatlari 4.11-jadval berilgan.}$$

$\lambda_{o,r}$ ishqalanish koeffitsiyentining konfuzor boshida va oxiridagi qiymatlarining o'rtachasi olinadi.

Erkin konussimon kirishdagi $\xi_{kon,k}$ qiymatlari

3.7.3-jadval

Konuslik burchagi α°	l/D							
	0,025	0,005	0,075	0,1	0,15	0,25	0,6	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1
10	0,97	0,93	0,86	0,81	0,78	0,7	0,5	0,35
20	0,93	0,86	0,74	0,65	0,56	0,44	0,27	0,19
40	0,86	0,74	0,57	0,47	0,3	0,2	0,14	0,1
60	0,8	0,68	0,5	0,451	0,25	0,17	0,13	0,1
90	0,12	0,6	0,48	0,41	0,27	0,2	0,18	0,15
180	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

ξ_{ishq} – kattaliklarini aniqlash uchun $\frac{\xi_{ishq}}{\lambda}$ qiymatlari

3.7.4-jadval

$\frac{D_2}{D_1}$	Konuslik burchagi					
	2	4	8	15	30	45
1	0	0	0	0	0	0
0,9	2,5	1,2	0,6	0,3	0,2	0,1
0,8	4,2	2,1	1,1	0,6	0,3	0,2
0,7	5,4	2,7	1,4	0,7	0,4	0,2
0,6	6,2	3,1	1,6	0,8	0,4	0,3
0,5	6,7	3,4	1,7	0,9	0,5	0,3
0,4	6,9	3,5	1,7	0,9	0,5	0,3
0,3	7,1	3,6	1,8	0,9	0,5	0,3

Diffuzorlar (konfuzorlar teskarisi).

Diffuzordagi qarshilik koefitsiyenti quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$\xi_{dif} = K_{yum} \left(\frac{D_2^2}{D_1^2} - 1 \right)^2 + \xi_{ishq} \quad (3.7.11)$$

bu yerda, K_{yum} -tekis kengayishdagi yumshatish koefitsiyenti, uning qiymatlari 3.7.4-jadval orqali topiladi. ξ_{ishq} – ishqalanish koefitsiyenti quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\xi_{ishq} = \frac{\lambda_{o'r}}{8 \sin \frac{\alpha}{2}} \left(\frac{D_2^4}{D_1^4} - 1 \right) - \lambda_{o'r} f \left(\alpha, D_1 / D_2 \right) \quad (3.7.12)$$

yoki tekis kengayishdagi K_{yum} qiymatlari orqali aniqlanadi.

K_{yum} qiymatlari 3.7.5-jadvalda berilgan. Diffuzorning qarshilik

koefitsiyentini topishda $\frac{\xi_{ishq}}{\lambda}$ uchun berilgan bo'lib quyidagi 3.7.6-jadvaldan foydalaniladi.

**Tekis kengayishdagi yumshatish koeffitsiyenti K_{yum} -ning
qiymatlari**

3.7.5-jadval

α^0	2	4	6	8	10	12	15	20	25	30	40	45
K_{yum}	0,02	0,05	0,1	0,14	0,16	0,22	0,3	0,42	0,62	0,72	0,85	1

Diffuzorning qarshilik koeffitsiyentini topish uchun $\frac{\xi_{shtg}}{\lambda}$

qiymatlari

3.7.6-jadval

D_1/D_2	Konuslik burchagi α^0					
	2	4	8	15	30	45
0,9	3,8	1,8	0,9	0,5	0,3	0,2
0,8	10,2	5,1	2,7	1,5	0,7	0,5
0,7	22,5	11,3	5,8	2,9	1,7	0,8
0,6	47,9	23,9	12,4	6,2	3,1	2,3
0,5	107,2	54,3	27,2	14,4	8	4,8
0,4	269	13,6	66,2	35,1	19,5	11,7
0,3	870	411	221	110	61,3	36,8

Zadvijkalar, jo'mraklar, zatvorlar va klapanlar

Zadvijkalardagi mahalliy qarshilik koeffitsiyenti $\frac{h}{D}$ ga bog'liq bo'ladi. h -ochilish balandligi; D -quyurining diametri.

Turli xil zadvijkalar uchun $\frac{h}{D}$ ning qiymati 3.7.7-jadvalda berilgan.

ζ , zadvijkadagi qarshilik koeffitsiyenti

To'g'ri zatvorli jo'mraklarda $\zeta = 2....5$, qiyshiq zatvorli jo'mraklarda $\zeta = 0,4....2$.

Droselli zatvor, probkali kran va sharsimon klapanlar uchun qarshilik koeffitsiyenti aylanish burchagiga bog'liq holda 3.7.8-jadvalda berilgan qiymatlar orqali aniqlanadi.

3.7.7-jadval

Zadvijka turi	Ochilish darajasi $\frac{h}{D}$									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Ludlo	-	46	22	12	5,3	2,8	1,5	0,8	0,3	0,15
Moskva	1000	180	65	33	19	12	7,4	4,0	1,8	0,75
Parallel cho'yanli: $\frac{D_3}{D} = 1$	220	35	11	4,7	2,4	1,35	0,69	0,33	-	-
$\frac{D_3}{D} = 1,25$	225	40	14	6	3	1,6	0,95	0,5	0,23	0,2
$\frac{D_3}{D} = 1,5$	500	80	30	14,5	7,5	4,5	2,8	1,65	0,6	0,3
Oddiy silindr quvurli	-	35	10	4,6	2,06	0,98	0,44	0,17	0,06	0,05
Oddiy to'rtburchak quvurli	193	44,5	17,8	8,12	4,02	2,08	0,95	0,39	0,09	-

Yopish qurilmalarining qarshilik koeffitsiyentlari

3.7.8-jadval

Qopqoqli qurilmalar turlari	Aylanish burchagi φ											
	10	15	20	25	30	40	45	50	55	60	65	70
Drosselli zatvor	0,52	0,9	1,54	2,51	3,91	10,8	18,7	32,6	58,8	118	256	751
Probkali zatvor	0,31	0,88	1,84	3,45	6,15	20,7	41	95	275	-	-	-
Shamirli zatvor	-	90	62	30	30	14	9,5	6,6	4,6	3,2	3,2	1,7

So'ruvchi klapan va teskari klapanlardagi qarshilik koeffitsiyenti qiymatlari 3.7.9-jadvalda berilgan.

Klapanlarning qarshilik koeffitsiyentlari

3.7.9-jadval

Qurilma turi	Quvurning diametri D , mm										
	50	75	100	150	200	250	300	350	400	500	750
So'ruvchi to'rtli klapan	10	8,5	7	6	5,2	4,4	3,7	3,4	3,1	2,5	1,6
Teskari klapan	18	11	8	6,5	5,5	4,5	3,5	3,0	2,5	1,8	-

To'rtli filtrlar.

To'rtli filtrlardagi qarshilik koeffitsiyenti quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\zeta_{i,f} = \frac{1}{[0,14 + 0,71 \lg(\text{Re} \sqrt{\zeta_{i,f}})]^2} \quad (3.7.13)$$

bu yerda, $\text{Re} = \frac{Q}{2\pi \cdot n \cdot \nu \cdot \omega}$; n -bir birlik uzunlikdagi to'rtli simlar soni.

To'rtlilardagi napor yo'qolishi quyidagicha aniqlanishi mumkin.

$$h_{i,f} = \zeta_{i,f} \frac{v_{i,f}^2}{2g} = \zeta_{i,f} \frac{Q^2}{2gA^2\omega^2}, \quad (3.7.14)$$

bu yerda, A -konsentratsiya koeffitsiyenti bo'lib, to'rt teshiklari yuzasining filtr yuzasiga nisbatini bildiradi.

Suyuqlik ikki fazali bo'lsa va to'rtli o'tayotgandagi massali konsentratsiyasi C bo'lgan qattiq zarrachalardan iborat bo'lsa, A ning t vaqt ichida K marta o'lchami kamayib, u quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$K = 1 - 0,8 \frac{CQ \cdot t \cdot n}{\rho_{q,z} A^2 \omega}, \quad (3.7.15)$$

bu yerda, $\rho_{q,z}$ - qattiq zarrachalarning o'rtacha zichligi.

Quvurdagi payvand choklari.

Payvand chokli quvurlar uchun qarshilik koeffitsiyenti quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\zeta_{p.ch} = 13,8 \left(\frac{\Delta_e}{D} \right)^{3/2}, \quad (3.7.16)$$

bu yerda, Δ_e – payvand chokining ekvivalent balandligi.

3.7.10-jadvalda quvur diametri va payvandlash texnologiyasiga mos ravishda $\zeta_{p.ch}$ payvand choki koeffitsiyent qiymatlari berilgan.

Payvand chokidagi qarshilik koeffitsiyenti $\zeta_{p.ch}$

4.7.10-jadval

Chok turlari	Quvurning diametri D , mm							
	200	300	400	500	600	700	800	900
Halqa qo'yish bilan $\Delta_e = 5mm$	0,06	0,03	0,018	0,013	0,009	0,007	0,006	0,005
Elektr yoy va kontaktli $\Delta_e = 3mm$	0,026	0,0135	0,009	0,006	0,004	0,0028	0,0023	0,002

Payvand choki qarshilik koeffitsiyentini e'tiborga olib, ishqalanish koeffitsiyentini quyidagi formula bilan aniqlanadi:

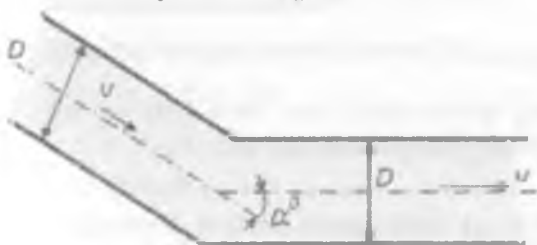
$$\lambda_{p.ch.} = K \lambda, \quad (3.7.17)$$

bu yerda, λ – choksiz quvurning gidravlik qarshilik koeffitsiyenti; K – payvand choki ta'sirini hisobga oluvchi koeffitsiyent bo'lib, u quyidagicha aniqlanadi

$$K = 1 + \frac{\zeta_{p.ch.}}{\lambda} \cdot \frac{D}{l} \quad (3.7.18)$$

l – choklar orasidagi masofa.

Aylana va kvadratik quvurlarning keskin burilishi



3.7.7-rasm. Keskin burilish

Quvurlarning keskin burilishida burchakning o'zgarishiga qarab qarshilik koeffitsiyentining qiymatlari 3.7.11-jadvalda berilgan.

Keskin burilishdagi qarshilik koeffitsiyenti

3.7.11-jadval

α°	0	30	45	60	75	90	110	130	150	180
$\xi_{k.bur}$	1	0,155	0,318	0,555	0,806	1,19	1,87	2,6	3,2	3,6

Agar quvur to'g'ri to'rtburchakli bo'lganda $a \times b$ (b) - burilishda hosil bo'lgan tekislikdagi kattalik). $\xi_{k.bur}$ - koeffitsiyenti

C_1 ga ko'paytirib topiladi. C_1 ning qiymatlarini $\frac{a}{b}$ ni o'zgarishidagi kattaliklari 3.7.12-jadvalda berilgan.

To'g'ri burchakli quvurlarda $\xi_{k.bur}$ qiymatini aniqlash uchun C_1 koeffitsiyentlari

3.7.12-jadval

$\frac{a}{b}$	$\geq 7,8$	6	4	2	1	0,5	0,25
C_1	0,71	0,72	0,77	0,9	1	1,06	1,1



3.7.8-rasm. Quvurlarning tekis burilishi

Dumaloq quvurlarning tekis burilishida qarshilik koeffitsiyenti quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\xi_{t.bur} = \xi_{90^\circ} \alpha, \quad (3.7.19)$$

bu yerda, α - koeffitsiyent burilish burchagiga bog'liq bo'lib, quyidagi 3.7.13-jadvaldan uning qiymatlari olinadi.

Dumaloq quvurlarda $\zeta_{i, bur}$ qiymatini aniqlash uchun α koeffitsiyent qiymatlari

3.7.13-jadval

α°	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180
α	0,4	0,55	0,65	0,75	0,83	0,88	0,95	1	1,05	1,13	1,2	1,27	1,33

ζ_{90° – 90° burchak ostidagi burilishdagi qarshilik koeffitsiyenti quyidagi formula orqali aniqlanadi.

$$\zeta_{90^\circ} = 0,02(100\lambda)^{2,5} + 0,106 \left[\frac{D}{R_{bur}} \right]^{2,5} \quad (3.7.20)$$

bu yerda, D - quvur diametri; R_{bur} - burilish radiusi; λ - ishqalanishdagi gidravlik qarshilik koeffitsiyenti bo'lib u 3.7.14-jadvaldan aniqlanadi.

Dumaloq quvurlardagi 90° burchak ostidagi tekis burilishdagi gidravlik qarshilik koeffitsiyenti

3.7.14-jadval

λ	D/R_{bur} qiymatlari				
	1	0,8	0,6	0,4	$\geq 0,2$
0,015	0,16	0,12	0,08	0,07	0,06
0,02	0,22	0,17	0,14	0,12	0,11
0,025	0,3	0,26	0,23	0,21	0,2
0,03	0,42	0,37	0,34	0,32	0,31
0,035	0,56	0,52	0,44	0,47	0,46
0,04	0,75	0,7	0,67	0,67	0,64

To'g'ri to'rtburchakli quvurlarning tekis burilishidagi qarshilik koeffitsiyenti yuqorida keltirilgan $\zeta_{i, bur} = \zeta_{90^\circ} \alpha$ formula yordamida topiladi. Bu joyda ζ_{90° qarshilik koeffitsiyenti quyidagi formula yordamida aniqlanadi.

$$\zeta_{90^\circ} = 0,214 + 3,1 \left(\frac{b}{2R_{bur}} \right)^{3,3}, \quad (3.7.21)$$

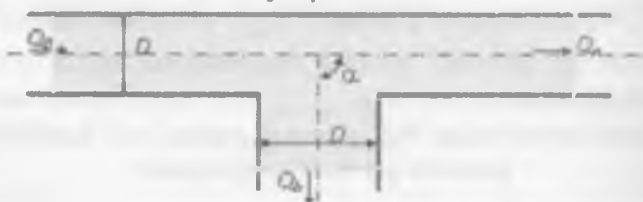
bu yerda, b – burilish tekisligidagi kenglik; R_{bur} – burilish radiusi. ξ_{90° qiymatlari 3.7.15-jadvalda keltirilgan.

To'g'ri burchakli quvurlarda ξ_{90° – ning qiymatlari

3.7.15-jadval

$\frac{b}{2R_{bur}}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ξ_{90°	0,12	0,14	0,18	0,25	0,4	0,64	1,02	1,55	2,27	3,22

Oqimning bo'linishida va quyilishi (birlashishi)da naporning yo'qolishi



3.7.9-rasm. Naporning yo'qolishi

To'g'ri burchak ostidagi uchlik (troynik)dan oqimning bo'linishida $\zeta_{bo'l}$ -qarshilik koeffitsiyenti boshidagi Q_0 va bo'linishdagi $Q_{bo'l}$ -sarflariga bog'liq va ular qiymatlari 3.7.16-jadval yordamida aniqlanadi.

Oqimning ξ_{90° burilishidagi to'g'ri quvurdagi qarshilik koeffitsiyentlari qiymatlari

3.7.16-jadval

Uchlik (troynik) turlari	$\frac{Q_{bo'l}}{Q_0}$							
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Standart	0,7	0,7	0,8	0,9	1,2	1,7	3	6,1
Payvandlangan	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	1	2,1

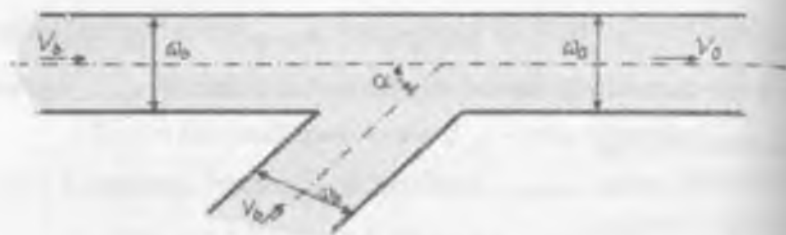
Bo'lingandagi qarshilik koeffitsiyenti $\zeta_{bo'l}$ uchlik (troynik) turiga va quvur diametrlariga hamda suyuqlik sarfi nisbatlari $Q_0/Q_{bo'l}$ ga va burchakka bog'liq.

Uchlik uchun $\zeta_{bo'l}$ koeffitsiyent qiymatlari quyidagi 3.7.17-jadvalda keltirilgan.

Oqim bo'linishida $\zeta_{bo'l}$ qarshilik koeffitsiyentining qiymatlari

3.7.17-jadval

$\frac{D_{bo'l}}{D_0}$	$Q_{bo'l}/Q_0$									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
standart uchiiklar										
1	101	26	12,3	7,5	5,2	4	3,2	2,8	2,4	2,2
0,875	59	15,7	7,7	4,9	3,5	2,8	2,4	2,1	1,9	1,8
0,77	36	10	5,1	3,4	2,5	2,2	1,9	1,8	1,7	1,6
0,66	20	6	3,3	2,4	1,9	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
0,6	14,2	4,4	2,7	2,0	1,7	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3
0,5	7,5	2,8	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2
0,4	3,8	1,8	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2
0,3	2	1,5	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
0,2	1,24	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
payvandlangan uchliklar (troynik)										
1	100	25	11,4	6,6	4,3	3,1	2,3	1,9	1,5	1,3
0,875	58	14,8	6,8	4,0	2,6	2,1	1,7	1,6	1,2	1,1
0,77	35	9,1	4,2	2,5	1,7	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0
0,66	19,9	5,7	3,0	2,1	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
0,6	13,9	4,1	2,3	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0
0,5	7,1	2,4	1,6	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9
0,4	3,4	1,5	1,2	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
0,3	1,7	1,1	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
0,2	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9



3.7.10-rasm. Oqimlarning birlashuvi

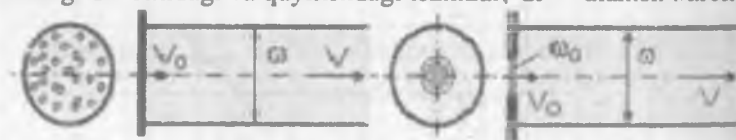
Bu holda naporning yo'qolishi to'g'ri to'rtburchak ostida quyilishi quyidagi formula yordamida aniqlanadi. To'g'ridan-to'g'ri oqayotgan quvurdagi naporning yo'qolishi.

$$h_{1, oq} = \frac{\left(g_0^2 + g_b^2 - 2 \frac{\omega_b}{\omega_0} g_b^2 - 2 \frac{\omega_b}{\omega_0} g_0^2 \cos \alpha \right)}{2g} \quad (3.7.21)$$

Yonboshdan quyilayotgan oqim uchun

$$h_{q uy} = \frac{\left(g_0^2 + g_{q uy}^2 - 2 \frac{\omega_b}{\omega_0} g_b^2 - 2 \frac{\omega_{q uy}}{\omega_0} g_0^2 \cos \alpha \right)}{2g} \quad (3.7.22)$$

bu yerda, ω_b , ω_0 , $\omega_{q uy}$ – oqimning ko'ndalang kesimi bo'lib, tegishlicha boshi, davomi va quyilishi; g_b , g_0 , $g_{q uy}$ – oqim boshidagi davomidagi va quyilishdagi tezliklar; α – ulanish burchagi.



3.7.11-rasm. Shayba yoki chetlari o'tkir teshikli to'rlardan quvurga to'g'ri kirayotgan suyuqliklar

Tekis to'r va shaybalarning qarshilik koeffitsiyentlarini tegishlicha $\zeta_{t, l}$, ζ_{sh} bilan belgilab qiymatlarini suyuqlik ko'ndalang kesimlari

nisbatiga ya'ni ω_0 / ω bog'liq holda quyidagi 3.7.18 va 3.7.19-jadvallarda berilgan.

Tekis to'rlar uchun $\zeta_{t,r}$ qarshilik koeffitsiyentining qiymatlari

3.7.18-jadval

$\frac{\omega_0}{\omega}$	0,005	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
$\zeta_{t,r}$	1100	258	98	57	38	24	15	11	7,8

Shaybalarining qarshilik koeffitsiyenti – ζ_{sh} ning qiymatlari

3.7.19-jadval

$\frac{\omega_0}{\omega}$	0,5	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,90	1,0
ζ_{sh}	5,8	4,4	3,5	2,6	2,0	1,7	1,3	0,8	0,5

Kvadrat shakldagi to'rlar uchun qarshilik koeffitsiyenti

Bu hol uchun qarshilik koeffitsiyentini $\zeta_{kv,l}$ deb belgilab, quyidagi formula yordamida uning qiymatlarini aniqlaymiz.

$$\zeta_{kv,l} = (92 - 78m) \text{Re}_a + 0,7(1,05 - m)$$

bu yerda, $m = \frac{a^2}{l^2}$ – to'r teshiklari o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti

(a – teshiklar o'lchami, l – to'r qadami);

$$\text{Re}_a = \frac{\rho \cdot a}{\nu} \quad (3.7.23)$$

Taqribiy hisoblar uchun quyidagi qarshilik hosil qiluvchi quvurlar qarshilik koeffitsiyentlari

3.7.20-jadval

Qarshilik turlari	Qarshilik koeffitsiyentlari
O'tkir burchak orqali kirish	0,5
Quvurga tekis kirish	0,2

Keskin kengayish $D_2 > D_1$	$h_j = \zeta_j \frac{g^2}{2g}$ $\text{va } \zeta = \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2$
Keskin torayish $D_2 < D_1$	$h_j = \zeta_j \frac{g^2}{2g} \text{ va } \zeta = 0,5$
O'tkazuvchi konus ($D_2 \approx 2D_1$)	0,5
O'tkazuvchi konus ($D_2 \approx 0,5D_1$)	0,2
90° li keskin burilish	1,2
90° li tekis burilish	0,15
Quvurdan chiqishda suyuqlikka kirish	1,0
Diskli klapan to'liq ochilganda	0,10
Zadvijka to'liq ochilganda	0,05
Har xil kranlar to'liq ochilganda	5,0
Nasoslarga o'rnatilgan to'rtli so'ruvchi klapan	10,0
O'tkir burchak ostida kanalga kirish	0,40
Kanalning tekis kengayishi ($\omega_2 > \omega_1$)	$\zeta = \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2$
Kanalning tekis torayishi ($\omega_2 < \omega_1$)	0,10

Suyuqlik o'tkazuvchi quvur va kanallarni kerakli naporlar uchun loyihalash ishlari bajariladi. Ular laboratoriyada modellashirilgan holatda, tajriba yordamida hisob-kitob qilinadi. Yuqorida keltirilgan natijalar asosan turbulent harakatning kvadratik zonasida, gidravlik qarshilik koeffitsiyentiga qovushqoqlik koeffitsientining ta'siri juda kichik bo'lgan holda, Re soni juda katta bo'lganda olingan natijalarga to'g'ri keladi.

Qovushqoqlik koeffitsiyenti hamda Re sonining kichik qiymatlarida ham, mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentining ta'siri katta bo'ladi. Bu hol uchun A.D. Altshul formulasidan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

$$\zeta = \frac{A}{Re} + \zeta_{kv}, \quad (3.7.24)$$

bu yerda: A – koeffitsiyent qiymatlari 3.7.21-jadvalda berilgan mahalliy qarshilik hosil qiluvchi suyuqlik o'tkazuvchilarning turlariga bog'liq. ζ_{kv} – yuqorida keltirilgan formulalar yordamida topiladigan mahalliy qarshilik koeffitsiyenti.

Qarshilik koeffitsiyentiga qarab A koeffitsiyentning o'zgarishi
3.7.21-jadval

Qarshilik turlari	A qiymati
Keskin kengayish	30
Probkali kran	150
Oddiy ventil (jo'mrak)	3000
Zoldirli klapan	5000
90° li tirsak	600
Uchlik (troynik)	150
Zadvijka to'liq ochiq	75
Diafragma ($D_D^2/D^2 = 0,64$)	70
Diafragma ($D_D^2/D^2 = 0,4$)	120
Diafragma ($D_D^2/D^2 = 0,16$)	500
Konfuzor	3200
Ventil to'liq ochiq	100.....200

Mahalliy qarshiliklarning o'zaro ta'siri.

Ikkita ketma-ket joylashgan mahalliy qarshiliklar o'zaro yaqin bo'lsa, ularning tezlik taqsimotiga ta'siri kuchli bo'ladi. Shuning uchun ham bitta mahalliy qarshilikni hisoblash formulasi bilan yoki jadvalda keltirilgan ma'lumotlar asosida aniqlangan mahalliy qarshiliklar koeffitsiyenti o'rinli bo'lmay qoladi.

Mahalliy qarshiliklarning o'zaro ta'sirlashuvini hisobga oluvchi masofa I. A.D. Altshul formulasi yordamida topiladi.

$$l_{o,i} = 0,5D \frac{\zeta_{kr}}{\lambda} \quad (3.7.25)$$

yoki taqribiy qiymati $l_{o,i} = (40 \dots 60)D$ yordamida topiladi.

$l_{o,i}$ masofadan kichik bo'lgan hollarda ikki mahalliy qarshilik koeffitsiyentining o'zaro ta'siri quyidagi formula orqali aniqlanadi.

$$\zeta_{1-2} = (\zeta_1 + \zeta_2)k, \quad (3.7.26)$$

k – koeffitsiyent qiymati 3.7.22-jadval yordamidan aniqlanadi.

k koeffitsiyentning mahalliy qarshiliklar o'zaro ta'siridan o'zgarishi
3.7.22-jadval

Berkitish qurilmalari	$\frac{l}{D}$						
	0	10	20	30	40	50	60
To'g'ri	0,6	0,72	0,82	0,9	0,96	0,99	1
To'g'ri bo'lmagan	0,93	0,95	0,97	0,98	0,99	1	1

To'g'ri berkitish qurilmasida

$$k = 0,6 - 11,1 \cdot 10^{-6} \frac{l^2}{D^2} + 1335 \frac{l}{D} 10^{-5}$$

Egri (to'g'ri bo'lmagan) berkitish qurilmasida esa

$$k = 0,925 - 2085 \cdot 10^{-8} \frac{l^2}{D^2} + 25 \cdot 10^{-4} \frac{l}{D}$$

yoki maxsus tajriba natijalari orqali aniqlanadi.

3.8. Uch o'lchamli oqimlar

Barcha oquvchi muhitlar 3 o'lchamlarda oqsalar ham, oqinning barcha yo'nalishlarida o'zgaruvchi bosim, tezlik va boshqa xususiyatlarda ko'p hollarda o'zgarish faqat ikkita yoki ba'zida xatto 1 ta yo'nalishda ro'y beradi.



3.8. 1-rasm. Ideal oqim va real oqim

Bu hollarda tahlillarni oddiylashtirish maqsadida boshqa yo'nalishlardagi o'zgarishlar samarali hal qilmaslik mumkin.

Oqim ko'rsatkichlari (tezlik, bosim, chuqurlik kabi) ayni damda oqim yo'nalishi bo'ylab (ko'ndalang kesishuvda emas) o'zgarayotgan bo'lsa oqim bir o'lchamli hisoblanadi. Oqim mo'tadil bo'lmasligi mumkin. Bu holda ko'rsatkichlar ko'ndalang kesishuv bo'ylab emas balki vaqt davomida o'zgaradilar. Bir o'lchamli oqim misoli sifatida quvurdagi oqim ko'rilishi mumkin. E'tibor bering, quvur devorlarida oqim 0 ga teng bo'lishi, biroq markazda 0 ga teng bo'lmasligi kerakligini hisobga olsak ko'ndalang kesishuv farqi har xil bo'ladi. Bu ikki o'lchamli oqim sifatida ko'rilishi kerakmi? Balki, biroq buning imkoni juda yuqori aniqlik talab qilinganidagina mavjud.

So'ng odatda tuzatish koeffitsiyenti qo'llaniladi. Oqim ko'rsatkichlari oqim yo'nalishida va to'g'ri burchak ostida bir yo'nalishda shu yo'nalishga qarab o'zgarsa u holda oqim ikki o'lchamli hisoblanadi. Ikki o'lchamdagi oqimlardagi tarqoqlar bu – tekislikdagi egri va barcha parallel tekisliklarda bir xil bo'lgan chiziqlar.

Siqilmaydigan va bir yoki ikki o'lchamli oqimlarni pastdagi 3.8.2-rasmda ko'rsatilgan tipik chiziqlarga ega oqim misol bo'la oladi. Suv chiqishi uzunligining katta qismida oqim bir xil – faqatgina ikkita yakuniy qismlarda ozgina o'zgartirganlar. Bu yerda to'g'irlovchi koeffitsiyentlar qo'llanilishi mumkin.



3.8.2-rasm. Suv chiqishi to'sig'i ustidan o'tgan ikki o'lchamli oqim

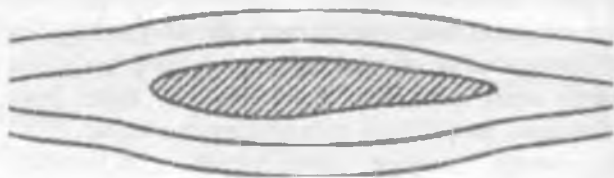
Bu kursda biz siz bilan faqatgina mo'tadil, siqilmaydigan va bir yoki ikki o'lchamli oqimlarni ko'rib chiqamiz.

3.9. Egri oqimchalar va quvur oqimlari

Suyuqlik oqimini tahlil qilish jarayonida oqim sur'atini tasavvur qilish foydalidir. Buni esa tezlik konturlarini ya'ni bir xil tezlik

nuqtalarini bog'lovchi chiziqlarni chizib amalga oshirish mumkin bo'ladi. Bu chiziqlar tok liniyalari sifatida bizga ma'lumdirlar. Mana samalyot qanoti korpusining ko'ndalang kesishuvi atrofidagi tok liniyalari misoli:

Oquvchi muhit yassi chegara yonidan o'tsa, masalan samalyot qanoti yoki quvur devorlari, suyuqlik sitrga ham undan ham oqib chiqinaydi. Shuning uchun ham oqim yo'nalishi devor chegarasiga juda yaqin va devorga parallel bo'lishi kerak.



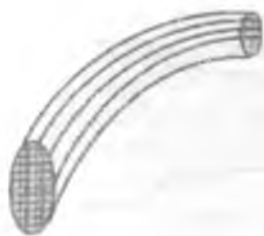
3.9.1-rasm. Qanotsimon jismning egri chiziqlari

Qattiq jismlarga yaqin egri chiziqlarga ushbu chegaralarga parallel bo'ladilar.

Barcha yo'nalish nuqtalarida egri chiziqlar suyuqlik tezligining yo'nalishi bo'ladilar: ular shunday aniqlanganlar. Devorga yaqin tezlik devorga parallel, shuning uchun ham egri chiziqlar ham devorga parallel bo'ladilar.

Yana shuni ta'kidlab o'tish kerakki, egri chiziqlar holati vaqt davomida o'zgarishi mumkin – bu oqimning nomo'tadil holatiga kiradi. Mustahkamlangan oqimda egri chiziqlar holati o'zgarmaydi. Egri chiziqlar haqida bilishingiz kerak bo'lgan ma'lumotlar.

- suyuqlik egri chiziq yo'nalishida harakatlangani sababli u egri chiziq bilan tutasha o'lmaydi.
- egri chiziqlar ham kesisha olmaydilar. Agar ular kesisha olganlarida bitta yagona nuqtaning o'zida ikkita tezlik mavjud bo'lib qolar edi. Bu esa fizika nuqtai nazarida imkoniy yo'q.
- yuqorida keltirilgan band, suyuqlikning istalgan zarrasi bir egri chiziqda boshlangan bo'lsalar u holda butun oqim muhiti davomida shu chiziqda qolishlarini nazarda tutadi.



3.9.2-rasm. Oqim quvurih



3.9.3-rasm. Oqim trubkasini ikki o'ldhamli turih

Oqayotgan muhitning oqimi tahlilining foydali metodi umumiy suyuqlikning boshqa qismlaridan alohida bir qisminigina ko'rib chiqish foydali hisoblanadi. Buni suyuqlik oqayotgan egri qatlamlar yuzaga kelgan trubkali qatlamni tasavvur etgan holda bajarish mumkin bo'ladi. Ushbu trubkali qatlam bizga oqim quvuri sifatida ma'lum.

Ikki o'ldhamli oqimda ham biz yassi (qog'oz yassiligida) oqim quvuriga egamiz:

Oqim trubkasining devorlari egri chiziqlardan iborat, yuqorida ko'rganimizdek suyuqlik egri chiziq orqali oqa olmaydi. Shuning uchun suyuqlik oqim trubkasi devorini kesib o'ta olmaydi. Quvurni ko'p hollarda yassi devorli quvur sifatida ko'riladi. Oqim quvuri quvur emas – u devorlari vaqt davomida harakatlanganlari sababli uning oqimi nomotadil bo'ladi. Uning devori suyuqlik bilan birga harakatlanadi.

3.10. Bernulli tenglamasining qo'llanilish misoli

Bernulli tenglamasi uzluksizlik tenglamasi bilan birlashganda, bu ikkisi egri chiziqlar bilan bog'langan oqim nuqtalaridagi bosim va tezlikni topish uchun qo'llanilishi mumkin. Mana siqiluvchan va kengayuvchi quvur chegaralarida bosim va tezlikni topish uchun Bernulli tenglamasining qo'llanilish misoli.

$\rho = 960 \text{ kg/m}^3$ doimiy zichlikka ega suyuqlik oqimi ko'rsatilgan trubka orqali tinimsiz oqib o'tayapti. Kesishuvlardagi diametrlar $d_1 = 100 \text{ mm}$, $d_2 = 80 \text{ mm}$. 1 dagi Manometrik bosim $p_1 = 200 \text{ kN/m}^2$ ga teng va bu yerda, tezlik ravna $v_1 = 5 \text{ m/s}$ ga teng. Biz 2 bo'limdagi manometrik bosimni bilmoqchimiz.



3.11.1-rasm. Siqiluvchan kengayuvchan quvur

Buning uchun biz albatta 1 kesim va 2 kesimlarni bog'lab turuvchi egri chiziq bo'ylab bo'lgan Bernulli tenglamasidan foydalanamiz

Horizontal quvur $z_1 = z_2$, shuning uchun Bernulli bizga 2 bo'lim bosimi uchun quyidagi tenglamani beradi.

$$p_2 = p_1 + \frac{\rho}{2} (g_1^2 - g_2^2) \quad (3.11.1)$$

Biroq biz g_2 belgisi ma'nosini bilamiz. Biz uni uzluksizlik tenglamasi orqali chiqazib olishimiz mumkin: trubkadagi daraja chiqishga teng.

$$\text{ya'ni } A_1 g_1 = A_2 g_2 = g_2 \frac{A_1 g_1}{A_2} = g_2 \frac{d_1}{d_2} g_1 = 78125 \text{ m/s.}$$

Bosim kichrayganda tezlik qanchalar oshganiga e'tibor bering. Hodisa – tezlik oshgani sari bosim kamayadi – ba'zida texnikada juda foydali bo'ladi. (ko'pgina avtomobil dvigatellarining karbyuratorlari shu prinsip asosida ishlaydilar – oz miqdorda yoqilg'i kiritish imkonini beruvchi siqish natijasida bosim tushadi).

Bu yerda biz muammoni bartaraf etish uchun uzluksizlik tenglamasi hamda Bernulli tenglamalarini birgalikda qo'lladik.

3.11. Bernulli tenglamasi

Bernulli tenglamasi suyuqlik mexanikasida eng muhim va foydali tenglamalardan hisoblanadi, quyidagicha yozish mumkin,

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{g_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{g_2^2}{2g} + z_2 \quad (3.11.1)$$

Biz ko'rib turibmizki, teng bosim va 0 ga teng tezliklarni qo'llashda tepadagi bo'limlarga tegishli ikkita tenglamani olamiz. Ularning ikkisi ham Bernulli tenglamasining kam uchrovchi holatlari hisoblanadi. Bernulli tenglamasining qo'llanilishida ba'zi chegaralar mavjud, aniqrog'i:

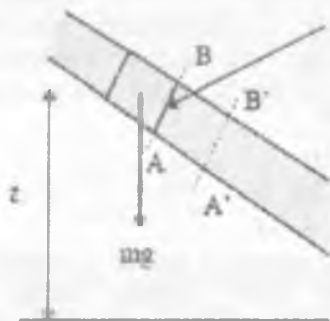
- oqim barqaror;
- zichlik doimiy (bu suyuqlikning siqiluvchan emasligini anglatadi);
- ishqalanishlardagi yo'qotishlar kam.
- tenglama bir egri chiziq bo'ylab ikki nuqtadagi holatni bog'laydi (ikkita turli egri chiziqlardagi shartlarni emas).

Bu barcha shartlarni istalgan vaqt soniyasida qondirish mumkin emas. Baxtga qarshi, shartlar deyarli bajarilganda ko'pgina real vaziyatlar uchun tenglamalar juda yaxshi natijani beradilar. Bernulli tenglamasining xulosasi: Δ Ko'ndalang kesishuv maydoni suyuqlik elementi yuqoridagi 3.11.3-rasmdagidek uning tayanch nuqtasi ustidagi z balandligi sababli potentsial energiyaga va uning $\mathcal{Q}$ tezligi sababli kinetik energiyaga ega. Agar element mg og'irlikka ega bo'lsa u holda, Potentsial energiya = mgz

Og'irlik birligiga potentsial energiya = z

Kinetik energiya = $\frac{1}{2} m\mathcal{Q}^2$ Og'irlik birligiga

$$\text{Kinetik energiya} = \frac{\mathcal{Q}^2}{2g}$$



3.11.1-rasm. Og'irlik birligiga

Istalgan ko'ndalang kesishuvda bosim kuchni yuzaga keltiradi, ko'ndalang kesishuvni o'zgartirgan holda suyuqlik oqaveradi, shuning uchun, u bajariladi. AB ko'ndalang kesishuvdagi bosim p , ga teng bo'lsa ko'ndalang kesishuvning maydoni esa – kuch, AB ga ta'sir qiluvchi = pa .

Suyuqlikning massasi mg AB dan o'tsa,
 AB kesishuv AB orqali o'tuvchi AB hajmga o'tadi

$$\frac{mg}{\rho g} = \frac{m}{\rho}$$

Demak, masofa $AA' = \frac{m}{\rho a}$

ish = kuch * masofa $AA' = pa \cdot \frac{m}{\rho a} = \frac{pm}{\rho}$

Og'irlik birligiga ishi $\frac{p}{\rho g}$

Ushbu atama oqim bosini energiyasi sifatida ma'lum.

Ushbu energetik qismlarning barchasini yig'indisi bizga quyidagini beradi

$$\text{yoki } \frac{p}{\rho g} + \frac{g^2}{2g} + z = H. \quad (3.11.2)$$

Bu tenglama elementlarining barchasi uzunlik birligiga ega bo'lganligi sababli, ularni ko'p hollarda quyidagicha nomlashadi:

Bosim napori = $\frac{p}{\rho g}$

Bosim tezligi = $\frac{g^2}{2g}$

Potentsial oqim = z

Umumiy balandlik = H

Energiyani saqlash qonuniga asosan – tizimdagi butun energiya o'zgarmaydi. Bundan kelib chiqqan holda, umumiy bosim o'zgarmaydi. Demak Bernulli tenglamasini bunday yozish mumkin bo'ladi:

$$\frac{p}{\rho g} + \frac{g^2}{2g} + z = H = \text{const} \quad (3.11.3)$$

Yuqorida aytib o'tilganidek, Bernulli tenglamasi egri chiziq bo'ylab bo'lgan shartlarga qo'llaniladi. Biz uni pastdagi 3.12.2-rasmida ko'rsatilganidek, egri chiziq bo'ylab, 1 va 2 bo'lgan ikkita nuqta o'rtasiga qo'llay olamiz.



3.11.2-rasm

Egri chiziq bilan ulangan ikkita nuqta

1 dagi og'irlik birligiga bo'lgan butun energiya = 2 dagi og'irlik birligiga bo'lgan to'liq energiya beradi.

Yoki 1 dagi umumiy bosim = 2 dagi umumiy bosim

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{g_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{g_2^2}{2g} + z_2 \quad (3.11.4)$$

Bu tenglama energiya egri chiziqlar bo'ylab yo'qolishlarni (misol uchun ishqalanish natijasidagi) yoki energiyaning o'sishini (masalan nasos sababli) ko'zlamaydi. Uni kerakli energiya atamalarini birlashtirgan holda kengaytirish mumkin:

Umumiy birlik uchun – energiyalari:

Energiya = + energiya yo'qolishi + ish – yetkazib beriladi

1 dagi solishtirma og'irlik 2 dagi og'irlik birligiga og'irlik

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{g_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{g_2^2}{2g} + z_2 + h + w - q \quad (3.11.5)$$

3.12. Suyuqliklar uchun bernulli tenglamasi

O'zgaruvchi kesimga ega bo'lgan naporli quvurdagi suyuqlik oqimini ko'ramiz (3.12.1-rasm). Birinchi kesimdagi gidrodinamik napor H_1 ga teng. Ishqalanish kuchi hisobiga birinchi kesimdagi

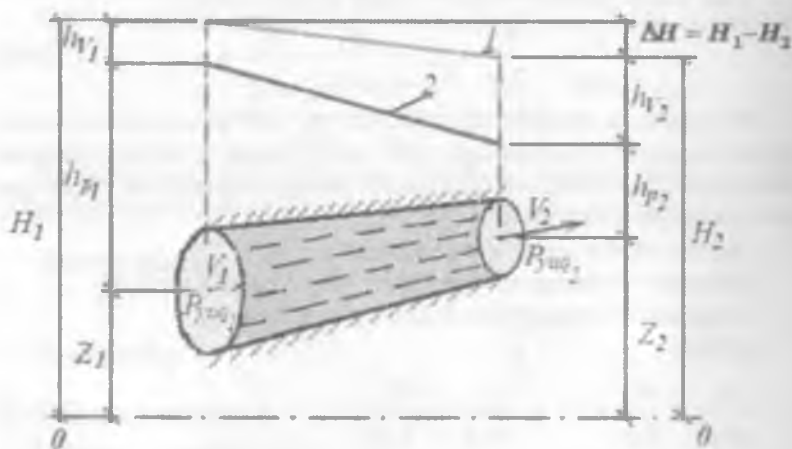
H_1 napor ikkinchi kesimda H_2 naporga kamayadi. Ular o'rtasidagi farq H naporga teng.

$$\Delta H = H_1 - H_2 \quad (3.12.1)$$

Eng sodda holda suyuqlik uchun Bernulli tenglamasi quyidagiga teng bo'ladi: Ushbu tenglama oqimning ikkita kesimi orasidagi gidrodinamik napor orqali energiya saqlanish qonunini ifodalaydi (energiyaning ma'lum qismi yo'qolganda).

$$H_1 = H_2 + \Delta H, \quad (3.12.2)$$

Bernulli tenglamasi (3.12.1) ko'rinishda o'quv adabiyotlarida kamdan kam keltiriladi. Bunday sodda holda keltirilgan Bernulli tenglamasini birinchi va ikkinchi, kesimlardagi naporli yo'qolish va qancha gidrodinamik naporning yuqolishi ΔH yig'indisi bilan ifodalanishi o'quvchiga tushunarlik va laboratoriya ishlarini, hisoblash ishlarida juda qulay. YA'ni H_1 birinchi kesim va ikkinchi kesimdagi napor H_2 ni yig'indi shaklida berilganligi eng sodda tushunchaga olib keladi.



3.12.1-rasm. Bernulli tenglamasiga doir sxema.
1-napor chizig'i; 2 – p'ezometr chizig'i

Bernulli tenglamasi (3.12.1) shaklidagisiga H_1 va H_2 nazorat orqali o'rniga qo'yilsa (3.12.1) ko'rinishdan tenglamani quyidagi shaklda yozamiz.

$$z_1 + \frac{P_{yuq1}}{\gamma} + \frac{g^2}{2g} z_2 + \frac{P_{yuq2}}{\gamma} + \frac{g^2}{2g} + \Delta H, \quad (3.12.3)$$

P'ezometrik h_d va tezlik napor h_g lar orqali Bernulli tenglamasini quyidagicha ifodalaydi:

$$z_1 + h_{p1} + h_{g1} = z_2 + h_{p2} + \Delta H. \quad (3.12.4)$$

Bernulli tenglamasini energetik ma'nosini quyidagicha tushuntirish mumkin: Ular solishtirma potentsial energiya $z + h_p$, solishtirma kinetik energiya $V^2/2g$ hamda yo'qotilgan energiyalarning ΔH yig'indilari bir kesimdan ikkinchi kesim oralig'ida harakatlanayotgan oqim uchun barcha nuqtalarida o'zgarmas bo'lib qoladi (3.12.1-rasmda).

Napor farfi va yo'qolgan napor atamalarini H_1 belgilash bilan quyidagi misollar orqali tushuntiramiz.

Naporlar farfi H_1 va H_2 lar orqali suyuqlik harakatda bo'ladi ($\Delta H = H_1 - H_2$). Masalan ikkita idish olib suv bilan to'ldirsak ularni birlashtirsak u holda yuqori balandlikdagi idishga qarab harakatda bo'ladi, chunki H_1 napor farqini hosil qilishi hisobida bo'lgani uchun.

Agar H_1 napor (balandlik) H_2 napor (balandlika) teng bo'lganda ya'ni $H_1 = H_2$, naporlar farqi $H = 0$ bo'lishi bilan idishlar orasidagi oqim to'xtamaydi.

Naporlar farqi ΔH suyuqlik idishlar orasidagi to'liq energiya yuqolishini ifodalaydi, ya'ni $H = H_1 - H_2$.

Shunday qilib naporlar farfi suv harakatini ifodalaydi, Napor yo'qolishi esa harakatdagi natijani ko'rsatadi. Ular bir xil birlikda, XO'B sistemasida metrlarda o'lchanadi.

3.13. Bernulli tenglamasining ishi va energiyasi

Ishi va energiyasi

Agar biz biror bir sharni tashlasak u pastga qarab $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ tezlashuv bilan tezlashadi (havo ishqalanish qarshiligini inobatga olmagan holda). Biz shar tezligini pastga tushgandan so'ng h masofasida ushbu formula orqali hisoblashimiz mumkin.

$$v^2 = g^2 + 2as \quad (a = g \text{ va } s = h). \quad (3.13.1)$$

Tenglama tushayotgan suv tomchisiga harakatning usha qonunlari asosida qo'llanilishi mumkin.

Harakat belgilarini olishda yanada umumiy yondashuv (nafaqat qattiq jismlar uchun balki suyuqliklar uchun ham) bu energiya saqlanish qonunini qo'llashdir. Ishqalanishning inobatga olinmasligi kam bo'lganda kinetik energiya yig'indisi va gravitatsion potentsial energiyalari o'zgarmasdir.

$$\text{Kinetik energiya} \quad \frac{g^2}{2g} = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\text{Gravitatsion potentsial energiya} = mgh$$

Bu yerda (m – massa, g – o'rtacha tezlik, h – baza ustidan balandlik).

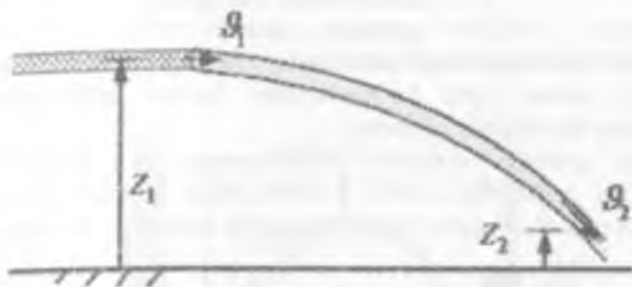
Buni tushayotgan tomchiga qo'llash uchun biz 0 ga teng bo'lgan boshlang'ich tezlikka egamiz va u h balandligidan tushayapti.

- boshlang'ich kinetik energiya = 0
- boshlang'ich potentsial energiya = mgh

$$= \frac{1}{2}mv^2$$

- yakuniy kinetik energiya
- kinetik energiya + potentsial energiya = doimiy
- yakuniy potentsial energiya = 0 bizga bu ma'lum.

Shunday ekan boshlang'ich kinetik energiya + boshlang'ich potentsial energiya = yakuniy kinetik energiya + yakuniy potentsial energiya



3.13.1-rasm. Suv oqimi maydoni.

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 \text{ endi } v = \sqrt{2gh} \quad (3.13.2)$$

Bu suyuqlik tomchisiga qo'llanilayotgan bo'lsada xuddi shunday uslub suyuqlikning tinimsiz oqayotgan oqimiga ham qo'llanilishi mumkin. Biz yuqorida 3.13.1-rasmda ko'rsatilgan quvurdan v_1 tezlik bilan chiqayotgan uzluksiz suv oqimi vaziyatini ko'rib chiqsak bo'ladi. m massaga ega suyuqlikning bir zarrasi oqim bilan harakatlanayapti va z_2 ga z_1 balandlikdan tushayapti.

Shuning uchun tezlik v_1 dan v_2 gacha o'zgarayapti. Oqim bosim har yerda atmosferik bo'lgan havoda harakatlanayapti, shuning uchun suyuqlikka ta'sir qiluvchi bosimdan kuch yo'q. Yagona ta'sir etuvchi kuch bu og'irlik kuchidir. Kinetik va potentsial energiyalarning yig'indisi doimiy bo'lib qoladi (chunki biz ishqalanish sababli energiya yo'qotishlarini hisobga olmadik), shuning uchun

$$mgz_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgz_2 + \frac{1}{2}mv_2^2 \quad (3.13.3)$$

m konstanta bo'lgani uchun bu quyidagiga aylanadi:

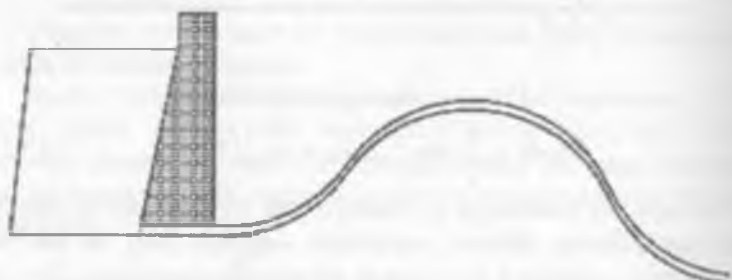
$$\frac{1}{2}v_1^2 + gz_1 = \frac{1}{2}v_2^2 + gz_2 \quad (3.13.4)$$

Agar oqim o'irligi ishqalanish kuchidan katta bo'lsa bu aniq natijalarni bera oladi. Bu faqatgina oqim butun bo'lganidagina, ya'ni tomchilarga parchalanib ketishidan oldingi holatidagina qo'llasa bo'ladi.

3.14. Suyuqlikning tezligi va umumiy nabori

Quvur beriladigan rezervuar misoliga yana qaytadigan bo'lsak, biz naporning ushbu turli ko'rsatkichlari bir-biri bilan qanchalar bog'liqligini ko'rishimiz mumkin.

Pastki qismida diametri o'zgarayotgan va uning yakuniy pog'onasiga tushishdan avval ko'tarilayotgan (haqiqiy hayotda u tepalikdan o'ta oladi) quvur berilayotgan rezervuarni ko'rib chiqamiz.



3.14.1-rsam. Quvurni rezervuardan uzatilishi

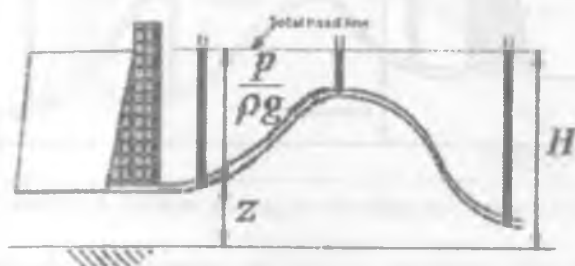
Quvurdagi oqimni tahlil qilish uchun biz rezervuar sathidagi egri chiziq bo'yicha 1 nuqtadan quvurning chiquvchi uchi bo'yidagi 2 nuqtagacha Bernulli tenglamasini qo'llaymiz va biz og'irlik birligiga to'g'ri keluvchi to'liq energiya yoki umumiy napor o'zgarmaydi u egri chiziq bo'ylab doimiy bo'ladi. Biroq Bernulli tenglamasining o'zgarma ma'nosi nimada?

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{g_1^2}{2g} + z_1 = H = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{g_2^2}{2g} + z_2 \quad (3.14.1)$$

Biz rezervuardagi H umumiy naporini hisoblashimiz mumkin, $p_1 = 0$, chunki, atmosferik bosim va atmosferik manometrik bosim ham 0 ga teng; quvurdagi sathdan farqli o'laroq sath sekin harakatlanadi, shuning uchun $g_1 = 0$, shundan kelib chiqqan holda umumiy napor $= H = z_1$ - suv havza balandligi.

Oqimni tahlil qilishning foydali yo'li, quvur va rezervuar kabi bosim aks etgan diagrammani grafik aks etishidir. Tepada keltirilgan rasmda naporning umumiy chizig'i keltirilgan.

Agar biz p'ezometrlarni quvur atrofidagi nuqtalarda mustahkamlaganimizda, quvur uchini yopganinizda ularning darajalari qanday bo'lar edi?



3.14.2-rasm. 0 tezlikka ega p'ezometrning darajasi.

(P'ezometrlar, agar yodingizda bo'lsa, bosimi o'lchanayotgan o'sha suyuqlik bilan to'ldirilgan va oxiri ochiq bo'lgan oddiygina vertikal quvurlardir). Yuqoridagi rasmdan ko'rinib turibdiki, 0 ga teng bo'lgan tezlikda p'ezometrning barcha bosqichlari tengdirlar, shuningdek naporning umumiy chiziqlari ham tengdir, $\mathcal{G} = 0$

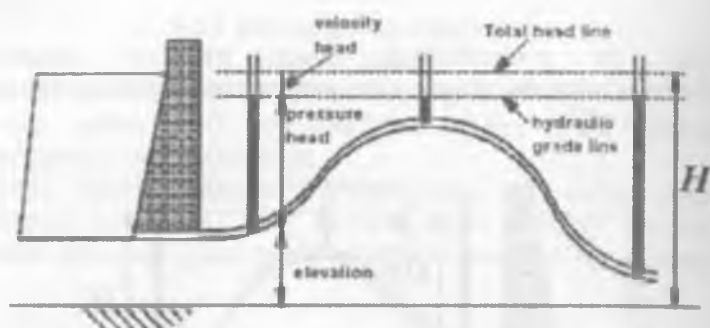
$$\frac{p}{\rho g} + z = H \quad (3.14.2)$$

P'ezometrda bosqich – bu naporning bosimi va uning belgisi bunday ifodada beriladi $\frac{p}{\rho g}$.

Agar suv $\mathcal{G}$ tezlikda oqsa p'ezometrning darajalari (napor bosimi), bilan nima sodir bo'ladi? Biz oldingi misollardan bilamizki tezlik oshgani sari bosim pasayaveradi.

$$\frac{p}{\rho g} + \frac{\mathcal{G}^2}{2g} + z = H \quad (3.14.3)$$

Bizga rasmdan ko'rinib turibdiki darajalar kattaligi napor tezligiga teng kichraygan $\frac{\mathcal{G}^2}{2g}$



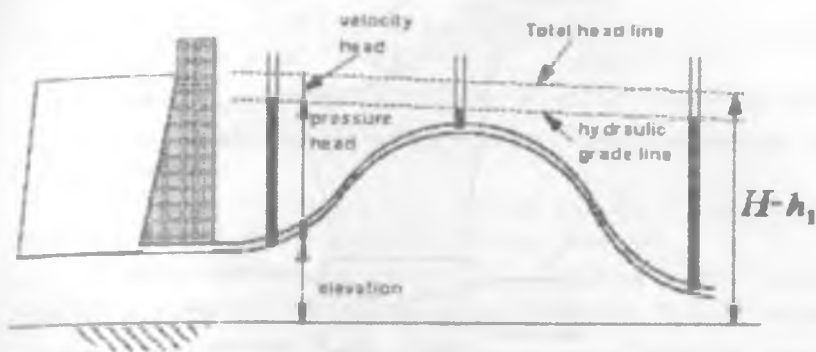
3.14.3-rasm. Suyuqlik o'tayotganda p'ezometr darajalari.

Endi doimiy diametrga ega bo'lgan quvurda biz bilamizki tezlik quvur bo'ylab doimiydir. Shuning uchun ham napor tezligi doimiy kattalik bo'lib va grafikada gorizontali chiziq sifatida aks etgan. Bu chiziq gidravlik chiziq sifatida ma'lum.

3.15. Ishqalanish sababli energiya yo'qotilishi

Haqiqiy real quvirlarda ishqalanish sababli energiya yo'qotish sodir bo'ladi – ular albatta hisobga olinishlari kerak, zero ular katta ahamiyatga ega bo'lishlari mumkin. Ishqalanish natijasida bosim va gidravlik chiziqlarning tortilishlari qay tarzda o'zgaradilar? Doimiy diametrga ega quvurga qaytadigan bo'lganimizda, biz pastda ko'rsatilgan bosim holatiga ega bo'lgan bo'lardik. Gidravlik chiziqning chizig'i va ishqalanishdagi doimiy diametrga ega quvur uchun naporning umumiy chiziqlari;

- Velocity head – tezlikdagi napor
- Total head – umumiy napor chizig'i
- Pressure head – napor balandligi
- Hydraulic grade – gidravlik qiyalik chizig'i
- Elevation – ko'tarilish balandligi (elevatsiya)



3.15.1-rasm

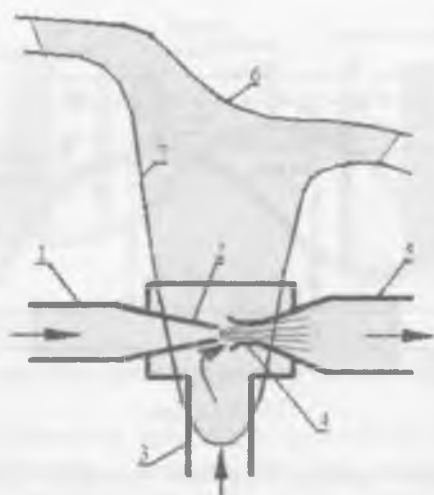
Umumiy napor qanday o'zgarishi mumkin? Biz aytib o'tdikki, naporning umumiy massasi yoki og'irlik birligiga bo'lgan umumiy energiya doimiy bo'ladi. Biz energiyani saqlash masalasini ko'rib chiqayotgan ekanmiz, agar biz ishqalanish natijasida energiya yo'qotadigan bo'lsak, u holda umumiy napor o'zgarib ketadi. Biz ushbu muammoni yechish uchun oldin tenglamani ko'rgan edik. Biroq bu yerda vaziyat yana h_m belgisi bilan ko'rsatilgan va napor deb yozilgan ishqalanish natijasida energiyani yo'qotish bilan bog'liq. Bu ko'p hollarda ishqalanish sababli napor yo'qotish sifatida ma'lum.

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + h_m \quad (3.15.1)$$

3.16. Napor va p'ezometr chiziqlari

Napor chizig'i (3.16.1-rasmda) oqim yo'lidagi naporni grafik ravishdagi ko'rinishini beradi. Chiziq ustidagi qiymatlar hisoblash yoki Pito quvurchasi yordamida olingan qiymatlarni ifodalaydi. Harakat vaqtida bu chiziq qiya ravishda pasayib boradi, napor yo'qolishi qaytnas hol.

P'ezometrik chiziq (bosim chizig'i) grafik ravishda oqim yo'nalishdagi h_g tezlik naporsiz bo'lgan chiziqni ifodalaydi, shuning uchun ham ushbu chiziq napor chizig'idan pastga joylashgan bo'ladi.



3.16.1-rasm. Oqimchali nasos. 1-suyuqlik haydovchi quvur; 2-saplo;
3-so'ruvchi quvur; 5-uzatuvchi quvur; 6-napor chizig'i;
7-p'ezometrlar chizig'i.

Bu chiziqni qiymati p'ezometrda qiymat bilan yoki manometr o'lchamlari orasidagi farqlar bilan belgilanadi.

Napor chizig'i ga qaraganda, p'ezometr chizig'i pasayishi yoki oqim yo'nalishida oshishi mumkin (3.16.1-rasm).

3.17. Bosim va tezlikni oqimdagi bog'lanishi

Suyuqlik oqimida bosim va tezlikni bog'lanishi – teskari kvadratik bo'ladi: agar oqimning birorta joyida tezlik oshib borsa, u holda bu yerda bosim qiymati kichik bo'ladi, agar tezlik qiymati kichik katta bo'ladi. Bunday holati Bernulli tenglamasi (3.14.5) asosida tushuntiramiz. Misol tariqasida suv oqimchali nasosda (3.16.1-rasm) tushuntiramiz.

So'rish quvuri 1 ga suyuqlik kelishida ishchi suyuqlik $\mathcal{Q}_1$ nisbatan kichik bo'ladi va ortiqcha bosim P_{ort} katta bo'ladi. Soplo 2 dan o'tganda oqim ko'ndalang kesim yuzasi qisqaradi va tezlik $\mathcal{Q}_2$ oshadi. Keyingi muhokamada (3.14.5) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozamiz.

$$\frac{P_{yog1}}{\gamma} + \frac{g_1^2}{2g} = \frac{P_{yog2}}{\gamma} + \frac{g_2^2}{2g}, \quad (3.17.1)$$

Bu ifodada giometrik balandliklar Z_1 va Z_2 lar yo'q chunki quvur gorizontal joylashgan bo'lgani uchun (3.14.5) tenglamadan ular qisqartiriladi.

$\Delta H \approx 0$ – yo'qotilgan napor kattaligi ham quvur uzunligi qisqa bo'lgani uchun dastlabki bosqichda e'tiborga olinmaydi.

Tenglama (3.17.1) dan shuni aytish mumkinki, kinetik energiya tashkil etuvchisi h_g keskin o'zgarishga ega, chunki h_2 tezlik oshgan, ammo potentsial tashkil etuvchi ortiqcha bosim soplodan keyinga P_{ort} kamaygan.

Bosim kattalik P_{ort} ni yuqoridagi tenglamadan foydalanib son qiymatini aniqlash mumkin. Agar P_{ort} manfiy qiymatga ega bo'lsa, u hol qiymatga ega bo'lsa, u holda vakuum hosil bo'ladi (oqimchadagi to'liq bosim atmosfera bosimidan kichik bo'lib qoladi). Oxirgi holatda p'ezometrik chiziq oqimcha belgilarida pastda bo'ladi (3.16.1-rasmga qarang). Shunday qilib ichki suyuqlikni soploda oqishida juda kichik bosim hosil bo'ladi xatto vakuum bo'lib qolishi natijasida suyuqlik oqimchadagi quvur 3 ichiga so'riladi (3.15.1-rasm).

Undan keyin ikkala suyuqlik 4 og'zida bo'lib 5 taqsimlovchi quvurda harakatlanadi. Suv oqimchali nasoslarning, markazdan qochma nasoslarga (mexanik nasoslar), nisbatan, ishqalanuvchi qisim yo'qligi tufayli ham afzalligi bordir. Shunday nasoslar asosida e'jektorlar, gidroelevatorlar, vakuum hosil qiluvchi nasoslar turkumiga kirib, quriiishlarda metallarni sifatli bo'yashda ishlatiladi.

Bularga kraska purkovchi pistoletlar kiradi, ularda ishchi suyuqlik o'miga kompressor orqali siqilgan havo oqadi. Avtomobil karbyuratori ham suv, oqimchali nasos asosida ishlaydi va benzinni havo bilan birgalikda sifatli taqsimlaydi.

Bernulli tenglamasining quvurlar va boshqa sohalarda qo'llanishi.

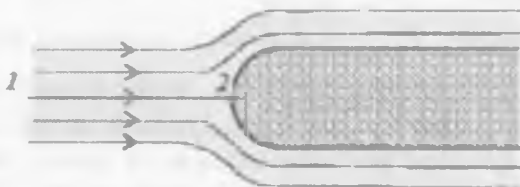
Bernulli tenglamasi nafaqat biz bundan oldin ko'rib chiqqan quvur oqimi vaziyatlarida balki undan tashqari ko'pgina holatlarda qo'llanilishi mumkin. Keyingi bo'limlarda biz siz bilan

rezervuarlardan, quvurlar, Pito turubkasi, o'tmas jismdan oqishi, Venturi suv o'lchagichlari va ochiq kanallardan yuzaga keladigan harakatlarning misollari bilan tanishib chiqamiz.

3.18. Pito turubkasi

Barobar tezlikka ega oqim o'tmas jisimga oqayotgan bo'lsa, u holda egri chiziqlar shunga o'xshash shablonga ega bo'ladi:

Ba'zilar chapga, ba'zilar esa o'ngga oqayotganiga e'tiboringizni qarating. Biroq markazdagi bittasi o'tmas jismining uchiga qarab ketayapti va to'xtayapti. Uning to'xtashining sababi ushbu nuqtadagi tezlikni 0 ga tengligi – suyuqlik bu nuqtada ko'chmaydi. Bu nuqta tormoz nuqtasi sifatida ma'lum.



3.18 1-rasm. O'tmas jismda suyuqlikni oqishi

Bernulli tenglamasidan kelib chiqqan holda shu nuqtadagi bosimni hisoblab chiqarsa bo'ladi. Bernulli tenglamasini oqim markaziy chizig'i bo'ylab tezlik $\mathcal{Q}_2 = 0$ ga, bosim p_1 ga teng nuqtadan oqimning tepasiga qarab, o'tmas jismining tormoz nuqtasiga qarab tezlik 0 ga teng bo'lgan $\mathcal{Q}_2 = 0$ vaziyatiga qo'llang. Shuningdek $z_1 = z_2$.

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{\mathcal{Q}_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\mathcal{Q}_2^2}{2g} + z_2 \quad (3.18.1)$$

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{\mathcal{Q}_1^2}{2} = \frac{p_2}{\rho} \quad (3.18.2)$$

$$p_2 = p_1 + \frac{1}{2} \rho \mathcal{Q}_1^2 \quad (3.18.3)$$

Suyuqlikni qaytaruvchi ushbu bosim dinamik bosim deb ataladi.

$$\text{Dinamik bosim} = \frac{1}{2} \rho \mathcal{Q}_1^2$$

$\left(h - \frac{p}{\rho g} \right)$ yordamida ushbu tenglamani naporga o'zgartirish

$$\text{dinamik napor} = p_1 + \frac{1}{2} \rho g_1^2$$

umumiy bosim tormozlash bosimi sifatida ma'lum (yoki umumiy

$$= \frac{p_1}{\rho g} + \frac{1}{2g} g_1^2$$

bosim) tormozlash bosimi yoki napor nuqtai nazaridan qotib qolgan napor suyuqlikni to'xtatayotgan o'tmas jism qattiq bo'lishi shart emas.

$$= \frac{p_1}{\rho g} + \frac{1}{2g} \rho g_1^2$$



3.18.2-rasm. P'ezometr va Pito trubkasi

U suyuqlikning statik ustuni ham bo'lishi mumkin. Quvurdagi ikkita p'ezometr. Biri oddiy va yana biri Pito trubkasiga o'xshash, oqim tezligini o'lchash maqsadida pastda ko'rsatilgan chizmadagidek foydalanishlari mumkin.

Yuqorida berilgan teoreyadan foydalangan holda biz p_2 uchun quyidagi tenglamaga ega bo'lamiz

$$p_2 = p_1 + \frac{1}{2} \rho g_1^2 \quad (3.18.4)$$

$$\rho g h_2 = \rho g h_1 + \frac{1}{2} \rho g_1^2 \quad (3.18.5)$$

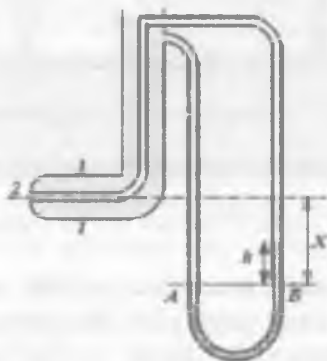
$$g = \sqrt{2g(h_2 - h)} \quad (3.18.6)$$

Endi biz bosimning ikkita o'lchashi va Bernulli tenlamasidan olingan tezlik ifodasiga egamiz.

3.19. Pitoning statik trubkasi

Ikkita p'ezometr va tabiiyki ikkita hisobdagi chuiyoj ushbu kompanovkani noqulay qilib qo'yadi.

P'ezometrlarnik manometrga ulash vaziyatni onsonlashtirar edi, biroq yana ikkita trubkalar mavjud. Pitoning statik trubkasi trubkalarni birlashtirib beradi va natijada ularni manometrga onson ulasa bo'ladi. Pitoning statik trubkasi pastda ko'rsatilgan. Quvur tarafdagi darchalar bir tarafdin manometrga ulanadilar va (h_1) statik naporni qayd etadilar, shu vaqtini o'zida markaziy darcha manometrnig boshqa tarafiga ulangan bo'lib, uning vazifasi oldingidek qotgan naporni (h_2) qayd etishdan iboratdir.



3.19.1-rasm. Pito statik trubka.

Pito trubkasidagi o'q chizig'i darajasidagi bosimni ko'rib chiqamiz va manometr chegarasidan foydalangan holda

$$p_A = p_2 + \rho g X \quad p_B = p_1 + \rho g (X - h) + \rho_{man} g h$$

$$p_A = p_B \quad p_2 + \rho g X = p_1 + \rho g (X - h) + \rho_{man} g h$$

Pito trubkasidagi o'q chizig'i darajasidagi bosimni ko'rib chiqamiz va manometr chegarasidan foydalangan holda

Biz buni quyidagiga qo'ysak $p_2 = p_{statik} = p_1 + \frac{1}{2} \rho g_1^2$,

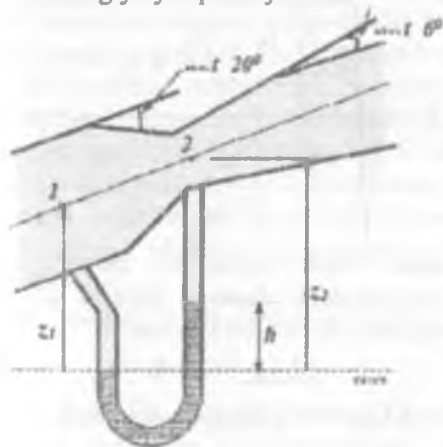
$$p_1 = hg(\rho_{statik} - \rho) = p_1 + \frac{\rho g_1^2}{2} \quad (3.19.1)$$

$$g_1 = \sqrt{\left(\frac{2gh(\rho_{statik} - \rho)}{\rho} \right)} \quad (3.19.1)$$

Pitoning statik trubkalari oqim nuqtalaridagi tezliklarni beradilar. Bu odatda bo'lishi kerak bo'lgan oqim harajatini bermaydi. Bu trubkalarning kamchiliklari ularning tez blokirofkaga tushib qolishlaridan iborat. Ayniqsa oqimda ko'p miqdorda axlat miqdori mavjud bo'lsa.

3.20. Venturi suv o'lchagichlari

Venturi suv o'lchagichlari – bu quvurdagi harajatni o'lchovchi qurilma. U tez siljувchi joydan iborat bo'lib, u oqim tezligini kattalashtiradi va demak bosimni kichraytiradi. So'ngra esa u asta tarqaluvchi *diffuzor* yordamida quvurning birinchi o'lchamlariga qaytadi. Bosimlarning turililigini o'lchash yordamida darajani aniqlash mumkin bo'ladi. Ushbu harajat o'lchashning aniq metodi o'ziga xos hisoblanadi, chunki energiya yo'qotish juda kam bo'ladi.



3.20.1-rasm. Venturi suv o'lchagichlari

- About 20° – 20 gradus atrofida
- Datum – kattalik
- Venturi hisoblagichlari
- About 6° – 6 gradus atrofida

Venturi hisoblagichlarining tor bo'yin qismidagi 1 nuqtadan 2 nuqtaga suyri chizig'i bo'ylab Bernulli tenglamasini qo'llasak, u holda bizda:

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{g_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{g_2^2}{2g} + z_2 \quad (3.20.1)$$

Uzluksizlik tenglamasidan foydalansak biz u_2 tezlikni olib tashlashimiz mumkin.

$$Q = g_1 A_1 = g_2 A_2 \quad (3.20.2)$$

$$g_2 = \frac{g_1 A_1}{A_2} \quad (3.20.3)$$

Ushbu ifodani Bernulli tenglamasiga qo'yib va uning joyini o'zgartirib biz quyidagini olamiz.

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho g} + z_1 - z_2 = \frac{g_1^2}{2g} \left[\left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 - 1 \right] \quad (3.20.4)$$

$$g_1 = \sqrt{\frac{2g \left[\frac{p_1 - p_2}{\rho g} + z_1 - z_2 \right]}{\left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 - 1}} \quad (3.20.5)$$

Teoretik darajani olish uchun bu maydonga ko'paytiriladi. Ishqalanishdagi yo'qotishlarni hisobga oluvchi aniq darajani olish uchun esa, biz daraja koeffitsiyentini kiritamiz.

$$Q_{ideal} = g_1 A_1 \quad (3.20.6)$$

$$Q_{aniq} = C_d Q_{ideal} = C_d g_1 A_1 \quad (3.20.7)$$

$$Q_{aniq} = C_d \vartheta_1 A_1 \vartheta_1 \sqrt{\frac{2g \left[\frac{p_1 - p_2}{\rho g} + z_1 - z_2 \right]}{A_1^2 - A_2^2}} \quad (3.20.8)$$

Bu manometr ko'rsatkichlari atamalarida ham ifodalanishi mumkin.

$$p_1 + \rho g z_1 = p_2 + \rho_{man} g h + \rho g (z_2 - z_1) \quad (3.20.9)$$

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho g} + z_1 - z_2 = h \left(\frac{\rho_{man}}{\rho} - 1 \right) \quad (3.20.10)$$

Shunday qilib daraja manometr atamalarida ifodalanishi mumkin:

$$Q_{aniq} = C_d A_1 A_2 \sqrt{\frac{2g \left(\frac{\rho_{man}}{\rho} - 1 \right)}{A_1^2 - A_2^2}} \quad (3.20.11)$$

Ifoda (z_1 va z_2) Venturi metrnig balandlik yoki qiymatlarini olish uchun hech qanday ifodaga ega emasligiga e'tibor bering. Bu metr istalgan qulay burchak ostida bo'lishi mumkinligini anglatadi.

Venturi o'lchagichidagi diffuzorning vazifasi – kengayishdan so'ng asta va muqarrar sekinlanishni ta'minlab berishdan iborat.

Bu bosimni Venturi ko'rsatkichi belgisigacha boshlang'ich yaqin belgisiga ko'tarilishi uchun qilingan. Diffuzor burchagi odatda 6 dan 8 gradusgacha bo'lgan masofani tashkil etadi. Bundan katta bo'lsa, oqim devordan ajralib qolishi mumkin bo'ladi, bu esa o'z navbatida kuchli ishqalanish va bosim energiya yo'qolishiga olib keladi. Agar burchak bundan kichik bo'lsa metr juda uzun bo'ladi va buning natijasida bosim yo'qolishlari yanada sezilarli bo'lib qoladi. Bosim o'shishi bilan diffuzorning samaradorligi boshlang'ichga aksincha bo'lib 80 % dan, kamdan kam oshadi.

Samaradorligi boshlang'ichga aksincha bo'lib 80 % dan kamdan kam oshadi.

3.21. Veyr taxmini. Veyrning umumiy tenglamasi

Suv tushiruvchi inshootga yaqinlashayotgan suyuqlik tezligini kichik deb hisoblaymiz. demak kinetik energiyani inobatga olmasak

ham bo'ladi. Istalgan elementar yo'l orqali tezlik faqatgina erkin sath ostidagi chuqurlikka bog'liq deb ham hisoblaylik.

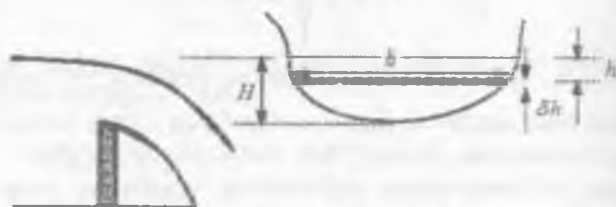
Bu qabul qilinayotgan taxminlar qo'yilgan rezervuarlar yoki suv tushiruvchi inshootli rezervuarlar uchundir, biroq suv tashuvchi inshootlarga yaqinlashayotgan oqinlarning tezliklari sezilarli bo'lsa u holda kinetik energiya albatta hisobga olinishi kerak bo'ladi (masalan tez oquvchi daryo).

Chuqur orqali o'tuvchi amaliy oqim uchun ifodani aniqlash uchun, pastdagi rasmda ko'rsatilganidek, erkin sathdan pastda joylashgan hamda b yengga va h chuqurlikga ega gorizontal yo'lni.

Umumiy orqali oqimning elementli chiziqli yo'li

Chiziqli yo'l orqali tezlik $\mathcal{Q} = \sqrt{2gh}$

Chiziqli yo'l orqali daraja $\delta Q = A\mathcal{Q} = b\delta h\sqrt{2gh}$



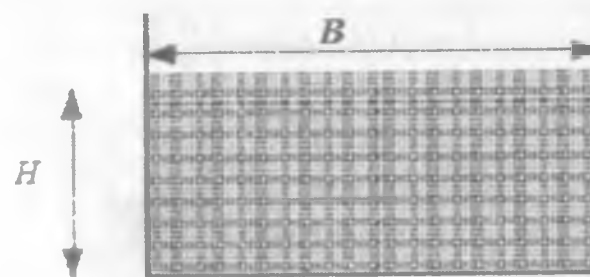
3.21.1-rasm. Chuqur orqali o'tuvchi oqim

Erkin sath $h = 0$ dan suv tushiruvchi inshootning tarog'i $h = H$ gacha integrallashuv umumiy amaliy harakat uchun ifoda beradi

$$Q_{theoretcal} = \sqrt{2g} \int_0^H b h^{1/2} dh \quad (3.21.1)$$

Bu har bir suv tushiruvchi inshoot hamda turli shaklga ega chuqurlik uchun har xil bo'ladi. Bu tenglamani keyinchalik qo'llash imkoniga ega bo'lish uchun bizga oqim kengligini suv tushiruvchi inshoot orqali erkin sathdan past chuqurlikka bog'lovchi ifoda kerak bo'ladi.

To'g'ri burchakli to'siq: To'g'ri burchakli to'siq uchun kenglik va chuqurlik o'zgarmaydi, shuning uchun b va h chuqurlik o'rtasida aloqa yo'q.



3.21.2-rasm. To'g'ri burchakli to'siq

Bizda tenglama bor, u holda

$$h = \text{const} = B$$

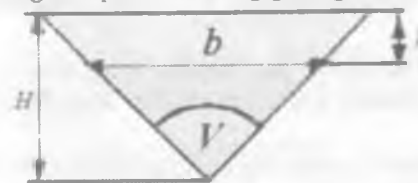
Buni zichlikning umumiy tenglamasiga qo'ysak u holda quyidagini olamiz:

$$Q_{theoretcal} = B\sqrt{2g} \int_0^H h^{1/2} dh = \frac{2}{3} B\sqrt{2g} H^{3/2} \quad (3.21.2)$$

Aniq harakatni hisoblash uchun to'siqning chekka qismlaridagi yo'qotishlarni va oqim zonasidagi har bir siqilishlarni hisobga oluvchi C_d harakat koeffitsientini kiritishimiz kerak bo'ladi. Bu bizga quyidagini beradi

$$Q_{amir} = C_d \frac{2}{3} B\sqrt{2g} H^{3/2} \quad (3.21.3)$$

Veyr "v" chuqurligi: Veyr V chuqurligi uchun kenglik va chuqurlik o'rtasidagi aloqa V burchagiga bog'liq.



3.21.3-rasm. Veyr V chuqurligi

V belgisi yoki plotinaning uchburchak geometriyasi.

Agar V burchagi δ ga teng bo'lsa, u holda erkin sathdan b kengligi, h chuqurligi quyidagiga teng

$$b = 2(H - h) \tan\left(\frac{\delta}{2}\right)$$

Shunday qilib

$$\begin{aligned} Q_{\text{theoretik}} &= 2\sqrt{2g} \tan\left(\frac{\delta}{2}\right) \left[\frac{2}{5} H h^{3/2} - \frac{2}{5} h^{5/2} \right]_0^H = \\ &= \frac{8}{15} \sqrt{2g} \tan\left(\frac{\delta}{2}\right) H^{5/2} \quad (3.21.4) \end{aligned}$$

va yana aniq daraja-darajaning koeffitsientini kiritish orqali olinadi.

$$Q_{\text{aniq}} = C_d \frac{8}{15} \sqrt{2g} \tan\left(\frac{\delta}{2}\right) H^{5/2} \quad (3.21.5)$$

3.22. Impuls tenglamasi

Biz kuchlarga ta'sir ko'rsatuvchi harakatdagi suyuqliklarni ko'rganmiz. Samalyotdagi ko'tarish kuchi qanot ostida havodagi harakati bilan ta'sir qiladi. Shlangdagi suv oqimi u tegayotgan joyga kuch bilan ta'sir ko'rsatadi. Suyuqlik mexanikasi suyuqlik harakati tahlili xuddi qattiq jismlar harakatini tahlilidek, ya'ni Nyutonning qonunlari asosida amalga oshiriladi. Bundan tashqari suyuqliklarning harakatdagi holatining maxsus xususiyatlari ham inobatga olinadi.

Impuls tenglamasi Nyutonning ikkinchi qonunini o'zida aks etgan bo'lib, u suyuqlik elementiga ta'sir etuvchi kuchlar yig'indisini uning tezlashishi yoki impuls o'zgarish tezligi bilan bog'laydi. Siz balki ketgan kuch va tezlashishni bog'lash uchun qattiq jism mexanikasining tahlili davomida foydalaniladigan $F = ma$ tenglamasini bilsangiz kerak.

Suyuqlik mexanikasida esa boshqa tenglamani qo'llash uchun harakatdagi suyuqlikning qaysi massasidan foydalanishimiz kerakligi noma'lum.

Nyutonning ikkinchi qonunini quyidagicha yozish mumkin:

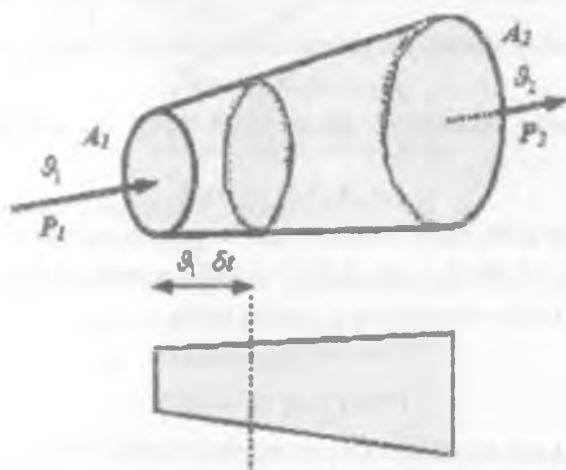
Jism impulsining o'zgarish tezligi kuch yo'nalishida paydo bo'luvchi va jismga ta'sir etuvchi natijaviy kuchga teng.

Suyuqlikning impuls o'zgarish tezligini aniqlash uchun Bernulli tenglamasidagidek oqim trubkasini ko'rib chiqamiz, oqim trubkasida notekis oquvchi barqaror oqim bor deb taxmin qilishdan boshlaymiz.

δt vaqt davomida suyuqlik hajmi kirishdan $Q_1 \delta t$ masofada harakatlanadi, shuning uchun ham δt vaqt davomida oqim trubkasiga kiruvchi hajm:

Oqim trubkasiga kiruvchi hajm = maydon * masofa = $A_1 Q_1 \delta t$ bu massa, kirayotgan oqimning massaviy quvuri = hajm * zichlik = $\rho_1 A_1 Q_1 \delta t$ va impuls oqim trubkasiga kiruvchi suyuqlik impulsi = massa * tezlik = $\rho_1 A_1 Q_1 \delta t Q_1$ Analogik tarzda, chiqishda par trubkasidan chiqayotgan impuls uchun ham ifoda olishimiz mumkin:

$$\rho_2 A_2 Q_2 \delta t Q_2$$



3.22.1-rasm. Ikki va uch o'lchamli oqim trubkasi

Endi biz Nyutonning ikkinchi qonunini hisobga olgan holda suyuqlikka ta'sir etayotgan kuchni hisoblashimiz mumkin. Kuch impuls o'zgarish tezligiga teng.

Shunda kuch = impuls o'zgarish tezligi

$$F = \frac{(\rho_2 A_2 Q_2 \delta t Q_2 - \rho_1 A_1 Q_1 \delta t Q_1)}{\delta t} \quad (3.22.1)$$

Uzlüksizlikdan ma'lumki, $Q = A_1 \vartheta_1 = A_2 \vartheta_2$, va agar biz doimiy zichlikli suyuqlikka ega bo'lsak, ya'ni $\rho_1 = \rho_2 = \rho$, biz quyidagicha yoza olamiz.

$$F = Q\rho(\vartheta_2 - \vartheta_1) \quad (3.22.2)$$

Xuddi shu ifodaning alternativ xulosasi uchun, oqim trubkasida massani saqlab qolishdan bilamizki, birinchi yuzadagi massa = ikkinchi yuzadan tashqaridagi massa bo'ladi.

Biz bunday yozishimiz mumkin

$$\text{Massaning o'zgarish tezligi} = m = \frac{dm}{dt} = \rho_1 A_1 \vartheta_1 = \rho_2 A_2 \vartheta_2$$

Impulsning birinchi chegaraga chiqish tezligi quyidagiga teng.

$$\rho_2 A_2 \vartheta_2 \vartheta_2 = m\vartheta_2 \quad (3.22.3)$$

Impulsning ikkinchi chegaraga kirish tezligi esa quyidagiga teng bo'ladi.

$$\rho_1 A_1 \vartheta_1 \vartheta_1 = m\vartheta_1 \quad (3.22.4)$$

Shunday qilib, oqim trubkasi orqali impulsning o'zgarish tezligi.

$$\rho_2 A_2 \vartheta_2 \vartheta_2 - \rho_1 A_1 \vartheta_1 \vartheta_1 = m\vartheta_2 - m\vartheta_1 \text{ ga teng.}$$

Ya'ni, kuch = impulsning o'zgarish tezligi

$$F = m(\vartheta_2 - \vartheta_1) \quad (3.22.5)$$

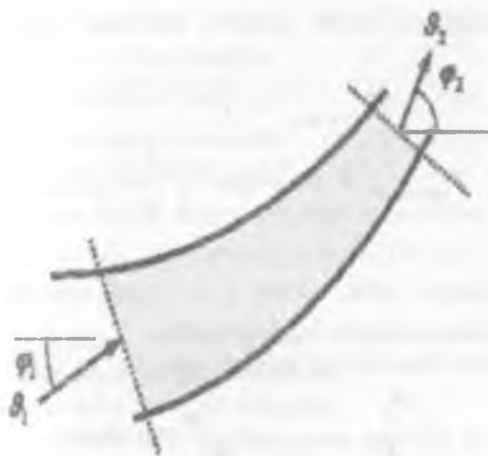
$$F = Q\rho(\vartheta_2 - \vartheta_1)$$

Ushbu kuch suyuqlik oqimi yo'nalishida harakatlanadi.

Ayni tahlilda kiruvchi va chiquvchi tezliklar bir xil yo'nalishda, ya'ni bir o'lchamli tizimda joylashganlar deb taxmin qilingan edi. Bunday hol kuzatilmaganida nima sodir bo'ladi?

Pastdagi 3.22.2-rasmda ikki o'lchamli tizimni ko'rib chiqamiz: Kirishda ϑ_1 tezlik vektori X o'qli φ_1 burchagini yuzaga keltiradi, chiqishda esa $\vartheta_2 - \varphi_2$ burchakni.

Bu holda biz kuchlarni koordinata o'qlari yordamida yo'nalishlariga qaratilgan holda ko'rib chiqamiz.



3.22.2-rasm. Ikki o'lchamli tizim.

Oqim trubkasidagi ikki o'lchamli oqim

X o'qi yo'nalishidagi kuch

$F_x = X$ yo'nalishidagi impuls o'zgarishi tezligi

$= x$ yo'nalishidagi massa o'zgarish tezligi

$$= m(\vartheta \cos \varphi_2 - \vartheta_1 \cos \varphi_1)$$

$$= m(\vartheta_2 - \vartheta_1)$$

$$= \rho Q(\vartheta_2 \cos \varphi_2 - \vartheta_1 \cos \varphi_1)$$

$$= \rho Q(\vartheta_2 - \vartheta_1)$$

va bu yo'nalishidagi kuch

$$F_y = m(\vartheta_2 \sin \varphi_2 - \vartheta_1 \sin \varphi_1) \quad (3.22.6)$$

$$= m(\vartheta_2 - \vartheta_1)$$

$$= \rho Q(\vartheta_2 \sin \varphi_2 - \vartheta_1 \sin \varphi_1)$$

$$= \rho Q(\vartheta_2 - \vartheta_1)$$

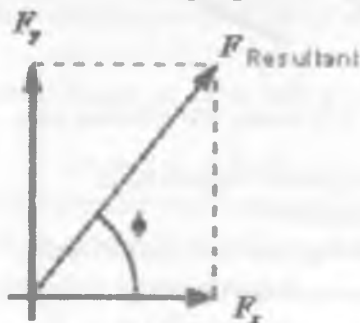
So'ngra ushbu vektorlarni ixchamlashtirish orqali natijaviy kuchni topamiz: tortishish kuchlari.

Ushbu kuchlarni ta'sir qiluvchi burchak, ushbu ifoda orqali aniqlanadi.

$$F_{\text{resultant}} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad (3.22.7)$$

$$F_{\text{resultant}} - \varphi = \tan^{-1} \left(\frac{F_y}{F_x} \right) \quad (2.22.8)$$

Uch o'lchamli tizim uchun (x, y, z) biz z yo'nalishida hisoblash uchun qo'shimcha kuchga egamiz. Bu esa xuddi shunday ko'rinishga ega.



3.22.3-rasm. Kuch ta'sir qiluvchi burchak

Natijada biz quyidagicha deyishimiz mumkin:

Suyuqlikning kuch yig'indisi = nazoratdagi hajm orqali impuls o'zgarish tezligi.

$$F = m(\mathcal{G}_{\text{opt}} - \mathcal{G}_{\text{min}}) = Q\rho(\mathcal{G}_{\text{opt2}} - \mathcal{G}_{\text{min}}) \quad (3.22.9)$$

Biz vektorlar bilan ishlayotganimizni yodda tutishingiz kerak bo'ladi, demak F tezlik yo'nalishida joylashgan. Ushbu kuch 3 ta komponentdan tashkil topgan:

F_R = nazorat hajmiga teguvchi istalgan qattiq jism tomonidan suyuqlikka ta'sir etuvchi kuchlanishdir.

F_B = oqayotgan jismga ta'sir etuvchi kuch (masalan og'irlik kuchi).

F_P – nazorat hajmidan tashqari suyuqlik bosimi tomonidan suyuqlikka ta'sir qiluvchi kuchlanishlar.

Demak, biz quyidagicha ayta olamiz, F_T to'liq kuchli ushbu kuchlarning yig'indisi orqali aniqlanadi.

$$F_T = F_R + F_B + F_P \quad (3.22.10)$$

Nazorat hajmiga tekkan holda suyuqlik tomonidan qattiq jisimga ko'rsatilayotgan ta'sir F_P ga qarama-qarshidir. Demak, reaksiya kuchi ushbu formula bilan beriladi:

$$R = -F_R \quad (3.22.11)$$

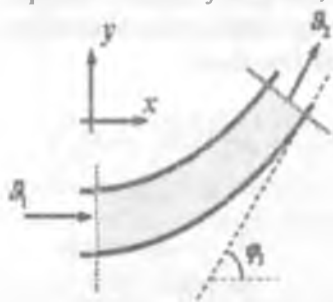
Impulslar tenglamasining qo'llanilishi

Biz quyidagi misollarni ko'rib chiqamiz:

1. Suyuqlik oqimi sababli egilgan quvur atrofida yuzaga keluvchi kuch.
2. Quvurdan chiqishda forsunkada yuzaga keluvchi kuch.
3. Yassi sathga oqimning ta'siri.
4. Egilgan parrakda yuzaga keluvchi o'rama kuch.

3.23. Suyuqlik oqimi sababli quvur atrofida yuzaga keluvchi kuchlar

Doimiy ko'ndalang kesishuvga ega, gorizontal tekkislikda yotuvchi va φ burchakka burilayotgan quvurning burilish joyini ko'rib chiqamiz. Doimiy kesishuvli quvur burilish joyining o'ralishi, nega biz aynan shu holdagi kuchlarni bilmoqchimiz? Suyuqliklar yo'nalishini o'zgartirar ekan, burilish joyida kuch harakatlanadi bu holat suyuqlik oqimini va (suv oqimi quvurlari uchun juda katta).

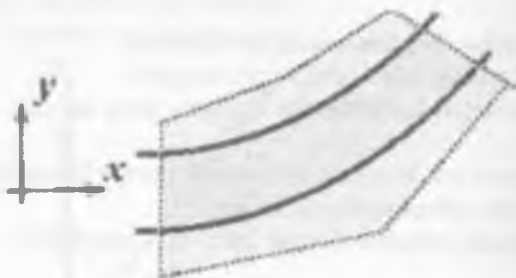


3.23.1-rasm. Quvurda yuzaga keluvchi kuch

Agar burilish joyi fiksatsiya qilinmagan bo'lsa, u harakatlana boshlaydi va bo'g'implarda sinib ketishi mumkin. Biz tayanch bloki qanday kuchni ko'tara olishini bilishimiz kerak.

Tahlilning qadami:

1. Nazorat jildini chizish;
2. O'qlar tizimi koordinatalari qarorini qabul qilish;
3. Umumiy kuchni hisoblash;
4. Bosim kuchini hisoblash;
5. Jism kuchini hisoblash;
6. Natijaviy kuchni hisoblab chiqarish;



3.23.2-rasm. Koordinatalar tizimi

1. Hajm boshqaruv qurilmasi.

Nazorat hajmi yuqoridagi rasmda ko'rsatilgan. Burilish joyining kirish va chiqishida joylashgan va devorlarni qamrab oluvchi chegaralari bilan.

2. **Koordinatalar tizimi.** Koordinata o'qini kirishdagi tezlik yo'nalishiga ko'rsatuvchi qilib tanlash qulaydir. Yuqorida berilgan rasmda X o'qi kirishda tezlik yo'nalishida harakatlanayapti.

3. Umumiy kuchni hisoblash.

X yo'nalishida:

$$F_{T_x} = \rho Q (\mathcal{Q}_{2_x} - \mathcal{Q}_{1_x}) \quad (3.23.1)$$

$$\mathcal{Q}_{1_x} = \mathcal{Q}_1$$

$$\mathcal{Q}_{2_x} = \mathcal{Q}_2 \cos \varphi$$

$$F_{T_x} = \rho Q (\mathcal{Q}_2 \cos \varphi - \mathcal{Q}_1) \quad (3.23.2)$$

Y yo'nalishida:

$$F_{T_x} = \rho Q (\mathcal{Q}_2 - \mathcal{Q}_1) \quad (3.23.3)$$

$$\mathcal{Q}_1 - \mathcal{Q}_1 \sin 0 = 0$$

$$\mathcal{Q}_2 - \mathcal{Q}_2 \sin \varphi$$

$$F_{T_x} = \rho Q \mathcal{Q}_2 \sin \varphi \quad (3.23.4)$$

4. Bosim kuchini hisoblash

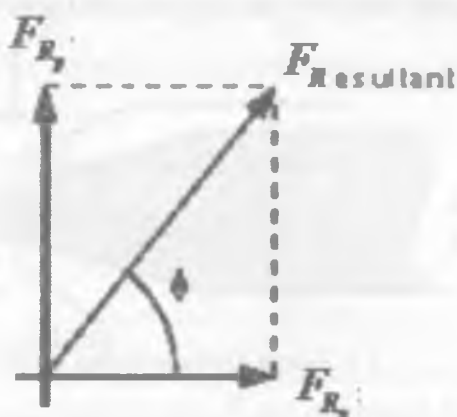
$F_p = 1$ ga bosim kuchi – 2 ga bosim kuchi

$$F_p = p_1 A_1 \cos 0 - p_2 A_2 \cos \varphi = p_1 A_1 - p_2 A_2 \cos \varphi \quad (3.23.5)$$

$$F_{p_y} = p_1 A_1 \sin 0 - p_2 A_2 \sin \varphi = -p_2 A_2 \sin \varphi \quad (3.23.6)$$

4. Jism kuchini hisoblash.

x va y yo'nalishlarida hech qanday hajm kuchlari mavjud emas.



3.23.3-rasm. Og'irlik kuchi

Jismning yagona kuchi bu og'irlik kuchidir (hujjat asosida ushbu misolda amalga oshuvchi va – biz inobatga olishimiz shart bo'lmagan yo'nalish).

6. Natijaviy kuchni hisoblab chiqarish

$$F_{T_x} = F_{R_x} + F_{p_x} + F_{B_x} \quad F_{T_y} = F_{R_y} + F_{p_y} + F_{B_y}$$

$$F_{R_x} = F_{T_x} - F_{P_x} - 0 = \rho Q (\vartheta_2 \sin \varphi - \vartheta_1) - p_1 A_1 + p_2 A_2 \sin \varphi \quad (3.23.7)$$

$$F_{R_y} = F_{T_y} - F_{P_y} - 0 = \rho Q \vartheta_2 \sin \varphi + p_2 A_2 \sin \varphi \quad (3.23.8)$$

Endi suyuqlikdagi natijaviy kuch ushbu formula orqali topiladi, tortishish kuchi.

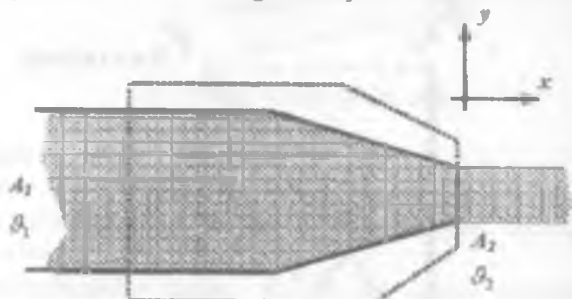
$$F_R = \sqrt{F_{R_x}^2 + F_{R_y}^2} \quad (3.23.8)$$

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{F_{R_y}}{F_{R_x}} \right) \quad (3.23.9)$$

Burilishdagi kuch qarama-qarshi yo'nalishdagi kattalikka teng.

$$R = -F_R \quad (3.23.10)$$

Quvurlar soplosidagi kuchlar: Quvurdan chiqishda soplodagi kuchlanish. Soplodagi tinchlanadigan soplo kuchlanishi natijasida suyuqlik siqilar ekan, soploni ushlab turuvchi barcha narsalar ushbu kuchlarga qarshi turib bera oladigan darajada kuchli bo'lishi lozim.



3.25.4-rasm. Quvur soplodagi kuchlar

Tahlil yuqoridagi metodika singari amalga oshiriladi:

1. Nazorat qilish va chizish.
2. O'qlar tizimi koordinatsiyasi qarorini qabul qilish.
3. Umumiy kuchni hisoblash.
4. Bosim kuchini hisoblash.
5. Jism kuchini hisoblash.
6. Natijaviy kuchni hisoblab chiqarish.

1 va 2 nazorat hajmi va koordinata o'qlari pastdagi 3.23.1-rasmda ko'rsatilgan.

Bu bizning ishimizni ancha yengillashtiruvchi bir o'lchamli tizim ekanligiga e'tiboringizni qarating.

3. Umumiy kuchni hisoblash.

$$F_T = F_{T_x} = \rho Q (\vartheta_2 - \vartheta_1) \quad (3.23.11)$$

Uzluksizlik bo'yicha

$$Q = A_1 \vartheta_1 = A_2 \vartheta_2, \text{ shuning uchun}$$

$$F_{T_x} = \rho Q^2 \left(\frac{1}{A_2} - \frac{1}{A_1} \right) \quad (3.23.12)$$

4. Bosim kuchini hisoblash.

$$F_p = F_{p_x} = 1 \text{ dagi bosim kuchi} - 2 \text{ dagi bosim kuchi.}$$

Biz bosimni hisoblab chiqarish uchun Bernulli tenglamasidan foydalanamiz.

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{\vartheta_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\vartheta_2^2}{2g} + z_2 + h_f \quad (3.23.13)$$

Ishqalanishdagi yo'qotishlar inobatga olinmaydi, $h_f = 0$;

Gorizontal soplo, $z_1 = z_2$

va tashqaridagi bosim atmosfera bosimidir, $p_2 = 0$;

va uzluksiz tarzda quyidagicha natija bo'ladi.

$$p_1 = \frac{\rho Q^2}{2} \left(\frac{1}{A_2^2} - \frac{1}{A_1^2} \right) \quad (3.23.14)$$

5. Jism kuchini hisoblash.

Jismning yagona kuchi bu u o'q yo'nalishida og'irlik kuchi bilan shartli bo'lgan vazndir, biroq biz uni X yo'nalishidagi ko'rilaotgan yagona kuch deb qarashimiz kerak emas.

6. Natijaviy kuchni hisoblab chiqarish.

$$F_{T_x} = F_R - F_{p_x} - F_{B_x}$$

$$F_{R_x} = F_{T_x} - F_{p_x} - 0$$

$$F_{T_x} = \rho Q^2 \left(\frac{1}{A_2} - \frac{1}{A_1} \right) - \frac{\rho Q^2}{2} \left(\frac{1}{A_2^2} - \frac{1}{A_1^2} \right) \quad (3.23.15)$$

Shu tarzda o't o'chiruvchi ushbu kuchga qarshi tura olishi kerak.

$$R = -F_{T_x} \quad (3.23.16)$$

3.24. Oqimning tekislikka ta'siri

Avvalo pastroqda ko'rsatilganidek, 90° burchak ostida yassi plastinaga (tekislik) urilayotgan oqimni ko'rib chiqamiz.

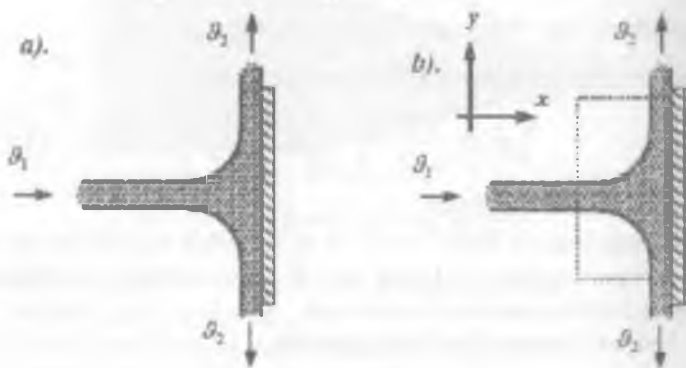
Biz plastinaning reaksiya kuchini, ya'ni plastina o'z holatini saqlab qolish uchun ishlatishi kerak bo'lgan kuchni topishni istaymiz. Tahlil xuddi yuqorida kelingan metodika asosida amalga oshiriladi:

1. Nazorat qilish va chizish.
2. O'qlar tizimi kordinatsiyasi qarorini qabul qilish.
3. Umumiy kuchni hisoblash.
4. Bosim kuchini hisoblash.
5. Jism kuchini hisoblash.
6. Natijaviy kuchni hisoblab chiqarish.

1 va 2 nazorat hajmi va koordinata o'qlari tepada 3.24.1-rasmda ko'rsatilgan.

3. Umumiy kuchni hisoblash.

$$F_{T_y} = \rho Q^2 (\vartheta_2 - \vartheta_1) = -\rho Q \vartheta_1 \quad (3.24.1)$$



3.24.1-rasm. a-b. Tekislikka tushgan perpendikulyar oqim

Tizim simmetrik bo'lgani uchun, u yo'nalishidagi kuchlarni olib tashlash lozim, ya'ni.

$$F_{T_x} = 0$$

4. Bosim kuchini hisoblash.

Bosim kuchi 0 ga tengdir, chunki kirishdagi va nazorat hajmdagi chiquvchi yoriqda ham bosim atmosferik bo'ladi.

5 Jism kuchini hisoblash

Nazorat hajmi juda kichkina bo'lgani sababli, og'irlik vazni tufayli jism kuchini inobatga olmasligimiz mumkin.

6. Natijaviy kuchni hisoblab chiqish.

$$F_{T_x} = F_{R_x} - F_{P_x} - F_{B_x} \quad (3.24.2)$$

$$F_{R_x} = F_{T_x} - 0 - 0 = -\rho Q \mathcal{Q}_1 \quad (3.24.3)$$

Suyuqlikka biriktiriladi.

Tekislik kuchi qarama-qarshi yo'nalishdagi kattalikka tengdir.

$$R = -F_{R_x} \quad (3.24.4)$$

3.25. Egilgan parrakda yuzaga keluvchi aylanish kuchi

Bu holat, quvurdagi holatga o'xshash, biroq tahlil ancha onsonroqdir, chunki bosimlar teng va ko'ndalang kesishuv hamda tezliklar (oqim yo'nalishida) doimiy bo'lib saqlanadi.

Oqim va parrakning yo'nalishini pastdagi 3.25.1-rasmda aks ettirilganidek koordinatalari kerak. 1 va 2 boshqarish hajmi va koordinatalar o'qi yuqoridagi 3.25.1-rasmda ko'rsatilgan.

Oqim egilgan parrakda chetlanmoqda.

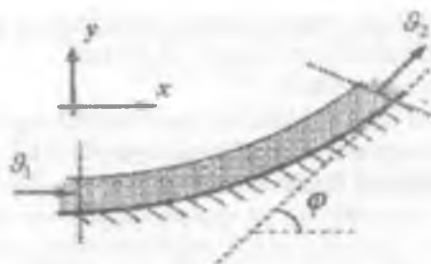
x yo'nalishidagi umumiy kuchni hisoblang

$$F_{T_x} = \rho Q (\mathcal{Q}_2 - \mathcal{Q}_1 \cos \varphi) \quad (3.25.1)$$

$$\mathcal{Q}_1 = \mathcal{Q}_2 = \frac{Q}{A} \quad (3.25.2)$$

biroq, shunday

$$F_{T_x} = -\rho \frac{Q^2}{A} (1 - \cos \varphi) \quad (3.25.3)$$



3.25.1-rasm. Oqim parraklari

va y yo'nalishida

$$F_{T_x} = -\rho Q (\partial_1 \sin \phi - 0) = \rho \frac{Q^2}{A} \quad (3.25.4)$$

4. Bosim kuchini hisoblash.

Va yana bir bor bosim kuchi 0 ga teng, chunki nazorat hajmidagi kirish va chiqishdagi bosim atmosfera bosimiga teng.

5. Jism kuchini hisoblash.

$\vec{o}$, yo'nalishida hech qanday kuch yo'q

$$F_{B_x} = 0$$

$\vec{o}$ yo'nalishidagi amaldagi kuch suyuqlikning massasi sifatida amal qiladi. Agar W – undagi suyuqlik hajmi bo'lsa

$$U \text{ holda, } F_{B_x} = \rho g W$$

(ko'rsatkich ko'p hollarda kichik bo'ladi, zero oqim hajmi ham kichkinadir. U holda odatda tahlil davomida inobatga olinmaydi).

6. Natijaviy kuchni hisoblab chiqish.

$$F_{T_x} = F_{R_x} - F_{P_x} - F_{B_x}, \quad F_{R_x} = F_{T_x}$$

$$F_{T_y} = F_{R_y} - F_{P_y} - F_{B_y}, \quad F_{R_y} = F_{T_y}$$

Suyuqlikdagi natijaviy kuch ushbu formula orqali topiladi.

$$F_R = \sqrt{F_{R_x}^2 + F_{R_y}^2} \quad (3.25.5)$$

Va suyuqlikga ta'sir ko'rsatuvchi ilova yo'nalishi

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{F_{R_x}}{F_{R_y}} \right) \quad (3.25.6)$$

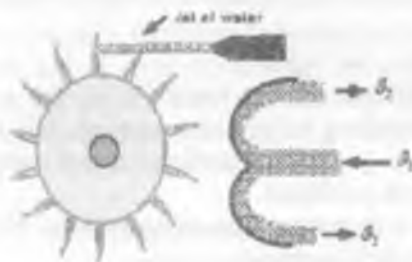
Bukilgan parrakda yuzaga keluvchi aylanish kuchi xuddi shunday, biroq qaram – qarshi yo'nalishda.

$$R = -F_R \quad (3.25.7)$$

3.26. Pelton g'ildiragi tig'i

Yuqorida keltirilgan oqimning parrakka ta'siri taxlillari kengaytirilishi va trubina lopatkalariga nisbatan qo'llanilishi mumkin.

Pelton g'ildiragi nomiga ega trubina lopatkasida bu yanada yorqinroq ko'rinadi.



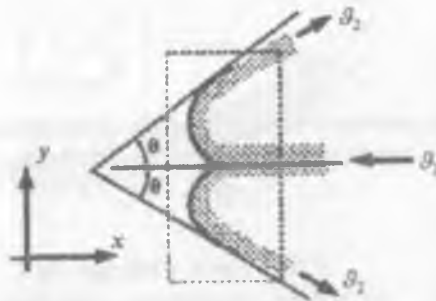
3.26.1-rasm. Pelton g'ildiragi.

Pelton g'ildiragining joylashishi pastroqdagi 3.26.1-rasmda ko'rsatilgan.

Ingichka oqim (odatda suvniki) katta metall disk perimetri bo'ylab parraklar tomonidan o'qqa tushiriladi.

Har bir shu tig'ning shakli shundayki, oqim ularga har biri tegishi natijasida oqim ikkiga bo'linib ketadi (pastdagi rasmga qarang). bunda suv miqdorining yarmi bir tomonga qolgani ikkinchi tomonga ajralib ketadi.

Bu kabi oqimning parchalanishi trubinani o'rnatish uchun qulay hisoblanadi – u podshipniklarda teng va qarama-qarshi kuchlarni (demak 0 yig'indini) yuzaga keltiradi.



3.26.2-rasm. Oqim parragi.

Pelton g'ildiraklarining joylashuvi va oqim parragining ko'ndalang kesishuvi.

- Jet of water – suv oqimi

Tahlilda foydalanish uchun kerak bo'ladigan nazorat hajmi va tig'larni yanada yaqinroq ko'rinishini pastdagi 3.26.2-rasmda ko'rish mumkin. Tahlil yana quyidagi qadamlarni amalga oshiradi:

1. Nazorat qilish va chizish.
2. Koordinata o'qlari tizimi haqida qaror qabul qilish.
3. Umumiy kuchni hisoblash.
4. Bosim kuchini hisoblash.
5. Jism kuchini hisoblash.
6. Natijaviy kuchni hisoblash.

1 va 2 nazorat hajmi va koordinata o'qlari pastdagi rasmda ko'rsatilgan.

3. x yo'nalishidagi umumiy yig'indini aniqlang.

$$F_{Tx} = \rho \left(\frac{Q}{2} \vartheta_{2x} + \frac{Q}{2} \vartheta_{2x} - Q \vartheta_{1x} \right) \quad (3.26.1)$$

$$\vartheta_{1x} = -\vartheta_1$$

$$\vartheta_{1x} = \vartheta_2 \cos \varphi$$

$$F_{Tx} = \rho Q (\vartheta_2 \cos \varphi + \vartheta_1) \quad (3.26.2)$$

Va y yo'nalishida ham simmetrik, shuning uchun.

$$F_{Ty} = 0$$

4. Bosim kuchini hisoblash.

Bosim kuchi 0 ga teng, chunki nazorat hajmining kirishi va chiqish yo'lidagi bosim atmosfera bosimidir.

5. Jism kuchini hisoblash.

Biz hech qanday hajm kuchlari mavjud bo'lmagan gorizontall tekislikni ko'rib chiqayapmiz.

6. Natijaviy kuchni hisoblab chiqazish.

$$F_{Tx} = F_{Rx} - F_{Px} - F_{Bx}$$

$$F_{Rx} = F_{Tx} - 0 - 0 = -\rho Q (\vartheta_2 \cos \varphi + \vartheta_1) \quad (3.26.3)$$

Suyuqlikka ta'sir ko'rsatuvchi.

Parrakdagi kuch qarama-qarshi yo'nalishdagi kattalikka teng.

$$R = -F_{Rx} \quad (3.26.4)$$

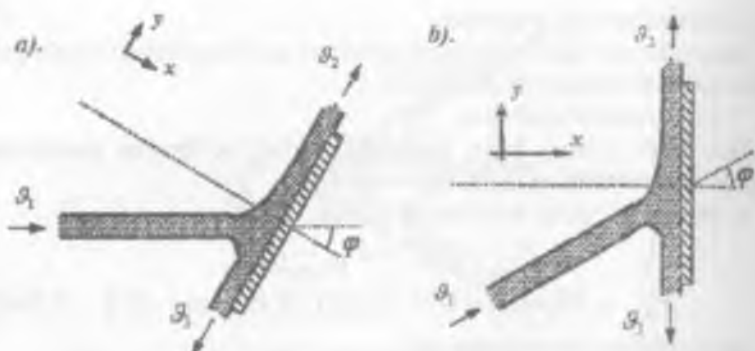
Shunday qilib, parrak x yo'nalishida harakatlangan.

Real vaziyatda parrak harakatlanmoqda. Buni parrakning mavjud bo'lish vaqti davomida nazorat qismlariga kiruvchi impulsar miqdorini kiritgan holda taxlilni kengaytirish mumkin. Bu ikkinchi bosqich modulida keyingi yil batafsil ko'rib chiqiladi.

3.27. Qiya tekislikka urilgan zarba kuchlari

Biz yuqorida oqimning tekkislikka to'g'ri burchak ostida tushganligi natijasida yuzaga kelgan kuchlarni o'rganib chiqdik. Agar tekislik burchak ostida egilsa u holda taxlil bundan murakkabroq bo'ladi (shuni ma'lum qilishimiz kerak bo'ladiki, onsonlik yaratish maqsadida gravitatsiya va ishqalanishni inobatga olmaydilar).

Biz plastinaga ta'sir etuvchi normal kuchni topmoqchimiz, shuning uchun ham yuqorida ko'rsatilgan tekislikka normal bo'luvchi o'qlar tizimini aniqlaymiz. Diagramma aylantirilishi mumkin, pastda ko'rsatilganidek, uni ushbu o'qlar bo'yicha tekislash va tushuntirishga onsonlashtirish uchun, qiya tekislikka tushgan oqimning aylangan ko'rinishi.



3.27.1-rasm. a – b. Qiya tekislikdagi reaktiv oqim $\mathcal{Q}$

Biz har bir yo'nalishdagi oqimning tezligini bilmaymiz. Ularni topish uchun Bernulli tenglamasini qo'llash mumkin.

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{\mathcal{Q}_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\mathcal{Q}_2^2}{2g} + z_2 = \frac{p_3}{\rho g} + \frac{\mathcal{Q}_3^2}{2g} + z_3 \quad (3.27.1)$$

Balandlik farqlari bir oz inobatga olinmagan holda $z_1 = z_2 = z_3$, va barcha bosim atmosferik $= 0$. Shu tarzda

$$\mathcal{Q}_1 = \mathcal{Q}_2 = \mathcal{Q}_3 = \mathcal{Q}, \quad (3.27.2)$$

Uzlusizlik bo'yicha

$$Q_1 = Q_2 + Q_3, \quad (3.27.3)$$

$$\mathcal{Q}_1 A_1 = \mathcal{Q}_2 A_2 = \mathcal{Q}_3 A_3, \quad (3.27.4)$$

Shunday qilib $A_1 = A_2 + A_3$,

$$Q_1 = A_1 \mathcal{Q},$$

$$Q_3 = (A_1 - A_2) \mathcal{Q}. \quad (3.27.5)$$

Bundan foydalangan holda biz kuchlardan xuddi oldingidek foydalanishimiz mumkin.

1. Umumiy kuchni hisoblash.
 2. Bosim kuchini hisoblash.
 3. Jism kuchini hisoblash.
 4. Natijaviy kuchni hisoblab chiqish.
- 1 x yo'nalishidagi umumiy kuchni hisoblang.

Koordinatalar tizimi plastinaga nisbatan normal ekanligini yodingizdan chiqazmang.

$$F_{T_x} = \rho(Q_2\vartheta_2 + Q_1\vartheta_1)Q_1\vartheta_1 \quad (3.27.6)$$

Bu $\vartheta_2 = \vartheta_3 = 0$, X yo'nalishida komponentlarsiz oqimlar plastinaga paralleldirlar.

$\vartheta_1 = \vartheta_1 = \cos \varphi$, shunday qilib

$$F_{T_x} = \rho Q_1\vartheta_1 \cos \varphi \quad (3.27.7)$$

2. Bosim kuchini hisoblash.

Baribir 0 ga teng, chunki bosim hamma yerda atmosferikdir.

3. Jism kuchini hisoblang.

Nazorat hajmi kichik bo'lgani uchun ham, demak, suyuqlik og'irligi ham kichkina bo'ladi. Bu yerda biz jism og'irligini inobatga olmasligimiz muimkin.

4. Natijaviy kuchni hisoblang.

$$F_{T_x} = F_{R_x} - F_{P_x} - F_{B_x}$$

$$F_{R_x} = F_{T_x} - 0 - 0 = -\rho Q_1\vartheta_1 \cos \varphi \quad (3.27.8)$$

Suyuqlikka ta'sir etuvchi, plastinadagi kuch qarama-qarshi yo'nalishdagi kattalikka teng.

$$R = F_{R_x} = \rho Q_1\vartheta_1 \cos \varphi \quad (3.27.9)$$

Endi biz har bir yo'nalishda plastinada qancha harakat qilinayotganini bilsak bo'ladi.

$$F_{T_y} = 0.$$

Y yo'nalishida ham:

$$\vartheta_1 = \vartheta_1 = \cos \varphi, \quad \vartheta_2 = \vartheta_2, \quad \vartheta_3 = -\vartheta_3,$$

$$F_{T_y} = \rho \left((Q_2\vartheta_2 + Q_3\vartheta_3) - Q_1\vartheta_1 \right) \quad (3.27.10)$$

$$F_{T_y} = \rho (Q_2\vartheta_2 + Q_3\vartheta_3 - Q_1\vartheta_1 \cos \varphi)$$

Kuchlar plastinaga parallel bo'lgani sababli ular 0 ga tengdirlar

$$0 = \rho A_2\vartheta_2 - A_3\vartheta_3 - A_1\vartheta_1 \cos \varphi$$

Tepadan $\vartheta_1 = \vartheta_2 = \vartheta_3$

$$0 = A_2 - A_3 - A_1 \cos \varphi$$

Bizda tepada quyidagi bor $A_1 = A_2 = A_3$, shunday qilib

$$0 = A_2 - A_3 - (A_2 - A_3) \sin \varphi$$

$$0 = A_2 (1 - \cos \varphi) - A_3 (1 + \cos \varphi)$$

$$A_2 = A_3 \left(\frac{1 - \cos \varphi}{1 + \cos \varphi} \right) \quad (3.27.11)$$

Xuddi mana bu ifoda kabi $\mathcal{Q}_2 = \mathcal{Q}_3 = \mathcal{Q}$,

$$\mathcal{Q}_2 = \mathcal{Q}_3 \left(\frac{1 + \cos \varphi}{1 - \cos \varphi} \right) \quad (3.27.12)$$

$$\mathcal{Q}_2 = \mathcal{Q}_2 \left(\frac{1 + \cos \varphi}{1 - \cos \varphi} \right) + \mathcal{Q}_3 = \mathcal{Q}_3 \left(1 + \frac{1 + \cos \varphi}{1 - \cos \varphi} \right)$$

Endi biz har bir plastina yo'nalishdagi harakatni bilamiz.

IV BOB SUYUQLIKLARNING HARAKAT REJIMI

4.1. Reynol'ds tajribasi

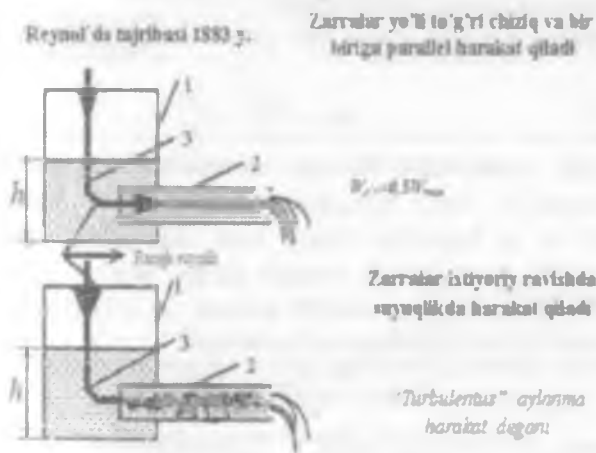
Avvalam bor gidravlik hisob-kitoblarda quyidagi xolatlarni e'tiborga olish kerak: ko'rilayotgan suyuqlik oqimida qanday harakat rejimi mavjud ekanligini aniqlash.

Barcha naporli va naporsiz harakatdagi oqim ikki xil rejim asosida harakatlanadi (4.1-rasm). Tabiatda ikki xil tartibli suyuqlik harakati mavjud.

1. Laminar kichik tezlik bilan parallel oqimchali, ya'ni tinch oqim;
2. Turbulent, katta tezlikdagi, o'ramali, qaynab, to'liqinsimon oqim.

Oqimdagi harakat rejimini aniqlash va hisoblash ishlarida Reynol'ds sonini aniqlash- Re va u son qiymatini Re_{kr} – Kritik Reynol'ds soni bilan taqqoslash kerak.

Suyuqlik harakatining tartiblari



4.1.1-rasm. Suyuqlikning ikki harakat tartibi

Reynol'ds soni Re -bu ismsiz son bo'lib quydagi formulalar yordamida son qiymati aniqlanadi:

Laminar harakat vaqtida suyuqlik zarrachalari bir-biriga nisbatan qavat-qavat bo'lib joylashadi va suyuqlik harakati davrida ular bir qavatdan ikkinchi qavatga o'tmaydi.

Boshqacha qilib aytganda, suyuqlik zarrachalari oqimlar harakatiga ko'ndalang yo'nalishda harakatlanmaydi.

Amaliyotda laminar harakatni kuzatish uchun suyuqlik oqayotgan shisha trubaning boshlang'ich kesimiga shisha naycha orqali rangli suyuqlik yuborilsa, u holda suyuqlikda rang aralashmasdan to'g'ri chiziqli bo'lib oqim ko'rinishida harakatlanadi (4.1-rasm).

Endi suyuqlikning tezligini oshirib borsak, harakat tartibi o'zgarishini kuzatish mumkin.

Oqim tezligi oshib ketishi natijasida zarrachalar bir qavatdan ikkinchi qavatga tez o'ta boshlaydi. Natijada suyuqlik harakatining tartibi tez o'zgaradi. Bunday harakat *turbulent harakat* deyiladi. Suyuqlik harakatining bu ikki tartibini ingliz olimi Osborn Reynol'ds tajribasida har tomonlama tekshirgan va natijalarini 1883-yilda e'lon qilgan. Suyuqlik harakatini tezlikning oqim o'lchamiga ko'paytmasining kinematik qovushqoqlik koeffitsiyentiga nisbatidan iborat o'lchovsiz miqdor xarakterlaydi.

Bu miqdor Reynol'ds soni deb ataladi va quyidagicha ifodalani-ladi:

$$Re = \frac{g d}{\nu} \quad (4.1.1)$$

Suyuqlik harakatining laminar harakatdan turbulent harakatga o'tishi Reynol'ds soni Re ning ma'lum kritik miqdori bilan aniqlanadi va u Reynol'ds kritik soni deb atalib, Re_{kr} bilan belgilanadi. Bu son silindrik trubalar uchun $Re = 2320$ ga teng bo'ladi. Turli shakldagi nosilindrik trubalar va o'zanlardagi oqimlar uchun Reynol'ds soni quyidagicha hisoblanadi:

$$Re = \frac{g \cdot d_{m}}{\nu} = \frac{4gR}{\nu} \quad (4.1.2)$$

bu yerda, g – o'rtacha tezlik; d – quvur diametri;

R – gidravlik radius; ν – kinematik qovushqoqlikning koeffitsiyenti (6.1-jadval)

– Naporli oqim uchun,

$$Re = \frac{g \cdot d}{\nu}, \quad (4.1.3)$$

bu yerda, d – naporli quvurning ichki diametri;

– Naporli oqim uchun,

$$Re = \frac{\rho \cdot R}{\nu}, \quad (4.1.4)$$

$$\nu = \frac{\omega}{\chi}. \quad (4.1.5)$$

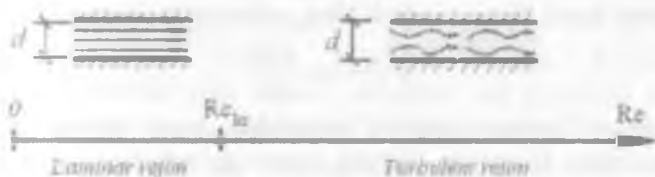
bu yerda, ω – oqim ko'ndalang kesim yuzasi,

χ – oqim ho'llanganlik parametri.

Bu yerda, χ -ho'llangan parametr m, sm. ω -suyuqlik ko'ndalang yuzasi m^2 , sm^2 .

Agar $Re < Re_{kr} = 2320$ quvurdagi harakat rejimi – laminar.

Agar $Re > Re_{kr} = 2320$ quvurdagi harakat rejimi – turbulent. Quyidagi jadvalda turli xil temperaturalarda suv uchun kinematik qovushqoqlikning koeffitsiyentlari keltirilgan.



4.1.2-rasm.

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad \lambda = 0,11 \left(\frac{68}{Re} + \frac{\Delta}{d} \right)^{0,25} \quad (4.1.6)$$

Suyuqlik harakat rejimini Reynol'ds soni orqali gidravlik ishqalanish qarshiligi koeffitsienti λ ni aniqlash

Kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti

4.1.1-jadval

$t, ^\circ C$	$\nu, sm^2/s$	$t, ^\circ C$	$\nu, sm^2/s$	$t, ^\circ C$	$\nu, sm^2/s$
0	0,0178	11	0,0127	24	0,009
1	0,0173	12	0,0124	26	0,0088
2	0,0167	13	0,0121	28	0,0084
3	0,0162	14	0,0117	30	0,0080
4	0,0156	15	0,0114	35	0,0073
5	0,0147	16	0,0112	40	0,0066

6	0,0142	17	0,0109	45	0,0060
7	0,0139	18	0,0106	50	0,0056
8	0,0135	19	0,0104	55	0,0052
9	0,0131	20	0,0101	60	0,0048
10	0,0127	22	0,00989		

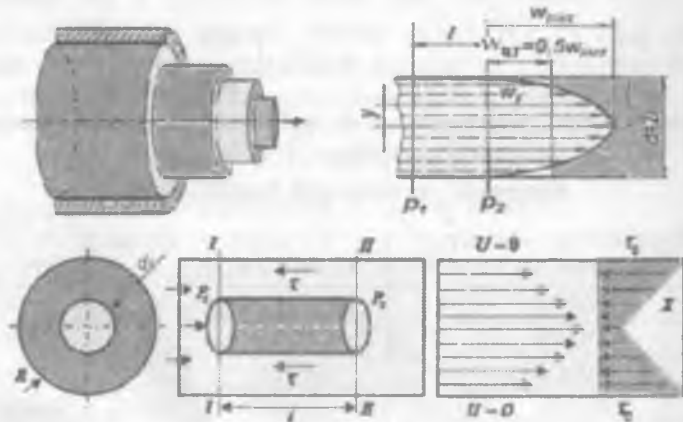
4.2. Suyuqlikning laminar harakati. Tezlikning silindrik quvur kesimi bo'yicha taqsimlanishi

Quvurlarda real suyuqliklar laminar harakat qilganda, uning oqimchalari bir-biriga parallel harakat qiladi. Quvur devorlari yopishib qolgan suyuqlik zarrachalari bilan qoplanadi. Quvur devorlarida yopishib qolgan suyuqlik zarrachalarining tezligi nolga teng bo'ladi.

Quvur devori sirtidagi qavatning tezligi 0 ga teng bo'lib, quvur o'qiga yaqinlashgan sari tezlik oshib boradi. Quvur o'qida, ya'ni markazida tezlik maksimal qiymatga ega bo'ladi. Quvur ichidagi ishqalanish kuchi Nyuton qonuni bilan quyidagicha ifodalanadi

$$\tau = -\mu \frac{d\vartheta}{dr} \quad (4.2.1)$$

Laminar harakat tartibida tezlikning truba kesimi bo'yicha taqsimlanishini kuzatamiz. Buning uchun quvur ichida uzunligi L va radiusi R bo'lgan elementar naycha ajratib olib o'rganamiz (4.2.1-rasmda). 1-1 – kesim uchun R_1 , 2-2 – kesim uchun R_2



4.2.1-rasm. Laminar harakatda tezlikning taqsimlanishi

Ishqalanish kuchi $T = \tau 2\pi r l = -\mu 2\pi r l \frac{d\vartheta}{dr}$ dan (1.92)

iborat

$$\vartheta = -\frac{P_1 - P_2}{4\mu l} (r^2 - R^2) \quad (4.2.2)$$

Xulosa qilib aytish mumkinki, ya'ni silindrik quvurda laminar harakat tezligi ko'ndalang kesimda parabola qonuni bo'yicha taqsimlangan bo'lar ekan.

Reynol'ds kritik soni:

Re_{kr} – harakat rejimini almashinuvini ko'rsatadi.

Naporli oqim harakatida

$$Re_{kr} = 2320.$$

Naporsiz oqim harakatida

$$Re_{kr} = 500.$$

Soddalashtirilgan holatda Reynol'ds sonini 4.1.3-rasmda keltirilgan formulalar yoki shkala yordamida son qiymatini aniqlash mumkin. Masalan naporli vodoprovod quvur diametri $d = 20$ mm, $\vartheta = 1$ m/s, $\vartheta = 10^{-6}$ m²/s..

Bu quvurdagi harakatlanayotgan suyuqlik oqimidagi Reynol'ds soni.

$$Re_{kr} = 0,02 / 10^{-6} = 20000.$$

20000 soni $Re_{kr} = 2320$ dan katta qiymatga ega ekanligidan, naporli harakat rejimi turbulent ekanligi ma'lum bo'ladi. Qolgan barcha gidravlik hisoblar shu ko'rsatilgan rejim uchun keltirilgan formulalar yordamida bajariladi.

4.3. Naporli va naporsiz oqimlar hisobi

Naporli oqimlarni hisoblashda asosan noma'lum sarf Q , tezlik ϑ yoki napor yo'qolishi (naporlar farqi) H larni aniqlashga olib keladi. Quvurlar uchun uning ichki diametri d ham aniqlanadi.

Umumiy naporning yo'qolishi (naporlar farqi) quyidagi Veysbax formulasi yordamida aniqlanadi:

$$\Delta H = \xi \frac{g^2}{2g}, \quad (4.3.1)$$

– gidravlik qarshilik koeffitsenti.

Oqimnig o'rtacha tezligi uning sarfi orqali qo'yidagicha aniqlanadi.

$$g = Q / \omega \quad (4.3.2)$$

Bu yerda, ω - oqim ko'ndalang kesim yuzasi yoki ionli kesim yuzasi. Masalan, dumaloq kesimli quvur uchun $\omega = d^2 / 4$.

Shunday qilib keltirilgan bog'lanishlar orqali ΔH , g , Q , va ω , d – parametrlar aniqlanib harakatda naporli harakatni hisoblash mumkin. Koeffitsent ξ ni qiymati hisoblashda yo'qotilgan napor turiga qarab aniqlanadi. U uzunlik bo'yicha yoki mahalliy qarshilikda yo'qotilgan napor bo'lishi mumkin.

Umumiy yo'qotilgan napor $\Delta H (m)$ har qanday oqim uchun h_l uzunlik bo'yicha yo'qotilgan va mahalliy qarshilikda yo'qolgan napor h_M lar yig'indisidan iborat bo'ladi:

$$\Delta H = \sum h_l + \sum h_M. \quad (4.4.3)$$

Uzunlik bo'yicha yo'qotilgan napor h_l quvur to'g'ri bo'ylab holda mavjud bo'ladi (4.3.1.a-rasmda). Ayrim adabiyotlarda h_l haqida boshqacha atamalar ham mavjud: uzunlik bo'yicha yo'qotilgan napor; yo'l bo'yicha yo'qotilgan napor. h_e qiymatini Veysbax formulasi yordamida aniqlash mumkin.

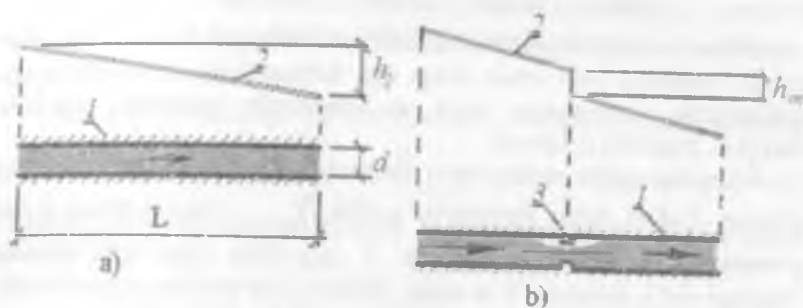
$$h_l = \xi \frac{g^2}{2g}. \quad (4.5.4)$$

bu yerda, gidravlik qarshilik koeffitsenti ifodaga asosan quyidagi formula yordamida aniqlanadi.

$$\xi_l = \frac{\lambda l}{d}, \quad (4.5.5)$$

bu yerda, λ – ishqalanishda gidravlik qarshilik koeffitsenti, bu kattalik laminar hamda turbulent rejimiga qarab 4.3.4 yoki 4.3.2 –

formuladagi bog'lanishlar yordamida aniqlanadi. (4.3.1-rasmga qarang) 1-quvurning to'g'ri chiziqli kesimi uzunligi.



4.3.1-rasm. Yo'qotilgan napor. a-uzunlik bo'yicha; b-mahalliy bo'yicha; 1-quvur tizimi; 2-napor chizig'i; 3-mahalliy qarshiliklar

Laminar rejimda gidravlik qarshilik ko'effitsenti

$$\lambda = 64 / Re. \quad (4.3.6)$$

Turbulent rejim holatida A.D.Al'tishul' formulasi yordamida aniqlanadi.

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{68}{Re} + \frac{\Delta}{d} \right)^{0,25}, \quad (4.3.7)$$

bu yerda, Δ -quvur devorlarining g'adir-budurligi. Masalan eski po'lat quvurlarda $\Delta \approx 1,5$ mm. Yangisida esa $\Delta \approx 0,1$ mm. Gidravlik qiyalik deb i uzunlikdagi yo'qolgan naporni H_l oqim uzunligi l ga nisbati tushuniladi (4.3.1.a-rasm karang).

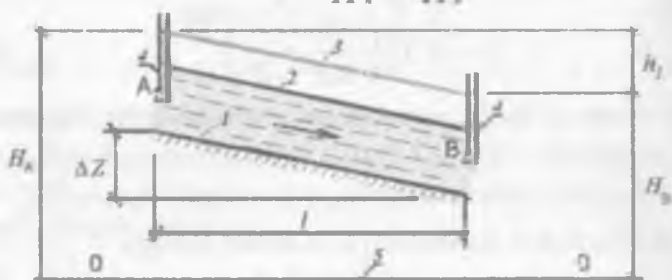
$$i = h_l / l \quad (4.4.8)$$

Mahalliy qarshiliklarda yo'qolgan napor h_M oqimni deformatsiyadagi joylarda hosil bo'ladi: quvur burulishda, toraygan yoki kengayishida, traynik (uchliklar), krestovinalar (to'rtliklar)da, kranlarda, ochib-yopqichlarda, naporli yo'nalishlarda ularni boshqaruvchi qurilmalarni kamaytirilgan joylarda h_M (4.3.1. b-rasm) hollarda ko'rinishga ega.

Naporsiz oqimlarning hisobi.

Naporsiz oqimlarning gidravlik hisoblashda q – sarfga ega bo'lgan v mumkin bo'lgan tezlikda quvur va kanalning i_{geom} qiyalikdagi orqali birgalikdagi ifodalovchi masalani hal qilishiga olib keladi. Naporsiz yoki erkin sirtga ega bo'lgan oqimlar kanalizatsiya tarmoqlarida, quvurlarda, lotok va kanallarda kuzatiladi; tabiatda daryolar, ariqlarda uchraydi.

Naporsiz oqim uchun tekis harakatdagi oqim holatda hisoblar qilinadi. Ushbu holda geometrik qiyalik i_{geom} erkin sirtning ya'ni p'ezometrik qiyalikdagi gidravlik i qiyalikka teng deb olinadi. Tagidagi sirt 1, erkin sirt 2 va napor chizig'i 3 lar bir-biriga parallel deb olinadi. (4.3.2-rasm). Bu esa hisoblashni osonlashtiradi, gidravlik qiyalik i ni aniqlashda avtomatik ravishda i_{geom} qiyalik aniqlanadi. Aslida naporsiz oqim naporli oqimdan iborat! *Naporsiz* degan tushuncha fan sohasiga kiritilgan termin bo'lib qolgan, to'g'rirog'i *erkin sirtlik oqim* deyish aniqroq bo'lar edi. Masalan, 4.3.2-rasmda A va B nuqtalarda naporlar mavjud, uni miqdori Pito quvurchasi yordamida aniqlanadi, shuningdek H_A va H_B naporlar hisoblanadi.



4.3.2-rasm. Naporsiz harakat. 1-yuza; 2-erkin yuza; 3 napor chizig'i; 4-Pito quvurchasi; 5-garizon chizig'i

Naporlar ayirmasi $H_A - H_B$ esa uzunlik l bo'yicha yo'qolgan h naporni ifodalaydi. h miqdor esa ΔZ ga teng, hamda 4.3.2-rasmdagi balandlik belgilarini boshlang'ich va oxirgi qismlardagi tengliklarini ayirmasidan iborat, shuningdek $i = \frac{h}{l}$, $i_{\text{geom}} = \frac{\Delta Z}{l}$, $i = i_{\text{geom}}$ bo'lganda,

Naporsiz oqimda ham naporli oqimga o'xshab mahalliy qarshiliklarda yo'qolish h_{u} oqimning keskin deformatsiyali joydarida hosil bo'ladi: bo'rilishlarda, bo'linishda, keskin kengayishda, mahalliy toraygan joylarda va xokazo. Ammo naporsiz oqimlarni hisoblashda h_{u} odatda hisobga olinmaydi.

Naporsiz harakatdagi oqimni gidravlik hisoblashda odatda tezlik (4.3.1.v-rasm, ga qarang) $\frac{h}{d}$, va i_{zov} qiyaliklarga chegara qo'yiladi. Masalan, kanalizatsiya quvurlarini hisoblashda uchta chegaralanish bo'lishi shart, ular:

$$0.7 \leq d \leq 4, \quad 0.3 \leq \frac{h}{d} \leq 0.6, \quad \frac{1}{d_{\text{zov}}} \leq i_{\text{zov}} \leq 0.15$$

bu yerda, d — quvurning ichki diametri bo'lib mm larda o'lchanadi. Naporsiz oqimni hisoblashda geometrik qiyalikni quvur kanallarning tagiga nisbatan olinadi va ular odatda Shezi formulasi yordamida aniqlanadi.

$$i = \frac{v^2}{R \cdot C^2}; \quad (4.3.9)$$

bu yerda, R — gidravlik radius (m); C koeffitsent Shezi.

Shezi koeffitsientini amaliyotda anchagina aniqlik bilan Manning formulasi yordamida aniqlanadi:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}}; \quad (4.3.10)$$

bu yerda, n -koeffitsent quvur yoki kanal devorlari g'adir-budurligini ifodalaydi; R gidravlik radius metrlarda o'lchanadi. Shezi formulasi turbulent rejimlarda aniqroq qiymatlarga ega. Odatda bunday oqim amaliyotda ko'plab uchraydi.

Tezlik esa oqim sarfi orqali quydagi formula yordamida topiladi:

$$Q = \frac{q}{\omega} \quad (4.3.11)$$

Shunday qilib barcha naporsiz oqimlarning gidravlik hisobini keltirilgan formulalar yordamida amalga oshiriladi. Shezi formulasini hisoblashda hozirda kompyuter texnologiyasidan foydalaniladi.

V BOB GAZ DINAMIKASI

Gaz dinamikasi bu aerodinamikaning (gaz mexanikasi) bir bo'limi bo'lib gaz harakati va muvozanati qonuniyatlarini o'rganadi.

Bu bo'limda asosan gaz sifatida havoni e'tiborga olamiz. Amaliyotda havo harorati xuddi gidravlikada ko'rilgandek siqilmaydigan suyuqlikka o'xshaydi faqat zichlik ρ va v qovushqoqlik va napor o'rniga bosim qo'llaniladi.

Aerodinamik terminlar lug'ati.

Aerodinamik terminlarni gidravlik qarshiliklar bilan taqqoslab o'rganamiz.

Naporli va *naporsiz* harakatlarning o'xshashligi suyuqliklarda bo'lganidek gazlarda ham mavjud.

Gaz oqimi quvurda yopiq kanallarda yoki havo haydash quvurlarida to'liq oqib uning ko'ndalang kesimi devor bilan chegaralanganda suyuqliklarda bo'lganidek naporli harakatga ega.

Misol uchun gaz uzatgich quvurlarida shamollatish majmualaridagi quvurlarda naporli oqim mavjud. Endi naporsiz harakatni oqimchali havo oqimlarida uchratamiz.

Masalan, issiq yoki sovuq havo oqimlarini xonalarga tarqatishda ko'ramiz. Aerodinamikada ham gidrodinamikadek ko'ndalang kesim yuzasi kesim ω , m^2 , sarf Q , m^3/s , tezlik g , m/s , lar bilan ifodalanadi. Shuni e'tiborga olinadiki aerodinamikada suyuqlik so'zini urniga gaz so'zi ishlatiladi. Binom shamollatishda va isitishda havo tezligi 0,5-1,5 m/s , chegarada o'zgaradi. Quvurlar kanallar va havo haydovchi quvurlarda ularning ko'ndalang kesimi dumaloq bo'lsa geometrik paraometrlarni hisoblashda ichki diametr d deb olinadi. Dumaloq bo'lmagan kesimlar uchun ekvivalent diametr d_{ek} e'tiborga olib u quyidagicha ifodalanadi.

$$d_{ek} = 4\omega / \chi, ; \quad (5.1)$$

bu yerda, χ -kesimning to'liq parametri (napor quvurdagidek)

Masalan, havo haydovchi to'rtburchak kesimli quvurda tomonlari a va b bo'lgan ekvivalent diametr quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$d_{ek} = 4\omega / \chi = 2ab / (a + b). \quad (5.2)$$

Suyuqliklarda gazlarning erishi: Bu holat hamma vaqt ham kuzatiladi. faqat gazlar miqdori suyuqlik birlik hajmida har xil suyuqlik uchun farq qiladi va bosim o'zgarishi bilan o'zgaradi. Gazning nisbiy hajmi suyuqlikda erigan miqdoriga nisbatan bosimga to'g'ri proporsional bo'ladi:

$$\frac{V_{\text{газ}}}{V_{\text{суюқ}}} = K \cdot \frac{P_{\text{газ}}}{P_{\text{г}}} \quad (5.3)$$

K – eruvchanlik koeffitsiyenti.

Agar suyuqliklarda bosim kamaytirilsa, unda erigan gazning suyuqlikdan ajralib chiqishi kuzatiladi. Bu jarayon erishga nisbatan tezroq davom etadi. Bu hodisa har xil gidrotizim va gidromashinalar ishliga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Oddiy ichimlik suv tarkibida taxminan 2% erigan gaz miqdori uchraydi

5.1. Gaz oqimning uzluksizlik tenglamasi

Gaz oqimlari uchun uzluksizlik tenglamasi fizik ma'noda masalaning saqlanish qonuni quyidagicha ifodalanadi:

$$\rho_1 \omega_1 = \rho_2 \omega_2, \quad (5.1.1)$$

Bu ifoda xuddi suyuqlikdagidek.

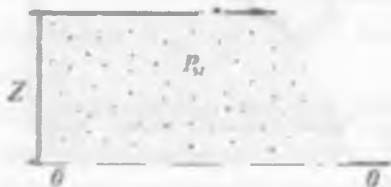
Keltirilgan to'liq bosim.

Harakatdagi gazning istalgan nuqtasiga quyidagicha to'liq bosim ta'sir qiladi:

$$P_{\text{tul}} = P_{\text{st}} + P_0, \quad (5.1.2)$$

bu yerda, P_{st} – statik bosim; $P_{\text{din}} = \rho g^2 / 2$ – dinamik bosim bo'lib gaz oqimining kinetik energiyasini ifodalaydi;

$$\gamma = \rho g \quad v$$



5.1.1-rasm. To'liq bosimni tushuntirishga doir sxema

(suyuqlikda tezlik nabori $h_g = g^2 / (2g)$ ga o'xshash)

Shunga qaramay to'liq bosim P_{tul} harakatdagi gaz nuqtasidagi to'liq energiya o'z ichiga olmaydi chunki unga nuqta holatini ifodalovchi parametr $\rho g z$ ni o'z ichiga olmagan.

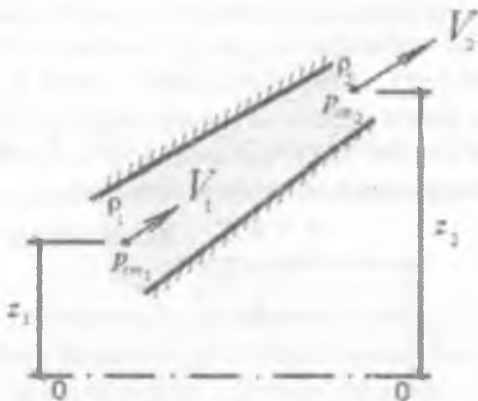
Shuning uchun ham istalgan nuqtadagi gaz oqimini energetik xarakteristikasini ifodalash uchun keltirilgan to'liq bosim tushunchasi kiritilgan:

$$P_{qul.tul} = \rho g z + P_{st} + \rho g^2 / 2, ; \quad (5.1.3)$$

bu yerda, oldingi ikki had $\rho g z + P_{st}$ -potensial energiyani ifodalaydi, oxirgi had $\rho g^2 / 2$ -kinetik energiyani ifodalaydi (5.1.1-rasmda).

5.2. Gaz uchun bernulli tenglamasi

Uzgaruvchi kesimga ega bo'lgan gaz oqimini quvurdagi harakatini ko'rib o'tamiz (5.2.1-rasm). Birinchi kesimda keltirilgan to'liq bosim $P_{qul.tul-1}$ ga teng. Quvurdagi gazning harakatida birinchi qismdagi $P_{qul.tul-1}$ bosim ichki ishqalanish kuch ta'sirida keyingi kesimda yo'qolib borib $P_{qul.tul-2}$ gacha kamayadi va yo'qolgan bosim ΔP_{yqot} ga kamayadi.



5.2.1-rasm. Gazlar uchun Bernulli tenglamasiga doir sxemasi.

Bernulli tenglamasi oddiy holda quyidagicha yozishni egallaydi (5.1)

$$P_{qul.tul.1} = P_{qul.tul.2} + \Delta P_{yqur} \quad (5.1)$$

Bu tenglama suyuqlik uchun Bernulli tenglamasiga o'xshash bo'lib (5.2.1) farqi shundaki ushbu tenglama naporlar orqali yozilgan bosim orqali yoziladi. Agar keltirilgan to'liq bosimni xususiyatini o' yozilganda ya'ni $P_{qul.tul.1}$ va $P_{qul.tul.2}$ ni (5.2.1) orqali ifodalay quyidagi formulani olamiz: (5.2)

$$\rho_1 g z_1 + P_{st.1} + \frac{\rho_1 g}{2} = \rho_2 g z_2 + P_{st.2} + \frac{\rho_2 g}{2} + \Delta P_{yqur} \quad (5.3)$$

Gaz uchun yozilgan Bernulli tenglamasini energetik ma'nosini energiyani saqlanish qonunini ifodalaydi geometrik ma'noda ko'rinmaydi chunki gaz uchun bosim birligida (Pa) keltiril naporda emas (m).

5.3. Gaz uchun harakat rejimi

Avvallam bor aerodinamik hisoblarda gaz harakati qanday rejir ekanligi muhim ahamiyatga ega. Gaz harakat rejimi xu suyuqliklardagidek ikki rusmda bo'ladi:

- 1) kichik tezlikda sokin-laminar rejimi;
- 2) katta tezliklarda uyurmali-turbulent rejimi;

Laminar va turbulent harakatlarini o'rganishda Reynol'ds son Re hisoblash hamda Reynol'ds kritik son- Re_{kr} son bilan taqqosla kerak. Gaz uchun Reynol'ds son qiymati Re quyidagi form yordamida aniqlanadi. (5.4)

$$Re = \frac{g \cdot d_{ek}}{\nu} \quad (5.4)$$

Bu yerda, d_{ek} - ekvivalent diametr - quvur, havo haydov quvur, yoki kanallarda agar $d_{ek} = d$, bo'lsa dumaloq kesimli qu uchun e'tiborga olinadi.

Gaz uchun Reynol'ds kritik soni $Re_{kr} \approx 2000$.

Agar $Re < Re_{kr}$ - laminar rejim.

Agar $Re > Re_{kr}$ - turbulent rejim.

Amaliyotda ko'pincha turbulent rejim mavjud: shamollatish kanallarda, gaz quvurlarida, bug' quvurlarida shamol esganda.

Muhandislik tarmoqlaridagi aerodinamika.

Injenerlik tarmoqlari shamollatish va isitishda issiqlik energiyasi sohasida hisoblash ishlarini loyihalashda aerodinamika qonuniyatlari asosida bajariladi.

Bu holda hisoblash ishlarini Bernulli tenglamasi yordamida bajariladi faqat napor o'rniga bosimni e'tiborga olinadi. Xattoki suv bilan isitgich tarmoqlarini hisoblashda ham bosim orqali hisoblanadi, chunki bu joyda harorat o'zgaradi demak zichlik qiymati ham o'zgaradi.

Aerodinamik hisoblarda ΔP_{qul} – bosimlar farqi, bosim yo'qolishi ΔP_{yqot} – tezlik sarf ko'ndalang kesimning geometrik o'lchamlari inobatga olinadi.

Bernulli tenglamasi yordamida hisoblash shunday bajariladi. Quvurning o'lchamini shunday olish kerakki unda oqim tezligi sarfi va bosim farqi ΔP_{qul} tarmoqda yo'qotilgan ΔP_{yqot} bosimga teng bo'lsin. Shuni ham e'tiborga olish kerakki yo'qotilgan bosim har ehtimolga qarab sun'iy ravishda 10% ga oshiqroq qilib olinadi. Shuning uchun ham keltirilgan bosimni quyidagicha olinadi:

$$\Delta P_{qul} = 1,1 \Delta P_{yqot} \quad (5.3.2)$$

Hisoblash tarmog'i natijasida shu tenglikni qanoatlantirgan bo'lishi kerak. Quyida bosimlar ayirmasi ΔP_{qul} ni hisoblash o'choqning tutun haydash quvurlarida va suv yordamidagi tabiiy sirkulyatsiya isitgichlarda.

ΔP_{yqot} misol tariqasida keltiramiz quvurlar havo haydash quvurlarida gaz uzatgich quvurlarida bosim yoki gazlar uchun quyidagi Veysbax formulasi yordamida aniqlanadi:

$$\Delta P_{yqot} = \zeta \frac{\rho g^2}{2}, \quad (5.3.3)$$

bu yerda, ζ -gidravlik qarshilik koeffitsienti. Bu xuddi suyuqliklardek agar quvur dumaloq bo'lmasa u holda ekvivalent d_{ek} va d , dan foydalaniladi. Umumiy yo'qotilgan bosim ΔP_{yqot}

uzunlik ΔP_{uzin} bo'yicha yo'qolgan bosim va mahalliy qarshilik yo'qolgan bosim $\Delta P_{m.yqot}$ lar yig'indisidan iborat:

$$\Delta P_{yqot} = \sum \Delta P_{uzin} + \sum \Delta P_{m.yqot} \quad (5.3.4)$$

Uzunlik bo'yicha yo'qolgan ΔP_{uzin} va $\Delta P_{m.yqot}$ ni aniqlaydi. Veysbax formulasidan foydalanib gaz uchun (5.3.4) ifoda qo'llaniladi. Shuni e'tiborga olish kerakki ζ o'rniga ζ_l uzunlik yoki ζ_m mahalliy qo'yiladi d , -diametr o'rniga d_{ek} , qo'yiladi.

Masalan, ΔP_l ni aniqlashda uzunlik bo'yicha gidravlik qarshilik koeffitsenti (ismsiz son) quyidagi formula yordamida aniqlanadi.

$$\zeta_l = \lambda l / d_{ek}, \quad ; \quad (5.3.5)$$

bu yerda, l -tarmoqning to'g'ri chiziqli qismi.

Ishqalanishdagi gidravlik qarshilik koeffitsenti λ turbulent oqimda (5.3.6) formula yordamida aniqlanadi.

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{68}{Re} + \frac{\Delta}{d_{ek}} \right)^{0,25} \quad (5.3.6)$$

Bu yerda, Δ -quvur yoki kanallarning g'adir-budurliqi mm. Masalan, po'lat venilatsion quvurlarda $\Delta = 0,1$ g'isht devorli havo haydagich quvurlarda $\Delta = 4$ mm, Δ ni qiymatini maxsus spravochniklardan foydalanish mumkin.

Mahalliy qarshilik koeffitsentini ζ_m spravochniklardan olinadi (bular quvurga kirishda burilishda trayniklar va x.k).

Tabiiy tortishdagi tizimlarni hisoblash.

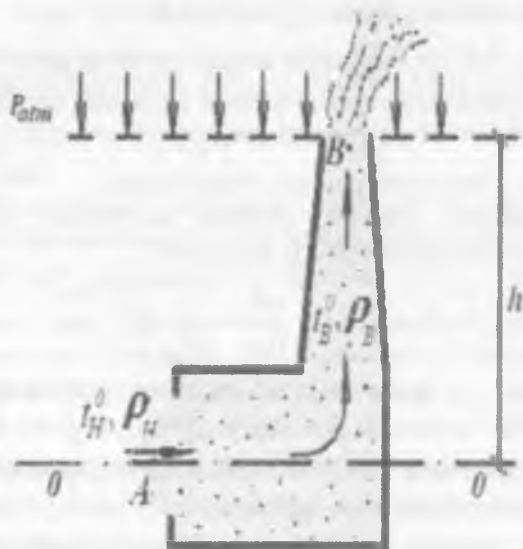
Binolarni sovitish va isitishda qozonlar ishlatilinish undan chiqishdagi tutun tabiiy holda quvurlar yordamida haydaladi. Bu quvurlarda keltirilgan to'liq bosim ichida va tashqarida va uzunlik bo'yicha yo'qotilgan ΔP_l (Pa) kattalikda aniqlanadi.

$$\Delta P_l = gh(\rho_{tashqi} - \rho_{ichki}), \quad ; \quad (5.3.7)$$

bu yerda, h -tutun haydash quvur yoki shamollatish shaxtasining uzunligi; ρ_{tashqi} -tashqi sovuq havo zichligi; ρ_{ichki} - ichki issiq havo zichligi, (5.3.8) formula yordamida aniqlanadi.

Misol tariqasida o'choqning hisobini keltiramiz. Uchoqda yoqilg'i yonganda tutun issiq xolatda quvur orqali yuqoriga ko'tariladi.

Issiq havo o'choq ichida t_{ichki}^0 va tashqarida t_{tashqi}^0 haroratga ega. Albatta harorat o'zgarishi natijasida havoni zichligi ham ρ_{ichki} va ρ_{tashqi} o'zgaradi. Tezlikning miqdori $\mathcal{G}$ kichik bo'lgani uchun tarmoqda dinamik bosim $P_{din} = \rho \mathcal{G}^2 / 2$ formulada hisobga olinmaydi.



5.3.1-Rasm. Tutun quvurining sxemasi.

Gaz uchun Bernulli tenglamasini (5.3.8) keltirilgan to'liq bosimlarni A va B nuqtalardagi (5.3.1-rasmda) qiymatlari orqali tabiiy holdagi tutun tarqalishini hisoblash formulasi (5.3.7) ga qo'yib ΔP_f ni aniqlaymiz.

Keyingi qadamda umumiy ΔP_{yqul} yo'qotilgan bosim qiymatini ΔP_f bilan taqqoslaymiz. Agar (5.3.7) tenglik bajarilsa u holda hisoblash tugatilgan bo'ladi. Demak, tutun haydash tizimi me'yorida ishlayotganligini bildiradi va tutun yoqiladi. Agar (5.3.7) tenglik

bajarilmasa u holda tutun haydash tizimi konstruksiyasini yoki yo'qolgan bosimni o'zgartirishga to'g'ri keladi. Masalan, tutun tartibli ketishini ikki xil usulda yaxshilash mumkin.

- quvurni tepaga ko'tarish;
- o'choq ichidagi va tashqaridagi harorat o'zgarishi (bu hol hamma vaqt ham mumkin bo'lavermaydi).

Yo'qotilgan bosim yo'llari:

- quvurni ko'ndalang kesimini o'zgartirish;
- olib ketilayotgan gaz yo'lini kamaytirish;
- g'adir-budirni kamaytirish.

Binolardagi ifloslangan havoni har doim tozalashda yoki shamollatishda ham yuqoridagi hisoblash ishlari qo'llaniladi.

5.4. Bosim ayirmasi va yo'qotilgan bosim

Gaz harakatida keltirilgan to'liq bosimlar ayirmasi ya'ni

$$\Delta P_{yqot} = P_{qul\ tul\ 1} - P_{qul\ tul\ 2} \quad \text{da ifodalanib katta bosimdan}$$

$P_{qul\ tul\ 1}$, kichik bosim $P_{qul\ tul\ 2}$ tomonga harakat qiladi.

Masalan, binoni shamollatsak tabiiy holda shunday hollar mavjud.

ΔP_{yqot} -yo'qotilgan bosim gaz oqimi harakatida yo'qolgan to'liq energiyani ifodalaydi. Masalan, havo haydash quvuri qancha uzun ko'ndalang kesimi kichik devorlari g'adir-budir bo'lsa yo'qolgan bosim ΔP_{yqot} katta bo'lib boradi. Natijada bino havosi tozalanishi yomonlashib boradi.

Barqaror harakatdagi gazlarda bosimlar ayirmasi son jixatdan

$$\Delta P = \Delta P_{yqot} \quad \text{ga teng.}$$

Shunday qilib bosimlar ayirmasi gaz harakati uchun sabab bo'lib yo'qolgan bosim esa harakat vaqtidagi natijadir. XUB sistemasida ular paskallar (Pa) da o'lchaniladi.

Tabiiy sirkulatsiya holatidagi tizimning hisobi:

Binolarni isitishdagi tabiiy sirkulyatsiyaga asoslangan tizimning bir ko'rinishi berilgan 5.4.1-rasmda. Strelkalar bilan suvning aylanishi ko'rsatilgan. Shu bilan birga suv aylanadi.

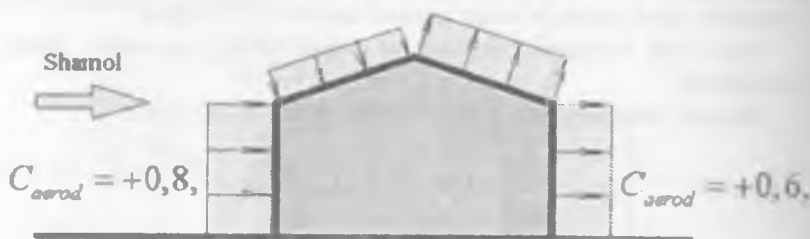
Suv isitgich qozonlarida suv harorati o'zgarib qaynoq holda bo'lganda uni zichligi ρ_{issiq} - bo'lib sovuq suvga nisbatan ρ_{sovuq} -

qiymati 0,4 da 1,5 gacha o'zgaradi. Boshlang'ich holda $k_{shamol} \approx 1$ deb qabul qilinadi.

Aerodinamik koeffitsienti C_{aerod} umumiy holda binoning tuzilishiga va jismni Reynol'ds soniga bog'liq. Bu koeffitsient jism formulasiga konstruksiyasiga keskin bog'liq. Ko'rilayotgan jismni havoda oqishida o'sha jism uchun o'zgarmas son bo'ladi.

Aerodinamik koeffitsient C_{aerod} son qiymati bo'yicha 1 va 0 orasida o'zgaradi (absolyut qiymati bo'yicha).

Masalan, shamol esayotgan tomondan uning devorida $C_{aerod} = +0,8$, teskari tomonida $C_{aerod} = +0,6$, (5.5.1-rasmda).



5.5.2-Rasm. Oyning erkin tepa sirtidagi shamol epyurasi

Bu bilan *minus* belgi ishora shamolning binodan uzilishidagi bosim bilan bog'liq. Bu yerda, *plyus* belgi ishora bosim bino devoriga to'g'ridan to'g'ri ta'sir etayotganini ko'rsatadi. Binoga berilayotgan shamolni P_{shamol} ni bino devorlari bo'yicha tarqalish ko'rinishini ko'rish uchun bosim epyurasi tuziladi (5.5.2-rasmga qarang). Uning ordinasini qiymatini aniqlashda (5.5.1) formula orqali shamol bosimini aniqlaymiz.

Odatda P_{din} dinamik bosim bino qurilayotgan joydagi oldin ma'lum bo'lgan normativ hujjatlar asosida shamol tezligi g meteorologlarning ma'lumotlariga asoslangan bo'ladi. Real xolatda shamol bosimi P_{shamol} epyurasi egri chiziqli ko'rinishga ega. Lekin qurilish ishlarida hisoblash odatda bosim epyurasi to'g'ri burchakli epyura deb qabul qilinadi (5.5.2-rasm).

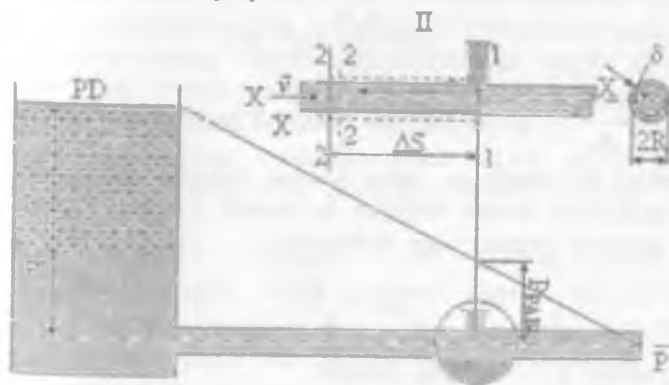
5.6. Gidravlik zarba

Ko'pincha suv o'tkazgich quvurlarida katta napor ostida suyuqlik harakat qilsa, jo'mraklarni birdan yopilishida, nasoslarni harakatga keltirishda va uni to'xtatish vaqtida suyuqlik harakati beqaror harakatga aylanadi. Birdan harakatni tormozlanishi yoki tezlanish oshishida quvurda tebranma harakatni vujudga keltiradi. Bunday harakat gidravlik zarba deyiladi. Nazariy mexanikada, zarba hodisasida shunday ta'rif beriladi: jismga kichik vaqt ichida katta kuch ta'sir etadi.

Suyuqliklarda u kuch amplitudasi katta bo'lgan tebranuvchi bosim kuchi bo'lib, me'yoriy bosimga nisbatan o'n, xattoki yuz barobar katta qiymatga ega bo'ladi. Natijada quvurning bo'shroq yoki mustahkamligi kamroq joyini yorib yuborishi mumkin.

Hisoblash uchun bog'lanishlar va zarba hodisasini o'rganishdagi gidravlik parametrlar. Gidravlik zarba vaqtida Eyler tenglamasidagi lokal tezlanish $d\vartheta/dt$ juda katta qiymatga ega bo'lib, inertsiya kuchi ham katta qiymatga ega bo'ladi. Shu inertsiya kuchi ta'siridagi suyuqlikdagi dinamik bosim kattalashib, suyuqlik zichligini hamda siqilmaslik xususiyatini ham o'zgartirib yuboradi. Misol tariqasida oddiy holda quvurda harakatlanayotgan suyuqlikda sodir bo'ladigan zarba hodisasini ko'rib chiqamiz. (5.6.1-rasm).

Jo'mrak-1 ochiq turganda suyuqlik ma'lum napor- f da ϑ o'rtacha tezlikda oqib 1-1 kesimda o'zining oldingi holatini to'liq saqlab jo'mrak oldida pi ishchi bosim harakatda bo'ladi. Yopilish vaqti t yo'q > 0 bo'lganda suyuqlik harakati II holatni oladi.



5.6.1-rasm

Jo'mrakni yopilgandan keyingi holati (rasmni chap tamoni) da suyuqlik qatlami to'siqqa urilish natijasida shu joyda tezlik nol qiymatgacha tushadi. Ma'lum Δt vaqtdan keyin suyuqlik orqa tamonga qaytib ΔS masofani o'tadi. Bu vaqtda chap tamondagi 1-2 bo'lakda (2-2 kesimda) me'yoriy holat ro'y berib turaveradi: ya'ni o'rtacha tezlik v va bosim $p_2 = p_1$ ishchi bosimni saqlab turadi, 1-1 kesimda esa $\mathcal{G} = 0$, bosim esa zarba natijasida inertsiya kuchi oshishi hisobiga ishchi bosimga nisbatan zarba vaqtidagi p_3 bosim miqdoricha oshadi:

$$p_1 = p_2 + p_3. \quad (5.6.1)$$

Ko'pincha p_3 o'n megopaskalgacha ko'tariladi. Oshib ketgan bosim natijasida quvurning 1-2 bo'lagida suyuqlik deformatsiyalanib, quvur devoriga ham ta'sir etadi. Quvur katta qiymatdagi siqilishga ega bo'lib, 2-2 kesim 21-21 holatni egallaydi. Quvur diametri kattalashadi (rasmda u shtrix bilan ko'rsatilgan). Quvurni mustahkanligi hisobiga quvur ko'ndalang kesimi $-\omega$ va qarayotgan bo'lakdagi $-\Delta S$ ni o'zgarmas deb harakat miqdor tenglamasini x o'qidagi proektsiyasini quyidagicha yozamiz:

$$\rho \omega \Delta S \cdot \mathcal{G} = (p_1 - p_2) \omega \cdot \Delta t \quad (5.6.2)$$

$$\rho \mathcal{G} \Delta S = p_3 \Delta t \quad (5.6.3)$$

Ushbu tenglamadan zarba vaqtidagi bosimni aniqlaymiz:

$$\rho \mathcal{G} \frac{\Delta S}{\Delta t} = \rho \mathcal{G} \cdot a \quad (5.6.4)$$

$a = \frac{\Delta S}{\Delta t}$ – quvur bo'ylab zarba natijasida hosil bo'lgan tezlik taqsimotini ko'rsatadi va zarba to'liqini tezligini ifodalaydi. Ushbu tezlik muhitdagi tovush tezligini ko'rsatadi. Cheksiz fazoda tovush tezligi quyidagi formula bilan ifodalanadi.

$$a' = \sqrt{\frac{E}{\rho}}; \quad (5.6.5)$$

bu yerda, E – elastiklik moduli;

ρ – zichlik (suvda tovush tarqalish tezligi 1435 m/s).

Birinchi marta gidravlik zarba masalasini hal qilgan inson rus olimi N F. Jukovskiy bo'lgan. U zarba to'liqini tarqalish tezligi quyidagi formula yordamida ifodalaydi:

$$a = \frac{1}{\sqrt{\rho \left[\frac{2r_0}{E_m \delta} + \frac{1}{E} \right]}} ; \quad (5.6.6)$$

bu yerda, r_0 va δ – quvur devorining ichki radiusi va quvur qalinligi; E_m va E – elastiklik modullari bo'lib, tegishlicha quvur materiali va suyuqlik uchun (5.6.4) formula tovush tezligi bilan quyidagi ifoda bilan bog'langan.

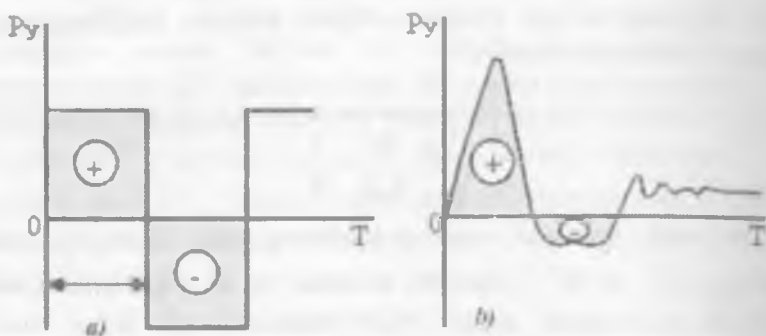
$$a = \frac{a'}{\sqrt{1 + 2r_0 E / E_m \delta}} ; \quad (4.6.7)$$

(5.6.5) formulani chuqurroq talqin qilsak, zarba to'liqini tarqalishida inertsia kuchini roli gidravlik zarba hodisasida juda katta ekanligini ko'ramiz: gidravlik zarba bosimi suyuqlikning zichligi, tezligi va shu suyuqlikda to'liq tarqalish tezligiga proporsional bo'lib, uning ko'paytmasiga teng.

Agar suyuqlikda to'liq tarqalish tezligini aniqlasak, tezlikni Pito quvurchasi yoki mikrovertushka (mikroprildok) yordamida aniqlab, zichlikni tegishli suyuqlik uchun jadvallardan foydalansak (5.6.5) formula yordamida zarba bosimini topa olamiz. Shuni eslatib o'tamizki a – zarba to'liqining tarqalish tezligi (5.6.3) formulaga asosan tovush tezligi hamda quvurning elastiklik xususiyatlariga bog'liq ekanligini unutmaslik kerak. Tovush tezligi: suv uchun 1435 m/s; benzinda 1116 m/s; yog'lar uchun o'rtacha 1400 m/s deb olinadi.

Agar to'liq oqimga qarshi harakatda bo'lib, quvur uzunligi bo'yicha bosimni oshishi bilan kuzatilsa, bunday to'liqinni to'g'ri zarbaga aytiladi.

Quvurga suyuqlik xavzadan kirish qismida bosim harf $p = \gamma H$ bilan berilgan. Zarba hodisasi vaqtida esa quvurning boshlang'ich kesimida to'g'ri to'liqin yetarli miqdorda katta bo'ladi. Ko'rilayotgan vaqtda tinch xolat beqaror bo'ladi, bu xolatda jo'mrak yopilgan vaqtda bosim farqi to'siq oldida kattalashib oldindagi to'liqiga qarshilik qila olmay kichikroq miqdorda yana orqaga qaytadi.



5.6.2 – a, b-rasmlar

Zarbada hosil bo'lgan p_3 bosim quvurdagi suyuqlikni elastik kuchi bilan siqadi va quvur devorlarini kengaytirishga harakat qilib, boshqacha, teskari to'liqin hosil qiladi va bosimni kamaytiradi. Nazariy jihatdan bosimni kamayishi zarba bosimiga miqdor jihatdan teng bo'lib, teskari ishoraga ega bo'ladi (5.6.2-a, b-rasmlar).

To'g'ri va teskari to'liqinlarning l uzunlikdagi o'tish vaqti $t = l / a$ ga teng. Bosim jo'mrak oldidagi kattalashuvi davomiyligi gidravlik zarbaning fazasini ifodalaydi va u quyidagiga teng:

$$t_f = \frac{2l}{a} \quad (5.6.8)$$

Jo'mrak oldida hosil bo'lgan zarba bosimi 3 oldingi vaqtda katta bo'lib, uni qaytishida vaqt o'tishi bilan ishqalanish, suyuqlikning deformatsiyalanishi va quvurning kengayishiga ta'siri natijasida to'liqin kamayib boradi (5.6.2-b-rasmda) va vaqt o'tishi bilan u kamayib boradi. Zarbadan saqlanish uchun jo'mrakni yopish vaqtini uzaytirish kerak, ya'ni $t_{yopiq} > t_f$, bu holda maksimal bosim, to'liq bo'lmagan zarba uchun quyidagicha yoziladi:

$$P_{t,hes} = P_3 \frac{t_f}{t_{yopiq}} \quad (5.6.9)$$

bu yerda, t_f – gidravlik zarbaning fazasi;

t_{yopiq} – jo'mrakni yopish vaqti,

P_3 – gidravlik zarba bosimi. N.E. Jukovskiy formulasi bilan aniqlanadi.

Gidravlik zarba hodisasi quvurlar majmuasini me'yoriy ishlatilinishiga katta zarar keltiradi. Quvurlarni biror yerini yorib yuborishi ham mumkin. Gidravlik zarbani quyidagi usullar bilan zarba bosimini so'ndirish mumkin.

Birinchi usul – jo'mrakni ochilish va yopilish vaqtini uzaytirish, ya'ni $t > \frac{2l}{a}$ ga yetkazish bilan to'g'ri zarbani yo'qotish va P_3 ni kamaytirish.

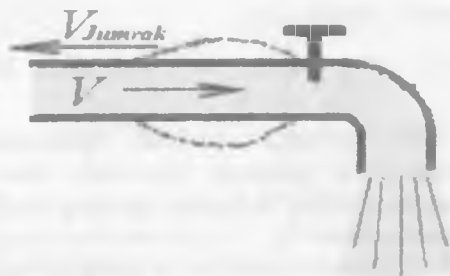
Ikkinchi usul – quvurlarga gidravlik zarbani kamaytiruvchi so'ndirgichlar qo'yilish yo'lidir. So'ndirgichlar quvurdagi suyuqlikka nisbatan yuqori siqiluvchanlik xususiyatiga ega elastik elementli idishlardan iborat bo'lib, ularning tuzilishlari quvurdagi suyuqlikni turiga qarab ko'rinishlari har xil bo'ladi.

Ulardan ko'p tarqalgani elastik element, temir prujina yoki gaz bo'lgan porshenli, membranali va klapanli so'ndirgichlardir.

Uchunchi usul – gidravlik zarba paydo qiladigan quvurlarni uzunligini oshirish. Bu usulda qarshilik kuchining kattalashuvi hisobiga energiya kamayishi va zarba to'liqini davrining ortishi natijasida to'g'ri zarbani yo'qotish yo'li bilan zarba to'liqini ta'sirini so'ndiradi.

Hayotda ba'zi hollarda qo'shimcha zarba hosil qiluvchi jo'mraklar yordamida suv ko'targichlar yasab foydalanish mumkin. Bunday suv ko'targich qurilmalarini, gidravlik tarang deb yuritiladi. Bunday taranglarning effektini oshirish maqsadida professor Xamidov Axmadjon tamonidan yangi nazariyalar yaratilib, gidravlik parametrlarning ekstremal qiymatlari topilgan.

Gidravlik zarba naporli quvurlardagi bosimni impuls ravishda o'zgargandagi hodisaga aytiladi. Masalan, agar ichimlik suvi quvurning jo'mragini keskin berkitilsa, bu holda $\mathcal{Q}$ tezlik bilan harakatlanayotgan suv keskin to'xtashga majbur bo'ladi (5.6.3-rasm).



5.6.3-rasm. Gidravlik zarba

Harakatdagi suvga inertsiya kuchi ta'siri natijasida jo'narak oldida zarbali oqimcha ΔP miqdordagi bosim hosil bo'ladi.

Quvur ichida keskin ravishda tovush tezligida $\mathcal{G}_{lov}$ miqdordagi harakat hosil bo'lib, quvurlarni avariya holatiga olib kelishi mumkin.

ΔP (Па) miqdordagi gidravlik zarba vaqtidagi bosimni quyidagi N.E.Jukovskiy formulasi yordamida aniqlanadi.

$$\Delta P = \rho \cdot \mathcal{G}_{urt} \cdot \mathcal{G}_{lov}, \quad (5.6.10)$$

bu yerda, ρ – suyuqlik zichligi, $\frac{kg}{m^3}$; $\mathcal{G} \approx 1000 \frac{m}{s}$.

Binolarga o'rnatilgan quvurlarni gidravlik zarbaga uchrashidagi hodisani naqadar xavfli ekanligini quyidagi misolda keltirish mumkin.

O'rtacha tezlikda, ya'ni $\mathcal{G} = 1 \frac{m}{s}$ da oqayotgan suvda quvur

jo'mragini keskin berkitilsa (5.6.1-rasmga qarang), bu holda bosim katta qiymatga ega bo'ladi va avariya holati bo'lishi mumkin.

$$\Delta P = 1000 \cdot 1 \cdot 1000 = 1000000 \text{ Pa} = 10^6 \text{ Pa} = 100 \text{ m} = 10 \text{ at}$$

chunki mumkin bo'lgan bosim 0.45 l Pa dan oshmasligi mumkin. Shuning uchun ham vodoprovod jo'mraklari gidravlik zarba hosil qilmasligi uchun ularni sekin asta yopiladigan qilib ishlangan bo'ladi.

5.7. Aerodinamika (gaz mexanikasi)

Aerodinamika suyuqlik va gaz mexanikasining bir bo'limi bo'lib gazlarning muvozanat va harakat qonunlarini o'rganadi.

Ko'pincha amaliyotda aerodinamik hisoblash ishlarida asosan havo muvozanati hamda harakatiga asoslanadi. Ushbu kitobda asosan havo asosiy gaz deb olingan.

Ko'pincha gidravlik qarashlarda ham gazlar asosan siqilmaydigan suyuqlik deb qaraladi. Shuning uchun ham aerodinamikada gidravlika qonuniyatlariga amal qilinadi.

Aerodinamika, bu yerda asosan binolarning gaz taminotiga ta'siri, mikrojarayonlarda shamollatish holatda xonalarga kirib borishini hisoblashda ishlatilgan.

Gazlarning fizik xususiyatlari: Zichlik – ρ , solishtirma og'irlik- γ , dinamik qovushqoqlik- μ va kinematik qovushqoqlik – ν lar suyuqlik holati, uchun ham birdek ta'rifga ega bo'ladi.

Zichlik: Gaz zichligi ρ (kg/m^3) bosim va harakatga (temperaturaga) bog'liqligi Mendeleev Klayperon formulasi yordamida aniqlanadi:

$$\rho = \frac{P_{st}}{R_g T}, \quad (5.7.1)$$

bu yerda, P_{st} – gazdagi statik bosim, Pa (gidrostatikadagi kabi);

R_g – gaz o'zgarmas kattaligi, $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, T – absolyut harorat Kelvin gradusida, gaz uchun (K) Selsiy ($^{\circ}\text{C}$) gradusi orqali (t°) quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$T = t^{\circ} + 273 \quad (5.7.2)$$

Masalan, havo zichligi $t^{\circ} = +20^{\circ}\text{N}$ da atmosfera bosim gaz doimiysi $R_g = 287 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ da (55) formula yordamida

$$\rho = 101325 / (287(20 + 273)) = 1,2 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Qurilishlarda, binolarda havo almashinuvida havo zichligi izobarik jarayonida (ya'ni bosim $p_{cm} = p_{amu} = 101325 \text{ Pa}$ o'zgarmas) holat hisoblanadi. Zichlik havo uchun faqat harakatga (temperaturaga) bog'liq bo'lishi e'tiborga olinadi.

Solishtirma og'irlik.

Solishtirma og'irlik γ (f / t^3) gazlar uchun quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (5.7.3)$$

Qovushqoqlik.

Dinamik qovushqoqlik ko'pincha eksprementdan olingan quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\mu = 1,745 \cdot 10^{-5} + 5,03 \cdot 10^{-8} \, t^0; \quad (5.7.4)$$

bu yerda, t^0 – harakat 0C . Masalan, $t^0 = 20^0C$ da dinamik qovushqoqlik koeffitsenti

$$\mu = 1,85 \cdot 10^{-5} \, Pa \cdot s \text{ va kinematik qovushqoqlik koeffitsenti}$$

$$\nu = \mu / \rho = 1,85 \cdot 10^{-5} / 1,2 = 1,54 \cdot 10^{-5} \, m^2 / s.$$

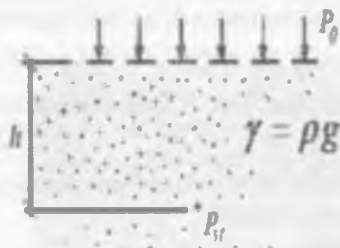
Shuni e'tiborga olish lozimki gazlarda harakatning oshishi bilan qovushqoqlik ham oshadi (va teskarisi harakat pasayishi bilan uning qiymati ham kamayadi). Suyuqliklarda esa bunday holni aksi bo'lib harakat oshishi bilan qovushqoqlik qiymati kamayadi va harakat kamayishi bilan qovushqoqlik koeffitsenti qiymati o'zgaradi.

Gaz statikasi.

Gaz statistikasi – bu aerodinamika (gaz mexanikasining) bo'limidan biri bo'lib, gazning muvozanati va bosim tarqalishini qonuniyatlarini o'rganadi.

Statik bosim.

Statik bosim p_{cm} (Pa) tinch holatdagi gazga ta'sir etayotgan tashqi bosim p_0 yoki gorizontal sathga (masalan, barometr yordamida o'lchangan atmosfera bosim) va gazning og'irlik bosimi (og'irlik bosim) yig'indisidan iborat bo'ladi (5.7.1-rasm).



5.7.1-rasm. Statik bosimini aniqlash sxemasi.

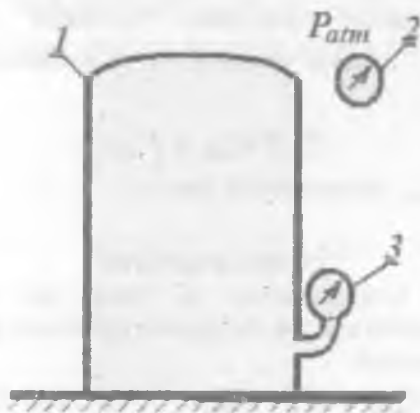
Bu yerda, h -statik bosimi o'lchanayotgan nuqttagacha bo'lgan gaz qatlami balandligi. Bu yerda ham xuddi gidrostatikadek gaz bosimi ham gaz qatlami chuqurligiga proporsional ravishda o'zgaradi u qonun ham to'g'ri chiziqli qonuniyatga bo'ysunadi.

$$P_{cm} = P_0 + \gamma h = P_0 + \rho gh, \quad (5.7.5)$$

Gaz bosimini o'lchashda quyidagi asboblardan foydalaniladi:

- Barometrlar (atmosfera bosimini o'lchaydi);
- Manometrlar (ortiqcha bosimni o'lchaydi);
- Vakuummetrlar (vakuum bosimini o'lchaydi).

XUB da gazlar bosimini paskallarda o'lchaniladi.



5.7.2-rasm. P_{st} O'lchash sxemasi. 1-Idish; 2-barometr;
3-manometr yoki vakuummetr

$\left(Pa = \frac{N}{m^2} \right)$ u suv ustini va kgk / sm^2 larda qo'yidagicha ifodalanadi:

$$1 Pa = 0,1 mm \text{ suv. us. } = \\ = 10^{-5} kgk / sm^2.$$

Atmosfera statik bosim P_{st} va P_{atm} teng bo'lib barometrlar bilan o'lchanadi.

Boshqa qatlamlar uchun ρgh qo'shimcha qo'shiladi yoki ayiriladi. Masalan, $t^0 = +20^\circ C$ atmosferada har bir sakkiz metr balandlikda taxminan 100 Pa kamayadi bu holni (5.7.5) formula yordamida P_{st} aniqlanadi. P_{st} bosimni havzalarda (5.7.2-rasmda) ikki hol mavjud:

1. Agar ikki bosim atmosfera bosimdan katta bo'lganda ($P_{st} > P_{atm}$), barometrlar va manometrlar ishlatiladi

$$P_{st} = P_{atm} + P_{man}, \quad (5.7.6)$$

bu yerda, P_{man} , manometrik bosim (ortiqcha)

2. Ichki bosim atmosfera bosimidan kichik bo'lsa ($P_{st} < P_{atm}$), u holda barometr va vakuummetrlar ishlatiladi u holda

$$P_{st} = P_{atm} + P_{vak}, \quad (5.7.7)$$

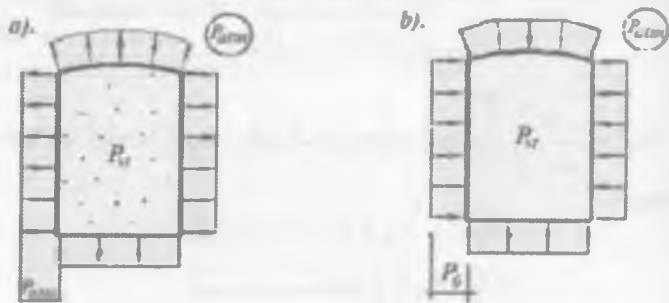
bu yerda, P_{vak} , vakuummetrik bosim.

5.8. Bosim epyurasi

Gazni o'rab turuvchi quvur gaz balon, gaz saqlagich yopiq rezervuarlarni mustahkamlikka hisob-kitob qilishlarda sirtqi tomonlarga bosim epyurasi quriladi:

– ortiqcha $P_{man} = P_{st} - P_{atm}$, (5.8.1. a-rasmda);

– vakuummetrik $P_{vak} = P_{atm} - P_{st}$, (5.8.1. b-rasmda).



5.8.1-rasm. Bosimning erkin sirt epyurasi: a – b-sirtning o'lchami.

Bosim epyurasi 5.8.1-rasmda rezervuarning balandlik bo'yicha o'lchami hisobga olinmagan, shuning uchun ham vertikal devorda ular to'g'ri burchakli suyuqlikdagidek uchburchakli emas (5.8.1. a-rasmga qarang). Bunday holatlar uncha balandlikka ega bo'lmagan hamda solishtirma og'irligi katta qiymatga ega bo'lmagan gazlar uchun mumkin bo'ladi.

Aslida bosim epyurasi gaz saqlash idishlarinig konstruksiyalarini mustahkamligini hisoblash uchun ma'lumot beradi u materiallar qarshiligi va qurilish mexanikasida keltirilgan usullar yordamida aniqlanadi.

$$a). P_{st} > P_{atm}; b). P_{st} < P_{atm}.$$

Yupqa devorning sirtidagi suyuqlik va gaz bosimi 5.8.2-rasmda.
 $P_{01} > P_{02}$

$$F_1 = \frac{1}{2} \rho g H^2 h \quad (5.8.1)$$

$$F_3 = (P_{01} - P_{02}) bL;$$

$$F_2 = \rho g H \cdot H_2 h;$$

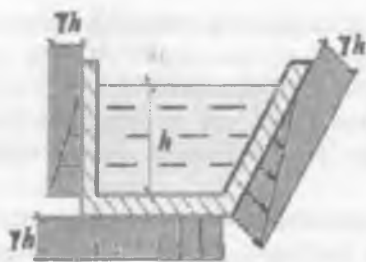
$$F = F_1 + F_2 + F_3.$$

Suyuqlik va gaz bosimining epyurasi.

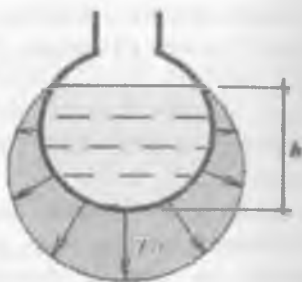
Suyuqlik va gaz bosimining epyurasi – bosimni qattiq yuzaga ta'sirini grafik asosida ko'rsatilishi. Epyuraning tekis hamda egri sirtlarga bo'lgan bosimi grafiklari 5.8.2 va 5.8.3-rasmlarda misol tariqasida ko'rsatilgan.

Epyuradagi strelka (yo'nalishi) bosimni tegishli sirtlardagi (aniqrog'i bosim orqali sirtga berilayotgan normal kuchlanishni ifodalovchi skolyar miqdordir. Yo'nalishlarni masshtab orqali ko'rib chiqilganda u bosim miqdorini kattaligini ifodalaydi.

Bosim epyuralari, suyuqlik bilan devorlar orasidagi mustahkamligini, Konstruksiyasini hisoblashda xizmat qiladi. Masalan, suzish, havzalari, suyuqlik bilan to'latilgan idishlar, sistemalarni mustahkamligini hisoblash uchun poydevordir.



5.8.2-rasm. Yassi devoridagi suyuqlik ustini bosimining chizmasi.



5.8.3-rasm. Egri devoridagi suyuqlik ustini bosimining yoysimon chizig'i epyurasi chizmasi.

Hisob kitob ishlarini materiallar qarshiligi qurilish mexanikasi qoidalari asosida olib boriladi. Ko'pchilik hollarda hisoblash ishlarida asosan ortiqcha bosim P_{art} e'tiborga olinadi. To'liq bosimi esa e'tiborga olinmaydi, chunki idishlar va suyuqlik atmosfera bosim bilan o'ralgan.

Tekis va egri sirtlarda hosil bo'ladigan bosim epyuralarini ko'rishda chiziqli bog'lanishdagi manometrik bosim $P_{man} = \gamma h$ formula orqali hisoblash ishlari bajariladi. Bu hodisa gidrostatik bosim haqidagi 1-xususiyatni ifodalaydi (yuqoridagi statika bo'limi-sahifani ko'ring).

Ammo gazlar uchun haroratga ρ ni bog'liq holatda zichligini o'zgarishiga qarab napor haqida yuqoridagidek tushuncha qilib bo'lmaydi.

Shuning uchun ham gazlarda energetik tomondan solishtirishda keltirilgan statik bosim tushunchasi kiritiladi

$$P_{kel.st} = \rho g z + P_{s1} \quad (5.8.2)$$

VI BOB GAZ FILTIRATSIYASI

6.1. Gazlardagi filtratsiyasiya qonunlari

Gaz filtratsiyasi ya'ni gazni g'ovak muhitdagi harakati qurilish ob'ektlarida alohida ahamiyatga ega bo'lib, devor va suvoq ishlarida gaz filtratsiyasi hisobga olinadi.

Qish kunlari devor tirqishlaridan g'ovak muhitlaridan deraza oynalardan havo o'tib bino ichini sovutib yuboradi, ya'ni shamol (havo) filtratsiyasi hosil bo'ladi. Shuning uchun binolarga pardoz berishda ma'lum qurilish normalari belgilangan bo'ladi.

Gazning devor g'ovaklaridan bo'layotgan filtratsion tezlik Darsi qonuniyati asosida hisoblanadi.

$$g_{fil} = \frac{k_0}{\mu} \cdot \frac{\Delta p_{kel}}{l}, \quad (6.1)$$

bu yerda, k_0 - g'ovak muhit o'tkazuvchanligi, m^2 ; μ - gazning dinamik qovushqoqligi, (Pa · s); Δp_{kel} - keltirgan to'liq bosimning farqi (gazni harakatlantiruvchi bosim) (Pa);

l - filtratsiya yo'li m.

Darsi qonuni texnikaning barcha sohalarida ishlatilib kelinadi. Masalan, gaz quduqlarini to'g'irlash ishlarida gazni filtratsion oqimini hisoblashda (6.1.1) formula ishlatiladi. Shuni e'tiborga olish kerakki bu formula laminar rejimida filtratsion oqimini hisoblash uchun to'g'ridir. Qurilish ishlarini havoni filtirlash qonuni laminar hamda turbulent rejimlarda filtratsiya qonuni boshqacha ko'rinish oladi.

$$g_{fil} = \left(\frac{\Delta p_{kel}}{\rho R_{qar}} \right)^n, \quad (6.2)$$

bu yerda, ρ - gaz (havo) zichligi, kg/m^3 ; R_{qar} - qurilish materialini havo o'tkazish qarshiligi, $m^2 \cdot soat \cdot Pa/kg$.

(Qurilish ishlarida material qalinligiga δ bog'liq bo'ladi); $n = 1$ devor va suvoq uchun (laminar filtratsion rejim); $n = 2/3$ - deraza va balkon eshiklarida (turbulent rejim). (6.2.) formula bilan hisoblashda barcha parametrlar XUB sistemasida olingan bo'lishi kerak.

Shunday qilib (6.1) va (6.2) formulalar bilan filtratsion gaz (havo) oqimini $Q = g_{fil} \omega$ yordamida hajmiy sarfi aniqlanadi. Olingan material qalinligi l yoki δ maydon yuzasi ω . Og'irlik bo'yicha filtratsion sarf uchun u formulaga gazning solishtirma og'irligi γ ga ko'paytiriladi.

6.2. Filtratsiya nazariyasi to'g'risida asosiy tushunchalar va filtratsiya hisobi

Filtratsiya deb, suyuqlik, gaz va ular aralashmalarining g'ovakda va yoriqsimon muhitlardagi harakatiga aytiladi. Yoriqsimon muhit bu o'zaro g'ovak va mikroyoriqlar orqali tutashgan qattiq jinslardan iborat. Filtratsiya suyuqlik juda kichik tezliklarida nihoyatda kichik g'ovak kanalchalar ko'ndalang kesimi bo'yicha sodir bo'ladi. G'ovak muhit g'ovaklilik va yorig'liklar koeffitsiyentlari bilan xarakterlanadi

$V_{g'ov}$ g'ovak hajming V butun g'ovak muhit hajmiga nisbatiga m g'ovaklik koeffitsiyenti deb ataladi.

$$m = \frac{V_{g'ov}}{V} \quad (6.2.1)$$

Berilgan qirqimdagi $\omega_{g'ov}$ kesim g'ovak yuzalarining shu kesim butun yuzalari nisbatiga n nisbiy g'ovak yuza koeffitsiyenti deyiladi.

$$n = \frac{\omega_{g'ov}}{\omega} \quad (6.2.2)$$

Qatlam uzunligi bo'yicha nisbiy g'ovak yuza qiymati g'ovaklikka teng ekanligini ko'rsatish mumkin, ya'ni

$$\bar{n} = \frac{1}{l} \int_0^l n(x) dx = m \quad (6.2.3)$$

shuning uchun nisbiy g'ovak yuzalarining o'rta qiymatlari

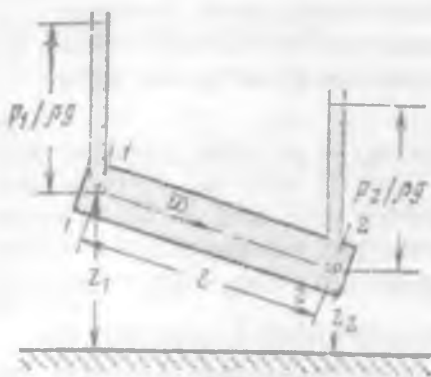
$$\tilde{\omega}_{g'ov} = \bar{n} \omega = m \cdot \omega$$

G'ovak muhitning soddalashgan modeli bo'lib, fiktiv (yasama) grunt hisoblanadi. Fiktiv grunt modelida g'ovaklar bir xil diametrga ega bo'lgan shar ko'rinishidagi ko'p sonli zarrachalardan tashkil topgan deb tushiniladi. Fiktiv gruntning asosiy elementi (asosiy yacheykasi) bo'lib, romboedr hisoblanadi. θ burchak 60° dan 90° gacha bo'lgan oraliqda

o'zgaradi. $\theta = 60^\circ$ burchakka zich qilib terilgan, $\theta = 60^\circ$ esa erkinroq terilgan sharlar mos bo'ladi. Ch.Slixter formulasiga ko'ra fiktiv grunt g'ovakligi quyidagicha aniqlanadi.

$$m = 1 - \frac{\pi}{6(1 - \cos \theta)\sqrt{1 + 2 \cos \theta}} \quad (6.2.4)$$

Fiktiv grunt formulasini tabiiy gruntlarga qo'llash uchun fiktiv gruntga ekvivalent real gruntga almashtirish kerak. Bunday fiktiv grunt zarrachasining diametri d_e effektiv diametr deyiladi.



7.2.2-rasm



6.2.1-rasm

Effektiv diametрни aniqlash uchun juda ko'p usullar mavjud. Masalan, o'rtacha zarrachalarning og'irlik usuli bilan effektiv diametрни aniqlash mumkin;

$$d_e = \sqrt{\frac{\sum n_i \cdot d_i}{\sum n_i}} \quad (6.2.5)$$

bu yerda, d_i va i – fraktsiyaning o'rtacha diametri;

n_i – fraktsiyadagi qum zarralari soni.

Yana effektiv diametri Kryuger-Sunker usuli bilan ham aniqlash mumkin:

Suyuqlik Q sarfi hajmini ω qatlam ko'ndalang kesim yuzasi nishatiga S filtratsiya tezligi deyiladi:

$$\frac{100}{d_e} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta g_i}{d_i} \quad (6.2.6)$$

$$\mathcal{Q} = Q / \omega \quad (6.2.7)$$

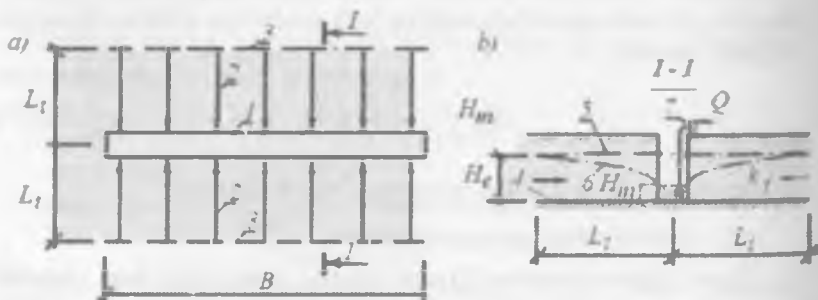
Filtratsiya tezligi bilan harakat o'rtacha tezligi orasida quyidagi bog'lanish bor:

$$\mathcal{Q} = \mathcal{Q} / M \quad (6.2.8)$$

Filtratsiya hisobi: Amaliyotda, ko'pincha filtratsiya hisoblarida, asosiy o'rinni sizot suvlarning sarfi Q (m / sut) bo'lib, uning zovurlarga, drenajlarga kelib tushishi e'tiborga olinadi, shuningdek suvni nasos orqali chiqarib tashlashda nasos unumdorligini oldindan tanlab olinishi kerak. U nasos sizot suvning Q sarfiga mos bo'lishi talab etiladi.

Sizot suvlar (6.2.2-rasmga qarang) bu yer ostiga joylashgan suvli gorizont bo'lib, erkin sirtga ega (sizot suv sathi) suv o'tkazmaydigan qatlamlardan yuqorida turadi. Shunday qilib sizot suvlar ko'pincha naporsiz bo'ladi. Bunday sizot suvlar qum, sof tuproqli qatlam orasiga joylashgan bo'lib, ushbu qatlam biror aniq $\bar{E}_0$ filtratsiya koeffitsientga ega. Suvga to'yingan qatlam tabiiy $\bar{I}_d$ quvvatga ega.

Sizot suv sathi quvurlar orqali boshqariladi. Suv sathi esa atmosfera bog'liq bo'ladi. Filtratsiya hodisasini hisoblashda hozirgacha Darsi qonuniyati (6.2.9)-formulasi yordamida amaliyotda ishlatilib kelinmoqda.



6.2.2. a, b-rasmlar. Chuqurga filtaratsiya. a-reja, b-kundalang kesim; 1-yauqur, 2-filtaratsiya yunalishi, 3-chegara filtarasiya maydoni; 4-suv bosimi, 5-issiqlik suvni tabiiy bosimi, 6-pasaytirilgan tabiiy bosim, 7-nasos.

Darsi (6.2.9) qonuniyati asosida ariq zovurlardagi qurilish ishlarda, sug'orishda amaliyotda qanday holatda hisoblash ishlarini misol tariqasida ko'rib o'tamiz. Bu hol uchun eng sodda tekis parallel bir o'lchamli va radial filtratsiya holatida sodda ko'rib o'tamiz. 6.2.2-rasmda uzunligi A bo'lgan o'rani bir ko'rinishli sxemasi berilgan.

Sizot suv sathi quvurlar. A – rejasi; b-sizot suvi idishi;

Tubi esa o'tkazmaydigan qatlami bilan chegaralargan. Bu sizot suv, qazilgan zovurga kelib tushadi va Q sarf bilan nasos orqali so'rib turiladi. Quduqqa tushayotgan sizot suv ham o'ng tomondan Q_n va Q_i sizot suv sarfi kelib turadi.

l_D osti sizot suvli qatlamdan va quduqdagi napor o'zgarishi orqali $-\Delta I = H_e - H_m$ sizot suv harakatlanadi. Napor esa, suv o'tkazmaydigan qatlamdan boshlab hisoblanadi.

Filtratsiya yo'li L_t (6.2.2.b-rasmga qarang) suv kelish zonasini deb yuritiladi. Tabiiy sizot suv sathi sekin asta quduq tomonga qarab pasayib boradi. Bu pasaygan chiziqli depressiya egri chizig'i deyiladi.

Zovur atrofida tuproqning qurishi bilan depressiya egri chizig'i uzun hamda egrilanib boradi. L_t kattalikni K.E.Lembke formulasi yordamida aniqlash mumkin.

$$L_t = 1,73 \sqrt{\frac{K_\phi H_e t}{\mu_b}}, \quad (6.2.9)$$

bu yerda, t -suvni tortib olishdagi vaqt, sut

Zovurga tushayotgan sizot suvni ikki tomonlama tushish sarfi quyidagi formula yordamida aniqlanadi.

$$Q = Q_n + Q_e = \mathcal{Q}_o \omega + \mathcal{Q}_o \omega \quad (6.2.10)$$

Darsi qonuniga asosan (6.2.9) filtratsiya tezligi quyidagicha yozish mumkin.

$$\mathcal{Q}_\phi = K_\phi \frac{\Delta H}{l} = K_\phi \frac{H_e - H_m}{L_t} \quad (6.2.11)$$

Depressiya egri chizig'i chegarasidagi o'zgaruvchi balandlikni o'zgarishdagi filtratsion oqimning jonli kesimi (6.2. 2. b-rasmga qarang) quyidagicha aniqlanadi.

$$\omega = B \frac{H_c + H_m}{2} \quad (6.2.12)$$

$\mathcal{G}_\phi$ ni (6.2.11) ifodadan hamda ω ni (6.2.12) e'tiborga olib (3.2.13) ifodadagi Q ni quyidagi Dyupyu formulasini zo'vurga tushayotgan oqimni quyidagicha ifodalaymiz.

$$Q = K_\phi B \frac{H_c^2 - H_m^2}{L_i} \quad (6.2.13)$$

Radeal filtratsiya uchun sizot suvlarni hovuzlarga oqishi (6.2.3-rasm), quduq yoki o'raga tushayotgan oqimini Darsi (6.2.14) formulasi asosida quyidagicha aniqlash mumkin.

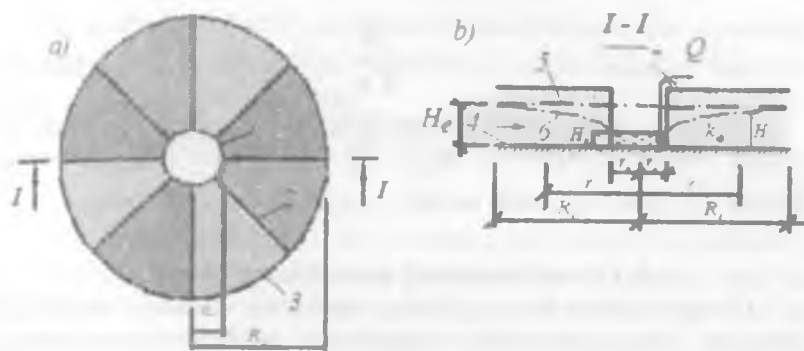
$$Q = \mathcal{G}_\phi \omega \quad (6.2.15)$$

Filtratsiya tezligi esa (6.2.14) formula asosida quyidagicha ifodalanadi.

$$\mathcal{G}_\phi = K_\phi \frac{\Delta H}{l} = K_\phi \frac{dH}{dr}, \quad (6.2.16)$$

bu yerda, dH – napor differentsiali (farqi); dr – radial koordinatadan olingan differentsial, bu koordinata r_K va R_i orasida yotadi (6.2.3-rasm). O'zgaruvchi balandlikka ega bo'lgan depressiya egri chizig'i ya'ni, r_K da R_i gacha bo'lgan oraliqqa mos keluvchi oqim jonli kesimi yuzasi quyidagi formula bilan aniqlanadi (6.2.3.b-rasm) (6.2.16) va (6.2.17)larni (6.2.15)ga qo'yib H va r o'zgaruvchilarga taqsim qilish bilan quyidagi differentsial tenglamani hosil qilamiz.

$$\omega = 2\pi r h \quad (6.2.17)$$



6.2.3. a, b-rasmlar. Tayyir chuqurga filtratsiya. a-reja; b-ko'ndalang kesim: 1-chuqur, 2-filtratsiya yo'nalishi, 3-chegara filtratsiya maydoni; 4-suv bosimi, 5-issiq suvni tabiiy bosimi, 6-pasaytirilgan tabiiy bosimga aylanma harakat, 7-nasos.

Tenglama chap tomonidan r_K va R_t oraliqda, o'ng tomonini esa H_K hamda H_e oraliqda aniq integral olsak zovur ichiga kelayotgan filtratsion oqim sarfini (6.2.3-rasm) quyidagicha Dyupyu formulasini olamiz.

$$Q = \frac{\pi \kappa (H_e^2 - H_k^2)}{l_n(R_t / r_k)} \quad (6.2.18)$$

bu yerda, H_e – sizot suvdagi tabiiy napor (uning quvvati); H_k – havuzdagi (zovurdagi) napor (hovuzdagi suv qatlami); R_t – suv sig'imidagi radiusning ta'siri; r_k – hovuz radiusi R_t kattalikni quyidagi formula yordamida aniqlash mumkin.

$$R_t = r_k + 1,5 \sqrt{\frac{K_e H_e t}{\mu_h}} \quad (6.2.19)$$

bu yerda, t – sizib chiqish boshlanishidan hisoblangan vaqt, sut. Real holatdagi qazilgan hovuzning F kesim yuzasini unga teng bo'lgan shartli dumaloq hovuz radiusi orqali ifodalanadi.

$$r_s = \sqrt{\frac{F}{\pi}} \quad (6.2.20)$$

Hovuzga, o'raga sizib chiqayotgan suvning sarfi boshlang'ich vaqtda maksimal qiymatga ega bo'lib vaqt o'tishi bilan kamayadi hamda L_t yoki R_t oshib boradi.

6.3. G'ovak muhitdagi suyuqlikning harakati

G'ovak muhitlarda suyuqlikning harakatini va ularda tarqalishini shimilish (filtrasiya) deyiladi. Gruntlarning o'lchamlari zarralarining formasiga bog'liq holda suyuqliklarning shimilish xususiyatlari 6.3.1–6.3.2-jadvallarda keltirilgan.

Grunt zarralarining fraksiyasi klassifikatsiyasi

6.3.1-jadval

Fraksiya nomlari	Diametr, mm
Loyqali	< 0,005
Changsimon	0,005...0,05
Mayda qum	0,05...0,5
Yirik qum	0,5...2,0
Mayda shag'al	2,0...4,0
Shag'al	4,0...200
Yirik shag'al	>200

Har xil turdagi gruntlarning g'ovakligi

6.3.2-jadval

Grunt	G'ovakligi – n
Shag'al, qum	0,3...0,45
Mayda qum zarralari va loy aralashmasi	0,35...0,50
Suglinka	0,40...0,50

Suyuqlikning laminar harakatida shimilish tezligini aniqlashda Darsi qonuni o'rinli hisoblanadi.

$$g = \frac{k \Delta P}{\mu L} \quad (6.3.1)$$

bu yerda, k – Darsi yoki shimilish ko'effitsiyenti; μ – dinamik yopishqoqlik (qovushqoqlik); ΔP – ikki kesim orasidagi bosimlar farqi; L – qatlamning uzunligi.

Yuqorida keltirilgan formulani quyidagicha ham yozish mumkin.

$$\mathcal{Q} = kJ, \quad (6.3.2)$$

bu yerda, J – pe'zometrik qiyalik.

Shimilish ko'effitsiyenti k bu holda grunt jinsiga, suyuqlikning qovushqoqligiga va suyuqlikning o'tkazuvchanlik xususiyatiga bog'liq. Ko'pincha shimilish ko'effitsiyenti o'rniga faqat grunt jinsiga bog'liq bo'lgan suv o'tkazuvchanlik ko'effitsiyenti ishlatiladi.

$$k_{o'ik} = \frac{k v}{g} \quad (6.6.3)$$

k va $k_{o'ik}$ ko'effitsiyentlar qiymatlari quyidagi 6.3.3-jadvalda ifodalangan.

Gruntlarning shimilish va suv o'tkazuvchanlik ko'effitsiyentlari

6.3.3-jadval

G'ovak muhitlar tavsifi	Shimilish ko'effitsiyenti k , sm/s	Suv o'tkazuvchanlik ko'effitsiyenti $k_{o'ik}$ sm ²
Suv o'tkazishi qiyin bo'lgan tuproqlar: zich joylashgan va boshqa massiv jinslar	0,000001	10^{-11}
Juda kam suv o'tkazadigan tuproqlar	0,000001...0,0001	$10^{-11}...10^{-9}$
Kam suv o'tkazadigan qum, torf, sof tuproq va boshqalar	0,0001...0,001	$10^{-9}...10^{-8}$
Suv o'tkazadigan loy yoki mayda qum bilan aralashgan qum-shag'al yoriqsiz jinslar	0,001...0,01	$10^{-8}...10^{-7}$

Yaxshi suv o'tkazadigan qum, shag'al, yirik qum, o'rtacha donador toza qum	0,01...0,1	$10^{-7} \dots 10^{-6}$
Yaxshi suv o'tkazadigan shag'al, yirik qum, yorilgan jinslar	0,1...1,2	$10^{-6} \dots 10^{-5}$

6.4. Suv bosimi rejim sharoitlarida siqilmaydigan suyuqlikning bir o'lchamli harakati

Agar p'ezometrik bosim chizig'i qatlam yuqori chegrasidan balandda joylashgan bo'lsa, suyuqlik harakati naporli deyiladi.

Agar filtratsiya bosimi va tezligi oqimga chizig'i bo'yicha olingan faqat bir koordinataning funktsiyasi bo'lsa, bu holda suyuqlik va gaz barqaror filtratsiya oqimi bir o'lchamli deyiladi.

Bir o'lchamli oqimga quyidagilar kiradi:

- 1) to'g'ri chiziqli-parallel filtratsiya oqimi;
- 2) tekis radial; 3) radial – sferik.

Siqilmaydigan suyuqlikning bosimli tekis radial harakati.

Yuqorida aytib o'tganimizdek, tekis radial harakatda filtratsiya tezligi vektorlari radius bo'yicha quduq o'qiga yo'nalgan bo'lib, filtratsiya bosim va tezligi faqat R koordinataga bog'liq bo'ladi. h qalinlik (quvvati) va R_q radiusi bo'lgan chegaralangan gorizontaal silindrik qatlam markazida joylashtirilgan R_s radiusli mukammal quduqqa kiradigan (yoki quduqdan chiqadigan) tekis radial oqimni ko'rib chiqamiz.

Agar iste'mol konturiga mos keladigan qatlamning tashqi chegarasida P_q o'zgarmas bosim saqlab turilsa, quduq tubida esa P_s o'zgarmas bosim bo'lsa, g'ovakligi va o'tkazuvchanligi bo'yicha qatlam bir jinsli, filtratsiya Darsi qonuniga asosan sodir bo'lsa, u holda quduqning debit hajmi Dyupuyi formulasidan aniqlanadi.

$$Q = \frac{2\pi \cdot k \cdot h}{\mu} \cdot \frac{P_q - P_s}{\ln \frac{R_s}{R_q}} \quad (6.4.1)$$

Bosim taqsimlanish qonuni istalgan quyidagi formulalardan aniqlanadi:

$$P = P_q - \frac{P_q - P_s}{\ln \frac{R_q}{R_s}} \quad (6.4.2)$$

yoki

$$P = P_k - \frac{Q\mu}{2\pi \cdot k \cdot h} \cdot \ln \frac{R_k}{r} \quad (6.4.3)$$

yoki

$$P = P_s + \frac{P_q - P_s}{\ln \frac{R_q}{R_s}} \cdot \ln \frac{R}{R_s} \quad (6.4.4)$$

$P_s = P(P_s)$ chiziq bosim depressiya egri chizig'i deyiladi.

Quduqqa yaqinlashganda filtratsiya bosim va tezlik gradientlari tez o'sadi. Izobar kartani chizganda izobar radiuslari geometrik progressiya bo'yicha o'zgaradi, shu paytning o'zida esa izobarlardagi bosim arifmetik progressiya bo'yicha o'zgaradi.

Indikator chiziq (quduq debitining $\Delta P = P_k - P_s$ depressiyaga bog'liqligi) Darsi qonuni saqlangandagi oqimning quduq tomon oqishida indikator chiziq (quduq debitining $\Delta P = P_k - P_s$ depressiyaga bog'liqligi) to'g'ri chiziqni aks ettirib, $Q = K \cdot \Delta P$ tenglamadan aniqlanadi.

Mahsuldorlik koeffitsiyenti

$$K = \frac{2\pi kh}{\mu \cdot \ln \frac{R_q}{R_s}} \quad (6.4.5)$$

son jihatidan depressiyadagi debitga teng, ya'ni birga.

Agar $m = 0$ da zarracha koordinatasi $P = P_0$ nuqtada joylashgan bo'lsa, unda oqim chizigi uzunligi bo'yicha zarrachaning saqlanish qonuni quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$t = \frac{\pi h m}{Q} (R_o^2 - R^2) \quad (6.4.6)$$

yoki

$$t = \frac{m \mu \ln \frac{R_o}{R_i} (R_o^2 - R^2)}{2k(P_q - P_s)} \quad (6.4.7)$$

a) G'ovak muhit hajmi bo'yicha qatlam bosimning o'rtacha qiymati

$$\bar{P} = \frac{1}{\Omega} \int_{\Omega} P d\Omega \quad (6.4.8)$$

bo'ladi, bu yerda Ω – g'ovak muhit hajmi

$$\Omega = \pi (R_o^2 - R_c^2) h \cdot m,$$

$$d\Omega = 2\pi h m R dR$$

P uchun (6.4.7) ifodaga qo'yib, integrallab va R_c^2 ni hamma a'zolari hisobga olmasdan

$$\bar{P} = P_q - \frac{P_q - P_s}{2 \ln \frac{R_o}{R_i}} \quad (6.4.9)$$

Mukammal quduqqa oqib kirishidagi Darsi qonunining buzilishida bosim taqsimlanish qonuni

$$-\frac{dp}{ds} = \frac{dp}{dR} = \frac{\mu}{k} \mathcal{G} + b\mathcal{G}^2 \quad (6.4.10)$$

Filtratsiya tezligi

$$\mathcal{G} = Q / 2\pi R h$$

ifodasini (6.4.10) ifodaga qo'yib va o'zgaruvchilarga ajratib

$$dp = \frac{Q\mu}{2\pi k h} \cdot \frac{dr}{R} + \frac{Q^2 b}{(2\pi h)^2} \cdot \frac{dr}{R^2} \quad (6.4.11)$$

tenglamani hosil qilamiz:

P ni P_s dan P_q gacha va P_s ni P_s dan P_q gacha integrallab

$$P_* - P_i = \frac{Q\mu}{2\pi kh} \ln \frac{R_q}{R_i} + \frac{Q^2 b}{(2\pi h)^2} \left(\frac{1}{R_i} - \frac{1}{R_q} \right) \quad (6.4.12)$$

ifodaga ega bo'lamiz.

Bu kvadrat tenglamani yechib, Q quduq debitini topamiz. (6.4.12.) tenglamani P bo'yicha P dan P_q gacha va P_i dan P_q gacha integrallab, bosim taqsimlanishi qonunini topamiz:

$$P = P_q - \frac{Q\mu}{2\pi kh} \ln \frac{R_q}{R_i} - \frac{Q^2 b}{(2\pi h)^2} \left(\frac{1}{R_i} - \frac{1}{R_q} \right) \quad (6.4.13)$$

(6.4.13) ifodadan ko'rinadiki, Darsi qonuni buzilishida indikator chiziqli parabola ko'rinishida bo'ladi.

Agar filtratsiya Krasnopolskiy qonuniga ko'ra bo'lsa, unda debit quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$Q = 2\pi h \sqrt{\frac{R_i}{b}} \Delta P \quad (6.4.14)$$

6.5. Siqilmaydigan suyuqlikning darsi qonuniga ko'ra radial-sferik harakati

Katta quvvatli gorizontal o'tkazmaydigan bir jinsli qatlamni to'liq ochmagan mukammal gidrodinamik kichik diametrlı quduqqa oqib kiradigan suyuqlikning radial – sferik oqimini qaraymiz. (6.5.1-rasm)



6.5.1-rasm.

Agar radiusi R_s bo'lgan yarimsfera ko'rinishidagi quduq tubida P_s keltirilgan o'zgarmas bosim saqlab turilsa, quduqdan ancha uzoq masofada R_q radiusli yarimsferik sirtidan esa P_q o'zgarmas bosim va bir jinsli qatlamida bo'ladi.

$$Q = \frac{2\pi R_s k (P_q^* - P_s^*)}{\mu} \quad (6.5.1)$$

Filtratsiya Darsi qonuni bo'yicha sodir bo'lsa, u holda quduqning debit hajmi quyidagi formuladan aniqlanadi:

Kesimning istalgan nuqtasidagi keltirilgan bosim ushbu (6.5.2)

$$P^* = P_q^* - \frac{P_q - P_s^*}{\frac{1}{R_s} - \frac{1}{R_q}} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_q} \right) \quad (6.5.2)$$

formuladan aniqlanadi. oqim chizig'i bo'ylab R_s koordinatali nuqtadan R_q koordinatali nuqtagacha bo'lgan zarracha harakati qonuni quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$t = \frac{2\pi m}{3Q} (R_q^3 - R_s^3) \quad (6.5.3)$$

6.6. Ideal gazning barqaror filtratsiyasi

Ideal gazning izotermik oqimidagi holat tenglamasini quyidagicha yozish mumkin.

$$\frac{P}{\rho} = \frac{P_{at}}{\rho_{at}} = RT, \quad (6.6.1)$$

bu yerda, P_{at} - gazning atmosfera bosimi va qatlam temperaturasidagi zichligi.

Bundan

$$\rho = \frac{\rho_{at} P}{P_{at}}, \quad (6.6.2)$$

shuning uchun ideal gaz uchun Leybenzon funktsiyasi

$$Leb = \int \rho dP + C = \int \frac{\rho_{at} P}{P_{at}} dP + C = \frac{\rho_{at} P^2}{2P_{at}} + C \quad (6.6.3)$$

ko'rinishni oladi. Bunda P_{abs} – absolyut bosim.

1. Ideal gazning Darsi qonuniga ko'ra to'g'ri chiziqli-parallel filtratsiyasini qaraymiz. Siqilmaydigan suyuqlikning to'g'ri chiziqli-parallel oqimidagi hajmiy sarf (6.6.4) formula bilan aniqlanadi, siqilmaydigan suyuqlik va gaz o'rtasidagi analogiyadan foydalanib, gaz uchun massaviy sarf formulasini

$$Q_n = \frac{k(P_k - P_g)}{\mu l} Bh \quad (6.6.4)$$

yozamiz yoki (7.6.4) ifodani inobatga olib,

$$Q_n = \frac{kP_{at}(P_q^2 - P_g^2)}{\mu 2P_{at}l} Bh \quad (6.6.10)$$

yozamiz.

Q_{at} keltirilgan sarf deb, atmosfera bosimiga va qatlam haroratiga keltirilgan hajmiy sarfga aytiladi, ya'ni

$$Q_{at} = \frac{Q_n}{P_{at}} \quad (6.6.11)$$

(6.6.11) formuladan

$$Q_{at} = \frac{k(P_q^2 - P_g^2)Bh}{2\mu P_{at}l} \quad (6.6.12)$$

ifodani hosil qilamiz.

Siqilmaydigan suyuqlikning to'g'ri chiziqli-parallel filtratsiyasidagi bosim taqsimlanish qonunini ifodalovchi (6.6.12) formulada P ni Leb ga almashtirib, chiziqli qonunga ko'rta Leybenzon funksiyasining taqsimlanishini

$$Leb = Leb_q - \frac{Leb_g - Leb_q}{l} x \quad (6.6.13)$$

va (6.6.13) formuladan foydalanib, parabolik bosim taqsimlanishini

Agar radiusi R_s bo'lgan yarimsfera ko'rinishidagi quduq tubida P_s keltirilgan o'zgarmas bosim saqlab turilsa, quduqdan ancha uzoq masofada R_q radiusli yarimsferik sirtidan esa P_q o'zgarmas bosim va bir jinsli qatlamida bo'ladi.

$$Q = \frac{2\pi R_s k (P_q^* - P_s^*)}{\mu} \quad (6.5.1)$$

Filtratsiya Darsi qonuni bo'yicha sodir bo'lsa, u holda quduqning debit hajmi quyidagi formuladan aniqlanadi:

Kesimning istalgan nuqtasidagi keltirilgan bosim ushbu (6.5.2)

$$P^* = P_q^* - \frac{P_q - P_s^*}{\frac{1}{R_s} - \frac{1}{R_q}} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_q} \right) \quad (6.5.2)$$

formuladan aniqlanadi. oqim chizig'i bo'ylab R koordinatali nuqtadan R_s koordinatali nuqtagacha bo'lgan zarracha harakati qonuni quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$t = \frac{2\pi m}{3Q} (R_q^3 - R^3) \quad (6.5.3)$$

6.6. Ideal gazning barqaror filtratsiyasi

Ideal gazning izotermik oqimidagi holat tenglamasini quyidagicha yozish mumkin.

$$\frac{P}{\rho} = \frac{P_{at}}{\rho_{at}} = RT, \quad (6.6.1)$$

bu yerda, P_{at} - gazning atmosfera bosimi va qatlam temperaturasidagi zichligi.

Bundan

$$\rho = \frac{\rho_{at} P}{P_{at}}, \quad (6.6.2)$$

shuning uchun ideal gaz uchun Leybenzon funktsiyasi

$$Leb = \int \rho dP + C = \int \frac{\rho_{at} P}{P_{at}} dP + C = \frac{\rho_{at} P^2}{2 P_{at}} + C \quad (6.6.3)$$

ko'rinishni oladi. Bunda P_{abs} – absolyut bosim.

i. Ideal gazning Darsi qonuniga ko'ra to'g'ri chiziqli-parallel filtratsiyasini qaraymiz. Siqilmaydigan suyuqlikning to'g'ri chiziqli-parallel oqimidagi hajmiy sarf (6.6.4) formula bilan aniqlanadi, siqilmaydigan suyuqlik va gaz o'rtasidagi analogiyadan foydalanib, gaz uchun massaviy sarf formulasini

$$Q_m = \frac{k(P_k - P_g)}{\mu l} Bh \quad (6.6.4)$$

yozamiz yoki (7.6.4) ifodani inobatga olib,

$$Q_m = \frac{k P_{at} (P_q^2 - P_g^2)}{\mu 2 P_{at} l} Bh \quad (6.6.10)$$

yozamiz.

Q_{at} keltirilgan sarf deb, atmosfera bosimiga va qatlam haroratiga keltirilgan hajmiy sarfga aytiladi, ya'ni

$$Q_{at} = \frac{Q_m}{P_{at}} \quad (6.6.11)$$

(6.6.11) formuladan

$$Q_{at} = \frac{k(P_q^2 - P_g^2) Bh}{2 \mu P_{at} l} \quad (6.6.12)$$

ifodani hosil qilamiz.

Siqilmaydigan suyuqlikning to'g'ri chiziqli-parallel filtratsiyasidagi bosim taqsimlanish qonunini ifodalovchi (6.6.12) formulada P ni Leb ga almashtirib, chiziqli qonunga ko'rta Leybenzon funksiyasining taqsimlanishini

$$Leb = Leb_q - \frac{Leb_q - Leb_g}{l} x \quad (6.6.13)$$

va (6.6.13) formuladan foydalanib, parabolik bosim taqsimlanishini

Toza yoriqsimon qatlamlarda m_0 g'ovaklik va k_0 o'tkazuvchanlik G yoriqlar tig'izligi:

$$G = \frac{n}{h}$$

bilan aniqlanadi.

m_0 g'ovaklik yoriqlar tig'izligiga va ularning o'rtacha ochilish nisbatiga bog'liq.

$$m_T = \sigma G \delta, \quad (6.7.1)$$

bu yerda, σ – yoriqlar sistemasi geometriyasining hisobga oluvchi koeffitsiyenti, $1 \leq \sigma \leq 3$.

Izotrop yoriqsimon qatlamning o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti yoriq tig'izligi va ularning o'rtacha yorilishi orqali ifodalanadi:

$$k_T = \frac{\sigma G \delta^3}{12} = \frac{m_T \delta^3}{12}. \quad (6.7.2)$$

Agar qatlam bosimi o'zgargandagi yoriq yorilishining o'zgarishi

$$\delta = \delta_0 - \Delta\delta = \delta_0 [1 - \beta(P_0 - P)] \quad (6.7.3)$$

formula bilan ifodalansa va yoriqsimon qatlamdagi elastik deformatsiyalar bilan aniqlansa, unda bunday qatlamda k_T o'tkazuvchanlik koeffitsenti (7.7.2) formulaga mos bo'ladi.

$$k_T = k_{T0} [1 - \beta(P_0 - P)]^3, \quad (6.7.4)$$

bu yerda, $\sigma_0 - P_0$ bosimdagi yoriqlar yorilishi; $\beta = \beta_T l / \delta_0$ – yoriqsimon muhitning kompleksli parametri; $\beta_T = (1 - 2\sigma) / E$ – elastiklik o'zgarishi; σ – Puasson koeffitsiyenti; E – jinsning Yunga moduli; l – yoriqlar orasidagi o'rtacha masofa.

Bosimning kam o'zgarishlarida k_T o'tkazuvchanlik koeffitsiyentining bosimga bog'lanishi.

$$k_T = k_{T0} [1 - \alpha(P_0 - P)], \quad (6.7.5)$$

chiziqli deb hisoblash mumkin. Bunda $\alpha = 3\beta$.

Ba'zi avtorlar yoriqsimon qatlam o'tkazuvchanlik koeffitsiyentining bosimga bog'lanish eksponentsial funktsiya

$$k_T = k_{T0} e^{-\alpha(P_0 - P)} \quad (6.7.6)$$

ko'rinishida ifodalaydilar.

Yoriqsimon g'ovak qatlamdagi filtratsiya qaralishida k_T yoriq o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti bosimga bog'liq bo'ladi, g'ovak bloklardagi k_f o'tkazuvchanlik esa bosimga bog'liq bo'lmaydi va o'zgarmas bo'ladi

$$Q = \frac{2\pi k_{T0} h (P_q - P_s) \left[1 - \frac{\alpha}{2} (P_q - P_s) \right]}{\mu \ln \frac{R_q}{R}} \quad (6.7.7)$$

va bosim taqsimlanishi

$$P = P_q - \frac{1}{\alpha} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2\alpha(P_q - P_s) \left[1 - \frac{\alpha}{2} (P_q - P_s) \right]}{\ln \frac{R_q}{R}}} \cdot \ln \frac{R_q}{R} \right] \quad (6.7.8)$$

ifodalarni hosil qilamiz.

Agar o'tkazuvchanlik koeffitsiyentini (6.7.4) ifodadan olsak, unda debit

$$Q = \frac{\pi k_{T0} \left\{ 1 - \left[1 - \beta(P_q - P_s) \right]^4 \right\}}{2\mu\beta \ln \frac{R_q}{R}}, \quad (6.7.9)$$

bosim

$$P = P_q - \frac{1 - \sqrt{1 - \left\{ 1 - \left[1 - \beta(P_q - P_s) \right]^4 \right\} \cdot \frac{\ln R_q / R}{\ln R_q / R_s}}}{\beta} \quad (6.7.10)$$

trayektoriya bo'yicha suyuqlik zarrachasi harakati qonuni esa

$$t = \frac{2m_T (R_0^2 - R^2) \mu \beta \ln R_q / R_s}{k_{T0} \left\{ 1 - \left[1 - \beta(P_q - P_s) \right]^4 \right\}} \quad (6.7.11)$$

bo'ladi, bunda R_0 – boshlang'ich vaqt ($\phi = 0$) momentidagi nuqta koordinatasi.

(6.7.4) bog'lanish bajarilishida yoriqsimon qatlam deformatsiyasidagi ideal gaz filtratsiyasining barqaror tekis radial masalasi echilishi gaz hajmiy debitining atmosferaga keltirilgan formulasiga olib keladi:

$$Q_{at} = \frac{\pi k_{T0} h}{2\mu\beta P_{at} \ln \frac{R_q}{R}} \cdot \left\{ [P_q - P_s(1 - \beta(P_q - P_s))]^4 \right\} - \frac{1}{5\beta} [1 - (1 - \beta(P_q - P_s))^5] \quad (6.7.12)$$

Q_{at} ma'lum bo'lgandagi qatlamda bosim taqsimlanishni topish uchun (6.7.12) ni ushbu

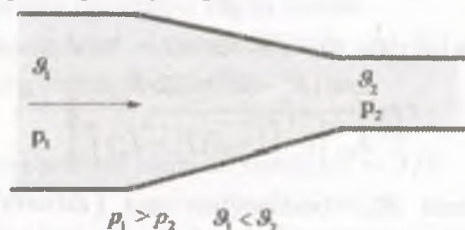
$$Q_{at} = \frac{\pi k_{T0} h}{2\mu\beta P_{at} \ln \frac{R_q}{R}} \cdot \left\{ [P_q - P(1 - \beta(P_q - P))]^4 \right\} - \frac{1}{5\beta} [1 - (1 - \beta(P_q - P))^5] \quad (6.7.13)$$

ko'rinishida yozish mumkin. $P < P_q$ qiymatlar berib, (6.7.13) bo'yicha mos R qiymatlari topiladi.

6.8. Chegaraviy qatlamning taqsimlanishlarini salbiy bosimlar gradientlari

Agar chegara orqali harakatlanayotgan oqim va oqimchalar yo'nalishida bosim kamayishi natijasida ro'y berayotgan bo'lsa, suyuqlik tezlashaveradi, chegaraviy qatlam esa yupqa bo'lib qoladi.

Bu konvergent oqimlarga tegishli

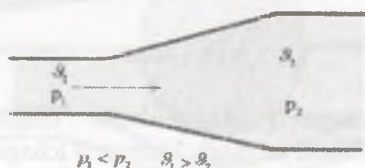


6.12.1-rasm

Tezlashayotgan suyuqlik devor yonida harakatlanayotgan suyuqlikni ushlab turadi. Demak, oqim turg'un holatda saqlanib qoladi va turbulent oqimi kamayadi. Chegaraviy qatlam taqsimlanishi yuzaga kelmaydi.

6.9. Tarqaluvchi oqim va oqinchalarning ijobiy bosim gradientlari

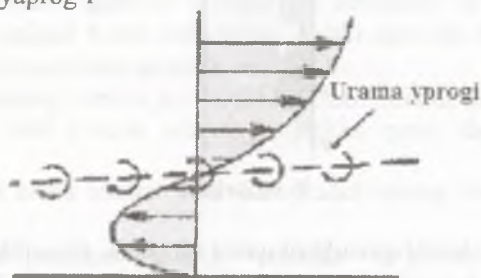
Bosim oqim yo'nalishida katalashganida vaziyat keskin o'zgarib ketadi. Chegara qatlamidan tashqaridagi suyuqlik uni ortga itarmoqchi bo'lgan bosimni bartaraf etish uchun kerakli impulska ega. Bu hodisa chegaraviy qatlamning taqsimlanishi deb ataladi. Chegaraviy qatlamdagi suyuqlik esa shunchalar kam impulska egaki, u juda tez to'xtatilishi va xatto yo'nalishi o'zgartirilishi ham mumkin. Agar bu holat ro'y berayotgan bo'lsa u chegaraviy qatlamni pastda ko'rsatilganidek tepaga ko'tarib yuboradi.



6.9.1-rasm

Taqsimlangan chegaraviy qatlamning chetki qismida, tezlik o'z yo'nalishini o'zgartirish joyida o'rama chizig'i (o'rama yaprog'i sifatida ma'lum) paydo bo'ladi. Bu hodisa suyuqlik ikki tarafga qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanadi.

— o'rama yaprog'i

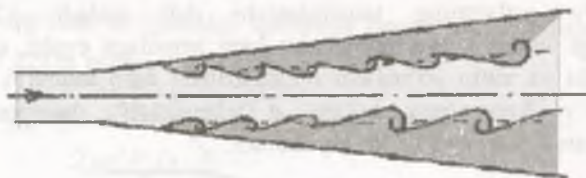


6.9.2-rasm

Bu chegaraviy qatlarning bo'linishi va o'ramalar sababli turbulentlikning o'sishi oqimda juda katta energiya yo'qotishlariga olib keladi. Bu bo'linuvchi va tarqaluvchi oqimlar noturg'un hisoblanadi va ularda energiya konvergent yoki parallel oqimlardagidan ko'proq energiya yo'qotilishi kuzatiladi.

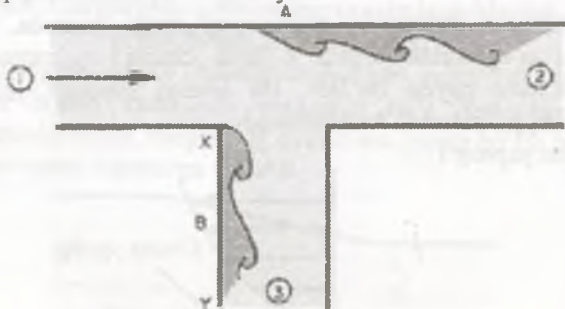
6.10. Divergent kanal yoki diffuzor

Oqim maydonining kattaligi tezlikning pasayishiga sabab bo'ladi (uzluksizlikka binoan) va demak, bosimning oshishi (Bernulli tenglamasiga asosan) ham yuzaga keladi.



6.10.1-rasm

Diffuzor burchagining kattalashishi chegaraviy qatlarning taqsimlanish ehtimolligini oshiradi. Venturi o'lchagichida 6° atrofidagi burchak o'lchagich uzunligi va yo'l qo'yilishi mumkinmas bo'lgan bosim kuchi yo'qotilishlariga sabab bo'luvchi chegaralovchi qatlam o'rtasida optimal balansni ta'minlaydi.



6.10.2-rasm

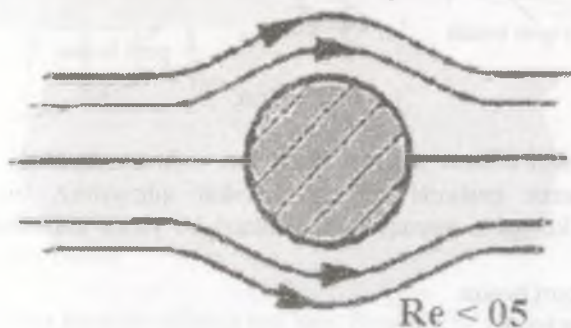
Bir xil o'lchamli quvurlarni qabul qilganda, suyuqlik yo'qolganda, kirishda tezlik 1 ga emas 2 yoki 3 baravarga kamayadi. Shunday qilib, bosim 1 ga emas 2 va 3 ga o'sadi. Ushbu bosimning ikkita salbiy

gradientlari yuqoridagi diagrammada ko'rsatilganidek ikkita taqsimlanishni yuzaga keltirishi mumkin.

6.11. Silindrdan oqib o'tishi

Silindrni oqib o'tish tabiati oqim tezligi bilan o'zgaradi. Reynol'ds raqami bilan oqim juda sekin bo'lsa, (ρ, V diametrli / μ) 0,5 dan kam bo'lsa, u holda chegaraviy qatlamlarning taqsimlanishi bo'lmaydi, chunki silindr atrofidagi bosimning farqi katta emas. Shablon quyidagi rasmda ko'rsatilgan ko'rinishga ega.

Agar $2 < Re < 70$ bo'lsa, u holda chegaraviy qatlamlar silindrning ikkala tarafida simmetrik joylashgan bo'ladi.



6.11.1-rasm

Bu zonalarining yakuniy qismlari pastda rasmda ko'rsatilganidek silindrga ulangan holatda qoladilar.

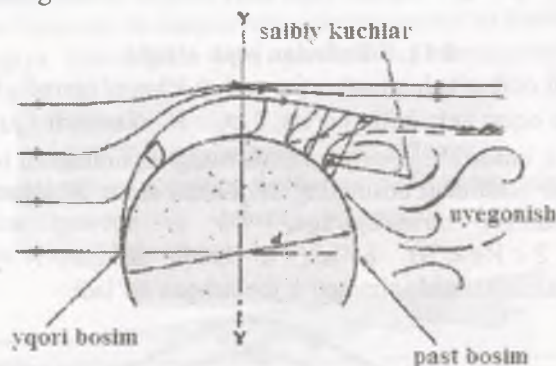
Agar, $Re = 70$ va undan balandroq bo'lsa, u holda ajralgan zonalarining yakuniy qismlari o'ramalarga egiladilar va o'ramalar har bir tarafdin ajralgan holda silindrning pastki qimsida o'rama izlarini qoldirib navbatma-navbat ajralib ketadilar.

Bu karmanning o'rama yo'li yoki ko'chasi sifatida ma'lum bo'lgan sinovdir. Bu kabi o'rama izlarini ko'prikkaga qarab daryoda ko'rish mumkin.

Bu hodisa osma telefon yoki kuch kabellarining sho'tdagi uchun javobgar.

Bundanda muhim hodisa sifatida to'qimaning mashhur o'pirilganini aytish mumkin. Bu yerda ketma-ket ajralayotgan o'ramalar chastotasi daryo ko'prigining shaxsiy chastotasiga mos

bo'lib, ko'prik qulamagunigacha rezonans vibratsiyani kuchaytiravergan.



6.11.2-rasm.

Silindrdan o'rama ajralish chastotasi oldindan aytilishi mumkin. Biz uni hozir bashorat qilishga harakat qilmaymiz, biroq ifoda xulosasini ko'pgina suyuqlik mexanikasi bo'yicha kitoblarda topish mumkin).

- yuqori bosim
- past bosim
- uyg'onish
- salbiy kuchlar

Yuqoridagi rasimga nazar solar ekanmiz, ajralish yuzaga kelishi suyuqlik silindrni oqib o'tishi uchun markazdan tezlashgani sari yuzaga kelar ekan, (u atrofdagi suyuqlikka nisbatan harakatda davom etishi kerak, tezlashishi shuning uchun shart).

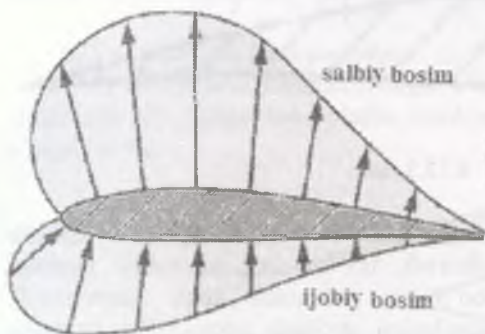
U yetib boradi maksimal Y da, bu yerda ham u bosim ostida tushib ketgan. Noxush bosim gradienti silindrning bu va pastki tomon o'rtasida oqim yetarlicha tez bo'lsa chegaraviy qatlarning taqsimlanishi yuzaga keladi. ($Re > 2$).

6.12. Aeroflok

Qanot uzra normal oqim (qanotning ko'ndalang kesishuvi) pastdagi rasmda ko'rsatilgan. Bu yerda chegaraviy qatlamlar juda bo'rtirilgan, havo qanot orqali harakatlansa tezlik kattalashadi. Bosim

taqsimlanishi pastda ko'rsatilganidek, shuning uchun ko'ndalang ko'tarish kuchi yuzaga keladi.

Agar qanot burchagi haddan ziyod kattalashsa va aerodinamik profilning tepa qismida chegaraviy qatlamning ajralishi paydo bo'lsa bosim sur'ati keskin o'zgaradi.



6.12.1-rasm



6.12.2-rasm

- salbiy bosim
- ijobiy bosim

Bu hodisa buzilish sifatida ma'lum. Buzilish ro'y berganda, barcha yoki ko'pgina so'rish bosimlari yo'qoladi va samalyot birdan osmondan qo'llaydi. Buning yagona yechimi chegaraviy qatlamni tiklash uchun samalyotni ko'milishga qo'yish. So'ng qanotga ko'ndalang ko'tarish kuchi ta'sir ko'rsatadi, bu uchuvchiga o'zgina nazoratni qaytaradi va samalyotni ko'milishdan olib chiqadi.

Baxtga, qulashni bartaraf etuvchi mexanizmlar mavjud. Ularning barchasi birinchi navbatda chegaraviy qatlam ajralishini bartaraf etishga qaratilganlar.

1. Dvigatelning havo qabul qiluvchisini shunday joylangki, ular qanotning orqa tomonidagi chegaraviy qatlamdan sekin havoni tortib olishsin. Uncha katta bo'lmagan darchalar chegaraviy qatlamlarni qanotga yaqin ushlab turishga yordam beradilar. Bosimning katta gradientlari bo'lingungacha ushlanib turishlari ham mumkin.

2. Yuqori sathdagi sekin harakatlanuvchi havo qanotning tubida tirqishlar orqali yuqori bosim joyidan havo uzatish sababli tezligacha ko'tarish mumkin. Bosim tepadan kamayib boradi, shuning uchun

chegaraviy qatlarning taqsimlanishiga sabab bo'lishi mumkin bo'lgan salbiy gradient kamayadi.



6.12.3-rasm

3. Qanot yon tomonida klapan qo'nishi va uzilishiga qadar egilishi qanot uzra tezlikni kattalashtiradi, bu esa o'z navbatida bosimni kamaytirish bilan birga bo'linish ehtimolini ham kamaytiradi. Tuzilishlarida suyuqlik mexanikasini qo'llash texnikasida ko'pgina tajribalarning empirik natijalari ko'p qo'llaniladi.



6.12.4-rasm. Gabarit tahlil

Bu ma'lumotlarni o'qish uchun qulay shaklda tasavvur etish ko'p hollarda qiyinchilik tug'diradi. Xatto grafikalaridan buni o'zgacha qilish murakkab hisoblanadi. Tahlillarning turiligi relevant ma'lumotlar tanlovi strategiyasini va uni tatbiq etish uslubini ta'minlab beradi.

Bu texnikaning barcha eksperimental jabhalarida qulay usuli hisoblanadi. Agar fizik vaziyatda ishtirok etayotgan faktorlarni identifikatsiya qilish imkon mavjud bo'lsa, o'lchamli tahlil ular o'rtasidagi aloqani shakllantirishi mumkin. Olingan ifodalar birinchi qarashda uncha murakkab ko'rinmasligi mumkin, biroq bu miqdoriy shakllarga o'zgartirilgan sifatli ifodalar eksperimental tahlildan olingan barcha notanish faktorlarni olishda qo'llanilishi mumkin.

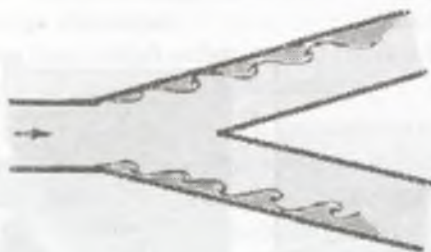
$$Q = \frac{2}{3} B \sqrt{2gH^{3/2}}$$

$$m^3 s^{-1} = m (m \cdot s^{-1})^{1/2} m^{3/2}$$

$$L^3 T^{-1} = L (L T^{-2}) L^{3/2} = L^3 T^{-1}$$

Uch tamonlama boshqaruvlar.

Uch tamonlama boshqaruvlarga o'tishning bir xil taqsimlanish zonalariga ega o'ziga xos holatlar hisoblanadi, pastdagi diagrammaga e'tibor bering.



6.12.5-rasm

Kesishuvdan uzoqda pastga ketuvchi yo'nalishda chegaraviy oqim qayta birlashadi va normal oqim yuzaga keladi, ya'ni chegaraviy oqim taqsimlanishining ta'siri lokal hisoblanadi.

Biroq baribir o'tish joyi oqim pastida suyuqlik energiya yo'qotadi. Diffuzor burchagining kattalishishi chegaraviy qatlamning taqsimlanish ehtimolligini oshiradi. Venturi o'lchagichida 6° atrofidagi burchak o'lchagich uzunligi va yo'l qo'yilishi mumkinmas bo'lgan bosim kuchi yo'qotilishlariga sabab bo'luvchi chegaralovchi qatlam o'rtasida optimal balansni ta'minlaydi.

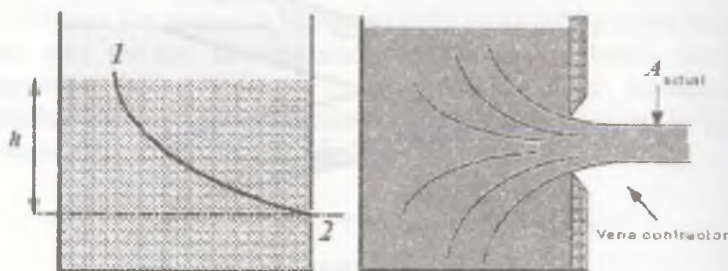
VII BOB KICHIK TESHIKLARDA SUYUQLIK VA GAZ OQIMLARI

7.1. Bernulli tenglamasidan foydalangan holda teshikchalardagi tezliklarni hisoblash

Biz asosga yaqin bo'lgan tomondagi teshikcha orqali oquvchi rezervuar oqimini ko'rib chiqishimiz kerak. Yopiq teshikcha va egri chiziqlarning umumiy holati pastdagi 7.1.1-rasmda ko'rsatilgan.

Rezervuar va uchli qirrali joydan keluvchi oqim uchun rezervuar.

- Vena contractor – vena kontrageni
- Aactual – aniq



7.1.1-rasm

Teshikcha chekkalarining shakllari shundayki, ular suyuqlik va teshikcha o'rtasidagi kontakti kamaytirib, ishqalanish natijasida yuzaga keluvchi yo'qotishlarni kichraytiradi. Yagona aloqa joyi bu chekka qism bo'lib qoladi. Egri chiziqlarni ko'zdan kechirar ekanmiz, ular minimal darajagacha kichrayishini ko'rishimiz mumkin bo'ladi. Ularning barchasi parallel bo'lganlarida bu paytda butan oqim bo'ylab tezlik va bosim bir xil bo'lib qoladi. Bu konvergentsiya "vena contracta" deb ataladi, (lotincha "qisqartirilgan pay"). Oqimni hisoblab chiqa olishimiz uchun qisqarish kattaligini bilishimiz lozim bo'ladi.

Biz Bernulli tenglamasidan foydalangan holda teshikchadagi tezlikni oldindan ayta olamiz. Uni birinchi oqim sathining bo'g'lanish nuqtasi bo'ylab teshikcha markazidagi ikkinchi nuqtaga qarab qo'llang.

Yuzaki tezliklarni inobatga olmaslik kamroq ($Q_1 = 0$) va atmosferik bosim ($p_1 = 0$). Teshikchada oqim havo uchun ochiq,

shuning uchun bosim yana atmosferik bo'ladi ($p_2 = 0$). Agar biz teshikcha orqali dastlabki chiziqli oladigan bo'lsak u holda $z_1 = h$ va $z_2 = 0$, quyidagini qoldirib

$$h = \frac{g_2^2}{2g} \quad (7.1.1)$$

$$g_2 = \sqrt{2gh} \quad (7.1.2)$$

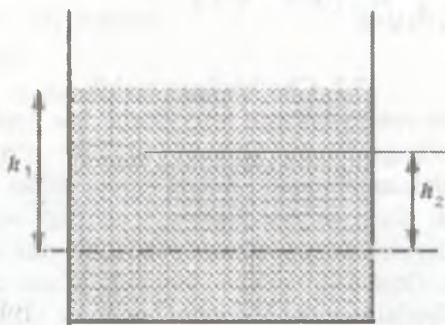
Bu tezlikning teoretik ma'nosi hisoblanadi. Afsuski, bu real tezlikdan juda farqlanadigan bo'ladi, chunki ishqalanishdagi yo'qotishlar hisobga olinmagan.

Ishqalanishni ham kiritish uchun amaliy tezlikni korrektsiya qilish uchun tezlikning koeffitsiyentidan foydalanamiz.

$$g_{aniq} = C_v g_{kontragent} \quad (7.1.3)$$

Har bir teshikcha o'ziga tegishli tezlik koeffitsiyentiga ega, ular odatda (0,97–0,99) diapazonida joylashgan bo'ladilar.

Teshikcha orqali harakatni hisoblash uchun oqim maydonini tezlikka ko'paytirishimiz mumkin bo'ladi. Oqimning aniq maydoni teshikcha maydoni emas, vena aniq maydoni hisoblanadi. Biz bu maydonni, teshikcha uchun siqish koeffitsiyentidan foydalangan holda erishamiz.



7.1.2-rasm.

$$A_{aniq} = C_C g_{ihoreticol} \quad (7.1.4)$$

Shunday qilib, teshikcha orqali harakat quyidagi ifoda orqali topiladi.

$$A_{\text{teoretik}} = C_c A_{\text{aniq}} \quad (7.1.5)$$

Teshik A ko'ndalang kesishuv maydoniga ega. dt vaqtda bosqich dh ga tushadi yoki bakdagi oqimi.

$$Q = A\vartheta \quad (7.1.6)$$

$$Q = A \frac{\delta h}{\delta t} \quad (7.1.7)$$

(dh dan tushishdagi belgisi)

Teshikcha orqali Q uchun ifodani ko'chirish va o'zgartirish bizga quyidagini beradi

$$\delta t = \frac{-A}{C_d A_0 \sqrt{2g}} \frac{\delta h}{\sqrt{h}} \quad (7.1.8)$$

Bu vaqt ifodasini berilishi uchun boshlang'ich h_1 darajasi va yakuniy h_2 bosqichlari o'rtasida integratsiya qilinishi mumkin.

$$\begin{aligned} t &= \frac{-A}{C_d A_0 \sqrt{2g}} \int_{h_1}^{h_2} \frac{\delta h}{\sqrt{h}} = \frac{-A}{C_d A_0 \sqrt{2g}} \left[2\sqrt{h} \right]_{h_1}^{h_2} = \\ &= \frac{-2A}{C_d A_0 \sqrt{2g}} \left[\sqrt{h_2} - \sqrt{h_1} \right] \end{aligned} \quad (7.1.9)$$

7.2. Cho'ktrilgan teshik

Bizda yonma-yon joylashgan rezervuarlar bor, (yoki taqsimlovchi devor bilan bo'lingan bitta bo'lim) va ular o'rtasida suyuqlik cho'ktrilgan teshik orqali oqadi. Ko'rish qiyin bo'lsa ham, oqimning mukkamal tahlili shuni ko'rsatadiki, suv ostidagi oqim ham xuddi havodagi oqimdagidek tutadi, chunki ular suv osti sathida venalar shakllantiradilar. Oqimdagi tezlikni aniqlash uchun avvalo Bernulli tenglamasidan foydalanamiz. Bu ideal tezlikni olish uchun kerak bo'ladi. Bernulli tenglamasini chuqurroq rezervuar sathidagi birinchi nuqtadan teshik markazining ikkinchi nuqtasiga qarab Bernulli tenglamasini qo'llash bizga quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{\vartheta_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\vartheta_2^2}{2g} + z_2 \quad (7.2.1)$$

$$h_1 = \frac{\rho g h_2}{\rho g} + \frac{g_2^2}{2g} + 0$$

$$g_2 = \sqrt{2g(h_2 - h_2)} \quad (7.2.2)$$

Ya'ni, cho'kkan teshikcha orqali kelayotgan oqimning ideal tezligi teshikchani ko'ndalang kesimidagi napor farqiga bog'liqdir. Daraja esa quyidagicha beriladi.

$$Q = C_d A_0 g \quad (7.2.3)$$

$$C_d A_0 = \sqrt{2gh_1 - h_2} \quad (7.2.4)$$

Ikkita rezervuar dastlab turli bosqichli va so'ng teshikcha orqali ulanganlar. Rezervuardagi suyuqlik sathining tushish vaqtini aniqlash uchun foydalanilgan tahlilning analogik turi yordamida ikkita rezervuarlar o'rtasida oqim bo'lgan holdagi vaziyatda sathlarning o'zgarishi uchun ifodani topsa bo'ladi.

Uzluksizlik tenglamasidan foydalangan holda

$$Q = A_1 \frac{\delta h_1}{\delta t} = A_2 \frac{\delta h_2}{\delta t} \quad (7.2.5)$$

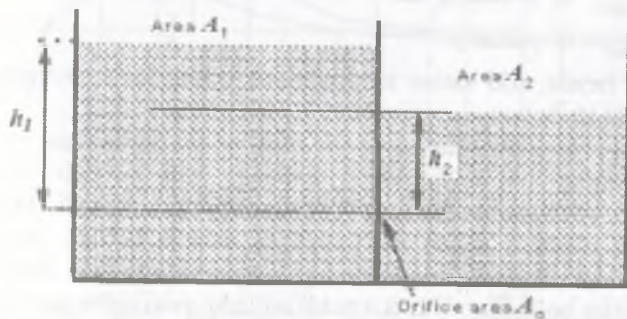
$$Q \delta t = A_1 \delta h_1 = A_2 \delta h_2 \quad (7.2.6)$$

Area A_1 — A_1 maydon

Area A_2 — A_2 maydon

Orifice area-

A_0 — A_0 teshikcha maydoni



7.2.1-rasm. Cho'ktirilgan teshik

Quyidagicha yozsa ham bo'ladi $-\delta h_1 + \delta h_2 = \delta h$

$$-A_1 \delta h_1 = A_2 \delta h_1 - A_2 \delta h$$

$$\delta h_1 = \frac{A_2 \delta h}{A_1 + A_2}$$

Shundan so'ng biz quyidagini olamiz

$$Q \delta t = -A_1 \delta h_1$$

$$C_d A_0 \sqrt{2g(h_2 - h_1)} \delta t = \frac{A_1 A_2}{A_1 + A_2} \delta h \quad (7.2.7)$$

Biz olayotgan ikki bosqichdagi integratsiya va qayta tashkillashtirish

$$\delta t = \frac{A_1 A_2}{(A_1 + A_2) C_d A_0 \sqrt{2g}} \frac{\delta h}{\sqrt{h}} \quad (7.2.8)$$

$$t = \frac{A_1 A_2}{(A_1 + A_2) C_d A_0 \sqrt{2g}} \int_{h_2}^{h_1} \frac{\delta h}{\sqrt{h}} = \frac{A_1 A_2}{(A_1 + A_2) C_d A_0 \sqrt{2g}} \left[\sqrt{h} \right]_{h_2}^{h_1} =$$

$$= \frac{2 A_1 A_2}{(A_1 + A_2) C_d A_0 \sqrt{2g}} \left[\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2} \right] \quad (7.2.9)$$

ushbu ifodadagi h ikki sath o'rtasidagi balandlik ($h_2 - h_1$) farqi ko'rsatishini unutmang, sathlarni teng foydalanish uchun vaqtni topish uchun $h_{\text{initial}} = h_1$ va $h_{\text{final}} = 0$).

h_{initial} h boshlang'ich

h_{final} h yakuniy

Shu tarzda, ikki sathni tenglashtirish uchun kerak bo'lgan vaqtni aniqlovchi ifoda bor.

Chuqurlar uzra oqimlar va suv tushiruvchi inshootlar.

Chuqurlar bu suyuqlikning ustidagi sath bo'ylab joylashgan rezervuar yoki rezervuarining yon qismidagi teshikchadir. Odatda bu harakatni o'lchash uchun mo'ljallangan uskuna bo'ladi. Platina esa ko'p hollarda kattaroq masshtabdagi moslama, masalan daryolardagi chuqurliklar bo'ladi. U o'tkir uchli bo'lishi, yoki oqim yo'nalishidagi sezilarli kenglikka ega bo'lishi ham mumkin. U harakat o'lchash bilan birga suv sathini ko'tarishda ham foydalaniladi.

7.3. Naycha va teshiklardan suyuqliklarning oqishi

Suyuqliklarning kichik teshiklardan oqishi.

Teshikchadan oqib chiqayotgan suyuqlik sarfi quyidagi (7.3.1) formula yordamida aniqlanadi;

bu yerda, μ_0 – teshikning sarf koeffitsiyenti; ω - teshik yuzasi;

H

teshikchaning og'irlik markazidan yuqorisida hosil bo'lgan napor.

$$Q = \mu_0 \omega \sqrt{2gH}, \quad (7.3.1)$$

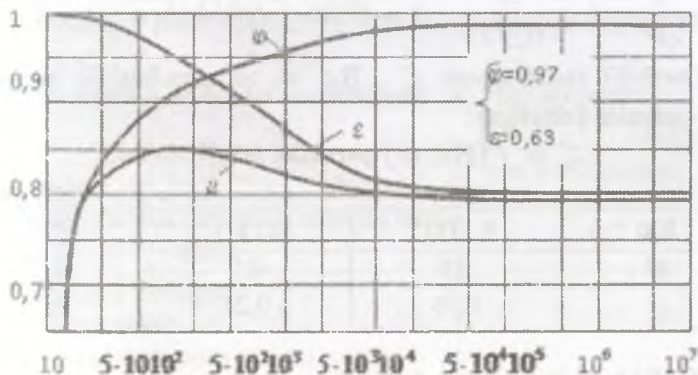
Sarf koeffitsiyenti quyidagiga teng.

$$\mu_0 = \varepsilon \varphi, \quad (7.3.2)$$

bu yerda, ε - oqimning siqilish koeffitsiyenti; φ – tezlik koeffitsiyenti.

Tajribalardan aniqlanishicha d diametrlilik oqimda $Re \approx 5 \cdot 10^4$ bo'lganda $d_s \approx 0,8d$ bo'lib, u holda

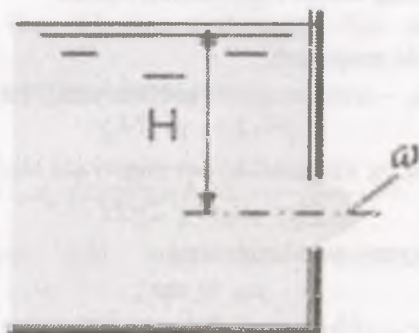
$$\varepsilon \approx \frac{\omega_s}{\omega} \approx \left(\frac{d_s}{d} \right)^2 \approx \left(\frac{0,8d}{d} \right)^2 \approx 0,64,$$



7.3.1-rasm.

Re soni katta qiymatlarda $\varepsilon \approx 0,62 = const$. Tajriba natijalari shuni ko'rsatadiki, agar $Re \geq 10^5$ bo'lsa, tezlik

koefitsiyenti $\varphi \approx 0,97$ sarf koefitsiyenti esa
 $\mu_0 = \omega\varphi \approx 0,6...0,62$ oraliqlarda bo'ladi.



7.3.2-rasm. To'liq siqilish

Sarf tezlik hamda siqilish koefitsiyentlari qiymatlarini Re soni o'zgarishi bilan bo'lgan bog'lanishini quyidagi grafikdan ham aniqlash mumkin (7.3.1-rasm). Bunda qarshilik koefitsiyenti

$$\zeta = \frac{1}{\varphi^2} - 1 = \frac{1}{0,97^2} - 1 = 0,06 \text{ ko'rinishida aniqlanadi.}$$

Qarshilik koefitsiyenti ζ , Re va φ larga bog'liq qiymatlari 7.3.1-jadvalda keltirilgan.

$$\zeta = f(Re, \varphi) \text{ qarshilik koefitsiyenti}$$

7.3.1-jadval

Re	$5 \cdot 10^2$	$4 \cdot 10^3$	$>10^5$
φ	0,8	0,9	0,97
ζ	0,56	0,23	0,06

To'liq bo'lmagan va chala siqilish.

To'liq bo'lmagan siqilishda sarf koefitsiyenti $\mu_{t.b.}$, to'liq bo'lgan siqilishdagi koefitsiyent μ_0 dan katta bo'ladi. $\mu_{t.b.}$ — sarf koefitsiyentini Re soniga bog'liq holda quyidagi formula yordamida aniqlanadi.

$$\mu_{t.b.} = \mu_0 \left(1 + 0,4 \frac{\chi'}{\chi} \right), \quad (7.3.3)$$

bu yerda, χ' – teshikning siqilish yo'q bo'lgan qismi parametri; χ - teshikning parametri; μ_0 - to'liq siqilishdagi sarf koeffitsiyenti. Chala siqilishdagi sarf koeffitsiyenti quyidagi formuladan topiladi.

$$\mu_{ch} = \mu_0 \left(1 + 0,64 \left(\frac{S_0}{S} \right)^2 \right) = \varepsilon_{ch} \varphi, \quad (7.3.4)$$

bu yerda, S_0 va S – tegishli teshik va idishning ko'ndalang kesimlari; μ_0 , φ va ε - to'liq siqilishdagi sarf, tezlik va siqilish koeffitsiyentlari.

$$\varepsilon_{ch} = \varepsilon + 0,37 \left(\frac{S_0}{S} \right)^2 \quad (7.3.5)$$

7.4. Katta teshiklardan suyuqlikning oqishi

Napor balandlik bo'yicha o'zgaruvchan bo'lganda katta teshikdan oqib chiqish sarf koeffitsiyenti μ teshikning shakliga bog'liq bo'ladi (7.4.1-jadval).

Katta teshik uchun sarf koeffitsiyenti μ ning qiymatlari

7.4.1-jadval

Teshik turi	sarf koeffitsiyenti μ
Chala lekin hamma tomondan siqilgan katta teshik	0,7
Tagidan teshik teshilgan siqilishga ega emas:	
– yonboshdan siqilgandagi katta teshik	0,65....0,7
– yonboshdan siqilgandagi o'rtacha teshik	0,7.....0,75
– siqilish juda tekis bo'lgan yonbosh siqilish	0,8....0,85
– hamma tomondan juda tekis siqilganda	0,9

7.5. Suyuqliklarning naychalardan oqishi

Naychalardan suyuqliklarning oqishida sarfni hisoblash formulasi quyidagicha;

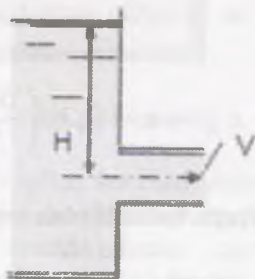
$$Q = \mu_n \omega \sqrt{2gH}, \quad (7.5.1)$$

bu yerda, μ_n – naychaning sarf koeffitsiyenti; H – naychaning chiqish qismi markazidan yuqorida bo'lgan napor.

Naychalarda chiqishda oqim siqilishga ega bo'lmaganligi uchun $\mu_n = \varphi_n$.

Tashqi silindrik shakldagi gorizontal naycha (Venturi naychasi)

$$\phi_n = \mu_n = 0,82; \quad \zeta = 0,5; \quad \varepsilon_{shiq} = 1,0$$



7.5.1-rasm. Naychadan chiqishi

Kichik qiymatli Re soni uchun $\mu_n = f(Re)$ qiymatlari quyidagi 7.5.1-jadvalda berilgan.

μ_n ning Re soniga bog'liqligi

7.5.1-jadval

Re	10^3	$5 \cdot 10^3$	$\geq 10^4$
μ_n	0,73	0,80	0,82

Bunday naychalar uchun qarshilik koeffitsiyenti quyidagi formula bilan ifodalanadi.

$$\zeta_{k,n} = 0,5 + 0,303 \sin \theta + 0,226 \sin^2 \theta$$

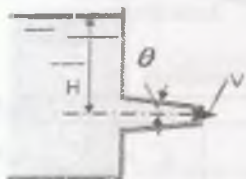
$$\mu_n = \varphi_n = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta_{k,n}}} \quad (7.5.2)$$



7.5.2-rasm. Tashqi silindrik qiya naycha



7.5.3-rasm. Ichki silindrik naychalar (Bord naychasi)



7.5.4-rasm. Tashqi, torayuvchi silindrik naycha

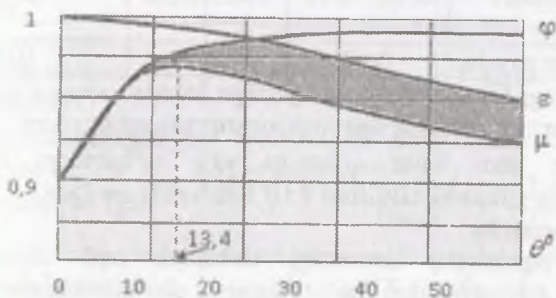
Vakuum bo'lib qolmaslik uchun konuslik burchagini $\theta = 5...7^\circ$ qilib olinadi. U holda $\mu = \varphi$.

Bu hol uchun $\mu, \varphi, \varepsilon$ konuslik burchagi θ ga bog'liq. μ koeffitsiyent $\theta = 13,4^\circ$ da maksimum qiymatga ega bo'ladi

$$\zeta_n = 1,0; \quad \phi_n = \mu_n = 0,71; \quad \varepsilon_{chiq} = 1,0.$$



7.5.5-rasm. Tashqi silindrik kengayuvchi naycha



7.5.6-rasm

Bunday naychalar uchun suyuqlik kirishi oqib chiquvchi stroya shaklida bo'ladi Re soni katta qiymatida koeffisientlar $\mu = \varphi = 0,97 \dots 0,98$



7.5.7-rasm. Tashqi silindrik konussimon naycha

Kichik teshik va naychalarning gidravlik tavsiflari

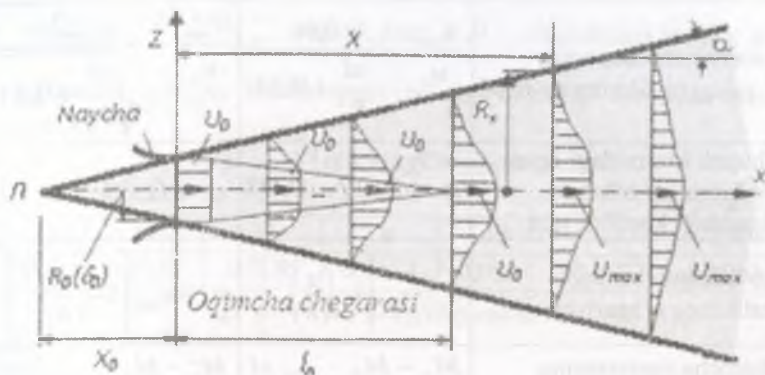
7.5.1-jadval

Qurilma turi	φ	μ	$\zeta = \frac{1}{\phi^2} - 1$
Yupqa devordagi teshik	0,97	0,62	0,06
Tashqi silindrik naycha	0,82	0,82	0,49
Ichki silindrik naycha	0,71	0,71	1,0
Yaqinlashuvchi konussimon naycha	0,97	0,95	0,06
Qochuvchi konussimon naycha	0,45...0,50	0,45...0,50	4,0...3,0
Konussimon naycha	0,97	0,97	0,06

Bir xildagi ko'ndalang kesim yuzaga hamda naporga ega bo'lgan naychalardan va teshiklardan oqayotgan suyuqlik rejimi turbulent, ya'ni, Re soni katta qiymatga ega bo'lgandagi teshik va naychalarning gidravlik tavsiflari 8.10.1-jadvalda berilgan.

Erkin oqimcha.

Erkin oqimchalar devordagi teshikdan oqib chiqayotganda tashqaridagi suyuqlik bilan cho'ktirilgan va cho'ktirilmagan holatlarda bo'ladi (8.10.8-rasmlar).



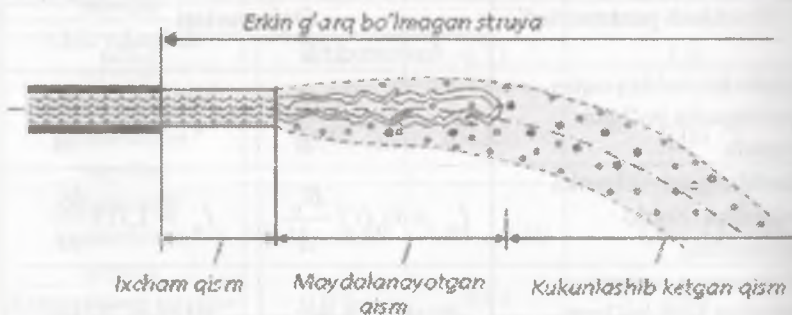
7.5.8-rasm. Turbulent oqimning suyuqlik bilan cho'ktirilgan holatdagi chizmasi

Cho'ktirilgan turbulent oqimchalar uchun hisob bog'lamalari

7.5.2-jadval

Hisoblash parametrlari	Oqim turlari	
	Assimmetrik	Silliq
Soplo kesimidan oqim qutibigacha bo'lgan masofa	$x_0 = 0,29 \frac{R_0}{a}$	$x_0 = 0,41 \frac{b_0}{a}$
Boshlang'ich uchastka masofasi (Soplo kesimidan)	$l_n = 0,67 \frac{R_0}{a}$	$l_n = 1,03 \frac{b_0}{a}$
Kengaygan oqimning yarmiga teng bo'lgan burchak tangensi	$tg \alpha = 3,4a$	$tg \alpha = 2,4a$
Asosiy uchastkadagi stroya o'qidan oqim chegarasigacha bo'lgan masofa	$R_1 = 3,3R_0 \frac{u_0}{u_{max}}$	$b_1 = 2,4b_0 \frac{u_0}{u_{max}}$
Boshlang'ich kesimdan X masofadagi uzoqlik	$R_x = \left(3,4 \frac{ax}{R_0} + 1 \right) R_0$	

Asosiy uchastka oqim o'qidagi tezlikning so'nishi	$\frac{u_{\max}}{u_0} = \frac{0,96}{\frac{al}{R_0} + 0,29}$	$\frac{u_{\max}}{u_0} = \frac{1,2}{\sqrt{\frac{al}{b_0} + 0,41}}$
Chiqish kesimidagi oqim strukturasi hisobga olgandagi koeffitsiyent	$a \approx 0,07 \dots 0,08$	$a \approx 0,09 \dots 0,12$
Ko'ndalang kesimda tezlikning o'zgarishi	$u_z = u_{\max} \left[1 - \left(\frac{z}{R} \right)^{3/2} \right]^2$	$u_z = u_{\max} \left[1 - \left(\frac{z}{b} \right)^{3/2} \right]^2$
Oqimcha massasining o'zgarishi	$\frac{M_x - M_0}{M_0} = 2,3 \frac{al}{R_0}$	$\frac{M_x - M_0}{M_0} = 1,5 \sqrt{\frac{al}{2b_0}}$
Oqimcha energiyasining o'zgarishi	$\frac{E_x}{E_0} = 0,56 \frac{R_0}{al}$	$\frac{E_x}{E_0} = 0,64 \sqrt{\frac{2b_0}{al}}$



7.5.9-rasm. Turbulent oqimning suyuqlik bilan cho'ktirilmagan holatdagi chizmasi

Vertikal oqimning balandligini h_0 ni quyidagi formula orqali aniqlash mumkin.

$$h_{lik} = \frac{H}{1 + \psi H} \quad (7.5.3)$$

bu yerda, $H = \frac{\mathcal{Q}^2}{2g}$ – tezlik dami ($\mathcal{Q}$ – chiqishdagi tezlik); ψ

– tajribadan olingan koeffitsiyent bo‘lib, quyidagi formula orqali aniqlanadi

$$\psi = f(d) \text{ koeffitsiyentlari}$$

7.5.3-jadval

d , mm	10	13	16	19	22	25
ψ	0,0228	0,0165	0,0124	0,0097	0,0077	0,0061

$$\beta = f(h) \text{ koeffitsiyentlari}$$

7.5.4-jadval

h_{tik} , m	7	9,5	12	14,5	17,2	20	22,9	24,5	26,8	30,5
β	0,840	0,840	0,835	0,825	0,810	0,805	0,790	0,785	0,760	0,725

$$\psi = \frac{0,25}{d + 0,001d^3}, \quad (7.5.4)$$

bu yerda, d – naycha diametri, mm.

Yuqorida keltirilgan formuladan hisoblangan ψ ning qiymatlari 8.10.3-jadvalda keltirilgan. Oqimning ixcham qismidagi balandlik quyidagi formuladan hisoblab topiladi

$$h_u = \beta h_{tik} = \beta \frac{H}{1 + \psi H}, \quad (7.5.5)$$

bu yerda, β -tajriba koeffitsiyenti bo‘lib, oqim balandligi h_{tik} ga bog‘liq bo‘ladi.

Amaliyotda qo‘llaniladigan β -ning sonli qiymatlari 8.10.4-jadvalda keltirilgan.

Egilgan gidromonitor oqimining ixcham qismi uzunligini N.P. Gavirinning emperik formulasidan aniqlash mumkin.

$$l_k = 0,415 \sqrt{\theta d H}, \quad (7.5.6)$$

bu yerda, d – naycha diametri, mm; H -naychadan chiqishdagi napor, m; θ -gorizontga nisbatan oqimning egilish burchagi, grad.

Oxirgi keltirilgan formula $d = 5...50$ mm, $\theta = 5...32^\circ$ va $H = 30...80$ m qiymatlarda o'rinli bo'ladi.

Oqimning eng uzoqqa tushishi quyidagi qiymatlarda namoyon bo'ladi: $\theta = 30^\circ$ va $H = 35$ m. shuningdek $\theta = 35^\circ$ va $H = 10$ m.

Yomg'ir hosil qiluvchi oqimni uzoqqa otuvchi apparatlarda oqimning uzunligi quyidagi formula orqali topiladi.

$$L = 0,42H + 1000d, \quad (7.5.7)$$

bu yerda, L – gorizont bo'yicha oqimning eng uzoqqa borishi, m.; H – naychaning chiqishdan oldingi kesimdagi dam(napor), m.; d – naycha diametri, mm.

Yuqorida keltirilgan formula $\frac{H}{D} \geq 1000$ bajarilganda o'rinli hisoblanadi. Apparat aylanganda yomg'ir mashinasining oqimcha uzunligi 10...15%-ga kamayadi.

7.6. Kanallardagi naporsiz harakati

Kanallarda suvning tezligi – $\mathcal{Q}$ quyidagi Shezi formulasi yordamida aniqlanadi.

$$\mathcal{Q} = C\sqrt{Ri}, \quad (7.6.1)$$

bu yerda, C – Shezi koeffitsiyenti; R – gidravlik radius; i – qiyalik. O'rtacha tezlik quyidagi shartni bajarishi kerak.

$$\mathcal{Q}_{cho'k} < \mathcal{Q} < \mathcal{Q}_{yuv}$$

bu yerda, $\mathcal{Q}_{yuv}$ – yuvmaydigan tezlikning maksimal qiymati (7.6.1-jadvallar); $\mathcal{Q}_{cho'k}$ – tezlikning cho'kindi hosil qilmaydigan minimal qiymati.

Bir jinsli bog'liqsiz bo'lgan tuproq(grunt)lar uchun tezlikning ruxsat etiladigan yuvmaydigan qiymatlari.

7.6.1-jadval

Tuproq zarralarining o'rtacha o'lchami, mm	ϱ_{yu} , m/s				Grunt zarralarining o'rtacha o'lchami, mm	ϱ_{yu} , m/s			
	oqim chuqurligi h , m					oqim chuqurligi h , m			
	0,5	1,0	3,0	5,0		0,5	1,0	3,0	5,0
	0,52	0,55	0,60	0,62		1,10	1,23	1,42	1,51
0,15	0,36	0,38	0,42	0,44	15,0	1,26	1,42	1,65	1,76
0,25	0,37	0,39	0,41	0,45	20,00	1,37	1,55	1,84	1,96
0,37	0,38	0,41	0,46	0,48	25,00	1,46	1,65	1,93	2,12
0,5	0,41	0,44	0,50	0,52	30,00	1,56	1,76	2,10	2,26
0,75	0,47	0,51	0,57	0,59	40,00	1,68	1,93	2,32	2,50
1,00	0,51	0,55	0,62	0,65	75,00	2,01	2,35	2,89	3,14
2,00	0,64	0,70	0,79	0,83	100,00	2,15	2,54	3,14	3,46
2,50	0,69	0,75	0,86	0,90	150,00	2,35	2,84	3,62	3,96
3,00	0,73	0,80	0,91	0,96	200,00	2,47	3,03	3,92	4,31
5,00	0,87	0,96	1,1	1,17	300,00	2,90	3,32	4,40	4,94

**Bog'liqli bo'lgan tuproq (grunt)lar uchun tezlikning ruxsat etiladigan
yuvmaydigan qiymatlari.**

7.6.2-jadval

Hisoblangan solishtirma yopishish 10 ⁵ Pa	$\mathcal{Q}_{yuv}$, m/s				Hisoblangan solishtirma yopishish 10 ⁵ Pa	$\mathcal{Q}_{yuv}$, m/s			
	h , m oqim chuqurligida					h , m oqim chuqurligida			
	0,5	1,0	3,0	5,0		0,5	1,0	3,0	5,0
0,005	0,39	0,43	0,49	0,52	0,175	1,21	1,33	1,52	1,60
0,01	0,44	0,48	0,55	0,58	0,20	1,28	1,40	1,60	1,69
0,02	0,52	0,57	0,65	0,69	0,225	1,36	1,48	1,70	1,80
0,03	0,59	0,64	0,74	0,78	0,25	1,42	1,55	1,78	1,88
0,04	0,65	0,71	0,81	0,86	0,30	1,54	1,69	1,94	2,04
0,05	0,71	0,77	0,89	0,98	0,35	1,67	1,83	2,09	2,21
0,075	0,83	0,91	1,04	1,10	0,40	1,79	1,96	2,25	2,38
0,10	0,96	1,04	1,20	1,27	0,45	1,88	2,06	2,35	2,49
0,125	1,03	1,13	1,30	1,37	0,50	1,99	2,17	2,45	2,63
0,15	1,13	1,23	1,41	1,49	0,60	2,16	2,38	2,72	2,83

Cho'kindi hosil qilmaydigan minimal tezlik $\mathcal{Q}_{yuv}$, oqimning loyqaligiga va tuproq zarrachalarining gidravlik kattaligi w ga bog'liq bo'ladi (7.6.3-jadval).

Toza suvdagi zarralarning cho'kish tezligi (gidravlik kattalik) w
($t=15^0$ va $\rho_k=2600 \text{ kg/m}^3$)

7.6.3-jadval

Grunt fraktsiyas i	Qumli						Changsimon (loyqa, o'rmon chiqindilari)	
	Yirik			Mayda				
d, mm	3,0	1,0	0,5	0,25	0,1	0,05	0,03	0,01
$w, \text{sm/s}$	19,25	9,44	5,40	2,70	0,692	0,173	0,062	0,0007
Re	577,5	94,4	27,0	6,75	0,692	0,0865	0,0186	0,0007

Kanallarni loyihalashda ularning yonbosh devor qiyaliklarini ifodalovchi m – koeffitsiyentni grunt jinsi va qoplamasiga bog'liq ravishda beriladi (7.6.4-jadval).

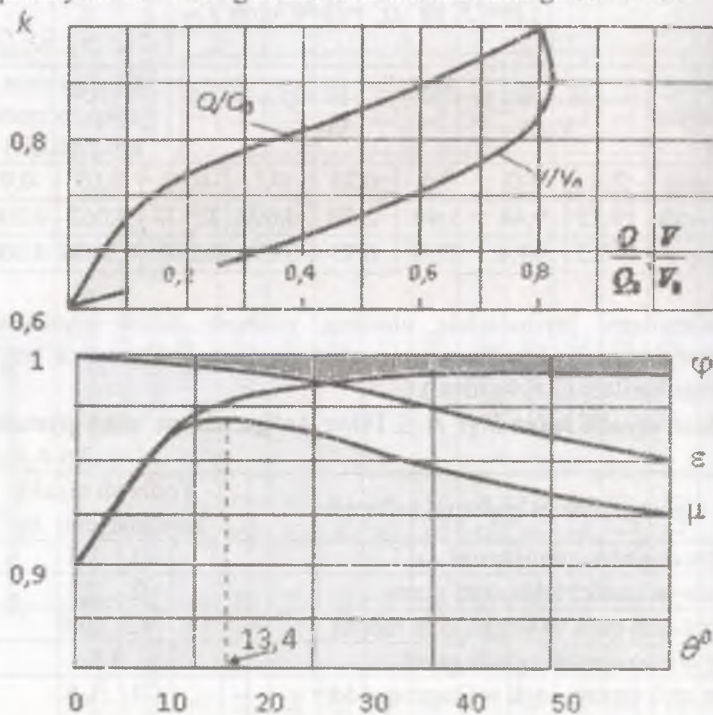
Yonbosh qiyalik balandligi $h \leq 10m$ bo'lganda m ning qiymatlari

7.6.4-jadval

Grunt turlari va qoplama ko'rinishi	Yonbosh qiyalik koeffitsiyenti m
Kichik donador qumli grunt	3...3,5
Mayda va nozik zichlangan grunt	2...2,5
Mayda zich qum va yengil zich tuproq	1,5...2,0
Shag'alli va qum shag'alli grunt	1,5
Og'ir zich tuproq, zich sof tuproq, oddiy tuproq	1...1,5
Og'ir zich loy	1
Shamol darajasiga bog'liq holda har xil tog' jinslari	0,5...0,10

Yopiq ko'ndalang kesimli kanallarda suyuqlik damsiz, tekis harakatlanayotgan bo'lsa, kanalning to'lganlik darajasi k ni hisobga olib Shezi formulasi yordamida gidravlik elementlar aniqlanadi. 7.6.1-rasmda doira shakldagi kanalda harakatlanayotgan suyuqlikning to'lganlik darajasi $k = \frac{h}{D}$ ga bog'liq holda suyuqlikning $\mathcal{Q}$ tezligi

va Q sarfi o'zgarish chizmasi berilgan. Bu yerda, h -suyuqlik chuqurligi; D -kanal (quvur) diametri. Chizmadagi Q_0 va Q_0 suyuqlikning o'rtacha tezligi va sarfi bo'lib, kanalda suyuqlik to'liq oqqanda yoki $k=1$ bo'lganda o'lchash ishlari amalga oshiriladi.

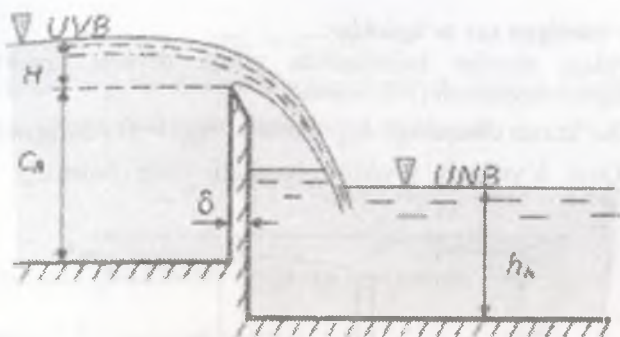


7.6.1-rasm. Tajribadan olingan bog'lanishlar

$$\frac{v}{v_0} = f(k) \text{ va } \frac{Q}{Q_0} = f(k) \quad (7.6.2)$$

7.7. Suvto'kgichlar

To'g'ri burchakli vertikal joylashgan yupqa devorli suyuqlik bilan cho'ktirilmagan suvto'kgich erkin holda yonboshdan siqilmaydigan holatda oqmoqda (me'yoriy hol).



7.7.1-rasm. Yupqa devorli cho'ktirilmagan suvto'kgich

Shunday suvto'kgichlar uchun suyuqlik sarfi quyidagi formula orqali aniqlanadi.

$$Q = m_{m.s.} b \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}}, \quad (7.7.1)$$

bu yerda, $m_{m.s.}$ – suvto'kgichning me'yoriy sarf koeffitsiyenti; N-suv to'kgichdagi geometrik napor.

Sarf koeffitsiyenti $m_{m.s.}$ ni topishda $c_s \geq 0,5H$ va $H > 0,1$ m. bo'lganda quyidagi formuladan foydalaniladi.

$$m_{m.s.} = 0,40 + 0,05 \frac{H}{c_s} \quad (7.7.2)$$

Suv to'kgich suyuqlik bilan cho'ktirilmagan hamda yonboshdan siqilish bo'lsa, u holda sarf quyidagi formula orqali hisoblanadi.

$$Q = m_0 b \sqrt{2g} H^{\frac{3}{2}}, \quad (7.7.3)$$

bu yerda, $m_0 = A_1 \cdot A_2$ ga teng bo'lib, o'z navbatida

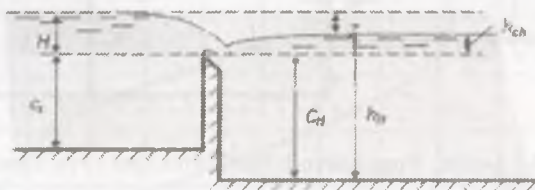
$$A_1 = 0,405 - 0,300 \frac{B_s - b}{B_s}, \quad A_2 = 1 + 0,55 \left(\frac{b}{B_s} \frac{H}{H + c_s} \right) \quad (7.7.4)$$

bu yerda, b – suvto'kgich teshigining eni; B_s – yuqori b'yef eni; c_s – suvto'kgich devorining yuqori b'yef tomonidagi balandligi.

Cho'ktirilgan suv to'kgichlar.

Quyidagi shartlar bajarilganda yupqa devorli suvto'kgichlar cho'ktirilgan hisoblanadi (7.7.2-rasm).

1. Cho'ktirish chuqurligi h_{ch} musbat ($h_{ch} > 0$) bo'lganda;
2. Quyi b'eyfdagi suyuqlik harakati tinch holatdagi tartibda bo'lganda.



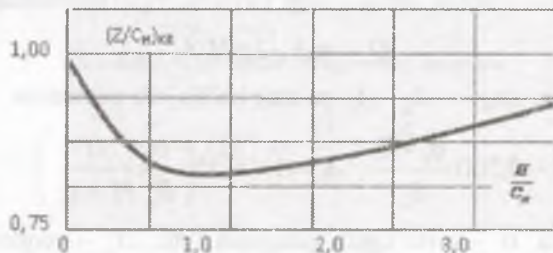
7.7.2-rasm. Yupqa devorli cho'ktirilgan suvto'kgichlar

Burqsigan tartibli harakatda suvto'kgichdagi nisbiy chuqurlik quyidagicha bo'ladi.

$$\frac{Z}{c_H} > \left(\frac{Z}{c_H} \right)_{kr}$$

bu yerda, $\left(\frac{Z}{c_H} \right)_{kr}$ -nisbiy chuqurlikning o'zgarishidagi kritik

qiymat bo'lib, quyidagi shakldan aniqlanadi, yonboshdan siqilishga ega bo'lmagan suvto'kgich uchun sarf koeffitsiyenti quyidagi formula orqali aniqlanadi.



7.7.3-rasm. $\left(\frac{Z}{c_H} \right)_{kr} = f\left(\frac{H}{c_H} \right)$ bog'lanish grafi

$$m_0 = \sigma_{ch} m_{i.s.}, \quad (7.7.5)$$

bu yerda, σ_{ch} -tajribadan aniqlanadigan cho'ktirish koeffitsiyenti quyidagi tajribaga asoslangan formuladan aniqlanadi.

$$\sigma_{ch} = 1,05 \left(1 + 0,2 \frac{H_K}{c_H} \right) \sqrt[3]{\frac{Z}{H}}, \quad (7.7.6)$$

bu formula yordamida σ_{ch} ning qiymatlari $\frac{H_K}{c_H}$ va $\frac{Z}{c_H}$ larga bog'liqliklari 7.7.1-jadvalda berilgan.

Yonbosh siqilishga ega bo'lmagan yupqa devorli suv to'kigichning cho'ktirish koeffitsiyentlari

7.7.1-jadval

$\frac{Z}{c_H}$	$\frac{h_{ch}}{c_H}$										
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,00	1,50
0,05	-	-	0,74	0,68	0,64	0,58	0,54	0,50	0,47	0,45	0,43
0,10	-	0,93	0,85	0,80	0,76	0,70	0,66	0,61	0,58	0,57	0,54
0,15	1,05	0,96	0,90	0,86	0,82	0,77	0,74	0,69	0,66	0,64	0,61
0,20	1,05	0,98	0,94	0,90	0,87	0,82	0,79	0,74	0,71	0,69	0,67
0,30	1,05	1,01	0,97	0,94	0,92	0,88	0,85	0,81	0,79	0,77	0,75
0,40	1,05	1,02	0,99	0,97	0,95	0,92	0,90	0,87	0,84	0,83	0,81
0,50	1,05	1,01	1,01	0,99	0,98	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	-
0,60	1,05	1,03	1,02	1,00	0,99	0,98	0,96	0,93	0,92	0,91	-
0,70	1,05	1,04	1,03	1,01	1,00	0,99	0,98	0,96	0,94	0,94	-

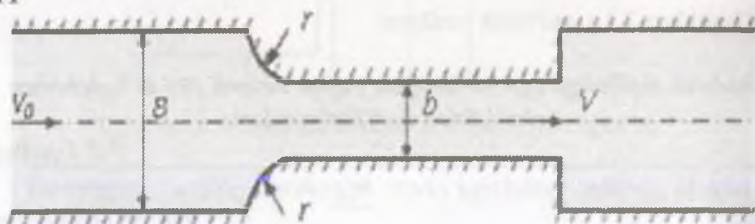
Kirish qismi o'tmas, egri bo'lgan keng zinali suvto'kigichlarning sarf koeffitsiyenti – m

7.7.2-jadval

$\frac{c_s}{H}$	$\frac{r}{H}$ yoki $\frac{f}{H}$			$\frac{r}{H}$	
	0,025	0,05	0,2	0,6	$\geq 1,0$
0,0	0,385	0,385	0,385	0,385	0,385
0,2	0,372	0,374	0,377	0,380	0,382

0,4	0,365	0,368	0,374	0,377	0,365
0,6	0,361	0,364	0,370	0,376	0,381
0,8	0,357	0,361	0,368	0,375	0,380
1,0	0,355	0,359	0,366	0,374	0,379
2,0	0,349	0,354	0,363	0,371	0,378
6,0	0,344	0,349	0,359	0,369	0,377
>6,0	0,340	0,346	0,357	0,368	0,376

$\frac{f}{H} > 0,2$ bo'lganda sarf koeffitsiyenti – m ning qiymatlari 7.7.2 va



7.7.4-rasm. Zinasiz suv to'kgichning bir ko'rinishi

7.7.3-jadvallarda ko'rsatilgan qiymatlarning chetdagisiga nisbatidan olish mumkin.

Zinasiz tekis suv to'kgich uchun sarf koeffitsiyenti qiymatlari

7.7.3-jadval

$\frac{b}{B}$	$\frac{r}{b}$						
	0	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	$\geq 0,50$
0,0	0,320	0,335	0,342	0,349	0,354	0,357	0,360
0,1	0,322	0,337	0,344	0,350	0,355	0,358	0,361
0,2	0,324	0,338	0,345	0,351	0,356	0,359	0,362
0,3	0,327	0,340	0,347	0,353	0,357	0,360	0,363
0,4	0,330	0,343	0,349	0,355	0,359	0,362	0,364
0,5	0,334	0,346	0,352	0,357	0,361	0,363	0,366
0,6	0,340	0,350	0,354	0,360	0,363	-	-
0,7	0,346	0,355	0,359	0,363	-	-	-
0,8	0,355	0,362	0,365	-	-	-	-

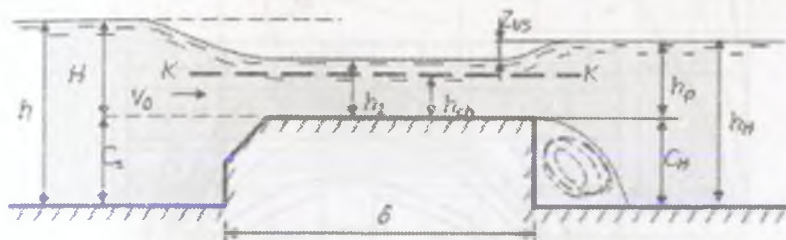
0,9	0,367	0,371	-	-	-	-	-
1,0	0,385	-	-	-	-	-	-

Cho'ktirilgan suvto'kgichlar.

Keng zinali cho'ktirilgan suvto'kgichlarda (7.7.5-rasm) suyuqlik sarfi quyidagi formula yordamida aniqlanadi.

$$Q = \varphi_{ch} b h_1 \sqrt{2g(H_0 - h_1)}, \quad (7.7.7)$$

bu yerda, φ_{ch} – cho'ktirilgan suvto'kgichning tezlik koeffitsiyenti; h_1 – zina ustidagi suyuqlik chuqurligi.



7.7.5-rasm. Keng zinali cho'ktirilgan suvto'kgich

Tezlik koeffitsiyenti φ_{ch} qiymati $\varepsilon \cdot m$ larning ko'paytmasiga bog'liq holda 7.7.4-jadvalda berilgan.

Keng zinali cho'ktirilgan suvto'kgich uchun tezlik koeffitsiyenti

7.7.4-jadval

$\varepsilon \cdot m$	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38
φ_{ch}	0,96	0,90	0,84	0,77	0,99

ε – yonbosh siqilish koeffitsiyenti suv to'kgich ko'rinishiga va kirish qismining teshigiga bog'liq bo'ladi. Taqribiy hisoblarda esa quyidagi formuladan foydalanish mumkin.

$$\varepsilon = 1 - 0,2 \xi_{kich} \frac{H_0}{b}, \quad (7.7.8)$$

bu yerda, ξ_{kich} – kichrayish koeffitsiyenti bo'lib, egri sirt bilan to'silgan zina uchun $\approx 0,7$ ga teng. Vertikal qovurg'ali egrilanmagan zina uchun $\xi_{kich} = 1$. Boshqa holda ε ning qiymatlarini [7.7.8] dan

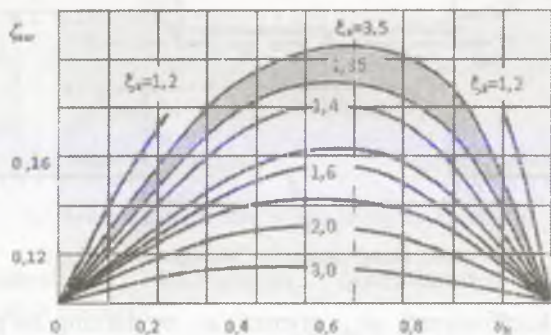
olish mumkin. Zinapoya ustidagi suvto'kgich chuqurligi quyidagi formula yordamida aniqlanadi.

$$h_1 = h_K - Z_{s.o.}, \quad (7.7.9)$$

bu yerda, $Z_{s.o.}$ -suvto'kgichning tekislanishdagi balandlik farqi.

Tekislanishdagi balandlik farqi pastki b'efdagi oqimning kengayishiga bog'langan holda ya'ni $v_H = \frac{bh_{ch}}{\Omega_{qo'y}}$ kattalik bilan

bog'langan (7.7.6-rasm) grafikda $\xi_{kich} = \frac{h_{ch}}{h_{kr}}$



7.7.6 –rasm. Tiklanish farqini aniqlash uchun grafik

Amaliy profilli suvto'kgich.

Amaliyotdagi profilli suvto'kgichlarda suyuqlik sarfi quyidagi formula orqali aniqlanadi.

$$Q = \sigma_{ch} \epsilon m b \sqrt{2gH_0^{\frac{3}{2}}}, \quad (7.7.10)$$

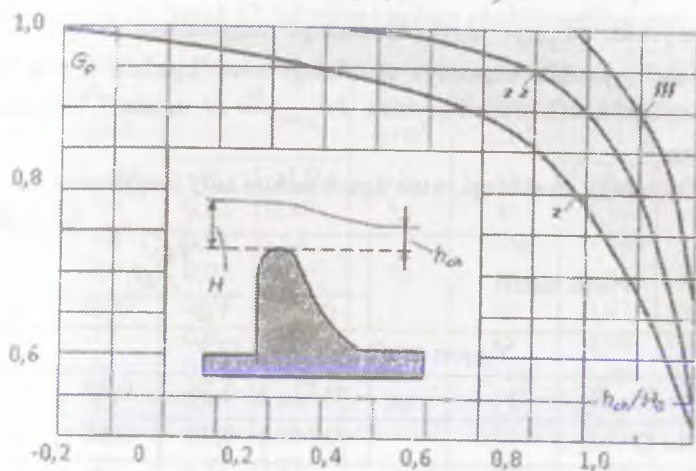
bu yerda, σ_{ch} -cho'ktirish koeffitsiyenti; ϵ -yonbosh siqilish koeffitsiyenti; m – sarf koeffitsiyenti; b – suvto'kgich gorizontining eni.

Amaliyotdagi devorli suvto'kgichning cho'ktirish koeffitsiyentini aniqlashda quyidagi grafikdan ham foydalanish mumkin (7.7.7-rasm).

Ushbu grafik $\frac{h_{ch}}{H_0}$ nisbatlar qiymatining bog'liqligi orqali berilgan.

I. egri chiziq vakuumli suv to'kgichlarga tegishli bo'lib,

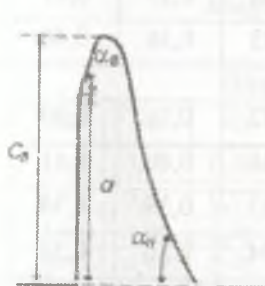
$$\left(1,25 < \frac{H}{H_{prof}} < 2,0 \right);$$



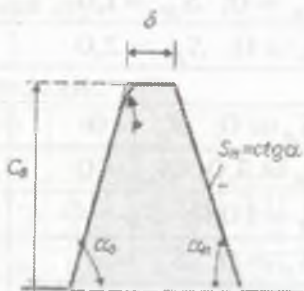
7.7.7-rasm. Amaliy profilli suv to'kgichlarning cho'ktirish koeffitsiyenti σ_{ch} ni aniqlash grafigi

II. egri chiziq me'yoriy ko'rinishdagi suvto'kgichlarga

tegishli hisoblanadi, ya'ni $\left(0,75 < \frac{H}{H_{prof}} < 1,25 \right);$



7.7.8-rasm.



7.7.9-rasm.

III. egri chiziq esa keng qirrali suvto'kgichlarga tegishlidir,

$$\text{ya'ni } \left(0,5 < \frac{H}{H_{prof}} < 0,75 \right),$$

bu yerda, H_{prof} – suvto'kgichga yo'nalgan napor.

Amaliy profilni trapetsiya shaklidagi suvto'kgichda (7.7.8–7.7.9-rasmlar) sarf koeffitsiyenti qiymati $H_{prof} = \sigma$ uchun 7.7.5-jadvalda berilgan.

Trapetsiya shakldagi suvto'kgich uchun sarf koeffitsienti m

7.7.5-jadval

Profil turlari	H/δ			
	0,5	1,0	1,5	2,0
Yuqori profil ($C_B > 3H$)				
$S_B = 0; S_H = 0$	0,32	0,36	0,39	0,41
$S_H = 0$	0,34	0,38	0,41	0,44
Chiqish qovurg'asi egrilangan suv to'kgichda $r=(0,1 \dots 0,2)\delta$				
$S_B = 0; S_H = 0$	0,34	0,38	0,41	0,44
O'rta balandlikdagi profil ($2N < C_B < 3N$)				
$S_B = 0; S_H = 0$	0,32	0,36	0,39	0,42
$S_B = 1,0; S_H = 0$	0,36	0,39	0,41	0,44
$S_B = 2,0; S_H = 0$	0,37	0,40	0,41	0,44
$S_B = 0; S_H = 1,0$	0,33	0,37	0,41	0,42
$S_B = 0; S_H = 2,0$	0,33	0,36	0,40	0,42
Kichkina profil				
$S_B = 0; S_H = 0$	0,32	0,36	0,39	0,42
$S_B = 3,0; S_H = 0$	0,36	0,40	0,41	0,42
$S_B = 10,0; S_H = 0$	0,37	0,39	0,39	0,42
$S_B = 0; S_H = 3$	0,34	0,36	0,38	0,40
$S_B = 0; S_H = 10$	0,34	0,35	0,36	0,36

7.7.8-rasmdagi suvto'kgich uchun sarf koeffitsiyenti quyidagi formula orqali aniqlanadi

$$m = m_r \sigma_{sh} \sigma_n, \quad (7.7.10)$$

Vakuumsiz suvto'kgich (7.7.8-rasm) uchun shakl koeffitsiyenti σ_{sh}

7.7.6-jadval

α_B , grad	α_H , grad	$\frac{a}{c_s}$		α_B , grad	α_H , grad	$\frac{a}{c_s}$	
		0	1,0			0	1,0
15	15	0,88	0,93	55	45	0,98	0,99
	30	0,91	0,97		≥ 60	0,99	1,00
	45	0,92	0,99		75	15	0,93
	≥ 60	0,93	1,00			30	0,97
15	15	0,91	0,93	90	45	0,99	0,99
	30	0,94	0,97		≥ 60	1,00	1,00
	45	0,96	0,99		15	0,93	0,93
	≥ 60	0,96	1,00		30	0,97	0,97
55	15	0,92	0,93		45	0,99	0,99
	30	0,96	0,97		≥ 60	1,00	1,00

bu yerda, $m_r = 0,50 - 0,012 \frac{H}{c_s}$; σ_{sh} – shakl koeffitsiyenti

(7.7.6-jadval); σ_n – naporning to'liqligi (7.7.7-jadval); H_{prof} – suvto'kgichga yo'naltirilgan napor.

Vakuumsiz suvto'kgichi (7.7.9-rasm) uchun naporning to'liqlik koeffitsiyenti σ_n

7.7.7-jadval

$\frac{H}{H_{prof}}$	α_B , grad							
	20	30	40	50	60	70	80	90
0,2	0,89	0,89	0,88	0,87	0,86	0,86	0,85	0,84
0,4	0,93	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,91	0,90
0,6	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,94	0,94
0,8	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97
1,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,2	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02

1,4	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,05
1,6	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	1,06	1,06
1,8	1,06	1,06	1,06	1,07	1,07	1,07	1,08	1,08
2,0	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,09	1,10

7.8. Kattaliklar va o'xshashliklar

Fizik vaziyatni tavsiflovchi istalgan tenglama faqatgina ikki tomon bir xil o'lchamga ega bo'lsagina haqqoniy bo'ladi.

Ya'ni u bir xil o'lchamli bo'lishi shart.

Masalan, to'g'ri burchakli to'siq uchun bo'lgan tenglama (ushbu modulda oldin olingan) quyidagidir,

$$Q = \frac{2}{3} B \sqrt{2gH^{3/2}} \quad (7.8.1)$$

$$m^3 s^{-1} = m (m \cdot s^{-1})^{1/2} m^{3/2}$$

O'lchov tizim birliklarining chap tarafida $m^3 s^{-1}$ bo'ladi. O'ng tarafdagi birliklar bir xil bo'lishi mumkin. Tenglamani o'lchovlar tizimi birliklari bizga quyidagini beradi.

Ya'ni birliklar to'g'irlangan.

Yanada talabga mos bo'lishi uchun bu o'zaro to'g'irlangan birliklar bo'lishlari lozim, (birliklarning istalgan to'plami foydalanilishi va konsantadan foydalangan holda o'zgartirilishi mumkin). Tenglamani yana bir bor o'lcham atamalarida yoza turib,

$$L^3 T^{-1} = L (L T^{-2}) L^{3/2} = L^3 T^{-1}$$

Alohida o'lcham kuchlari qanchalar tengligiga e'tibor bering (L uchun 3 ga teng, $T - 1$ uchun).

O'lcham bir xilligi, xossasi quyidagi uchun foydali bo'lishi mumkin:

1. Tenglama birliklarining tekshirilishi;
2. Ikkita birliklar to'plami o'rtasida o'zgartirish;
3. O'lchamsiz munosabatlarni aniqlash.

7.9. Samo tahlillari va natijalari

Fizik muammo bo'yicha o'lchamli tahlil bajarish natijalari bir tenglama hisoblanadi. Bu tenglama barcha fizik faktorlarni bir-biri bilan bo'g'laydi. Bu tenglama misolda yaxshiroq ko'rinadi.

Propeller parragidagi kuchni topmoqchi bo'lsak, biz avvalo bu kuchga nima ta'sir etishini bilishingiz kerak.

F kuchi quyidagi fizik xossalarga bog'liq degan fikrni ilgari surish odilona bo'lardi:

Diametr d

propellerning to'g'ri tezligi (tekislik tezligi), $\mathcal{G}$

suyuqlik zichligi, ρ

soniyaga aylanishlar soni, n

suyuqlik yopishqoqligi, m

biror bir tahlil qilishdan oldin, biz ushbu tenglamani yozishimiz mumkin:

$$F = \varphi(d, \mathcal{G}, \rho, N, \mu)$$

yoki $0 = \varphi_1(F, d, \mathcal{G}, \rho, N, \mu)$

bu yerda, f va f_1 – noaniq funktsiyalar.

Ular o'zi quyidagi tenglamaga kelishi mumkin bo'lgan yakunsiz seriyaga joylanishlari mumkin.

$$F = K, d^m, \mathcal{G}^p, \rho^q, N^r, \mu^s$$

bu yerda, K – ba'zi konstanta, m, p, q, r, s – noaniq doimiy darajalar.

O'lchamlilik tahlilidan biz

1. Bu vakolatlarni olamiz

2. O'zgaruvchilarni bir nechta o'lchamsiz guruhlar tashkil etamiz

K belgisi yoki f va f_1 funktsiyalari tajribadan aniqlanishlari kerak.

O'lchamsiz guruhlarini bilish ko'p hollarda qaysi eksperimental o'lchamlarni amalga oshirish kerakligini aniqlashda yordam beradi.

7.10. π bekingem teoremasi

O'lchamli tahlilni amalga oshirishning boshqa uslublari mavjud bo'lsa ham, (masalan, indikator metodi), Bekingemning π teoremlarga asoslangan usuli masalani yechishda yaxshi umumiy strategiyani bera oladi.

Bu pastda tavsiflanadi.

Bekingem uchun akkreditlangan ikkita teorema mavjud. Ular π teoremlar sifatida ma'lumlar. Birinchi π teorema :

M o'zgaruvchilar o'rtasidagi aloqa (tezlik, zichlik va shu kabi fizik xossalalar kabi) mn o'zgaruvchilarning o'lchamsiz guruhining o'rtasidaga aloqa sifatida ifoda qilinishi mumkin (π guruhlar deb ataladilar), bu yerda n – o'zgaruvchilarni ifoda qilish uchun kerak bo'lgan fundamental o'lchamlar raqami (massa, uzunlik va vaqt kabilar).

Shunday qilib, fizik muammo quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$\varphi(Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_m) = 0$$

U holda ko'rsatilgan teorema asosan, bu bunday ifodalanishi mumkin.

$$\varphi(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, Q_{m-n}) = 0$$

Suyuqliklarda odatda $n = 3$ ni olish mumkin (M, L, T ga mos).

Ikkinchiga p Teorema

Har bir π – guruh n o'zgaruvchilarni boshqaruvchi yoki qaytaruvchi va yana qolgan o'zgaruvchilardan biri hisoblanadi.

7.11. Umumiy π – guruhlar

O'lchamlarni tahlil qilishda bir necha guruhlar qayta va qayta turli masalalarni yechish uchun paydo bo'lavradilar. Ko'p hollarda ular o'z nomlariga ega bo'ladilar. Siz Reynol'ds raqamini taniysiz.

$$Re = \frac{\rho g d}{\mu} : \quad (7.11.1)$$

Pastda ba'zi umumiy o'lchamsiz raqamlar (guruhlar) sanab o'tilgan. Reynol'ds raqami, inertiya munosabati, yopishqoqlik kuchlari.

$$En = \frac{p}{\rho g^2} \quad (7.11.2)$$

Bosimning eyler raqami, inertiya koeffitsiyenti.

Gravitatsion kuchning inertiya koeffitsiyenti.

$$Frud \text{ raqami } Fn = \frac{g^2}{gd}$$

Sath taranglik kuchlarining inertsion munosabatlari.

$$Veber \text{ raqami } We = \frac{\rho g d}{\sigma}$$

Max raqami lokal tezlik, tovushning lokal tezligi munosabati

$$Mn = \frac{g}{c}$$

7.12. Kinematik o'xshashliklar

Kinematik o'xshashlik — bu vaqt va geometriyaning o'xshashligidir. U model va prototip o'rtasida mavjud bo'ladi.

1. Agar harakatlanayotgan zarralarning traektoriyalari o'xshash bo'lsalar.

2. Agar zarralarning tezlik nisbatlari bir xil bo'lsa.

Ba'zi foydali koeffitsiyentlar:

$$\text{Tezlik } \frac{g_m}{g_p} = \frac{L_m / T_m}{L_p / T_p} = \frac{\lambda_L}{\lambda_T} \lambda_g$$

$$\text{Tezlashish } \frac{a_m}{a_p} = \frac{L_m / T_m^2}{L_p / T_p^2} = \frac{\lambda_L}{\lambda_T^2} \lambda_a$$

$$\text{Daraja } \frac{Q_m}{Q_p} = \frac{L_m^3 / T_m}{L_p^3 / T_p} = \frac{\lambda_L^3}{\lambda_T^2} \lambda_Q$$

Bu aylanib oqish chizmalari bir xilligidan darak beradi.

7.13. Dinamik o'xshashlik

Dinamik o'xshashlik agar model va prototip o'rtasidagi barcha kuchlarning nisbati teng bo'lgan hollardagina geometrik va kinematik o'xshash tizimlar o'rtasida bo'lishi mumkin.

Kuchlar nisbati

$$\frac{F_m}{F_p} = \frac{M_m a_m}{M_p a_p} = \frac{\rho_m L_m^3}{\rho_p L_p^3} \cdot \frac{\lambda_L}{\lambda_T} \lambda_p \lambda_L^2 \left(\frac{\lambda_L}{\lambda_T} \right)^2 = \lambda_p \lambda_L^2 \lambda_g^2$$

Bu aniqlovchi tenglamaning o'ng tomonidagi o'lchamsiz nazorat guruhi model va prototip uchun bir xil bo'lganidagina qo'llanilishi mumkin.

VIII BOB SUYUQLIK MODELLARI

8.1. Modellarning qo'llanishi

Gidravlik konstruksiyalar qurilayotganda, uni loyihalash bosqichida konstruksiya bir qancha tahlillardan o'tishi kerak bo'ladi. Ko'p hollarda tuzulmalarni oddiy matematik tahlillar uchun juda murakkab bo'ladilar va gidravlik modellar quriladi. Odatda model to'liq o'lchamdan kichikroq bo'ladi, biroq kattaroq bo'lishi mumkin bo'lgan hollar ham mavjud.

Haqiqiy tuzulmalarni bir-biriga o'xshash sifatida bizga ma'lum. Model odatda prototipning aniq geometrik mashtabida quriladi, biroq ba'zi hollarda, xususan daryo modelida buning imkoni yo'q. O'lchovlar modeldan va bir-biriga o'xshash sifatida belgilarni bashorat qilish uchun qo'llanilgan masshtablash qonunlaridan olinishlari mumkin.

Qanday qilib ushbu masshtablash qonunlarini olinganini ko'rsatish uchun biz suyuqlik va gazlarda harakatlanayotgan jismning qarshilik nisbatidan foydalanamiz.

R ning qarshiligi quyidagi fizik xossalarga bog'liq:

$$\rho; ML^{-3} : LT^{-1}l : (\text{length}) L : ML^{-1}T^{-1};$$

$$ML^{-3} : LT^{-1}l : (\text{length}) L : ML^{-1}T^{-1}.$$

shunday qilib aniqlovchi tenglama quyidagichadir:

$$\varphi(R, \rho, g, l, \mu) = 0 \quad \text{demak,} \quad m = 5, n = 3 \quad \text{ular}$$

$$5 - 3 = 2$$

$$\text{guruhlaridir. } \pi_1 = \rho^{a_1} g^{b_1} l^{c_1} R.$$

$$\pi_1, \text{ guruhi}$$

uchun

$$M^0 L^0 T^0 = (ML^{-3})^{a_1} (LT^{-1})^{b_1} (L)^{c_1} MLT^{-2}$$

$$\pi_1, \text{ guruhiga o'tish}$$

$$\pi_1 = \frac{R}{\rho g^2 l^2}$$

$$\text{orqali } M^0 L^0 T^0 = (ML^{-3})^{a_2} (LT^{-1})^{b_2} (L)^{c_2} ML^{-1}T^{-1}$$

$$\pi_2, \text{ guruhi uchun}$$

$$\pi_2 \text{ guruhiga o'tish } \pi_2 = \frac{\mu}{\rho g l}$$

E'tibor bering, Reynol'ds raqami $1 / \pi_2$.biz buni π^{2a} bo'lganda, muvozanatni harakatga nisbatini aniqlovchi tenglama

$$\varphi(\pi_1, \pi_2) = 0$$

Biz buni quyidagicha yozamiz

$$\frac{R}{\rho g^2 l^2} = \varphi\left(\frac{\rho g l}{\mu}\right)$$

$$R = \rho g^2 l^2 \varphi\left(\frac{\rho g l}{\mu}\right)$$

Ushbu tenglama jismning o'lchamidan qat'iy nazar bir-biriga o'xshash sifatida ham geometrik o'xshash modelga ham qo'llanilishi mumkin. Shu asnoda model uchun

$$\frac{R}{\rho_m g_m^2 l_m^2} = \varphi\left(\frac{\rho_m g_m l_m}{\mu_m}\right)$$

Bir-biriga o'xshash sifati uchun esa

$$\frac{R}{\rho_p g_p^2 l_p^2} = \varphi\left(\frac{\rho_p g_p l_p}{\mu_p}\right)$$

Bu ikki tenglamani bo'lish bizga quyidagini beradi:

$$\frac{R_m / \rho_p g_p^2 l_p^2}{R_p / \rho_p g_p^2 l_p^2} = \frac{\varphi(\rho_m g_m l_m / \mu_m)}{\varphi(\rho_p g_p l_p / \mu_p)}$$

Biroq hozirgi paytda endi ba'zi taxminlarni qilmasak davom etish imkoni bo'lmay qoladi. Keng tarqalgan taxminlardan biri Reynol'ds raqami bir-biriga o'xshash sifatida va model uchun bir xil degan taxmindir. ya'ni:

$$\rho_m g_m l_m / \mu_m = \rho_p g_p l_p / \mu_p$$

Bu taxminlar bizga keyingi tenglamani yozish imkonini beradi:

$$\frac{R_m}{R_p} = \frac{\rho_m g_m^2 l_m^2}{\rho_p g_p^2 l_p^2}$$

VIII BOB SUYUQLIK MODELLARI

8.1. Modellarning qo'llanishi

Gidravlik konstruksiyalar qurilayotganda, uni loyihalash bosqichida konstruksiya bir qancha tahlillardan o'tishi kerak bo'ladi. Ko'p hollarda tuzulmalarni oddiy matematik tahlillar uchun juda murakkab bo'ladilar va gidravlik modellar quriladi. Odatda model to'liq o'lchamdan kichikroq bo'ladi, biroq kattaroq bo'lishi mumkin bo'lgan hollar ham mavjud.

Haqiqiy tuzulmalarni bir-biriga o'xshash sifatida bizga ma'lum. Model odatda prototipning aniq geometrik mashtabida quriladi, biroq ba'zi hollarda, xususan daryo modelida buning imkoni yo'q. O'lchovlar modeldan va bir-biriga o'xshash sifatida belgilarni bashorat qilish uchun qo'llanilgan masshtablash qonunlaridan olinishlari mumkin.

Qanday qilib ushbu masshtablash qonunlarini olinganini ko'rsatish uchun biz suyuqlik va gazlarda harakatlanayotgan jismning qarshilik nisbatidan foydalanamiz.

R ning qarshiligi quyidagi fizik xossalarga bog'liq:

$$\rho; ML^{-3} : LT^{-1}l : (\text{length}) L : ML^{-1}T^{-1};$$

$$ML^{-3} : LT^{-1}l : (\text{length}) L : ML^{-1}T^{-1}.$$

shunday qilib aniqlovchi tenglama quyidagichadir:

$$\varphi(R, \rho, g, l, \mu) = 0 \quad \text{demak,} \quad m = 5, n = 3 \quad \text{ular}$$

$$5 - 3 = 2$$

$$\text{guruhlaridir. } \pi_1 = \rho^{a_1} g^{b_1} l^{c_1} R.$$

$$\pi_1, \text{ guruhi}$$

uchun

$$M^0 L^0 T^0 = (ML^{-3})^{a_1} (LT^{-1})^{b_1} (L)^{c_1} MLT^{-2}$$

$$\pi_1, \text{ guruhiga o'tish}$$

$$\pi_1 = \frac{R}{\rho g^2 l^2}$$

$$\text{orqali } M^0 L^0 T^0 = (ML^{-3})^{a_3} (LT^{-1})^{b_3} (L)^{c_3} ML^{-1}T^{-1}$$

$$\pi_2, \text{ guruhi uchun}$$

$$\pi_2 \text{ guruhiga o'tish } \pi_2 = \frac{\mu}{\rho g l}$$

E'tibor bering, Reynol'ds raqami $1 / \pi_2$.biz buni π^{2a} bo'lganda, muvozanatni harakatga nisbatini aniqlovchi tenglama

$$\varphi(\pi_1, \pi_2) = 0$$

Biz buni quyidagicha yozamiz

$$\frac{R}{\rho g^2 l^2} = \varphi\left(\frac{\rho g l}{\mu}\right)$$

$$R = \rho g^2 l^2 \varphi\left(\frac{\rho g l}{\mu}\right)$$

Ushbu tenglama jismning o'lchamidan qat'iy nazar bir-biriga o'xshash sifatida ham geometrik o'xshash modelga ham qo'llanilishi mumkin. Shu asnoda model uchun

$$\frac{R}{\rho_m g_m^2 l_m^2} = \varphi\left(\frac{\rho_m g_m l_m}{\mu_m}\right)$$

Bir-biriga o'xshash sifati uchun esa

$$\frac{R}{\rho_p g_p^2 l_p^2} = \varphi\left(\frac{\rho_p g_p l_p}{\mu_p}\right)$$

Bu ikki tenglamani bo'lish bizga quyidagini beradi:

$$\frac{R_m / \rho_p g_p^2 l_p^2}{R_p / \rho_p g_p^2 l_p^2} = \frac{\varphi(\rho_m g_m l_m / \mu_m)}{\varphi(\rho_p g_p l_p / \mu_p)}$$

Biroq hozirgi paytda endi ba'zi taxminlarni qilmasak davom etish imkoni bo'lmay qoladi. Keng tarqalgan taxminlardan biri Reynol'ds raqami bir-biriga o'xshash sifatida va model uchun bir xil degan taxmindir. ya'ni:

$$\rho_m g_m l_m / \mu_m = \rho_p g_p l_p / \mu_p$$

Bu taxminlar bizga keyingi tenglamani yozish imkonini beradi:

$$\frac{R_m}{R_p} = \frac{\rho_m g_m^2 l_m^2}{\rho_p g_p^2 l_p^2}$$

U esa o'z navbatida qarshilik kuchining ulkan qonunini beradi.

$$\lambda_R = \lambda_\rho \lambda_g^2 \lambda_L^2$$

Reynol'ds raqamlari bir xil bo'lganlari, bu tahlil uchun ahamiyatli taxmin edi. Buning natijasini tushuntirish lozim.

$$\text{Re}_m = \text{Re}_p$$

$$\frac{\rho_m g_m l_m}{\mu_m} = \frac{\rho_p g_p l_p}{\mu_p}$$

$$\frac{g_m}{g_p} = \frac{\rho_p \mu_m l_p}{\rho_m \mu_p l_m}$$

$$\frac{g_m}{g_p} = \frac{\rho_p \mu_m l_p}{\rho_m \mu_p l_m}$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_\mu}{\lambda_\rho \lambda_L}$$

Bularni qarshilik uchun Skaling qonuniga qo'yib quyidagini olamiz.

$$\lambda_R = \lambda_\rho \left(\frac{\lambda_\mu}{\lambda_\rho} \right)^2$$

Shunday qilib, bir-biriga o'xshash sifatidagi kuch modeldagi kuch o'lchovidan kelib chiqib bashorat qilinishi mumkin. Biroq faqatgina modeldagi suyuqlik va gazlarning bir-biriga o'xshash sifatida Reynol'ds raqami bilan teng harakatanayotgan bo'lsa. Ya'ni R_p quyidagicha bashorat qilinishi mumkin:

$$R_p = \frac{\rho_p g_p^2 l_p^2}{\rho_m g_m^2 l_m^2} R_m$$

Biroq ushbu shart bilan

$$g_p = \frac{\rho_m g_p l_m}{\rho_p \mu_m l_p} g_m$$

Bu holda model va bir-biriga o'xshash sifatidagi dinamik harakatlar bir xil bo'la oladi. Rasman bu tenglamaning o'ng tomonidagi nazorat qiluvchi o'lchamsiz guruh model va bir-biriga o'xshash sifati uchun bir xil bo'lganidagina amalga oshishi mumkin. Bu holda nazorat qiluvchi o'lchamsiz guruh Reynol'ds raqami bo'ladi.

8.2. Dinamik jihatdan o'xshash modellar

8.2.1-misoli; Diametri 2 m va uzunligi 10 m ni tashkil etuvchi suv osti raketasi kuchlarni aniqlash uchun suv tunellarida haqiqiy bir-biriga o'xshash sifatida sinovdan o'tkazilmoqda.

Foydalanilayotgan model 1/20 shkalada. Agar bir-biriga o'xshash sifatida raketaning tezligi maksimal sekundiga 10 m ni tashkil etsa, tuneldagi dinamik o'xshashlikka erishish uchun suvning tezligi qanday bo'lishi kerak?

Dinamik o'xshashlik bo'lishi uchun model va bir-biriga o'xshash sifatining Reynol'ds raqamlari bilan

$$\text{Re}_m = \text{Re}_p$$
$$\left(\frac{\rho g d}{\mu} \right)_m = \left(\frac{\rho g d}{\mu} \right)_p$$

ga teng bo'lishi kerak.

Shu tarzda model tezligi quyidagicha bo'lishi kerak:

$$g_m = g_p \frac{\rho_p d_p \mu_m}{\rho_m d_m \mu_m}$$

bir-biriga o'xshash sifati ham model ham suvda bo'lganliklari sababli $\mu_m = \mu_p$ yki $\rho_m = \rho_p$ quyidagicha bo'ladilar:

$$g_m = g_p \frac{d_p}{d_m} = 10 \frac{1}{1/20} = 200 \text{ m/s.}$$

Bu judayam katta tezlik ekanligiga e'tibor berishimiz kerak. Bu nega model testlari doimo Reynol'ds raqamlariga teng bo'lmasligining sabablaridan biri hisoblanadi. Agar Reynol'ds raqami katta bo'lsa ko'p hollarda ekvivalentlik talabining sustlashishi mumkin bo'ladi.

Bu misolda aerodinamik quvurlardan foydalanish imkoni mavjud. Agar bu holiar uchraganida, yuqorida keltirilgan misollarda ρ va μ munosabatlari uchun kerakli belgini olish kerak bo'ladi.

8.2.2 – misoli; Samalyot modeli 1/10 masshtabida qurilgan bo'lib, atmosfera bosimi 20 martaga teng bo'lgan aerodinamik quvurda sinalishi kerak. Samalyot soatiga 500 km tezlikda uchadi.

Model va bir-biriga o'xshash sifati o'rtasida dinamik o'xshashlik yuzaga keltirish uchun aerodinamik quvvur qanday tezlikda ishlashi kerak?

Agar modelning qarshilik ko'rsatish o'lchovi 337,5 N ga teng bo'lsa samalyotning qarshilik ko'rsatish darajasi qanday bo'ladi?

Oldinroq biz havoda harakatlanayotgan jismdagi qarshilik tenglamasini olgan edik:

$$R = \rho g^2 l^2 \varphi \left(\frac{\rho g l}{\mu} \right) = \rho g^2 l^2 \varphi(Re)$$

$Re_m = Re_p$ larning dinamik o'xshashliklari uchun quyidagicha:

$$g_m = g_p \frac{\rho_p d_p \mu_m}{\rho_m d_m \mu_p}$$

μ Kattaligi bosim bilan katta o'zgarishga ega bo'lmaydi, shuning uchun $\mu_m = \mu_p$ bo'ladi.

Ideal gaz tenglamasi $p = \rho RT$. Harorat bir xil bo'lgani sababli modeldagi zichlik quyidagicha olinishi mumkin:

$$\frac{p_m}{p_p} = \frac{\rho_m RT}{\rho_p RT} = \frac{\rho_m}{\rho_p}$$

Shu tarzda model tezligi

$$\frac{20 p_p}{p_p} = \frac{\rho_m}{\rho_p}$$

$$\rho_m = 20 \rho_p$$

$$g_m = g_p \frac{1}{20} \frac{1}{1/10} = 0,5 g_p$$

ga teng bo'ladi. $g_m = 250 \text{ kg/h}$

Kuchlar nisbati

$$\frac{R_m}{R_p} = \frac{(\rho g^2 l^2)_m}{(\rho g^2 l^2)_p}$$

$$\frac{R_m}{R_p} = \frac{20}{1} \frac{(0,5)^2}{1} \frac{(0,1)^2}{1} = 0,05$$

dan joylashgan. Shu tarzda maketlar modeliga qarshilik kuchi quyidagicha bo'ladi.

$$R_p = \frac{1}{0,05} R_m = 20 \cdot 337,5 = 6750 \text{ N}$$

8.3. Erkin sirtli modellar

Daryolar, kanallar va boshqa erkin sirtli suyuqliklarni modellashtirishda tortish kuchi juda ahamiyatli bo'lsada, asosiy boshqaruvchi cheksiz raqam bo'lib Frud raqami ishtirok etadi. Yuqorida keltirilgan harakatga qarshilik formulasi yana bir π guruhini olish uchun g orqali qo'shimcha qarama-qarshi o'zgaruvchilar sifatida olinadi.

Shunday qilib aniqlovchi tenglama quyidagicha bo'ladi:

$$\varphi(R, \rho, g, l, \mu, g) = 0$$

O'lchov tahlili quyidagini beradi:

$$R = \rho g^2 l^2 \varphi\left(\frac{\rho g l}{\mu}, \frac{g^2}{g l}\right)$$

$$R = \rho g^2 l^2 \varphi(\text{Re}, \text{Fn})$$

Umuman olganda bir-biriga o'xshash sifatida juda katta Reynol'ds raqamiga ega bo'ladi va bu holda Re dagi kichkina o'zgarishlar muammoning tabiatiga kuchli ta'sir ko'rsatmaydi. Afsuski ba'zi hollarda modellar shunchalar kichkina ammo Reynol'ds raqamlari esa shunchalar katta bo'lganlarida yopishqoqlik ta'siri kuchga kiradi. To'g'ri natijalarga erishish uchun bu kabi vaziyatlarni bartaraf qilish kerak bo'ladi. Bu muammoni hal qilish model o'lchamini kattalashtirish, yoki undan ham qiyinroq yo'l ya'ni Re ni kichraytirish uchun suyuqlikni o'zgartirish (ya'ni suyuqlikning yopishqoqlik darajasini o'zgartirish) orqali amalga oshishi mumkin.

8.4. Daryolar va oqimchalar modellarida geometrik buzilishlar

Daryolar va oqimchalar modellari qurilib bo'lganlarida, juda ko'p muammolar hal etilgan bo'lardilar. Model uchun mos shkalani topish va shu bilan birga geometrik o'xshashlikni saqlab qolish juda murakkab hisoblanadi.

Kerakli oqim chuqurligiga ega bo'lgan model odatda juda katta bo'lib, ko'p joyni egallaydi. O'lchamlarni kichraytirib, geometrik o'xshashlikni saqlab qolish esa yopishqoqlik kuchi ishga kirganida juda kachik chuqurlikni beradi. Bu esa quyidagi muammolarga olib keladi:

1. Chuqurlik va chuqurlik o'zgarishlarini aniq kattaliklari o'lchash uchun murakkablik tug'diradilar.

2. Kanal yuzasining juda dag'allik darajasi deyarli past bo'lib qoladi.

3. Laminar oqim yakunlanishi mumkin (turbulent oqim esa daryo gidravlikasida normal bo'ladi).

Ushbu muammolarni hal etishda amalga oshiriladigan ishlar odatda gorizontaal va vertikal tekisliklarda turli shkalalarni olish orqali aniq geometrik o'xshashliklardan voz kechishdan iboratdir. Vertikal tekislik uchun $1/100$ va gorizontaal tekislik uchun $1/200$ hamda $1/500$ o'rtasidagi shkalalar tashkil etadi.

Oqimning qoniqarli umumiy misollari va suv sarflanishi tavsiflari shu uslub orqali keltirib chiqilishlari mumkin, biroq oqimning lokal detallari modellashtirila olmaydilar.

Ushbu modellarda Frud raqami (u^2/d) dominant o'lchovsiz raqam sifatida foydalaniladi. Frud raqamlarida bir-biriga o'xshash sifatida va model o'rtasida ekvivalentlikka erishish mumkin (xatto noto'g'ri modellar uchun ham). Dag'allik muammolari uchun ham to'g'ri keladi.

8.5. Gidromashinalar nasoslar, gidrodvigatellar va kompressorlar

Gidromashinalar – mexanik harakatni suyuqlikning harakatiga yoki suyuqlikning harakatini mexanik harakatga aylantirib beruvchi qurilmalardir.

Gidromashinalar texnikaning suyuqlik bilan ishlaydigan turli qismlarida keng qo'llaniladi.

Nasoslar va gidrodvigatellar gidromashinalarning shunday turlariga kiradiki, ularda suyuqlik energiya qabul qilib oluvchi yoki energiya bilan taminlovchi ish jismi vazifasini bajaradi.

Nasos deganimizda suyuqlikka energiya beruvchi mashina deb tushuni-shimiz lozim, ya'ni suyuqlikni suv, benzin, moylar va boshqa suyuqliklarni bir joydan ikkinchi joyga (chuqurlikdan tortish, yuqoriga ko'tarish) uzatish, ular yordamida boshqa jismlarni ko'chirish, tashish uchun ishlatiladi. Ya'ni suyuqliklar nasos orqali o'tganida ularning energiyasi ortadi. Bu energiya yordamida suyuqlik ustida aytilgan ishlarni bajarish mumkin bo'ladi. Nasoslarga teskari ish bajaruvchi, ya'ni suyuqlikdan energiya olib uni harakat ko'rinishida boshqa mexanizmlarga uzatuvchi mashinalar *gidrodvigatellar* deyiladi. Gidrodvigateldan suyuqlik o'tganda energiya kamayadi. Bu kamaygan energiya hisobiga gidrodvigatelning ish qismi harakatga kelib, bu harakat boshqa mexanizmga beriladi va biror ish bajariladi. Suvning energiyasini elektr energiyasiga aylantirishda ishlatiladigan gidrodvigatellar *turbinalar* deb ataladi. Bu mashinalar juda katta miqdordagi energiyani qabul qilib va uni harakatga aylantirib generatorga berishi bilan farq qiladi.

Gidrotexnika, energetika tog' sanoati va boshqa sohalarida nasoslar va gidrodvigatellar juda ko'p qo'llaniladi. Ulardan nasos stansiyalari va elektrostansiyalar tashkil qilinadi. Bu stansiyalarda bir necha nasos yoki gidrodvigatellar birga ishlatiladi.

8.6. Nasoslarni guruhlash

Nasoslar ishlash prinsipiga qarab ikki gruppaga bo'linadi:

1. Dinamik nasoslar: ularda suyuqlik gidrodinamik kuchlar ta'sirida siljiriladi. Bu gruppaga parrakli (markazdan qochirma, diagonal, o'qiy) va uyurmali nasoslar kiradi.

2. Hajmiy nasoslar: ularda suyuqlik ish kamerasining hajmi davriy ravishda o'zgarishi hisobiga siljiriladi. Bu gruppaga porshenli, plunjerli, shesternyali, vintli nasoslar kiradi.

Markazdan qochma va o'qiy nasoslar eng ko'p ishlatiladi. Har xil modifikatsiyalardagi, markazdan qochirma nasoslardan xalq xo'jaligining deyarli barcha sohalarida foydalaniladi. Bu hil nasoslardan yerlarni sug'orish, zax qochirish ishlarida, suv bilan ta'minlashda mashinasozlikda foydalaniladi.

O'qiy nasoslar, asosan, sug'orishda, hajmiy nasoslar traktorlar, avtomobillar va qishloq xo'jaligi mashinalarining gidrosistemalarida asosan (shesternyalilari), porshenli (plunjerli) nasoslar mashinasozlikda va neft mahsulotlarini bir joydan ikkinchi joyga tortishda, uyurmali nasoslar esa fermalarni suv bilan ta'minlashda ishlatiladi.

Nasoslarni yana suyuqlikka berilgan energiya turiga qarab ham guruhlash mumkin. Nasosdan o'tayotgan suyuqlikka berilgan energiya uch xil bo'lishi mumkin: Holat energiyasi Z , bosim energiyasi (p/γ), kinetik energiya ($v^2/2g$).

Faqat holat energiyasi beruvchi mashinalar suv ko'targichlar deyiladi. Bu guruhga suv ko'tarish uchun ishlatiladigan barcha qurilmalar: charxpalak, chig'ir, Arximed vinti va boshqalar kiradi. Zamonaviy qurilmalardan bu guruhga kiradiganlari qatoriga kam debitli kam sarfli quduqlardan neft chiqaruvchi tortish qurilmalari, chuqur quduqlardan gaz va havo yordamida suyuqlik (suv, neft) ko'taruvchi ko'targichlar kiradi.

Ikkinchi guruhga (bosim energiyasi beruvchi) suyuqlikka bosimni orttirish yo'li bilan energiya beruvchi nasoslar kiradi. Suyuqlikni porshen bosimi (porshenli nasoslar), aylanuvchi qismlar (rotorli nasoslar), siqilgan havo, gaz yoki bug' (pnevmatik suv ko'targichlar va h. k.) yordamida siqib chiqarish mumkin.

Uchinchi guruh nasoslarda suyuqlikka kinetik energiya ($v^2/2g$) berilib, so'ngra u bosim energiyasiga aylantiriladi. Bularga kurakli (markazdan qochma, parrakli, o'qiy) nasoslar kiradi. Ikkinchidan, oqimchali nasoslar (ejektorlar, injektorlar, gidravlik elevatorlar) kiradi (ularda suyuqlikka energiya beruvchi boshqa suyuqlik gaz yoki bug'dir).

8.7. Dinamik va hajmiy nasoslarning ishlash prinsiplari

Biz yuqorida nasoslarni ikki guruhga bo'lgan edik, ya'ni nasoslarda su-yuqlik qaysi tipdagi kuchlardan (dinamik kuchlar yoki statik kuchlar) foydalanib so'rilishiga qarab, ular dinamik yoki hajmiy nasoslarga bo'linadi, degan edik.

Dinamik nasoslar o'zidan o'tqazayotgan suyuqlikning kinetik energiyasini orttiradi, so'ngra bu energiyaning ko'proq qismini bosim energiyasi (potensial, energiya)ga aylantiradi. Suyuqlikka dinamik nasoslar yordamida kinetik energiya berish ikki bosqichda amalga oshiriladi. Birinchidan, nasosning g'ildiragiga kirishdan oldin

suyuqlikning bosimi siyraklanadi, siyraklanish bosimi bilan ta'minlovchi idishdagi bosimlar farqi hisobiga suyuqlikning kinetik energiyasi ortadi.

Ikkinchidan ish g'ildiragida (ish kamerasida) mexanik harakat yordamida kinetik energiya beriladi. Kurakli nasoslarda yuqori tezlik bilan aylanayotgan ish g'ildiragi suyuqlikni aylanma harakat qildiradi, natijada suyuqlikning tezligi avvalo aylanma harakat hisobiga ortadi. Aylanma harakat qilayotgan suyuqlikka albatta markazdan qochma kuch ta'sir qilib, uning markazdan qochma tezligini oshiradi. Yuqorida aytganlarimizga asosan suyuqlikning tezligi oshadi.

Markazdan qochma kuch ta'sirida suyuqlik nasos korpusiga borib taqalishi (markazdan qochma tezlikning kamayishi) natijasida potentsial energiya (bosim) ham qisman ortadi, lekin bu nasoslarda suyuqlikka asosan kinetik energiya beriladi. Suyuqligimiz nasosdan chiqishda esa avval spiral yo'l yoki yo'naltiruvchi apparat yordamida, so'ngra esa diffuzor yordamida suyuqlikning kesimini oshirib boradi. Natijada suyuqligimiz olgan kinetik energiyaning ko'pchilik qismi potentsial energiyaga aylanadi. Suyuqlikning olgan kinetik energiyasi uni inertsia bo'yicha harakat qildiradi. Potentsial energiyadan zaruratga qarab turli maqsadlarda foydalaniladi. (Masalan, so'rilgan suyuqlikni transport qilish, boshqa biror mexanizmi gidrodvigatellar yordamida harakatga keltirish va hokazo).

Hajmiy nasoslarda esa nasosdan o'tayotgan suyuqlikka potentsial energiya ish bo'lmasing o'zida berilgani uchun dinamik nasoslardagi kabi uning chiqishida ham maxsus qurilmalar qo'llashga hojat qolmaydi.

Bu ish porshenli nasoslarda porshenni ilgari lama-qaytma harakat qildiruvchi kuchi yordamida avval ish bo'lmasing hajmini oshirib, suyuqlikni so'rilish klapani orqali bo'lmaga kiritgan, so'ngra suyuqlikni hajmini kamaytirish hisobiga haydash klapan orqali siqib chiqarish yo'li bilan amalga oshiriladi.

Bu prinsip rotorli nasoslarda ham qo'llaniladi.

Plastinkali (shiberli) nasoslarda esa suyuqlikka potentsial energiya berish hajmi kamayib boruvchi bo'lmada ikki tomonidan plastinkalar bilan chegaralangan hajmning avval bo'lmanning tor qismidan keng qismiga so'ngra keng qismidan tor qismiga aylanma harakat yordamida haydash bo'lmachasiga keltirilib tushurish yo'li bilan amalga oshiriladi.

Ikki plastinka bilan chegaralangan hajm bo'limining tor qismidan siljiganda esa haydash jarayoni vujudga keladi.

Shesternali va vintli nasoslarda bu ish so'rish bo'lmachasidagi suyuqlik bilan ikki tomonidan (shesternya tishlari, vintning bo'rtmalari bilan) chegaralangan hajmni to'ldirish va katta aylanma tezlik yordamida haydash bo'lmachasiga keltirib tushirish yo'li bilan amalga oshiriladi.

Bunda suyuqlik haydash bo'lmachasi bir shesternya yoki vintdag i chegaralangan hajmga ikkinchi, shesternaning tishi yoki vintdagi bo'rtmasi siqilib kirishi natijasida suyuqlik siqib chiqariladi. Bo'shagan hajm esa so'rish bo'lmachasida yana suyuqlikka to'ldiriladi.

8.8. Nasoslarning asosiy parametrlari

Nasoslar ishini xarakterlaydigan asosiy parametrlari yoki ko'rsatkichlari quyidagilardan iborat. Nasosning so'rish (Q) ya'ni suv sarfi, hosil qiladigan bosimi yoki nabori (H), quvvati (N), foydali ish koeffitsienti (η) va nasos vali yoki ish sildiragining aylanishlari soni (n) kiradi.

1. Uzatish (ish unumi, suv sarfi) – nasos vaqt birligida uzatgan suyuqlik miqdori. Suyuqlik uzatish ikki xil bo'ladi: hajmiy uzatilish – Q l/s; m^3/s ; $m^3/soat$ hisobida o'lchanadi va vazniy uzatilish – kg/s , t/s ; $t/soat$ hisobida o'lchanadi.

2. Bosim (nabor) – bir kg suyuqlikning nasos orqali so'rib olish patrubogidan haydash patrubogigacha o'tishida olgan energiyasi; u bir joydan ikkinchi joyga tortilayotgan (so'rilayotgan) suyuqlikning m hisobidagi ustuni bilan ifodalanadi. Markazdan qochma nasoslarning sarfi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$Q = \omega_1 (\pi d_1 - \delta z) b_1 \sin \beta_1 \text{ yoki}$$

$$Q = \omega_2 (\pi d_2 - \delta z) b_2 \sin \beta_2. \quad (8.8.1)$$

bu yerda: ω_1, ω_2 – ish g'ildiragiga kirish va chiqishdagi nisbiy tezliklar; d_1, d_2 ish sildiragining ichki va tashqi diametrlari; δ – nasos kuraklarining qalinligi; Z – kuraklar soni; b_1, b_2 – kuraklarning kirish va chiqishdagi eni; β_1, β_2 – kuraklarning kirish va chiqishdagi egrilik burchaklari.

Bosim (nabor) ikki xil usulda aniqlanadi:

1. Nasos ishlab – turganda asboblarning; vakkummetr va monometrning ko'rsatishlari yig'indisidan;

$$H = V + M \quad (8.8.2)$$

2. Loyihalashda – suv olinadigan joydagi suv sathidan suv qabul kamerasidagi suv sathigacha vertikal bo'ylab o'lchangan suvning, ko'tarilishining geometrik (geodezik) balandligi H_1 bilan sistemadagi (so'ruvchi va bosim truboprovodidagi gidravlik qarshiliklar (bosimning kamayishi) ning yig'indisi sifatida aniqlanadi;

$$H = H_r + \sum h_w \quad (8.8.3)$$

Bosimni (naporni) o'lchash birinchi usuli ya'ni nasos ishlab turganda quyidagicha hisoblanadi:

$$E_1 = h_c + Z + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} \quad (8.8.4)$$

bu yerda h_c , p , v – so'rish balandligi, bosimi va tezligi. So'ngra nasosdan chiqishdagi energiyani hisoblanadi.

Bu yerda Z – kirishdagi vakuummeter bilan chiqishdagi monometrlar o'rnatilgan sathlar farqi; p_x, v_x – haydash bosimi va tezligi.

Oxirida chiqish va kirishdan solishtirma energiyalar farqini hisoblab, nasosdan o'tayotganda suyuqlik olgan energiya topiladi. Bu farq nasosning bosimiga teng bo'ladi.

$$\begin{aligned} H = E_1 - E_2 &= (h_c + H_0 + \frac{p_x}{\gamma} + \frac{V_x^2}{2g}) - (h_c + \frac{p_c}{\gamma} + \frac{V_c^2}{2g}) = \\ &= h_c + \frac{p_x - p_c}{\gamma} + \frac{V_x^2 - V_c^2}{2g} \end{aligned} \quad (8.8.5)$$

Bu yerda H_0 – kirishdagi vakuummeter bilan chiqishdagi monometrik o'rnatilgan sathlar farqi.

So'rish bosimini vakkumetr ko'rsatkichi bo'yicha aniqlash mumkin.

$$P_c = P_a - P_{vak}$$

Haydash bosimini monometr ko'rsatishidan aniqlanadi.

$$P_x = P_d + P_m$$

Yuqoridagi munosabatlardan foydalanib va vakuummetrni hamda monometrik bosimlarni tegishli bosim miqdorlari orqali ifodalab

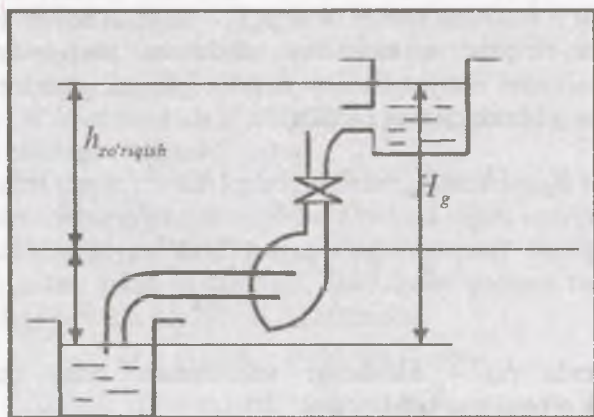
$$h_{\text{vak}} = \frac{p_{\text{vak}}}{\gamma}, h_{\text{mano}} = \frac{p_{\text{mano}}}{\gamma},$$

Nasosning bosimi uchun quyidagi munosabatni olamiz:

$$H = h_{\text{mano}} + h_{\text{vak}} + Z + \frac{v_z^2 - v_c^2}{2g} \quad (8.8.6)$$

Ko'pincha tezlik bosimlarining ayirmasi kichik miqdor bo'lganligi uchun ularni amaliy hisoblashlarda e'tiborga olinmaydi. Nasos pastki idishdan r_0 bosimli suyuqlikni so'rib, yuqoridagi R_1 bosimli idishga chiqarib bersin.

Nasos o'qining pastki sathidan balandligi $h_{\text{so'rish}}$ geometrik so'rish balandligi deyiladi va bu balandlikkacha suyuqlik harakat qilayotgan truba so'rish trubasi deyiladi. Suyuqlikning yuqori sathining balandligi $h_{\text{zo'rqlash}}$ geometrik balandligi (napornaya) deyiladi va suyuqlikni bu balandlikka ko'tarishda qatnashuvchi truba haydash (nagnetatelnaya yoki napornaya) trubasi deyiladi.



3.3.1-rasm. Nasosni o'rnatish sxemasi.

1-nasos; 2-so'ruvchi truboprovod; 3-bosim truboprovodi; 4-zadvijka.

Bosimni (naporni) o'lchashning ikkinchi usuli (ya'ni loyihlashda) u quyidaicha xisoblanadi.

Avval ta'minlovchi idishdagi suyuqlik sathidan kesim (I-I) va nasosga kirishdagi kesim (2-2) uchun Bernulli tenglamasi yoziladi.

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_c \quad (8.8.7)$$

Nasosning bosimi V-vakuummetr va M-monometr asboblariida o'lganadi.

Keyin nasosdan chiqishdagi kesim (III-III) va suyuqlikning eng yuqori ko'tarilgan sathidan kesim (IV-IV) uchun Bernulli tenglamasi yoziladi.

$$Z_3 + \frac{p_3}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g} = Z_4 + \frac{p_4}{\gamma} + \frac{v_4^2}{2g} + h_x \quad (8.8.8)$$

Bu yerda: Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 - tegishli kesimlarning geometrik balandligi. h_c, h_t - so'rish va haydash trubalaridagi gidravlik qarshiliklar.

Eng yuqori kesim (IV-IV) qabul qiluvchi idishdagi suyuqlik sathi desak idishlarning kesimi trubalar kesimiga qaraganda katta bo'lgani uchun V_1 va V_4 larni V_s va V_x larga so'rish va haydashlarga nisbatan kichik miqdor deb tashlab yuboramiz. Oxirgi ikki tenglamaga $Z_2 - Z_1 = H_1$, $Z_4 - Z_3 = H_2$ belgilashlarni kiritib ulardan so'rish va haydash bosimlarini topamiz.

$$\frac{p_{so'r}}{\gamma} = \frac{p_1}{\gamma} - H_1 - \frac{v_{so'r}^2}{2g} - h_c \quad \frac{p_{2\ hay}}{\gamma} = \frac{p_4}{\gamma} + H_2 - \frac{v_{hay}^2}{2g} + h_{hay} \quad (8.8.9)$$

Olingan miqdorlarni yuqoridagi (4) tenglamaga qo'yib ushbu tenglikni hosil qilamiz.

$$H = \frac{p_4 - p_1}{\gamma} + Z + H_2 + H_1 + h_{so'r} + h_{hay}$$

$$Z + H_2 = h_{hay}, \quad H_1 = h_{so'rish}, \quad \text{bunga asosan}$$

$$Z + H_2 + H_1 = h_{so'r} + h_{hay} = H_{st}$$

Ta'minlovchi va qabul qiluvchi idishlardagi suyuqlik erkin sirtidagi bosim odatda atmosfera bosimiga teng bo'ladi. Shunga asosan bosim uchun yozilgan oxirgi tenglama quyidagi ko'rinishga keladi.

$$H = H_{st} + \sum h_w \quad (8.8.10)$$

Bu yerda H_{st} - statik balandlik; $-$ so'ruvchi va besim trubaprovoddagi gidravlik qarshiliklarga sarflangan bosim.

Quvvat N - nasosning vaqt birligida bajargan ishi uning quvvati deyiladi. quvvat kgm/s , o.k., kvt quvvatni o'lchash birligi qilib qabul

Bu yerda N_{indik} – nasosning indikator quvvati bo'lib, nasos validagi quvvat va mexanik yo'qotishlarga sarflangan quvvatlarning ayirmasiga teng.

Hajmiy yo'qotishlar – nasosdagi zichlagichlar, klapanlar orqali suyuqlikning sirqib ketishi va nasos kamerasing yetarli to'ldirmasligi natijasida sodir bo'ladi.

η_{hajmiy} FIK quyidagicha ifodalanadi.

$$\eta_{haj} = \frac{Q}{Q + \Delta Q} \quad (8.8.18)$$

Bu yerda ΔQ – suyuqlikning nasosdagi hajmiy yo'qotishlari.

Zamonaviy nasoslarda sizib chiqishni maksimal qiymati 5% dan oshmaydi

tezkorlik koeffitsienti n_s – ga bog'liq xolda η_x – ni aniqlash uchun quyidagi qiymatlar tavsiya etiladi.

n_s	60	80	100	120	140	160	180	200
η_x	0,955	0,963	0,697	0,972	0,976	0,977	0,978	0,980

Lomakin A. A. markazdan qochma nasosni hajmiy FIK ni aniqlash uchun quyidagi formulani taklif etadi.

$$\eta_0 = \frac{1}{1 + 0,68n_s^{-2/3}} \quad (8.8.19)$$

Nazorat savollari

1. Nasos nima?
2. Gidrodvigatel nima?
3. So'rish balandligi nima?
4. Haydash balandligi nima?
5. Dinamik nasoslarga nimalar kiradi?
6. Hajmiy nasoslarga qaysi nasoslar kiradi?
7. Quvvat nima?
8. Sarf nima?
9. Foydalanish koeffisienti nima?

8.9. Markazdan qochma nasoslar

Markazdan qochma nasoslarning ishlashi quyidagicha bo'ladi, ya'ni nasos kamerasiga markazdan qochma kuch ta'sirida suyuqlikning kelishi natijasida bosim ortib, suyuqlik nasos kamerasidan haydash trubasiga ko'tariladi.

Markazdan qochma nasoslarning asosiy qismlari korpus, valga o'rnatilgan aylanuvchi ish g'ildiraklari bo'lib, valga bir yoki bir necha ish g'ildiragi o'rnatish mumkin.

Agar valga o'rnatilgan aylanuvchi ish g'ildiragi bitta bo'lsa, bir g'ildirakli yoki bir bosqichli deyiladi. Agar valga aylanuvchi ish g'ildiraklar bir nechta o'rnatilgan bo'lsa, ko'p bosqichli deyiladi.

Nasosda ish g'ildiraklarining oshishi bosimning oshishiga olib keladi. Markazdan qochma nasoslarda hosil bo'lgan bosim ish g'ildiragining aylanishi tezligiga bog'liq.

Bir bosqichli markazdan qochma nasoslar kichik bosimli nasoslar gruppasiga mansub bo'lib, bosimni oshirish uchun valga bir necha ish g'ildiragi o'rnatiladi.

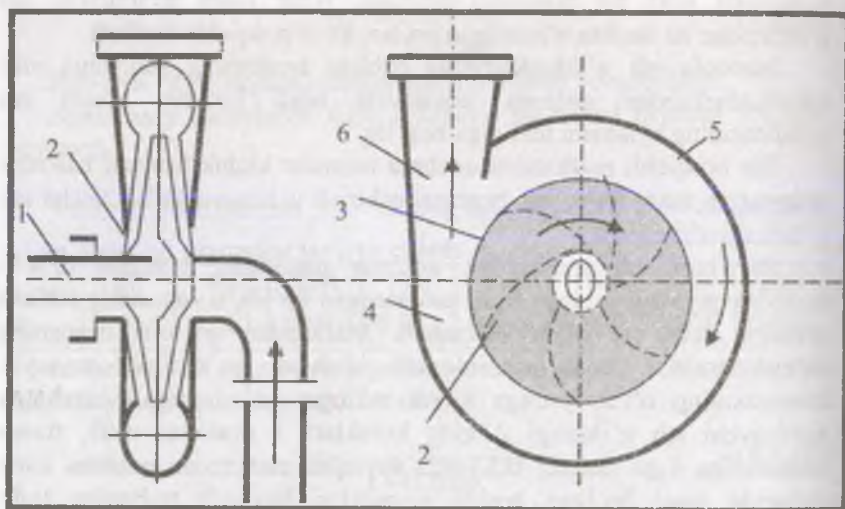
Bir bosqichli markazdan qochma nasosning tuzilishi (3.4.1-rasmda) quyidagi sxema orqali tasvirlangan bo'lib, u nasosning ishlash prinsipi shartli ravishda ko'rsatadi. Markazdan qochma nasosning so'rish trubasi orqali ta'minlovchi idishdan ko'tarilgan suyuqlik kamerasing o'rta qismiga kiradi, so'ngra val 1 orqali harakatga keltiruvchi ish g'ildiragi 2 ning kuraklari 3 orasidan o'tib, nasos kamerasiga 4 ga tushadi. Bu yerda suyuqlik markazdan qochma kuch ta'sirida hosil bo'lgan bosim suyuqlikni haydash trubasiga siqib chiqaradi.

Suyuqlikning ish g'ildiragidagi harakati juda murakkabdir. Suyuqlikning xaydash trubasida ma'lum miqdordagi tezlik bilan ta'minlanishi uchun o'tkazuvchi kamera yo'naltiruvchi apparat 5 va diffuzor 6 kabi maxsus moslamalardan foydalaniladi.

Suyuqlikning nasosga so'rilishi qabul qiluvchi idishdagi suyuqlik sathiga ta'sir qiluvchi bosim bilan so'rish trubasidagi siyraklanish bosimi orasidagi farq hisobiga amalga oshadi. Yuqoridagi aytilgan bosimlar farqi so'rilish balandligi, so'rish trubasidagi qarshiliklar va suyuqlikka tezlik berishga sarf bo'ladi. Bu tezlik suyuqlikning kameraga va so'ngra parraklar orasidagi kanalga kirishiga yordam beradi.

Nasosning so'rish yo'li – korpusning so'rish trubasidan ish g'ildiragiga o'tishdagi kanalidir. Spiral yo'l – suyuqlikning nasosdan chiqish kanali spiral kamera yoki yo'naltiruvchi apparat ko'rinishida bo'ladi.

Ish g'ildiragidan chiqqan suyuqlik zarrachasi spiral kameraning biror qismiga kirgandan keyin radius bo'yicha harakatlanishini davom ettirish bilan birga, aylanma harakat qilib chiqish tomonga intiladi va o'zidan keyin kelayotgan suyuqlik zarrachasiga o'z o'rnini bo'shatib beradi.



3.4.1-rasm . Markazdan qochma nasos sxemasi.

Yo'naltiruvchi apparat – yo'naltiruvchi apparat ish g'ildiragidan chiqqan suyuqlikning radius bo'yicha kengayib borishi davomida aylana bo'yicha ham kesimning ortib borishiga majbur qiladi. Natijada apparatdan o'tish davomida tezlik kamayib boradi.

Yo'naltiruvchi apparatning vazifasi ish g'ildiragidan chiqqan suyuqlikning haydash trubasiga kirishini osonlashtirishdir.

8.10. Nasos va turbinalar uchun eyler tenglamasi

Markazda qochma, nasos uchun 1755-yil L.Eyler kashf qilgan va bu tenglama kurakli mashinalar nazariyasida asosiy tenglama deb tan olingan va keyinchalik u trubinalar va boshqa turdagi kurakli mashinalarda ham qo'llanila boshlandi. Eyler tomonidan kashf qilingan tenglama nasos ish g'ildiragining geometrik va kinematik xarakteristikalarini nasos hosil qilgan bosim bilan bog'lagan. Bu tenglama quyidagi ikki masalani hal qilishga yordam beradi.

1). Berilgan sarf va hosil qilinish kerak bo'lgan bosim bo'yicha ish g'ildiraklar soni va uning o'lchamlarini topish

2). Berilgan ish g'ildiragi va valning aylanish soni bo'yicha hosil bo'ladigan bosimni hisoblash.

Tenglamani chiqarishda.

1). Kuraklarning chekliligi hisobga olinmaydi.

2). Kuraklar orasidagi barcha kanaldan oqayotgan suyuqliklar bir xil sharoitda oqadi deb qaraladi.

Tenglamani chiqarish uchun markazdan qochma nasos ish g'ildiragi hosil qilgan bosimni hisoblaylik(8.10.1-rasm). Suyuqlik so'rish trubasidan kanalga S_1 tezlik bilan keladi. Kirishdagi tezlik S_1 kattaligi va yo'qolishi bo'yicha kanalning boshlanishidagi absolyut tezlikka ya'ni aylanma tezlik U_1 va kurakka nisbatan tezlik w_1 lardan tuzilgan parallelogramm diogonaliga teng. Kanaldan chiqishda suyuqlikning absolyut tezligi S_2 aylanma tezlik U_2 nisbiy tezlik w_2 bo'ladi. R_1 bilan kanalga kirishda bosim kanaldan chiqishdagi bosimni R_2 deb olsak u holda kanalning kirish va chiqish kesimlari uchun Bernulli tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\omega_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\omega_2^2}{2g} - H_k - h_{1-2} \quad (8.10.1)$$

Bu yerda h_{1-2} - kirish va chiqish kesimlar orasidagi gidravlik yo'qotish. H_k - kanaldagi harakat vaqtida markazdan qochma kuch hisobiga bosimning ortishi.

Eslatma:

H_k ni energetik nuqtiaiyi nazardan qarasak H_k - markazdan qochma kuch hisobiga hosil bo'lgan energiyani bildiradi. Bu energiya kinetik energiyaning ko'p ortib potensial energiyaning kam ortishi yoki potensial energiya ko'p ortib kinetik energiya kam ortishi ko'rinishida

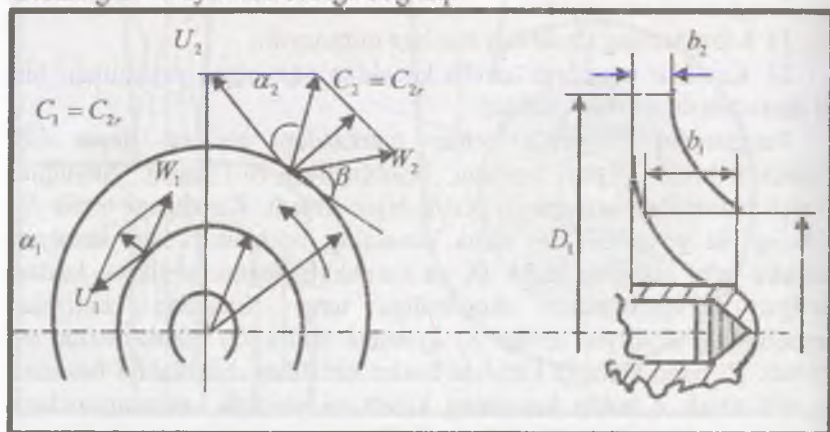
namoyon bo'ladi. Kinetik energiyani ko'p o'tirish ish g'ildiragini aktiv, potensial energiyani ko'p o'tirish reaktiv deyiladi.

Bunday nomlanish turbinalarda ko'proq qo'llaniladi (aktiv va reaktiv turbinalar).

Aktivlikning chegarasi $P_1 = P_2$ tenglikning bajarilishining reaktivlikning chegarasi $\frac{C_1^2}{2g} + \frac{C_2^2}{2g}$ - ning bajarilishi bilan baholanadi.

Bu yerda U_1 va U_2 - kirish va chiqishdagi aylanma tezlik, W_1 va W_2 - nisbiy tezlik, ω - burchak tezligi, C_1 , C_2 - kirish va chiqishdagi absolyut tezlik

Aylanma tezlik U nasos g'ildiragining diametrining katta kichikligini va aylanish soniga bog'liq.



8.10.1-rasm . Nazariy bosimga doir chizma .

Nasosdagi so'rilish qabul qiluvchi, idishdagi suyuqlik sathiga ta'sir qiluvchi bosim bilan so'rish trubasidagi siyraklanish bosimi orasidagi farq hisobiga amalga oshadi. Aytilgan bosimlar farqi so'rilish balandligini, so'rish trubasidagi qarshiliklar va suyuqlikga tezlik berishga sarf bo'ladi. Bu tezlik suyuqlikning kameraga va so'ngra parraklar orasidagi kanalga kirishiga yordam beradi .

Eslatma:

Ta'minlovchi idish bilan so'rish trubasidagi bosimlar farqi so'rilayotgan suyuqlik bug'lari bosimidan kam bo'lmasligi kerak .

Haydash balandligi markazdan qochma nasos yengishi mumkin bo'lgan eng yuqori balandlik bo'lib, g'ildirakning tashqi aylanmasidagi tezlik qancha katta bo'lsa, u ham shuncha katta bo'ladi.

Absolyut tezlik U bu $C=U+W$ ya'ni aylanma tezlik bilan nisbiy tezlik geometrik yig'indisiga teng. U ning yo'nalishi aylanaga urunma yo'nalishda yo'nalgan (8.10.1-rasmga qarang) nisbiy vektor tezligimiz ishchi parrak sirtiga urunma yo'nalishida yo'nalgan.

Markazdan qochma kuch hosil qilgan energiya uning r_2-r_1 masofada bajargan solishtirma ishga teng bo'ladi. Ish g'ildiragining burchak tezligi ω deb belgilab olsak, u xolda og'irligi (G), massasi (m) bo'lgan suyuqlik zarrachasiga ta'sir qiluvchi markazdan qochma kuch $m\omega^2 r$ yoki $G/g\omega^2 r$ ga teng bo'ladi. U holda r_2-r_1 masofada bajargan ish

$$A = \int_{r_1}^{r_2} \frac{G}{g} \omega^2 r dr = \frac{G\omega^2}{2g} (r_2^2 - r_1^2) \text{ ga teng bo'ladi. (8.10.2)}$$

Burchak tezligi ω ning radiusi r ga ko'paytmasi aylanma tezlik u ga teng shuning uchun

$$\omega^2 r_2^2 = u_2^2; \omega^2 r_1^2 = u_1^2$$

u xolda

$$A = G \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} \quad (8.10.3)$$

A ni G ga bo'lib kanaldagi harakat vaqtida markazdan qochma kuch hisobigabosimning ortishini topamiz

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

Buni yuqoridagi (11.1) tenglamaga qo'ysak quyidagi tenglikni olamiz.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\omega_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\omega_2^2}{2g} - \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + h_{1-2} \quad (8.10.4)$$

Ishchi g'ildiragiga kirish oldidagi bosim

$$H_1 = Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{c_1^2}{2g}$$

G'ildirakdan chiqish ortidagi bosim

$$H_2 = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{c_2^2}{2g}$$

Kirish va chiqish bosimlari quyidagicha hisoblanadi.

$$H = H_2 - H_1 = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{c_2^2}{2g} + h_{1-2} - (Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{c_1^2}{2g}) \quad (8.10.5)$$

Hadlarni tenglikning ikki tomoniga gruppalasak.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{c_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{c_2^2}{2g} + h_{1-2}H \quad (8.10.6)$$

Endi (11.2) dan (11.3)ni ayirsak unda quyidagini hosil qilamiz.

$$\frac{\omega_1^2}{2g} - \frac{c_1^2}{2g} = \frac{\omega_2^2}{2g} - \frac{c_2^2}{2g} - \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + H \quad (8.10.7)$$

Bu tenglikdan kirish va chiqishdagi bosimlarning farqini topamiz, u quyidagiga teng bo'ladi:

$$H = \frac{\omega_1^2 - \omega_2^2}{2g} + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} \quad (8.10.8)$$

Kirish va chiqishdagi tezlik paralleligidan foydalansak

$$\omega_1^2 = u_1^2 c_1^2 - 2u_1 c_1 \cos \alpha_1$$

$$\omega_2^2 = u_2^2 c_2^2 - 2u_2 c_2 \cos \alpha_2$$

Bularni (8.10.4) ga qo'yib, ba'zi soddalashtirilgandan keyin ushbuni xosil qilamiz.

$$H = \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2 - u_1 c_1 \cos \alpha_1}{g} \quad (8.10.9)$$

Tenglama (8.10.5) kirish va chiqishdagi bosimlar farqi yoki suyuqlikning ish g'ildirigidan olgan bosimi yuqoridagi munosabatlar yordamida aniqlanadi. Tenglama (8.10.5) markazdan qochma mashinalarning asosiy tenglamasi yoki Eyler tenglamasi deyiladi.

Markazdan qochma nasoslarning nazariy sarfi.

Markazdan qochma nasoslarning nazariy sarfini aniqlash uchun quyidagi formuladan foydalanamiz.

$$Q = \omega v$$

Bu yerda ω – oqim ko'ndalang kesim yuzi; C – shu kesimga normal bo'lgan o'rtacha tezlik.

Markazdan qochma nasoslarda ishchi kurakning chiqishdagi ko'ndalang kesim

yuzi silindrning yonbosh sirti kabi ya'ni diametri ishchi kurakning tashqi diametri D_2 deb qabul qilingan va balandligi chiqishdagi eni b_2 u vaqtda $\omega = \pi D_2 b_2$; sirt yuzasiga normal va radius bo'ylab yo'nalishga ega bo'lgan absolyut tezlik S_2 (meridional tezlik)

$$Q_{\text{maz}} = \pi D_2 b_2 C_{2r}$$

$$\text{Meridional tezlik } C_{2r} = C_2 \sin \alpha_2$$

Foydali sarfni (Q) hosil qilish uchun yuqoridagi formula hajmiy foydali koeffisientini η_v va ya'ni suyuqlikning nasosdagi zichlagichlar klapanlar orqali sirqib ketishi va nasos ish kameralarini yetarli to'ldirmasligi natijasida hosil bo'ladigan hajmiy FIK — ga ko'paytirishimiz darkor.

$$Q = Q_H \cdot \eta_v$$

8.11. Nasosning nazariy bosimi. kuraklar egriligining bosimga ta'siri

Yuqorida biz Eyler tenglamasini keltirib chiqargan edik. Va bu tenglama barcha kurakli mashinalar uchun umumiydir. Bizga ma'lumki ish g'ildiragi orasida suyuqlik harakati ancha murakkab shu sababli Eyler tenglamasi yordamida hisoblangan bosim nazariy bosim deyiladi. Eyler tenglamasini nasosga qo'llaganimizda $\alpha_1=90$ deb qabul qilishimiz kerak. Chunki odatda suyuqlik so'rish trubasi so'rilish yo'li orqali o'tib ish g'ildiragi kanaliga radial yo'nalishga kiradi, $\alpha_1=90$ deb olsak nazariy bosim formulasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$H_{\text{naz}} = \frac{U_2 C_2 \cos \alpha_2}{g}. \text{ Yuqoridagi tenglamamiz nasos ish g'ildiragi}$$

suyuqlikga bergan bosimning nazariy tenglamasi yoki markazdan qochma nasoslarning asosiy tenglamasi deb yuritiladi. Bu tenglamada U_2 aylana tezlik $C_2 \cos \alpha_2$, esa absolyut tezlikning aylana tezlik yo'nalishi proeksiya ekanligini nazarda tutmog'imiz lozim.

Tenglamadan ko'rinib turibdiki, U_2 va C_2 faqat bosimga bog'liq bo'lsa nasosdan o'tayotgan suyuqlik miqdoriga bog'liq emas. Tezlik parallelogramidan ko'rinadiki U_2 va C_2 o'rtasida quyidagi munosabat mavjud.

$$C_2 \cos \alpha_2 = U_2 - \omega_2 \cos \beta_2 \quad (8.11.1)$$

Bu tenglikni yuqoridagi tenglamaga qo'ysak, ushbu ko'rinishni hosil qilamiz.

$$H_H = \frac{u_2^2}{2g} \left(1 - \frac{\omega_2^2}{u_2} \cos \beta_2 \right) \quad (8.11.2)$$

Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, H_{naz} – ish g'ildiragi aylanishlar soni kvadratiga proporsional (ya'ni $U_2 = \pi d_2 n$) va kuraklar shakliga bog'liq ekan.

Bunda uchta holni kuzatishimiz mumkin.

1. Kuraklar ish g'ildiragi aylanishi tomoniga egilgan $\beta_2 < 90^\circ$, ya'ni va $\cos \beta_2 > 0$. Bu holda $\left(1 - \frac{\omega_2^2}{U_2} \cos \beta_2 \right)$ bu birdan katta $H_u > \frac{U_2^2}{2g}$

2. Kuraklar ish g'ildiragi aylanishiga teskari egilgan $\beta_2 > 90^\circ$ va $\cos \beta_2 < 0$. Bu holda bu birdan $\left(1 - \frac{\omega_2^2}{U_2} \cos \beta_2 \right)$ kichik $H_u < \frac{U_2^2}{2g}$.

3. Kuraklar radial yo'nalishiga ega ya'ni $\beta_2 = 90^\circ$ va bu holda $\cos \beta_2 = 0$.

$$\left(1 - \frac{\omega_2^2}{U_2} \cos \beta_2 \right); H_u = \frac{U_2^2}{2g}$$

Bulardan quyidagi xulosaga kelamiz.

Nazariy bosimning eng katta qiymati kuraklar ish g'ildiraklari aylanishi tomoniga egilganda bo'lib, eng kichik qiymat teskariga egilganda bo'lar ekan. Lekin, β_2 ning qiymati ortgan sari gidravlik yo'qotishlar ortib, nasosning FIK kamayib ketadi. Shu sababli amaliyotda nasoslarda H_H kam bo'lishiga qaramay, β_2 ni 90° dan kichik qilib olinadi.

Amaliyotda eng ko'p qo'llaniladigan burchaklar 16° dan 40° gacha qiymatlarda olinadi.

β_2 ning kichrayishi albatta ish g'ildiragining, reaktivligini oshiradi.

Bu esa turbinalar nazariyasida qo'l keladi va aylanish sonining ortishiga sabab bo'ladi.

Foydali bosim

Nasos ish g'ildiragidan amalda olinadigan bosim amaliy deyiladi va H_a bilan belgilanadi.

Amaliy bosimning nazariy bosimga nisbati foydali ish koeffisientini beradi.

$$\eta_r = \frac{H_a}{H_H} \quad (8.11.3)$$

Gidravlik FIK 0,8 bilan 0,95 o'rtasida o'zgaradi.

$$H_a = \eta_r H_H = \eta_r \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2}{g} \quad (8.11.4)$$

yoki

$$H_a \eta_r = \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2 - u_1 c_1 \cos \alpha_1}{g} \quad (8.11.5)$$

Eslatma. Bosim tenglamalariga ish g'ildiragidagi kuraklar soni kirmaydi.

Haqiqatda olganimizda kuraklar soniga qarab, ular orasidagi kanal turlicha bo'ladi. Bu holda esa bosimga ta'sir qilmay qolmaydi. Yuqoridagi tenglamamiz kuraklar ko'p holati uchun olingan, chunki u kanallarda oqayotgan suyuqlikning barcha zarralari bir xil traektoriya bo'yicha harakat qilgan holi uchun o'rinlidir.

Kuraklar soni. odatda, 6 tadan 12ta gacha bo'ladi. Yo'naltiruvchi apparat kuraklarning soni ish g'ildiragi kuraklarining soniga teng bo'lmaydi.

Nasosda energiyaning yo'qotilishi. Nasosning foydali ish koeffisienti.

Nasosga berilgan energiya nasosdan olingan energiyaga nisbatan ko'p bo'lib, ularning farqi energiyaning yo'qotilishini ko'rsatadi.

Nasosda energiya yo'qotish uch xil yo'qotishdan tarkib topadi:

Mexanik yo'qotish; 2) Hajmiy yo'qotish ; 3) Hidravlik yo'qotish ;

Mexanik yo'qotish valga berilgan energiya bilan ish g'ildiragi kuraklarining suyuqlikka bergan energiyasining farqini bildiradi.

Mexanik yo'qotishning asosiy turlari podshipnik va salnikda ishqalanish kuchini yengish uchun sarf bo'lgan yo'qotishdan iborat.

Hajmiy yo'qotish nasos so'rayotgan suyuqlikka sarflangan energiya bilan nasosdan chiqayotgan suyuqlik energiyasining farqini bildiradi.

Nasosning hajmiy yo'qotishi chiqarilayotgan suyuqlik miqdorining so'rilayotgan suyuqlik miqdoriga nisbatini ko'rsatuvchi hajmiy FIK bilan baholanadi.

$$\text{Ya'ni: } \eta_A = \frac{Q_{\text{chiq}}}{Q_{\text{so'rish}}}$$

Gidravlik yo'qotish bu so'rish va haydash trubalarida barcha qarshiliklarni yengishga, nasos kuraklarining chekliligi, g'ildirak, kanallarda va boshqalarga sarf bo'lgan energiyani bildiradi.

U quydagicha aniqlanadi, nasosga kirish oldidan o'rnatilgan vakuummetr ko'rsatgan bosim R_{vak} va chiqishda o'rnatilgan manometr ko'rsatgan bosim R_{manom} orqali quyidagicha aniqlanadi.

$$H^1 = \frac{P_{\text{vak}}}{\gamma} + \frac{P_{\text{manometrik}}}{\gamma} + \Delta Z \quad (8.11.6)$$

Bosimlar farqi

$$\Delta H = \left(\frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2}{g} \right) - \left(\frac{P_{\text{vak}}}{\gamma} + \frac{P_{\text{manom}}}{\gamma} + \Delta Z \right) = H - H^1 \quad (8.11.7)$$

Gidravlik yo'qotish gidravlik FIK yordamida baholanadi.

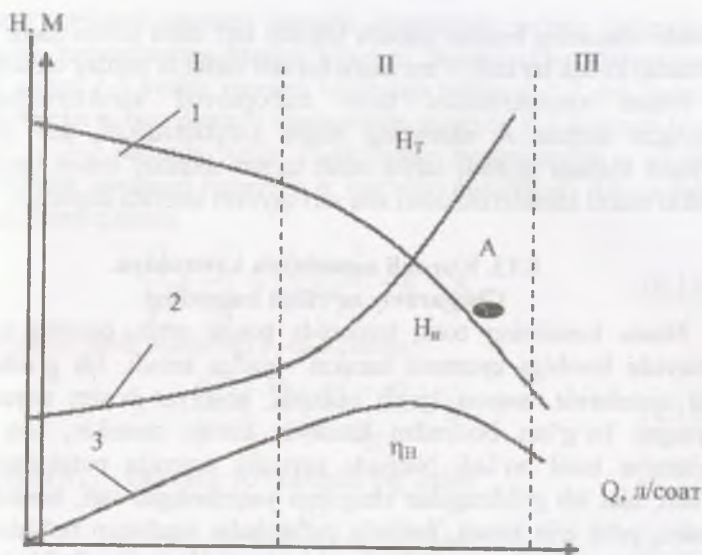
$$\eta = \frac{H_H - \Delta H}{H_H} = \frac{\Delta H}{H_H}$$

Nasoslarda energiyaning umumiy yo'qotilishi foydali ish koeffisienti yordamida hisoblanishi mumkin.

$$\text{Umumiy} \quad \eta = \eta_M \eta_X \eta_\Gamma \quad (8.11.8)$$

8.12. Nasos bilan ta'minlangan trubalarning hisobi

Biz yuqorida trubalarni hisoblashda uning xarakteristikasini tuzish yoki qarshilikni yengish uchun sarf bo'ladigan energiyani hisoblash zarur bo'lishini ko'rgan edik. Sarflanadigan energiya trubaning uzunligi va diametri, qarshilik koeffisienti, mahalliy qarshiliklar va boshqalarga bog'liq. Bu sarfni yengish uchun qancha bosim kerakligini hisoblash yo'li bilan suv to'ldirilgan idishni qancha balandlikka ko'tarish zarurligini yoki berilgan bosim yordamida qancha sarf olish mumkinligini hisoblash yo'llari bilan tanishdik. Trubalardagi energiya sarfini engish va tegishli sarf olish uchun nasoslardan ham foydalanish mumkin.



3.12.1-rasm Nasosning ishchi nuqtasini aniqlashga doir chizma

Bunda albatta nasosning bosimi kerakli bosimdan kichik bo'lmashligi kerak. Shuning uchun truboprovodka tegishli sarfini olish uchun yetarli bosimni hosil qilib bera oladigan nasosni tanlash, nasosli trubalar hisobining asosini tashkil qiladi, buni amalga oshirish uchun bir grafikni o'ziga nasosning va trubaning bosim xarakteristikalarini bir xil masshtabda chizamiz.

3.12.1-rasmda 1-chiziq nasos xarakteristikasi, 2-chiziq esa truboprovodka xarakteristikasi va 3-chiziq nasos FIK grafigidir. Ko'rinib turibdiki, xarakteristikalar joylashgan sohani uch qismga ajratish mumkin. Birinchi qismda nasosning bosimi trubaning shu sarfga tegishli bosimdan ortiq bo'lib, bu qismda nasosning foydali ish koeffitsienti kam bo'ladi. Ikkinchi qismda nasos bosimi bilan, trubada tegishli sarf olish uchun zarur bo'lgan bosimlar deyarli teng bo'lib, bu qism xarakteristikalar kesishgan A nuqtani o'z ichiga oladi. Shunday qilib, sohaning bu qismida nasos eng yaxshi ishlaydi va uning foydali ish koeffitsienti yuqori bo'ladi, y'ani uning bosimi trubada suyuqlikning kerakli sarfini hosil qilish uchun butunlay sarf bo'ladi. A nuqtada esa nasos truba bilan eng yaxshi ishlaydi. Uchinchi

qismida nasosning bosimi trubada tegishli sarf olish uchun zarur bo'lgan bosimdan kichik bo'ladi, y'ani nasos kerakli sarfni ta'minlay olmaydi.

Nasos xarakteristikasi bilan truboprovod xarakteristikalarining kesishgan nuqtasi A nasosning ishchi xarakteristikasi deb yuritiladi. Berilgan trubada tegishli sarfni olish uchun shunday nasos tanlab olish kerakki ularni xarakteristikalari shu sarf qiymati atrofida kesishsin.

8.13. Kurakli nasoslarda kavitatsiya.

Chegaraviy so'rilish balandligi

Nasos kanalining botiq tomonida bosim ortib, qavariq tomonida kamayishi hisobiga uyurmali harakat vujudga keladi. Ish g'ildiragining ba'zi qismlarida, asosan kirish qismida, absolyut bosim suyuqlikning to'yingan bo'g'lari bosimdan kamayib ketishi mumkin, shu sababli kavitatsiya hosil bo'ladi. Natijada suyuqlik oqimida pufakchalar hosil bo'ladi, ular ish g'ildiragidan chiqishga yaqinlashgan sari, bosim ortgani sababli, ya'ni erib ketadi, natijada pufakchalar egallagan bo'shliq birdan yopilishidan kichik gidravlik zarba hosil bo'ladi. Pufakchalarning yopilishidan hosil bo'lgan zarba nasosning ish g'ildiragi va nasos korpusiga katta zarar yetkazadi. Kavitatsiyaning asosiy zararlaridan biri – uning kuchayib ketishi natijasida nasosning moslashgan ishlash tartibi buzilishidir. Bunda so'rilish tomondagi vakuummi, chiqishdagi bosimmi, sarf bo'layotgan quvvatni ko'rsatuvchi asboblarning strelkasi ko'rsatishni yo'qotib, betartib harakat qila boshlaydi va nasos suyuqlikni tortmay qo'yadi. Tashqaridan kavitatsiya hodisasiga xos shovqin paydo bo'lishi, nasos va unga tutashgan trubalarning tebranishi bilan xarakterlanadi. Ikkinchidan – kavitatsiya kuchaygan joylarda metallarning yemirilishi sodir bo'ladi (8.13.1-rasm).

Yuqorida aytilganlardan, kavitatsiya hodisasining paydo bo'lishiga nasosning kirish qismida va ish – g'ildiragida bosimning kamayib ketishi sababdir. Nasosning kirish qismida bosimning kamayishi ikki sababga ko'ra sodir bo'lishi mumkin; aylanish sonining ortishi, so'rilish balandligining ortishi. Aylanish sonining ortishi markazdan qochma kuchning ortishiga sabab bo'lgani uchun ish g'ildiragi o'qida (ish g'ildiragi kanaliga kirishda) bosimning kamayib ketishiga olib keladi.

So'rilish balandligining ortishi nasosga kirishda bosimning kamayishi orqali ta'sir qilib, so'rilish balandligi ma'lum chegaradan o'tganda so'rilishning to'xtashiga olib keladi. Ana shu chegara qiymat chegaraviy so'rilish balandligi deb yuritiladi.

Nasos qurilmasi sxemasi asosida chegaraviy so'rish balandligini quyidagicha tushuntirishga harakat qilamiz. Buning uchun ta'minlovchi idishdagi sathni 1-1 kesim, nasosga kirishdagi bo'limni 2-2 deb, belgilab olingan kesimlar uchun Bernulli tenglamasini tuzamiz. 1-1 kesimda bosim P_1 , tezlik v_1 , 2-2 kesimda bosim P_2 (so'rilishi bosim, tezlik v_2 so'rilish tezligi kesimlar orasidagi balandlik h_c (so'rilish balandligi) deb quyidagi tenglamani hosil qilamiz,

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_c}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_c + h_{1-2} \quad (8.13.1)$$

Bundan so'rilish balandligi h_c -ni topamiz

$$h_c = \frac{P_1}{\gamma} - \left(\frac{P_c}{\gamma} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_{1-2} \right) \quad (8.13.2)$$

Bu yerda h_{1-2} – gidravlik yo'qotishlar yig'indisi

$$h_{1-2} = \lambda \frac{l}{d} \frac{v_c^2}{2g} + \sum \xi \frac{v_c^2}{2g} \quad (8.13.3)$$

Bu yerda; l_c – so'rish trubasining uzunligi

d_c – so'rish trubasining diametri

$$\sum \xi \frac{v_c^2}{2g} - \text{mahalliy qarshiliklar yig'indisi}$$

Yuqoridagi tenglamadan h_c – so'rilish balandligidan quyidagi xulosaga kelimiz.

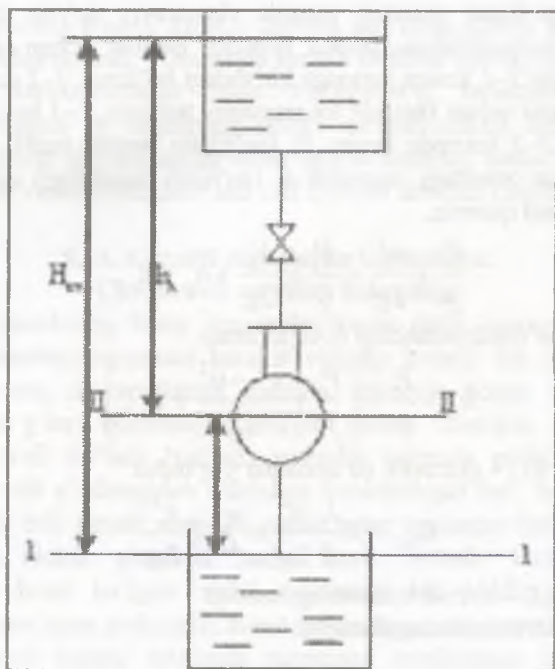
Ta'minlovchi idishdagi kesim bosimning ortishi so'rilishi balandligi (h_c), so'rilish bosimi (P_c), so'rilish tezligi (v_c) va so'rish trubasidagi qarshilikning ortishi bilan kamayadi.

Agar ta'minlovchi idishdagi bosim $P_1 = P_a$ bo'lsa, $V_1 = 0$ bo'lsa, (idish ochiq), so'rilish bosimi (P_c) esa, suyuqlikning to'yingan bug' bosimiga teng.

Ya'ni $P_c = P_1$ bo'lsa u holda tenglamamiz quyidagicha yoziladi.

$$h_c \leq \frac{P_a}{\gamma} = \left(\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_c^2}{2g} + h_{1-2} \right) \quad (8.13.4)$$

Amaliy chegaraviy so'rilish balandligi $6 \div 8m$ so'rilish tezligi esa $v_c = 1-1.5$ bo'ladi.



8.13.1-rasm.Kavitatsiyaga doir chizma

Kavitatsiya xarakteristikasi.

Q , H , N , η (sarf va bosim quvvat va FIK) koeffisientlarining h_c soʻrilish balandligiga bogʻliqlik grafiği nasosning kavitatsiya xarakteristikalari deb ataladi.

$$Q = f_1(h_c); H = f_2(h_c); N = f_3(h_c); \eta = f_4(h_c) \quad (8.13.5)$$

Kavitatsiya xarakteristikasi maxsus qurilma yordamida tajriba yoʻli bilan nasosda sinaladi va tajribada olingan natijalarga asosan grafik tuziladi.

Tajribada asosan soʻrilish bosimini kamaytirib borib yoki soʻrilish balandligini oshirib borib tegishli Q , H , N , va η lar oʻlchanadi va shularga asosan grafik tuziladi

Tajribadan maqsad kavitatsiya hodisasi boʻlishini oldini olishdir. Kavitatsiya h_c – soʻrilish balandligini chegaralaydi. Kavitatsiyadan holis boʻlish uchun suyuqlikning nasosga kirish boʻlimida soʻrish

patrubogida naporimiz suyuqlikning to'yigan bug'i bosimdan katta bo'lishi kerak.

Mana shu bosim farqi kavitation zapas deyiladi va Δh_{kab}^{kp}

$$\Delta h_{kab} = \left(\frac{P_c}{\gamma} + \frac{v_c^2}{2g} \right) - \frac{P_{i,p}}{\gamma} \quad (8.13.6)$$

Kavitatsiya zapasi qaysi kim kavitatsiya sodir bo'lishiga kiritik deyiladi. Δh_{kab}^{kp} . Kiritik kavitatsiya zapasini S.S. Rudnev formulasi yordamida topish mumkin.

$$\Delta h_{kab}^{kr} = 10 \left(\frac{n\sqrt{Q}}{C} \right)^3 \quad (8.13.7)$$

Bu yerda Q , m^3/sek , n (ayl/min) C -ning qiymati ishchi g'ildiragi konstruksiyasiga bog'liq. Ko'pincha $C=800 \div 1000$ nasosimiz kavitatsiyasiz ishlash uchun ruxsat etilgan kavitatsiya zapasi

$\Delta h_{kab}^{kp} = (1,2-1,3)$ xisoblashda ishlatiladi.

Ruxsat etilgan kavitatsiya zapasini bila turib ruxsat etilgan so'rish balandligini Δh_{kab}^{pyx} aniqlashimiz mumkin.

$$\Delta h_{kab}^{rux} = \frac{P_a - P_i}{\gamma} - \sum h_c - \Delta h_{kab}^{rux} \quad (8.13.8)$$

Bu yerda: P_i – suyuqlikning to'yingan bug' bosimi

$\sum h_c$ – so'rish balandligidagi qarshiliklarga yo'qolgan napor.

Nazorat savollari

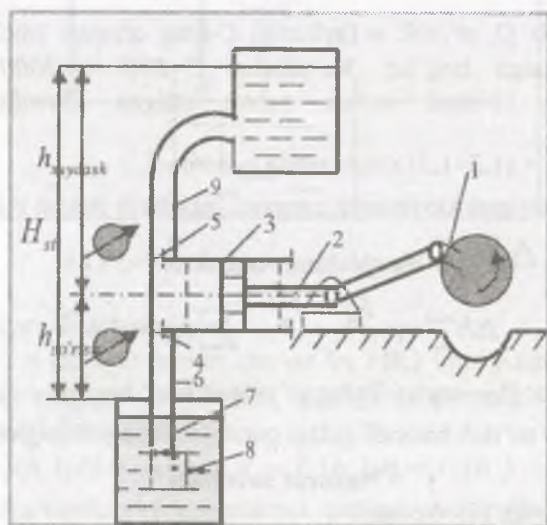
1. Gidravlik hisob nima?
2. Optimal foydali ish koeffisienti qaysi nuqtada yotadi?
3. Manometr nima?
4. Vakuummetr nima?
5. Ishchi nuqta qanday quriladi?

8.14. Hajmiy nasoslar hajmiy nasoslar to'g'risida umumiy tushunchalar

Hajmiy nasoslar suyuqlikning ma'lum bir hajmini ajratib olib, unga kuch ta'sir qilish yo'li bilan harakatga keltiriladi.

Hajmiy nasoslar ikki katta guruhga bo'linib, ular porshenli va rotorli nasoslar deyiladi. Bular ya'ni, bir qancha kichik guruichalarga bo'linadi.

Hajmiy nasoslarning energetik nuqtaiy nazardan qaraganimizda, ajratib olingan hajmdagi suyuqlikning potensial energiyasini oshirib beradi. Bu potensial energiyadan ikki xil usulda foydalanish mumkin: suyuqlikning yuqoriga ko'tarish yoki trubada oqizish; foydali ish bajarish yoki ikkinchi mexanizmni harakatga keltirish. Birinchi holda suyuqlikda energiya suyuqlikka energiya berayotgan mexanizm nasos sifatida ishlasa, ikkinchi holda gidrouzatma sifatida ishlaydi.



8.14.1-rasm. Porshenli nasosning sxemasi

Rasmda porshenli nasosning sodda sxemasi keltirilgan. Bunda porshen 3, tarkibida shtok 2 bo'lgan krivoship shatun 1 yordamida harakat qiladi. Bu nasosda suyuqlikning so'rilishi va haydashini porshen silindrda ilgari lanma – qaytma harakatiga asoslangan. Porshen

silindr ichida qaytma (orqaga) harakat qilganda uning oldidagi ish – bo‘lmasining hajmi ortib, siyraklanish hosil bo‘ladi.

Bu siyraklanish ma'lum chegaraga yetganida ish bo‘lmasidagi bosim bilan tirgak klapan 7 ochiladi ostidagi xrapovikda bo‘lgan bosim orasidagi farq so‘rish klapani 4 ni ochadi va suyuqlik so‘rish trubasi 6 orqali ish bo‘lmasiga kiradi. So‘rish jarayoni porshen o‘zining eng chekka so‘rish chegarasiga yetguncha davom etadi. Bunda so‘rish trubasidagi siyraklanish so‘rish klapani oldiga joylashtirilgan vakuummetr yordamida o‘lchanadi. Ta'minlovchi idishdagi suyuqlik sathidan nasos silindirining eng yuqori sathigacha bo‘lgan balandlik so‘rish balandligi h_c deyiladi. Nasosni ishga tushurganimizda u avval so‘rish trubasidagi havoni tortadi va suyuqlik so‘rish trubasiga ko‘tariladi. Nasos biroz vaqt ishlagandan so‘ng so‘rish trubasi va silindrdagi havo haydab chiqarilib, suyuqlik silindrni to‘ldiradi.

Porshen ilgari lanma (oldinga) harakat qilganda ish bo‘lmasida bosim ortib, so‘rish klapani yopiladi. Bo‘lmadagi bosim ortishida davom etib haydashga yetarli bosim $P_{haydash}$ ga yetganida haydash klapani ochilib, suyuqlik haydash trubasi 9 ga o‘ta boshlaydi. Suyuqlikning haydash porshenning eng chekka haydash chegarasiga yetguncha davom etadi.

8.14.1-rasmga qarang h_{hayd} silindrdagi yuqori sathi bilan suyuqlik ko‘tarilgan eng yuqori sathlarining farqi haydash balandligi deyiladi.

So‘rish balandligi bilan haydash balandligining yig‘indisi to‘liq statik bosimdan iborat ya'ni

$$H_{ct} = h_{so'rish} + h_{haydash} \quad (8.14.1)$$

Porshenli nasoslar yuqori bosim kerak bo‘lgandagina ishlatiladi. Amalda ko‘p hollarda porshenli nasoslar markazdan qochma nasoslarni siqib chiqaradi. Hajmiy gidrouzatmalar tarkibida ishlayotgan nasoslar asosan porshenli nasoslar turiga kiradi. Porshenli nasoslarning ustunligi foydali ish koeffisienti yuqoriligidir. Porshenli nasoslarning markazdan qochma nasoslarga taqqoslagandagi asosiy kamchiligi ularning kattaligi, qimmatga tushushi, ishlatishning murakkabligidir.

Porshenli nasoslarda ham markazdan qochma nasoslar kabi, energiyaning yo‘qotilishi mavjud bo‘lib, u mexanik va gidrodinamik qarshiliklarni yengishga sarf bo‘ladi. Bulardan biri hajmiy yo‘qotish bo‘lib, unga nazariy sarf bilan haqiqiy sarfning teng emasligi sababdir. Oddiy harakatli porshenning nazariy sarfi.

$$Q_H = SL \frac{n}{60} \quad (8.14.2)$$

Bu yerda: S – porshening yuzi

L – porshening yo‘li

n – aylanishlar soni

Porshening bir marta borib kelishidagi hajmi $V=SL$ ga teng, lekin SL hajmli suyuqlikning hammasi haydash trubasiga tushmaydi.

Suyuqlikning bir qismi porshen bilan silindir devori orasidagi tirqish orqali va salnikdagi tig‘izlagichning kamchiligi sababli tashqariga sirqib o‘tadi. Haydash davri boshlanganida so‘rish klapaninining bir onda yopilmasligi natijasida ham juda oz miqdordagi suyuqlik orqaga qaytishga ulguradi. Xuddi shu narsa haydash klapanida ham sarf bo‘ladi. Natijada haqiqiy sarf nazariy sarfdan farq qiladi. Haqiqiy sarfning nazariy sarfga nisbati hajmiy foydali ish koeffisienti deyiladi va haqiqiy sarfning nazariy sarf Q_H ga nisbati bilan η_Q aniqlanadi.

$$\eta_Q = \frac{Q_{haqiqiy}}{Q_{nazariy}} \quad (8.14.3)$$

$$\eta_Q = 0,85; \quad 0,99$$

chegarada o‘zgaradi.

Nasosning suyuqlikni ko‘tarish uchun sarflanayotgan energiyasi uning haydash trubasida hosil qilgan bosimi h_{hay} – bilan belgilanadi. Bu

bosim so‘rish bosimi $h_{so'rish} = \frac{P_c}{\gamma}$ nasosdagi va haydash trubasidagi

gidravlik qarshiliklarni yengishga sarf bo‘lgan bosimlar yigindisi $H_H + H_m$ orqali quyidagicha aniqlanadi.

$$H = \frac{P_{hay}}{\gamma} - \frac{P_{sor}}{\gamma} + H_H + H_m \quad (8.14.4)$$

Bu yerda H_H va H_m lar ishqalanish va mahaliy qarshiliklarni hisoblash formulalari yordamida aniqlanadi. Nasosning foydali bosimi H ga trubalardagi gidravlik qarshilik kirmaydi.

$$H_{foy} = P - x h_c + H_H \quad (8.14.5)$$

Vakuummetr va manometrlar ko‘rsatuvidan aniqlangan indikator bosim

$$H_u = \frac{P_{sur}}{\gamma} - \frac{P_{hay}}{\gamma} \text{ ga teng.} \quad (8.14.6)$$

Manometrik bosim $H_x = H_m$ degar. tushunchani kiritamiz. U holda nasos qurilmasidagi yo'qotishlarni gidravlik FIK

$$\eta_r = \frac{H_M}{H_{un}} \quad (8.14.7)$$

va qurilmaning FIK orqali ifodalanadi.

$$\eta_k = \frac{H_{foy}}{H} \quad (8.14.8)$$

Nasosning suyuqlikni ko'tarish uchun sarflangan foydali quvvati

$$N_{foy} = \gamma \cdot Q_{foy} \cdot H_m \quad (8.14.9)$$

ni topsak, u holda indikator FIKni quyidagicha ifodalash mumkin

$$\eta_u = \frac{N_{foy}}{N_u} \quad (8.14.10)$$

N_f, N_{in} – nisbatidan quyidagi kelib chiqadi.

$$\eta_u = \frac{N_{foy}}{N_u} = \frac{\gamma Q_f H_m}{\gamma Q_H H_u} = \eta_Q \eta_r \quad (8.14.11)$$

Indikator quvvatning porshenga berilgan quvvat N_p ga nisbati FIK dan iborat

$$\frac{N_H}{N_p} = \eta_M$$

Bundan foydalanib, nasosning to'liq foydali ish koeffisientni topish mumkin.

$$\eta = \frac{N_{foy}}{N_p} = \frac{N_{foy}}{N_u} \frac{N_u}{N_o} \eta_u \eta_M \quad (8.14.12)$$

Bundan ko'rinib turibdiki, nasosning to'liq FIK hajmiy, gidravlik va mexanik FIKlarining ko'paytmasiga teng ekan.

$$\eta = \eta_a \cdot \eta_g \cdot \eta_m \quad (8.14.13)$$

Demak nasos olgan to'liq quvvat quyidagi formulalar bilan aniqlanadi.

$$N = \frac{Q_H H_M \gamma}{102 \eta} k V t, \quad N = \frac{Q_H H_M \gamma}{75 \eta} k V t, \quad N = \frac{Q_H H_M \gamma}{1000 \eta} k V t, \quad (8.14.14)$$

Nasos ishlab turganida dvigatelning sarflagan quvvati nasos foydalangan quvvat bilan quyidagicha bog'langan bo'ladi:

$$N_{dv} = \alpha \frac{N}{\eta_{ish}} \quad (8.14.15)$$

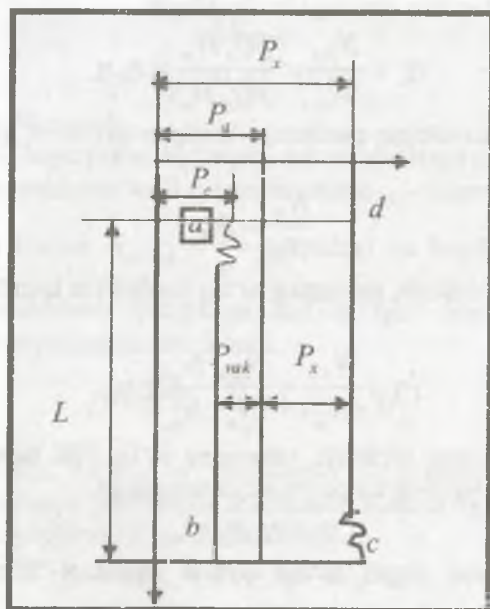
Bu yerda $\alpha=1,1$ 1,2 quvvatning zapas koeffisienti

η_{ish} — boshqaruvchi zvenodagi ishqalanish kuchlarini belgilovchi FIK.

Indikator diagramma.

Indikator diagramma ishlab turgan nasos silindriga o'rnatilgan va maxsus indikator deb ataluvchi asbob yordamida chizib oladigan grafikdir.

Porshenli nasosning silindridagi absolyut bosimning porshenining yurishiga yoki ish bo'lmasining hajmining o'zgarishiga bog'liqligini ko'rsatuvchi yopiq chiziqdan iborat grafikka indikator diagramma deyiladi.



8.14.2-rasm. Indikator diagramma

Rasında oddiy bir harakatli porshening taxminiy indikator diagrammasi keltirilgan.

ab – chiziq so‘rish holati; P_c – so‘rish bosimi

P_c – so‘rish bosimi bu holatda atmosfera bosimidan past bo‘ladi.

Ya'ni so‘rish va atmosfera bosimlarining farqi $P_a - P_c$ ta'sirida so‘rish klapani ochiq holatda tutib turiladi. b nuqta chekka so‘rish holatiga to‘g‘ri keladi. Bu holatdan boshlab, porshen oldinga qarab yura boshlaydi va bosim orta boshlaydi, natijada so‘rish klapani yopiladi. Porshenning oldinga yurishi davomida ($b - c$ – chiziq) bosim ortib borib, haydash bosimiga tenglashadi.

Shu vaqitdan boshlab haydash klapani ochiladi va u butun haydash jarayoni davomida ($c - d$ chizig‘i) ochiq turadi.

Shu davrda suyuqlik P_{xy} bosim ostida haydash trubasiga kiradi. Porshening eng chekka haydash holati d nuqtaga to‘g‘ri kelib va haydash jarayoni tugaydi. Porshen orqaga harakat qila boshlashi bilan silindirdagi bosim kamayib, haydash klapani yopiladi. Bosim pasayib borib ($d - c$ chizig‘i) P_{sor} etganidan so‘ng ya'ni so‘rish klapani ochilib, so‘rish jarayoni boshlanadi. (a va c nuqtalardagi notekisliklar klapanlarning ochilish va yopilishi bir tekisda emasligi)

Indikator diagrammasidagi – $abcd$ yopiq chiziq bilan chegaralangan yuzi porshenning bir marta borib kelishida bajarilgan ishni ifodalaydi.

$$A \approx (P_x - P_c)L = P_{xu}L$$

Bu yerda: P_{xu} indikator bosim

Porshenning suyuqlikka bergan quvvati indikator quvvati deyiladi va quyidagi formula yordamida aniqlanadi;

$$N_u = \frac{P_{xu}SLn}{60} \text{ krM} / s \quad (8.14.16)$$

Indikator quvvat foydali quvvat bilan quyidagicha bog‘langan

$$N_u = \frac{N_f}{\eta_u} \quad (8.14.17)$$

Bu yerda η_u – indikator FIK

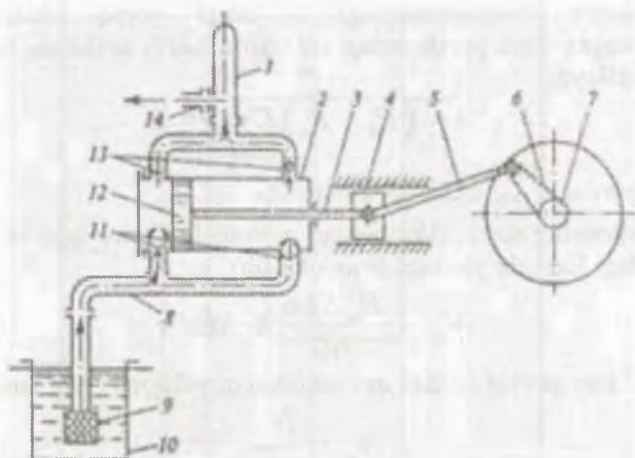
Indikator diagramma yordamida nasosning qay holatda ishlayotganini va nasosning quvvatini aniqlashga yordam beradi.

Porshenli burg'ilash nasoslari

Gaz va neft quduqlarini burg'ilashda qo'llaniladigan burg'ilash nasoslari yuvish eritmalarini burg'ilash tizmalari orqali uzatishga va maydalangan zarrachalarni quduq tepasiga chiqarishga mo'ljallangandir. Bizga ma'lumki yuvish eritmalarini energiyasi har xil mexanizmlarni, turbobur, elektrobur va tub dvigatellarni harakatga keltiradi.

Quduqlarni burg'ilash yuvish burg'ilash nasoslari yordamida amalga oshiriladi. Burg'ilash nasoslari yuvuvchi eritmalarni bosim bilan quduqqa uzatish uchun mo'ljallangandir.

Quduqlarni burg'ilashda faqat yotiq uzatmali ikki va uch silindrli porshenli nasoslar qo'llaniladi (13.3-rasm). Val –7 chi krivoship 6 va shatun 5 yordamida aylantirib, tebratma harakat paydo bo'ladi, 4-kreyskofga harakat uzatiladi, tug'ri yo'nalishda ilgari lanma-qaytma harakat va unga bog'langan holda shtok-3 va porshenlar 12, silindr 2 ichida harakatni tugallaydi. So'ruvchi klapanlar-11 so'ruvchi quvurli uzatma 8 bilan birlashtirilgan va pastki uchi sizma 9 bilan ta'minlangan. Eritma chanadan-10 suriladi. Bosimli klapan 13 bosimli kompensator-1 va bosim tizimi-14 bilan birlashtirilgan.



8.14.3-rasm. Ikki silindrli burg'ilash nasosi ishining sxemasi.

1-kompensator; 2-silindr; 3-shtok; 4-kreyskopf; 5-shatun; 6-krivoship;
7-val; 8-so'ruvchi quvur uzatma; 9-sizgich; 10-qabul chana; 11-so'ruvchi klapanlar; 12-porshen; 13-bosim bilan xaydovchi klapanlar; 14-bosim tizimi.

Porshenni silindrni o'ng qismidan chap qismiga harakatlanishida siyraklashish sodir bo'ladi, atmosfera bosimida chana – 10 dagi yuvuvchi eritma so'ruvchi quvurli uzatma – 8 orqali ko'tariladi, chap so'ruvchi klapan 11 ochiladi va nasos silindriga kiradi, shu vaqtning o'zida silindrning o'ng bo'shligida eritma siqiladi undagi bosim klapaniga 13 yo'naltiriladi.

Bunda chap bosim klapani 13 va ung so'ruvchi klapan 11 yopiq bo'ladi. Porshenni teskari tomonga harakatida silindrning o'ng bo'shligida so'rilish, chap tomonida bosimni oshishi sodir bo'ladi. Shunday qilib, porshen u yoki bu tomonga harakatida silindrning bir yarmida so'rish, boshqa yarmida suyuqlikni bosimini oshishi, ya'ni nasosning ikki martalik harakati kuzatiladi.

Yuvish eritmalari zichligi 1.2–1.3 kg/l va undan katta bo'lganda quduq tubiga qarshilik ko'rsatish bosimi, quduq ustunini himoyalash va burg'ilarni sovituvchilarni tarkibi burg'ilash sharoitiga mos holda tanlanishi kerak.

U burg'ilangan jinslarni zarrachalarini ushlab turishi uchun (mayda abraziv qattiq moddalarni massadagi tarkibi 5–10% ni tashkil etadi), ogirlashtirgich (gematit, barit va boshqalar), tarkibida kerakli reagentlar (oxak, kadetik soda, oshlash kislotalari va boshqa) bo'lishi kerak.

Porshenli nasoslarni texnik tavsiflari

Eng ko'p qo'llaniladigan burg'ilash nasoslariga – porshenli, ikki marta ta'sir etuvchi, gorizontaal nasoslar kiradi.

NG-3 burg'ilash nasosining texnik tavsifi.

1. Maksimal yuvish eritmasini uzatish sarfi, l/s – 16.7

2. Maksimal bosim, MNG/m^2 – 3

3. Porshenni yurish uzunligi, mm – 35.6

4. Bir minutda porshenni ikki marta yurishi soni – 40

5. Elektrodvigatel, kVt – 70

6. Massasi, kg – 5700

Nasoslarning belgilanishida "Burovoy nasos – NB" maksimal uzatish kattaligi, maksimal bosim va gidravlik quvvati.

Masalan: NB-45-400-950 gidravlik quvvati 950kVt bir minutdagi ikkinchi yurishi 65, bosimli uzatishi 40-MNG/m² mo'ljallangan.

Burg'ilash nasosining bo'ylama qirqimi tasvirlangan. Nasos uzatish va gidravlik qismlardan tashkil topgan. Uzatma qismida yetakchi shxivning aylanish harakati vujudga keltirilib, porshenga ilgari lanma-qaytma harakat beradi.

Gidravlik qismda mexanik energiya porshenga, porshen energiyani esa suyuqlikka uzatadi va yuvish eritmasining gidrodinamik energiyasi vujudga keladi.

Uzatma qismiga chana, tishli xalqada ildizli val, transmission val tuguni, shatun, (polzun) sirg'algich va oraliq shtoklari kiradi.

8.14.1-jadval

Burg'ilash nasoslarining texnik tavsifi

Ko'rsatkichlar	Y8-7M	Y8-6M	Y8-4	БПН-1
1. Maksimal silindrik vtulkaning diametridagi uzatish, l/sek.	50.9	50.9	39.5	34.5
2. Silindr vtulkasining maksimal diametridagi bosim, MH/m^2	14.2	9.6	9.5	9.8
3. Tizzali valning aylanish chastotasi, ay/min (1 min. da 2 martalik xarakat)	66	66	65	72
4. Porshen yo'li uzunligi, mm	400	400	450	300
5. Uzatma quvvat, κVt	840	555	445	385
6. Massasi, t	34.5	28.6	18.6	13.0

8.14.2-jadval

6031-66 bo'yicha porshenli burg'ilash nasoslarining texnik tavsifi.

Ko'rsat-gichlar	НБ45-320-750	НБ45-320-600	НБ45-250-475	НБ45-250-370	НБ35-200-300	НБ35-200-235	НБ28-200-190	НБ18-200-150
1. Yuvish eritmasini eng ko'p uzatish miqdori, l/s	45	45	45	45	35	35	28	18
2. Eng katta bosim, MN/m^2	32	32	25	25	20	20	20	20
3. Gidravlik quvvat, κVt	750	600	475	375	300	235	190	150

Uzatma va tizza vallarinnig tayanch podshipniklari sifatida tebratma podshipniklar xizmat qiladi. Nasosning gidravlik qismlariga almashtiriladigan detallar, klapan qutilar chana bilan biriktiriladi.

Xizmat muddatini uzaytirish maqsadida gidravlik qismini himoyalash detallari almashtiriladi: silindrik vtulka 1, porshen 2, shtok 3, klapanlar 4 va zichlanmalar kiradi. Silindrik vtulkaning xizmat muddati 300 soatdan oshmaydi. Gidravlik silindrining xizmat muddati 5 yildan kam emas. Korpusga silindrik vtulka maxkamlanadi.

Har bir nasos uchun sarfni pog'onali amalga oshirish ishini rostlashda ichki diametrlari bilan silindrik vtulkalarni jamlanmasidan foydalaniladi. Bu detallar sementlangan po'latlardan tayyorlanadi. Silindr vtulkasining porshenni yuvish eritmasini fazasida $10-30 \text{ MN/m}^2$ bosimda harakatlanadi. Xizmat muddati 100 soatdan oshmaydi. Eng ko'p uzi zichlanadigan rezinali manjet turidagi porshenlar qo'llaniladi. Ularni osongina almashtirish mumkin. Porshen vulkanlashtirilgan rezina manjetli po'lat yurakchalardan tashkil topgan. Porshen shtokka maxkamlanadi, siljitgichga biriktiriladi, uzatma qismidan gidravlik qismga quvvat uzatadi.

Burg'ilash nasoslarini klapani likopsimon bo'lib, u bitta chiqish tirqishiga ega. Katta zichlikdagi burg'ilash eritmalarini uzatishda bu klapanlarni xizmat muddati 30 soatdan oshmaydi. Klapanlarga quyidagi talablar qo'yiladi: ishonchli ish, egarga kuchni zarbasiz uzatish, gidravlik yuqolishni kamaytirish, sifatli zichlanmalar.

Burg'ilash nasoslarining juda ko'p modifikatsiyalari mavjuddir: yuqori va pastki yo'naltiruvchi shtok, yuqori va quyi (pastki yunaltiruvchi shtok) To'rt va uchta pastki yo'naltiruvchi qanotli klapanlar uchraydi. Likopsimonlar rezinali zichlanmalar diskiga har xil biriktiriladi. Klapan qurilmalarni tez almashtirishga va ta'mirlashga ruxsat beriladi.

Nasosni bosim tizimiga oldindan himoya qiladigan klapanlar va bo'sh otadigan qulfaklar o'rnatiladi.

Bosim tizimida suyuqliklarni bir tekisda uzatish va turtkini (urilishlarni) bartaraf etish uchun havo klapaniga qo'shimcha kompensatorlar o'rnatiladi. Nasoslarni ishga tushirish dizel yoki elektromotor yordamida amalga oshiriladi.

Nasoslarning xizmat muddati 15-20 yilga teng. Asosiy masalalardan biri nasosning gidravlik qismini abraziv yoyilishdan

himoyalash, uzun va katta uzunlikdagi yurishli ($S > 2-5$ m) gidrouzatma 2 yurishli sonli burg'ilash nasoslarini yaratishdan iborat.

Ilmiy tekshirishning asosiy yo'nalishlari — ishlovchi nasoslarni gidravlik jarayonini, almashtiriladigan detallarni yoyilish qonuniyatini, chidamlilik va uzoq muddatligi yo'lini qidirish, gidravlik va uzatma qismlarining mustaxkamligi va yoyilishga chidamliligini kuchaytirish, nasos massasini kamaytirish muammolarini o'rganishdan iborat.

8.14.3-jadval

Plunjer nasosining texnik tavsifi.

Ko'rsatgichlari	1BV/60	BV20/200	BV20/200	BV20/200
1. Uzatishi, l/sek	15	5	7	10
2. Bosim, MN/m^2	15	23	19	15
3. Bir minutdagi ikki martalik harakatlar soni	375	375	375	375
4. Plunjer yurish yuli uzunligi, mm	120	120	120	120
5. Plunjer diametri, mm	78	60	70	80
6. Iste'mol quvvati, kVt	290	140	175	180

Plunjerli nasoslarning neft konlarida qo'llanilishi amaliyotda keng o'rin egallamagan. Hozirgi paytda neft konlaridagi qatlamlarga aralashmalar katta hajmida uzatiladi. Bunday holatlar uchun markazdan qochma nasoslarni qo'llanilishi qulayroqdir. Neft konlaridagi qatlamlarga yuqori bosimda suvli aralashmalarni uzatish tabiiy holat bo'lib, porshenli va plunjerli nasoslarni qo'llanilishi maqsadga muvofiqdir.

Porshenli nasoslarni o'rnatishda ishonch kamligi va to'xtovsiz suv uzatishi imkoniyatiga ega ekanligini hisobga olish kerak. Yuqori bosimli va past uzatish sarfi talab etiladigan qatlamli zinaiarda plunjerli nasoslar qo'llanilib, ular yuqori qiymatdagi FIK ga egadir.

BV 20/200 markali nasosi sinovdan o'tkazilganda to'liq ishga yaroqligi, ishlash muddati 7-10 ming soatni tashkil etdi. BV20/200 plunjer nasosi qatlamga karbonsuvli gazlarni (propan-butan), barqarorsiz benzin va suvlarni uzatishga mo'ljallangandir. BV20/200 nasosi — tik, plunjerli, bir marta ta'sirli uch silindrli. Quyma chuyan ramaga, rolik podshipnikli, markazdan siljigan val joylashtirilgan va

o'qli yunalishda yozib olinadi. Valdan aylanish harakatini shatunlar, kreyskopflar va shtok orqali plunjerga uzatiladi. Nasosning gidravlik qismiga uch xil ulchamdagi (60,70,80 mm) plunjerlar o'rnatish mumkinligi va bu plunjerlarni korpus zichlanmalariga mos kelishi ko'rib chiqilgandir. Nasos *uzatma* qismlarining hamma tugunlari shesternali nasos yordamida sirkulyatsiya usulida moylanadi.

BV 20/200 nasosini gidravlik qismlari quyidagi elementlardan tashkil topgan. 1 – korpus, so'ruvchi qism-2 va bosim klapanlari 9 kiradi. Suyultirilgan karbonsuvli gazlar bilan ishlaganda maxsus rezinalar bilan zichlanadi. 5-egar, 6 va 8 yoymalarda joylashgani bo'lib, 4 va 10 stakanlar, 3 va 11 klapanlari bilan ushlab turiladi. Bu detallar yuqori darajadagi aniqlikda ishlangan bo'lishi kerak. Klapanlarning zichlanma sirtlari va egar TV4-ga issiqlik ishlovi berilgan bo'lishi kerak. 7-silindrik klapani maxkamlash uchun 12-florplastik xalqa qo'llaniladi. Plunjer 13 rezina metall vtulka-manjet 14 korpusga mos keladigan 15 zichlanma yordamida moylanadi. Sarfoat jarayonida sinashda BV20/200 suv va eritmalarini uzatish uchun mo'ljallangan bo'lib, 5–11 l/s sarfda, $16-19\text{ MN/m}^2$ bosimda FIK 0.9 ni tashkil etadi.

Nazorat savoll

1. Porshenli nasoslarni tuzilishi va ishlash prinsipi ?
2. Porshenli nasos turlari?
3. Sarf nima?
4. Quvvat nima?
5. Napor nima?
- 6 Porshenli burg'ilash nasoslar haqida tushuncha bering.
7. Indikator diagramma nimani ko'rsatadi?

Rotorli nasoslar

Rotorli nasoslarning tasnifi, umumiy xossalari va qo'llanilishi

Hajmiy rotorli nasoslar – shesternyali, vintli, plastinkali (shiberli) va porshenli turlariga bo'linadi. Hajmiy rotorli nasoslar o'zgaruvchan sarfli, (sarfi boshqariladigan) va o'zgarmas sarfli (sarfi boshqarilmaydigan) bo'lish mumkin.

Rotorli nasoslar har xil bir jinsli suyuqliklarni uzatishda avtanom qurilma sifatida, shuningdek, gidroyuritmalar tarkibida suyuqlikning harakatlantiruvchi yoki suyuqlikka kerakli energiya bosim beruvchi nasos holida va harakatlanayotgan suyuqlik orqali o'zi harakat olib

energiyasini boshqa mashinalarga qurilmalarga uzatuvchi gidrodvigatellar tarzida ishlatilishi mumkin.

Silindrlari umumiy blokka birlashtirilgan ko'p silindrli nasoslar rotorli – porshenli nasoslar deyiladi. Porshenni harakatga keltirish usuliga qarab aylanuvchi va qo'zg'almas blokli-rotorli-porshenli mashinalar mavjud. Silindrlar blok o'qiga nisbatan radial yoki aksial joylashishi mumkin. Agar blokda silindrlar radial joylashgan bo'lsa – bu nasoslar radial-porshenli deyiladi. Gidromashina blokida silindrlar, aksial joylashgan bo'lsa-aksial porshenli nasoslar bo'ladi. Ko'pchilik rotorli-porshenli mashinalarning xarakterli tomoni shundaki, ularda so'ruvchi va uzatuvchi klapanlari yo'q. Bu xususiyat nasoslardan aylanishlar sonining yuqori qiymatlarida foydalanish imkoniyatini beradi.

Rotorli-porshenli mashinalarda krivoship-shatun mexanizm yo'q. Bu nasoslar gidrouzatmalarda, moy uzatishda ichki yonuv dvigatellarida yoqilg'i surkov moyi, stanok keskichlarda sovituvchi suyuqlik uzatishda ishlatiladi. Rotorli gidromashinalar tarkibiga rotorli-plastinkali, shesternyali, vintli, rotoli-porshenli(radial va aksial joylashgan silindrli) nasoslar kiradi.

8.15. Shesternyali nasoslar tuzilishi, ishlash prinsipi va xossalari

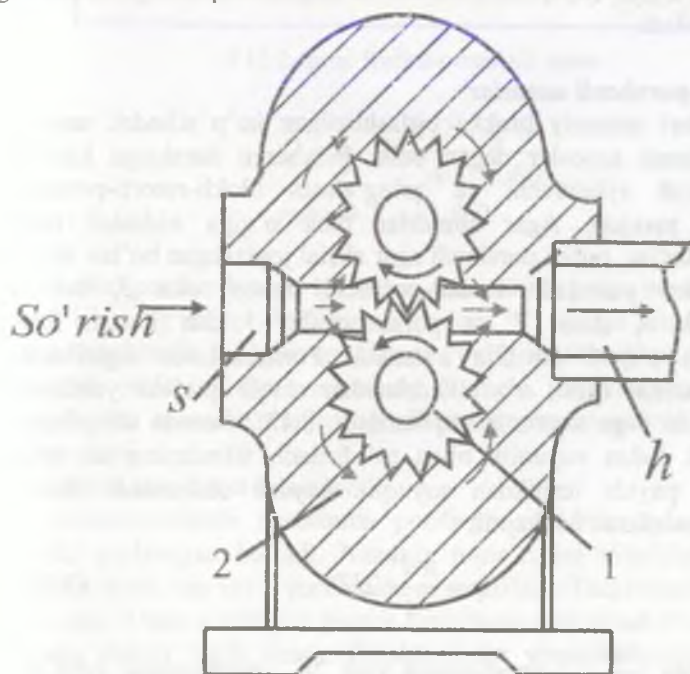
Oddiy shesternyali nasoslarning asosiy ish detallari ikkita bir xil shesternadan iborat (8.15.1-rasmga qarang). Ular o'zaro ilashgan va korpus ichiga joylashtirilgandir. Yetaklovchi shesternali va etaklanuvchi shesternadan iborat. Yetaklovchi-shesterna-harakatni dvigateldan oladi. Nasosda ikkita qopqoq bo'lib ularda yetaklovchi va yetaklanuvchi valiklar, podshipnik va salniklar bilan ta'minlangan. Nasosda ikkita teshik bo'lib, biri so'rishga ikkinchisi haydashga mo'ljallangan. Haydashga mo'ljallangan teshikcha teskari tomonda (tishlar birikayotgan tomonda) bo'ladi. So'rish teshigi esa shesternya tishchalari o'zaro ajralayotgan tomonda bo'ladi. 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 chuqurchalarda radial kanalli ariqchalar yasaladi. Bu ariqchalardan qoldiq suyuqlik chiqarib yuboriladi, natijada nasos tayanchi va valiklardagi yuk kamayadi.

Shesternyalar aylanayotganda tishlar so'rish bo'shlig'i (c) da bir-biridan uzoqlashadi. Natijada tishlar orasidagi chuqurchalarda suyuqlik katta tezlikda olib ketilishi sababli so'rish bo'shlig'ida siyraklanish ro'y beradi va so'rish teshigi ichiga suyuqlik keladi. Tishlar o'zaro birikkan paytida haydash bo'shlig'i (X) siqib chiqariladi, natijada haydash bo'shlig'ida bosim ortib, suyuqlik tarmoqqa uzatiladi.

Shesternyali nasoslar hosil qilgan bosimga qarab past (10 kg/sm^2) o'rtacha (30 kg/sm^2) va yuqori (100 kg/sm^2) bosimli bo'ladi.

Past bosimli nasoslar mashinalarning sovitish moylash sistemalarida qo'llaniladi. O'rtacha bosimlari kuch organlariga harakatni tez uzatish kerak bo'ladigan stanoklarning gidrouzatmalarida (Maslan: parmash, jilvirlash stanoklarida) ishlatiladi. Yuqori bosimli nasoslar stanoklarning ichki organiga katta kuch uzatish lozim bo'lgan gidrouzatmalarda qo'llaniladi.



8.15.1-rasm . Shesternyali nasos

Shesternyali hasos 2,3,4 va hatto 5 shesternyali bo'lishi mumkin, ammo 3 dan yuqori shesternyalrni qo'llaganda FIK kamayib ketadi. 3 shesternyali nasos 2 shesternyaliga nisbatan katta sarfga ega, lekin hajmiy FIK kichik. Keyingi paytlarda hajmiy FIK ni oshirish maqsadida gidravlik kompensatorli shesternyali nasoslar chiqarila boshladi. Yon chetdagi tirqishlarni gidravlik kompensasiyalash uchun vtulka kuchli ishqalanish va edirilish hosil qilmaydigan qilib shesternyaga mahkam siqib qo'yiladi.

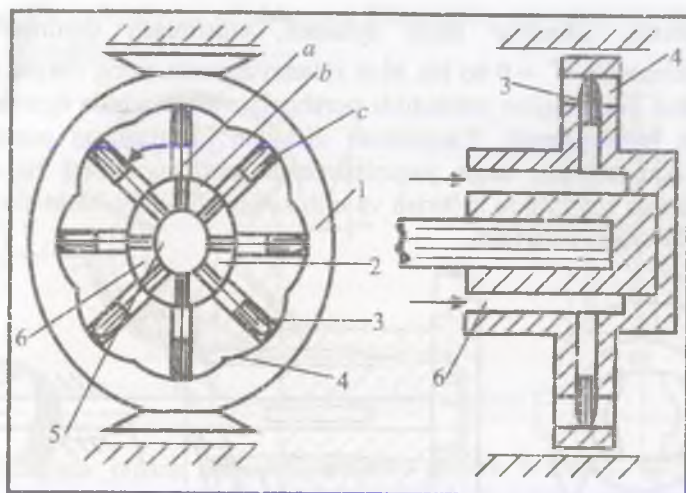
Bundan tashqari, yon qistirmalardan foydalanib yon chet tirqishlarni kichraytirish usulidan ham foydalaniladi. Bu qistirmalar elastik devorli katakchalarga ega bo'lib, shayba holida shesternya bilan nasos korpusi orasiga qo'yiladi. Nasos ishlayotganda devordagi tirqishlardan qistirma katakchalari moyga to'latiladi. Bosim ostida katakcha to'siqlari deformasiyalanadi va tirqishlardan moy shesternya yonlariga keladi.

Radial-porshenli nasoslar

Silindrlari umumiy blokka birlashtirilgan ko'p silindrli nasoslar rotorli-porshenli nasoslar degan edik. Porshenni harakatga keltirish usuliga qarab aylanuvchi va qo'zg'almas blokli-rotorli-porshenli mashinalar mavjud. Agar silindrlar blok o'qiga nisbatan radial joylashgan bo'lsa, radial porshenli agar aksial joylashgan bo'lsa, aksial-porshenli deb yuritiladi. Radial-porshenli nasos rotor 2, doiraviy yo'naltirgich 4, stator 1 va porshenchalar 3 dan iborat. Rotor qo'zg'almas o'q 5 atrofida aylanadi. Porshenchalar ilgarilanma-qaytama harakat qilib, o'z silindrlaridan chiqib prujina yordamida yo'naltiruvchi 4-ga tomon qattiq itariladi. 8.15.2-rasmda shtrixlangan qism teshik 6-dan suyuqlik bilan to'ldiriladi, silindrning ish hajmi kichraygan paytda teshikdan suyuqlik haydab chiqariladi. Radial-porshenli nasoslarda ish hajmi;

$$q = \frac{\pi d^2}{4} 2lZ \quad (3.15.1)$$

Bu yerda $\frac{\pi d^2}{4}$ – porshenning yuzi $2l$ – porshenning yo'li (l – ekss'entrisitet, Z porshenlar soni)/ So'rish



8.15.2-rasm. Radial-porshenli nasos

$$Q = \eta_x \cdot 2l \frac{\pi D^2}{4} \cdot Z \frac{n}{60} \quad (3.15.2)$$

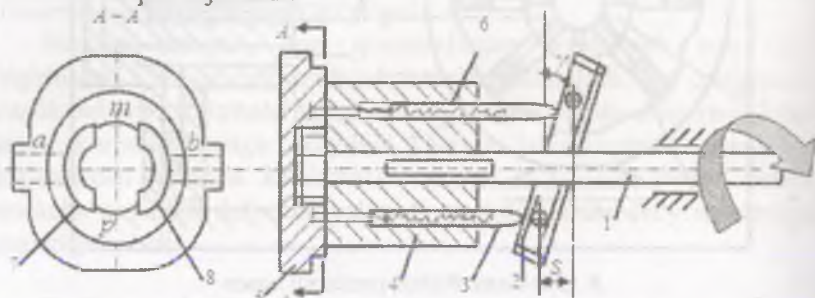
$$\eta_x = 0.7 \dots \dots \dots 0.9$$

Radial-porshenli nasoslar 200 at.dan 1000 at.gacha bosim hosil qila oladi. Ularning unumi 800l/min va quvvati 155 kVt ga yetadi. Bu nasos gidrouzatmalarda, ichki dvigatellarga yoqilg'i, surkash moyi, suyuqlik uzatishda ishlatiladi. Bu nasosning ikkinchi turi eksentrik-plunjerli nasosdir, bu nasosda plunjer ilgarilanma-qaytma harakatni eksentrik valdan oladi.

Aksial porshenli nasoslar

Aksial-porshenli nasoslarda porshenli silindrlar aylanish o'qiga parallel joylashgan bo'ladi. Nasosda rotor rolini silindrlardan iborat blok 4 o'taydi, uni val 1 yordamida aylantiriladi. Taqsimlash diski 5 va yotiq disk 2 nasos ishlagan paytda qimirlamasdan turadi. Porshenchalar 3 yotiq diskka tegib turadi. Porshenchalar yuqorida prujina 6 bilan oldinga itariladi, pastda esa yotiq 2 ning ta'sirida orqaga qaytadi. Suyuqlik silindrlarda kanal a dan taqsimlanadi. Kanal b dan haydaladi. Porshenning yo'li diskining gorizont bilan hosil qilgan burchagi bilan aniqlanadi.

Odatda, silindrlar bloki aylanadi, taqsimlash qurilmasi esa qo'zg'almasdir $\alpha = 0$ bo'lib, blok aylanayotganda, yotiq shayba (disk) va shatun yoki prujina yordamida porshenlar silindr ichida ilgarilanma-qaytma harakatlanadi. Taqsimlash diskidan uzoqlashgan porshenlar suyuqlikni so'radi, unga yaqinlashganda esa suyuqlikni haydaydi. Silindrlarda suyuqlikni keltirish va olib ketish silindrlar bloki chetidagi teshiklar orqali bajariladi.

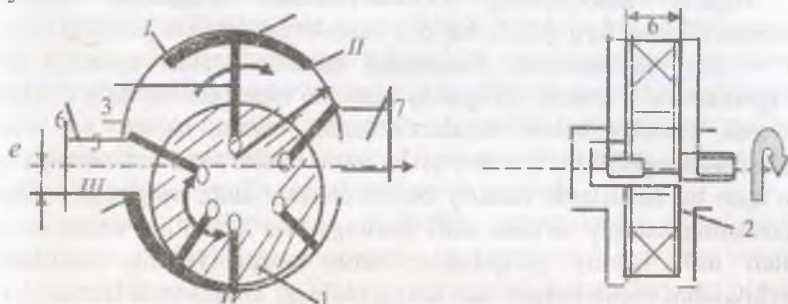


8.15.3-rasm. Aksial porshenli nasos sxemasi

Plastinkali (shiberli) nasoslar

Plastinkali nasoslar moy va boshqa suyuqliklarni uzatishda ishlatiladi. Plastinkali nasoslardan benzonasos sifatida, metal kesuvchi stanoklarda, aviatsiyada ham foydalaniladi. Plastinkali nasoslar bir harakatli, ikki harakatli va ko'p harakatli bo'lishi mumkin. Plastinkali nasoslarda har qaysi plastinka bir aylanish davri ichida bir marta so'rish va haydashda qatnashadi, shuning uchun ular bir harakati rotorli plastinkali mashinalar deyiladi. 8.15.4-rasmda bir harakatli rotorli plastinkali nasos tasvirlangan. Ikki harakatli nasoslarda so'rish 2 marta katta va o'zgarmas miqdorga ega bo'lib, rotorning burilish burchagiga bog'liq emas. Nasosning tuzilishi: 1 rotor, 2-disk, 3 plastinkalar (shiber). Rotor 1 nasos korpusida bir-biriga mahkam siqilgan disklar 2 orasiga joylashtirilgan. Nasosning silindrik korpusi ichida aylanuvchi baraban bo'lib, uning o'qi korpus o'qiga nisbatan e masofaga yoki eksentritetga siljigandir. Rotor radiusiga tomon ozgina qiyalashgan yoki radial joylashtirilgan uyachalarda plastinkalar (shiberlar) 3 o'rnatilgan. Statorga taqalgan va rotor bilan birga aylanadigan plastinkalar statorning ichki silindrik yuzasi bo'ylab sirpanadi hamda rotorga nisbatan ilgarilanma – qaytma harakatda bo'ladi. Rotor

ekssentrik joylashgani sababli rotor bilan stator orasidagi bo'shliqning hajmi kattalashadi.



8.15.4-rasm. Plastinkali nasoslar.

Natijada bosim kamayib, moy bo'shliqni to'latadi. Moy stator chetida joylashgan va nasosning so'rish trubasi 6 bilan ulangan tuynuk 5 orqali kiradi va rotorning aylanish yo'nalishi bo'ylab plastinkalar yordamida siljiriladi. Plastinkalar rotor bilan stator oralig'idagi eng uzoq masofali nuqtadan o'tgach plastinkalar orasidagi bo'shliq hajmi kichraya boradi va moy qarshidagi tuynukdan 7 orqali haydash trubasiga siqib chiqariladi.

Haydash va so'rish bo'shliqlari qo'shilib ketmasligi uchun I -- II va III -- IV zichlovchi do'ngliklar yasaladi. Berk hajmda moyning qolib ketishini yo'qotish uchun III -- IV do'nglik I -- II dan qisqaroq qilinadi. Plastinkali nasoslarda har qaysi plastinka bir aylanish davri ichida bir marta so'rish va haydashda qatnashadi, shuning uchun ular bir harakatli rotorli plastinkali mashinalar deyiladi. Ekssentrisitet o'zgartirib, ishchi hajmini o'zgartirishimiz mumkin. Bu -- hajmni quyidagicha formula bilan aniqlashimiz mumkin.

$$q [2r(R-l) - Z\delta] 2l\delta \quad (8.15.3)$$

Bu yerda R -- statorning ichki sirt radiusi, l -- ekssentristik, va l -- plastinkaning qalinligi va Z -- plastinkalar soni

Nasosning sekundlik sarfi

$$Q = \eta_0 [2\pi(R-l) - Z\delta] 2l\delta \frac{n}{60} \quad (8.15.4)$$

$$\eta_0 = 0.75 \dots 0.98$$

Hajmiy nasoslarning xarakteristikasi

Hajmiy nasoslarning xarakteristikalari markazdan qochma nasoslarnikidan farq qiladi, hajmiy nasoslarning bosim xarakteristikasi $H = f(Q)$ ni quramiz. Nasosning nazariy bosimi aylanish soni o'zgarmas ($n = \text{const}$) bo'lganda bosim o'qiga parallel to'g'ri chiziq bo'ladi. Bunday bosim xarakteristikalari barcha hajmiy va rotorli nasoslarga tegishlidir. Bundan qat'iy nazar bosim xarakteristikasiga ega bo'lgan bu nasoslarda nazariy bosim cheksiz katta miqdorga intiladi. Nasosning haqiqiy so'rishi sarfi bosimga bog'liq bo'lib, uning ortishi bilan turli hajmiy yo'qotishlar ortib ketadi. Hajmiy nasoslarda berkitgichni yopib borgan sari uning oldidagi bosim ortib boradi, lekin sarf juda kam o'zgaradi. Bu o'zgarish ham bosimning ortishi natijasida suyuqlikning tirqishlardan sirqib ketishi hisobiga bo'ladi. Bu esa o'z navbatida bosimning juda oz miqdorga kamayishiga olib keladi. Shunday qilib, hajmiy nasoslarning haqiqiy bosim xarakteristikasi $H = f(Q_v)$, chapga bir oz qiyalashgan bo'ladi. Hajmiy nasoslarning xarakteristikalari markazdan qochma nasoslarnikidan butunlay farq qiladi.

$$H_{haj} = f(Q_{haj})$$

Rotorli nasoslar ichida porshenli nasoslarning bosim xarakteristikalari y'ana ham qattiqroq bo'ladi, chunki porshen va silindrlarni boshqa siqib chiqaruvchilarga nisbatan aniqroq ishlash mumkin va ularda tirqishlar kichikroq bo'lib, katta bosimlarda yuqori FIK hosil qilishga yordam beradi. Hajmiy nasoslarda quvvat xarakteristikasiga o'xshash bo'ladi, lekin quvvat grafigining egriligi bosimnikiga nisbatan kattaroq bo'ladi.

Hajmiy nasoslarda kuch o'zgargani bilan so'rish deyarli o'zgarmay ($\Delta Q = 0$) markazdan qolma nasoslarda esa farq ancha sezilarli bo'ladi.

Nazorat savollari

1. Rotorli nasoslar qaysi guruhga kiradi?
2. Sarf miqdori qaysi formuladan topiladi?
3. NSh – nimani bildiradi?
4. Aksial porshenli nasos sarfini qanday boshqariladi?
5. Rotorli nasoslarning afzalliklari?
6. Aylanish sonini qanday boshqariladi?

8.16. Gidrouzatmalar va hajmiy gidroyuritmalar. Gidrodinamik uzatmalarning vazifasi va ishlatilishi sohalari

Gidravlik uzatmalar deb, suyuqliklar ishtirokida bir mexanizmning ikkinchi mexanizmni harakatga keltirishiga asoslangan mexanizmlarga aytiladi. Gidravlik uzatma bir agregatda ikki xil parrakli mashinadan, ya'ni markazdan qochma nasos va gidravlik turbinadan birgalikda foydalanuvchi qurilmadan iborat. Unda energiya elektr dvigatelidan gidrodvigatelga suyuqlik oqimi yordamida beriladi.

Transport mashinalarida gidravlik uzatmalardan foydalanish yetaklovchi g'ildiraklarning tezligini juda kamaytirish imkonini beradi:

Gidravlik uzatmasi bo'lmagan avtomobil dvigatellari, ko'pincha, turgan joyidan qo'zg'alishda, tepaliklarga ko'tarilishlarda, burilishlarda va boshqa hollarda o'chib qoladi. Gidravlik uzatmali dvigatel bu kamchiliklardan holidir. Maxovik bilan dvigatel va kuch zanjirining qolgan halqalari orasida biki bog'lanish yo'qligi sababli, ular, shuningdek, dvigatelning o'zi ham zarbaga uchramaydi. Gidravlik uzatmalar avtomobil turgan joyidan siljishda va tezlikni o'zgartirishda hosil bo'ladigan keskin silkinishlarni kamaytiradi bu esa o'z navbatida mashinadan foydalanish davrini uzaytiradi.

Gidravlik uzatmalardan avtomobillar, teplovozlar, transportlarda, kemachilikdan, yo'l qurilish mashinalaridan, aviatsiyada keng foydalaniladi.

Gidrouzatmalardan foydalanib bajariladigan turli tuman harakat va operatsiyalarini

tushinish uchun hajmiy gidrouzatmalar haqida tushunchaga ega bo'lish zarur, ular haqida hajmiy gidrouzatmalar bo'limida keyinchalik batafsil to'xtalamiz.

Ishlash prinsipiga qarah hajmiy va gidrodinamik turlariga bo'linadi:

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

Gidrodinamik uzatmalarda parrakli gidromashinilar yordamida ishlaydi. Ya'ni ish g'ildiraklarining parraklari yordamida suyuqlikka berilgan dinamik bosim energiyasidan foydalaniladi. Bu xil uzatmalarni ayrim hollarda turbouzatma deb yuritiladi, bunday deb atalishining

sababi 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 oqimlisida esa dvigatel quvvatining bir qismi gidravlik g'ildiraklar orqali, ikkinchi qismi esa mexanik yo'li bilan uzatiladi.

Aylantirish momentining uzatilish usullariga qarab gidrodinamik uzatmalar ikkiga bo'linadi:

- 1) gidroilashgich yoki gidromuftalar;
- 2) gidrotransformatorlar yoki turbotransformatorlar.

Hajmiy gidravlik uzatma rotosion nasos 1, sovitgich 2, teskari klapan 3, turbinalar 4, reversiv taqsimlagich 5 va taqsimlash klapani 6 dan iborat.

Suyuqlik nasos 1 dan taqsimlash klapani 6 va reversiv taqsimlagich 5 orqali turbina 4 ning kuragiga o'tadi. Undan keyin suyuqlik turbinalardan truba 7 orqali sovitgich 2 ga keladi va suyuqlik sovitilib yana nasos 1 ga keladi. Reversiv taqsimlagichning holatini o'zgartirish yo'li bilan operator suyuqlikni turbinalarning kuraklariga yuqoridan yoki pastdan yo'naltirib mashinaning harakat yunalishini o'zgartiradi.

Hajmiy gidravlik uzatma nasosining seksiyalari soni bittadan to'rttagacha bo'lishi mumkin. Taqsimlash klapani yordamida gidravlik uzatmaning seksiyalarni ishga tushirish yoki to'xtatish yo'li bilan zarur bo'lgan uzatish nisbatiga erishamiz, y'ani tezlik nasosda gidrodvigatelga kiritayotgan suyuqlik miqdorini o'zgartirish hisobiga boshqariladi.

Gidrodinamik uzatmaning-ishlash prinsipi.

Gidrodinamik uzatmalar parrakli gidromashinalar yordamida ishlaydi. Bu yerda ish g'ildiraklarining parraklari yordamida suyuqlikka berilgan dinamik bosim energiyasidan foydalaniladi. Bu uzatmalar ba'zan turbouzatma deb ataladi, bunga sabab ularda markazdan qochma nasos va gidravlik turbinalardan birgalikda foydalaniladi.

Gidrodinamik muftalar tuzilishi va ishlashi

Gidromuftada yetaklovchi valdagi momentning miqdori har qanday o'zgartirilganda ham ikkala (etaklovchi va yetaklanuvchi) valda momentlarning tengligi ta'minlanadi. Yo'naltiruvchi apparatning yo'qligi gidromuftalar burovchi momentini o'zgartirmaydi va har qanday uzatish nisbatlarida ham etaklovchi va etaklanuvchi vallardagi

momentlar teng bo'ladi. Etaklanuvchi val faqat etaklovchi valning yo'nalishida aylanadi.



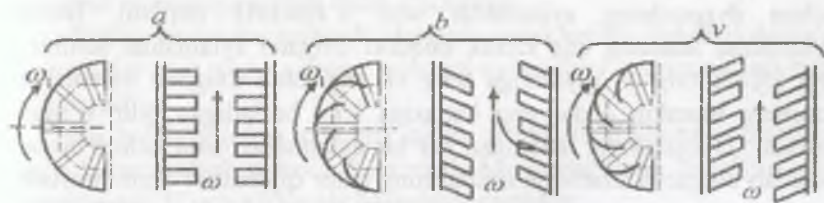
8.16.1-rasm. Hidrodinamik mufta yoki turbomufta nasos g'ildiragi
1-turbina g'ildiragi. 2 – yetaklovchi val. 3 – yetaklanuvchi val. 4 – diafragmalı bosqich. 5 – yarim korpus. 6 – yarim tor. 7 – lardan iborat.

Hozir gidromuftalar 500 dan ortiq turdagi mashina va mexanizmlarda bir agregatda $0,5 \div 1$ kVt dan 35000 kVt gacha va undan ortiq quvvatni uzatishda ishlatiladi. Gidromuftalar uzatish soni birga teng bo'lgan gidrouzatmalarda ishlatiladi.

Gidromuftada ishlatiladigan ish g'ildiraklari.

Ish g'ildiraklari radial kurakli (8.16.2-rasm a) orqaga og'ishgan kurakli (8.16.2-rasm b) va oldiga og'ishgan kurakli (8.16.2-rasm v) gidromufta ish g'ildiragi tasvirlangan.

Nasos va turbina g'ildiraklari shtamplangan yarim halqa shaklida tayyorlanadi.



8.16.2-rasm. Radial kurakli ish g'ildiraklari.

Gidromuftada ishlatiladigan ish g'ildiraklari. Gidromuftaning korpusi 2 ta shtamplangan qismdan iborat bo'lib, ular boltlar yordamida qavsharlanib maxkamlanadi. Tajriba shuni ko'rsatdiki, oldinga og'ish burchagi 450 bo'lgan kurakli gidromuftalarning uzatgan momenti, radial kurakli gidromuftalarga qaraganda 2 marta ortiq, orqaga og'ishgan kurakli gidromuftalarning uzatgan momenti esa radial kurakli gidromuftalarnikiga qaraganda biroz kam ekan.

Gidromuftalar ishlagan paytda kuraklarning tebranishini yo'qotish uchun nasos g'ildiragidagi kuraklar soni turbina g'ildiragidagi kuraklar soniga teng bo'lmashligi kerak. Masalan GAZ-12 avtomobilidagi gidromufta nasos g'ildiragida 48 ta kurak va turbina g'ildiragida 44 ta kurak o'rnatilgan.

Gidrodinamik muftalarning ishini xarakterlaydigan asosiy parametrlarga uning tashqi xarakteristikalariga kiruvchi va turbina g'ildiragi aylanishlari soni (n_2)ga bog'liq bo'lgan burovchi momenti (M) va FIK (η) kiradi (bunda nasos g'ildiragi aylanishlar soni n o'zgarmas). Gidromuftalarning nasos va turbina g'ildiraklariga oqimini hisoblash uchun Eyler tenglamasidan foydalaniladi (bu tenglamani parrakli mashinada bergan edik).

Gidrodinamik uzatmaning, ish g'ildiraklari kurakli sistemasidan tashkil topgan aylanma panjaradan iborat bo'ladi. Gidromufta g'ildiraklarining kuraklari, ko'pincha, tekis radial shaklda, gidrotransformator g'ildiraklarning kuraklari esa fazoviy yoki aerodinamik silindr shaklida tayyorlanadi.

Gidromuftaning dvigatel bilan birgalikda ishlashi.

Ichki yonuv dvigateli va gidromufta birgalikda ishlaganda dvigatelning tirsakli vali nasos g'ildiragi bilan blok qilib birlashtiriladi, shuning uchun

$$n_d = n_H$$

Dvigatel-gidromufta sistemasining xarakteristikalarini aniqlash uchun dvigatelning aylanishlar soni o'zgartirib beriladi. Bunda aylanishlar sonining eng kichik miqdori dvigatel aylanishlar sonining eng kichik turg'un qiymatiga teng va eng katta dvigatel aylanishlar sonining mumkin qadar eng kattasiga teng bo'ladigan qilib o'zgartiriladi. Dvigatelning tanlangan har bir aylanishlari soni uchun birdan boshlab nolgacha uzatish nisbatlarining qator qiymatlari berib boriladi.

Har bir uzatish nisbati uchun mos ravishda nasos g'ildiragidagi moment hisoblab chiqariladi.

Agar uzatish nisbatlarining kattaliklari kamaytirilganda hisoblab chiqarilganda moment dvigatelning maksimal momentdan katta bo'lib chiqsa, u holda berilgan aylanishlar soni uchun hisoblash tugagan bo'ladi, chunki mufta bundan katta momentlarni uzatmaydi. Har bir uzatish nisbatlarining qiymatlari uchun turbina g'ildirak valining aylanishlar soni hisoblab chiqiladi. Odatda, natija jadval shaklida beriladi. Olingan natijadan foydalanib, dvigatelning aylanishlari n_d ning berilgan qiymatlari uchun $M_H = f(n_m)$ funksiya, dvigatel momenti M_d grafikalarini tuzish mumkin. Bu grafiklar gidromuftaning tortish imkoniyatlarini ifodalaydi.

Gidromuftaning ishini rostlash uch usul bilan amalga oshiriladi:

1) yetaklovchi val aylanishlari sonini o'zgartirish yo'li bilan; 2) gidromufta oqar qismining shaklini o'zgartirish yo'li bilan; 3) ish bo'shlig'ini suyuqlik bilan to'ldirish darajasini o'zgartirish yo'li bilan.

Dvigatelning yetaklovchi val aylanishlari sonini o'zgartirish bilan rostlash usulu, asosan, transport va yuk ko'tarish mashinalarida qo'llaniladi. Bu usul bilan rostlash natijasida gidromufta valida uncha katta bo'lmagan qoldiq moment hosil bo'ladi, bu esa transport mashinalari (avtomobil, traktorlar) uchun katta ahamiyatga ega. Masalan, agar gidromufta validagi qoldiq moment harakatdagi avtomobil qarshiligidan kichik bo'lsa, u holda haydovchi dvigatelni o'chirmay faqat aylanishlar sonini kamaytirish bilan mashinani to'xtata oladi.

Agar gidromuftada katta qoldiq momenti hosil bo'lsa, u holda avtomobilni to'xtatish uchun tormoz yoki ajratish qurilmasidan foydalanish kerak bo'ladi. Rostlash darajasi moment va tezlik bo'yicha farqlanadi. Moment bo'yicha rostlash darajasi – yetaklovchi valning asosiy ish tartibidagi momentning to'xtatilganda o'sha valning o'zidagi minimal momentga nisbati bilan o'lchanadi.

Tezlik bo'yicha rostlash darajasi yetaklovchi valning nominal aylanishlar soni o'sha valning minimal aylanishlar soniga nisbati bilan o'lchanadi.

Ish bo'shlig'ining suyuqlik bilan to'ldirish darajasini o'zgartirish yo'li bilan rostlash gidromuftani rostlashning eng keng tarqalgan usuli hisoblanadi. U uch xil tarzda bajarilishi mumkin:

1) gidromufta kirishida suyuqlik oqimini rostlash;

- 2) gidromuftadan chiqishda suyuqlik oqimini rostdash;
- 3) gidromuftaga kirish va chiqishda suyuqlik oqimini rostdash.

Gidromufta ishini rostdash natijasida uni shunday epchil boshqarishga erishiladiki, gidromufta ikkilamchi valining aylanishlari sonini tez o'zgartirish va gidromufta bir tartibdan ikkinchi tartibga minimal vaqtda o'tishi mumkin bo'ladi hamda gidromuftaning turli tartiblardagi ishi barqaror bo'ladi.

Gidrodinamik transformatorlar. Burovchi momenti va yetaklovchi valning aylanishlari soni, yetaklanuvchi val aylanishlari soniga nisbatan o'zgartirish yo'li bilan quvvatni yetaklovchi valdan yetaklanuvchi valga uzatuvchi energetik mashina buruvchi moment gidrotransformatori deb ataladi. Yetaklovchi va yetaklanuvchi vallarning bir tomonga aylanuvchi gidrotransformatorlar to'g'ri yo'lli qarama-qarshi tomonga aylanuvchilar esa teskari yo'lli gidrotransformatorlar deyiladi.

Gidrotransformatorlarning vazifasi, guruhlanishi, tuzilishi va ishlash jarayoni 1 va 2 adabiyotlarning gidrotransformator bo'limi qaralsin.

Hajmiy gidrouzatmalar. Asosiy tushunchalar

Hajmiy gidrouzatmalar hajmiy gidromashinalar yordami bilan mexanik energiyani uzatish va o'zgartirish uchun mo'ljallangandir. Hajmiy nasos gidrodvigateldan tuzilgan qurilma hajmiy gidrouzatmaning prinsipial asosi hisoblanadi. Agar nasos va gidrodvigatel qurilishi jihatdan bo'linmaydigan birikma tashkil qilsa, unda bunday sodda gidrouzatma hajmiy gidrouzatma deyiladi.

Agar kuch gidrosistemi alohida nasoslar, gidrodvigatellardan tashkil topgan bo'lib, gidroapparat elementlari, yordamchi qurilmalarga ega bo'lsa bunday gidrosistemani ham hajmiy gidrouzatma deb atash qabul qilingan. Shunday qilib, hajmiy gidrouzatmalarga oddiy gidravlik sistemalar kiradi. Ular mexanik energiyani uzatish va o'zgartirish uchun xizmat qiladilar.

Hozirgi metallarga ishlov berish stanoklarining deyarli hammasi: eng oddiy bo'ylama randalash stanoklaridan boshlab, murakkab nusxa kochirish stanoklarigacha hajmiy gidrouzatma bilan ta'minlangan.

Gidrouzatmalar boshqarilmaydigan, qo'l bilan boshqariladigan va avtomatik boshqariladigan, ergashuvchi gidrouzatmalarga ajraladi. Mavjud mexanik, elektrik, pnevmatik, kombinatsiyalangan va

boshqalarga nisbatan gidrouzatmalarning quyidagi ustunliklarini ko'rsatish mumkin;

1. Kichik gabaritlarda ham katta zo'riqish va quvvat uzatishi mumkin.

2. Kuch organlarining silliq harakat qilishi ta'minlangan, tezlik va yuklanish avtomatik boshqariladi.

3. Ilgarilanma-qaytma va aylanma harakatlarni tez o'zgartirish imkonini beradi.

4. O'zgarayotgan kuchlarni bosim orqali nazorat qilish manometrlar yordamida oson amalga oshiriladi.

Yuqoridagi ustunliklar bilan bir qatorda kamchiliklari ham bor:

1. Gidravlik sarf yoki tezlik katta bo'lganda FIK past bo'ladi.

2. Havo tiqilib qolganda gidravlik zarbalar natijasida silkinish ro'y beradi.

3. Suyuqlikning ortib ketishi va siqilishi aniq koordinatsiyalashni qiyinlashtiradi.

8.17. Kompreszorlarni xarakat qonun qoidasi (prinsipi) va klassifikatsiyasi (tasnifi)

1. silindrlar soniga qarab: bir silindrli, ikki silindrli, uch silindrli;

2. silindrlar joylashuviga qarab: gorizontal, verikal, *W*-shaklida, *V* – shaklida;

3. qism bosqich soniga qarab: bir bosqichli, ikki bosqichli;

4. uzatgich rusmiga qarab: elektrodvigitelida uzatish, dizeldan uzatish

Kompressorlarning asosiy texnik xarakteristikalari quyidagicha:

– havo qismidagi bosim miqdori (atm, bar);

– so'rish yoki xaydash unumdorligi (m^3/min , l/min , l/sek);

– kuch qurilmasi boshlang'ich quvvati (kVt);

– kompressor massasi va o'lchami.

Kompressorlar klassifikatsiyalanadi:

1. havo qismi rejimi xarakteriga va mashinaga qo'llash xilligi:

– statik, bunda porshenli, rotatsionli va vintli sistema ishlatiladi;

– dinamik, radiali va o'qli rusumdagi hamda o'ramali turbomashinalar bilan.

2. konstruktiv qo'llashdagi qo'shimchalar:

- boshlang'ich qurilma kuchi ko'rinishi (elektrodvigatel, karbyuratorli yoki dizelli ichki yonish dvigateli);
- havo qismi bosqichi soni (bir-ikki bosqichli);
- sovutish sistemasini qo'llashdagi ko'rinishi (yog', havo bilan);
- ko'chirish mumkinligi (statsionarli, ko'chishli, bir o'qli va ikki o'qli pritsepli);
- uskuna kuchini montaj qismida, qismlarni joylashtirish o'rni (ramada, resiverda);
- resiverni joylashuvi (gorizontal, vertikal);
- apparatni komplektatsiya darajasi (havo-tayyorgarligi, kontrol va havosizlik).

Mashinani asoiy energiya manbayi bu qisiluvchi havo, uskuna va butlovchi qismlar.

Kompressor orqali ishlab berilgan havoning iqtisodiy effektivligi uning tozaligiga bog'liq. Qismlanuvchi havoni qo'llashda malum qonun qoidalar va normativlar belgilangan.

Kompressorlar klassifikatsiyasi va ularni qo'llanish soxalari.

Quyidagi rasmda kompressorlar klassifikatsiyasi keltirilgan bo'lib ularni konstruktiv xususiyatlarini taxlil qiligan.

Og'ir metali porshenli mashinalar, ularning harakatlanuvchi qismi to'liq muzokatlanmagan, ularga nisbatan sekin harakatli ammo yuqori bosimli (10 MPa dan oshiq) va (250 – 300 MPa ishlab chiqarishga ta'luqli kompressorlar hamda 2000 MPa gacha – laboratoriyaga muljallangan kompressorlar) yuqori ixtisodiy tamondan ishlovchi, turli gazlarni xatto xafli (tokis) gazlarni siquvchi mashinalarga kiradi.

Dinamik ta'fsifli kompressorlar ular kuchli aylanishga ega, nisbatan engil metalli, yuqori unimdarli porshnliga nisbatan FIK kamroq, harakati tekis muvozanatlashgan. So'rish va haydashda bosimlar farqi yuqori bo'lishi uchun ko'p bosqichli sxemaga ega bo'lgan kompressorlaryaratilishi kerak.

Bu xolda mashina haddan tashqari kata va iqtisodiy tamondan maqsadga muvofiq emas. Unumdorlikni (sarfni kamayishi 100 m³/min. dan kam) iqtisodiy jixatdan keskin kamayadi.

Rotornye mashinalarni FIK unga nisbatan biroz kamroq. Uning tezlik xarakteristikasi rotor va silindrdagi mexanik bog'liqligi uchun chegaralangan. SHuning uchun dinamik mashinaga nisbatan etarli ravishda bo'shroq ishlaydi. Dinamik mashinada aylanma tezlik, disk yoki parraklar mustakamligiga qarab ma'lum chegaraga ega.

Bunday mashinalar ishonchligiga va FIK ni shartlari bo'yicha yuqori nisbiy bosim xosil bo'lmaydi. Bu mashinada FIK ni pastligi, ishlash jarayonidagi shovqunni kamligiga va rotor aylanish chastatasiga nisbiy bosimiga bog'liq emasligi uning asosiy xarakteristikasini ifodalaydi. (Dinamik mashinalar bosim farqi rotorni aylanishiga bog'liqi)

Membranli kompressorlar ichki jarayon va konstruksiyasi ko'rinishi xarakter jixatdan porshnlikka o'xshaydi. Ishchi a'zo-membrana, haydash bosimini yuqoriligi (20–40MPa) va berilayotgan gazni tozaligi konstruksiyasiga qator chegaralar qo'yadi. Ular porshnli porshnli kompressorlarga nisbatan metalniko'p ishlatilganligi hamda sekin harakatliligi bilan farqlanadi. Membranli kichik egilishi hisobiga mashinani unumdorligi juda kam. Membranli mashinani ishlash vaqti ham chegaralangan. Bu mashinalar gazni siqish va uzatishni eng yaxshi (optimal) xolga keltirish uchun ko'p faktirli taxliilar ma'lum sharoitlardagi mashina ishlatilishida konstruksiyaelimentlarini o'zgartirishda quyidagi holatlarga etibor qaratish kerak bo'ladi. Boshlang'ich kapital xarojatlar, ishlatish faktorlarni (FIK, ishlatish vaqti, taklif qilingan vaqtgacha ishlab beri shva h.k.) atrof muxit faktorii (tovush tebranishi, germetiklik va h.k.) Xaar bir faktorni muximligi istimolchi tamonidan boxalanadi. Yuqoridagi faktorlarga asosan joylarda qaysi mashinaga extiyoj sezilsa shunga qarab kompressorlar rusumi tanlanadi.

Kompressorlarni harakat qonun qoidasi va klassiifikatsiyasi (tasnifi)

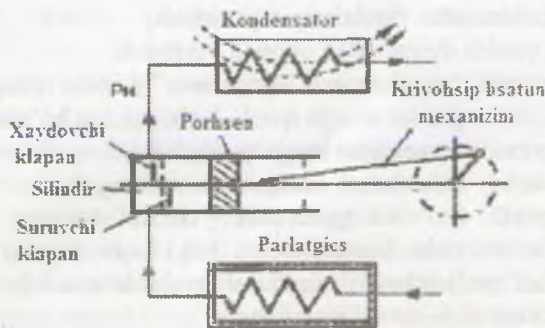
1. silindrlar soniga qarab: bir silindrli, ikki silindrli, uch silindrli;
2. silindrlar joylashuviga qarab: gorizontal, vertikal, W-shaklida, V – shaklida;
3. qism bosqich soniga qarab: bir bosqichli, ikki bosqichli;
4. uzatgich rusmiga qarab: elektrodvigitelida uzatish, dizeldan uzatish

Kompressorlarning asosiy texnik xarakteristikalari quyidagicha:

- havo qismidagm bosim miqdori (atm, bar);
- so'rish yoki xaydash unumdorligi (m^3/min , l/min , l/sek);
- kuch qurilmasi boshlang'ich quvvati (kVt);
- kompressor massasi va o'lchami .

Kompressorlar klassifikatsiyalanadi:

1. havo qismi rejimi xarakteriga va mashinaga qo'llash xilligi:



8.18.1-rasm. Porshnli kompressorlar

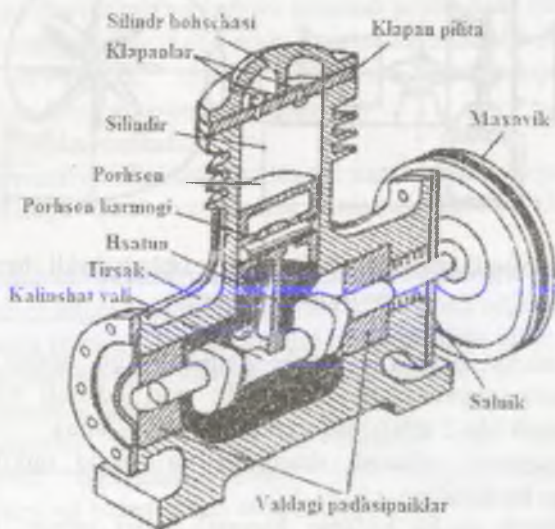
Porshenli kompressorlarida soʻruvchi va xaydovchi klapanlar slindir yoopingʻichli-qopqogʻi (krishka) ichiga joylashtirilgan. Xar bir kompressor slindiri ichida valning bir marta aylanishida yoki porshening ikki yuurishida toʻliq ish jarayoni boʻladi. Slindir ichida porshen xarakati natijasida kondensator ichida porshen usti qismida xavo siyraklanishi xosil boʻladi va klapan ochilishi bilan parlangich orqali par-bugʻ slindir ichiga kiraboshlaydi. Porshening teskari xarakatida esa bugʻlar qisiladi va bosim oshadi. Suruvchi klapan bu vaqtda yopiladi, xaydovchi klapan orqali siqilgan bugʻ kondensatorga itaraladi. SHundan keyin porshen xarakat yoʻnalishi oʻzgaradi va xaydovchi klapan yopiladi xam kompressor bugʻi porlatgich soʻraboshlaydi.

Porshen kompressorini qisimlari

Choʻyandan ishlangan kompressorda slindir va kompressor boʻlib tirsakli val karter ichiga joylashtirilgan. Kartar ichiga may quyilib bu may kompressorni qisimlarini moylab turadi. Tirsakli val podshivniklarga quyilgan maxsus boʻyinchalarga oʻrnatilgan. Boʻychalar salniklar bilan zichlangan. Bu esa tirqishlardan mayni oqib ketishiga toʻsqinlik qiladi valning boʻyinchasiga moxovik preslangan boʻlib, kamarli uzatgichyordamida dvigatel arqonli tirsakli valni aylantiradi. Shatun yuqori boshchasi yordamida porshen barmoqchasiga birlashtirilgan. Valning aylanishi bilan slindir oʻqida porshen bir chetki xolatidan ikkinchi chetki xolatgacha xarakatlanadi. Bu vaqtda krivoship ikki radius qiymatga aylanadi. Porshenga maxsus xalqacha oʻrnatilgan

bo'lib o'zining qayishqoqligi bilan karterga bug' qoldiqlarini tushirmaydi xamda slindir ichida zich xolda xarakatlanadi.

Slindirning yuqori qismi maxsus boshga (galovka) bilan berkitilgan. Slindir bosh qismi ikki kameradan iborat: suruvchi va xaydovchi. Xarbir kamerada klapanlar bo'lib, ular so'ruvchi va xaydovchi klapanlardir.



8.18.1-rasm. Klapanlar slindirning ikki tamoniga o'rnatilgan

So'ruvchi klapanlarga so'ruvchi quvur o'rnatilib porlatgich bilan o'rnatilgan. Xaydovchi kameraga-xaydovchi quvur, kondensator orqali ulangan.

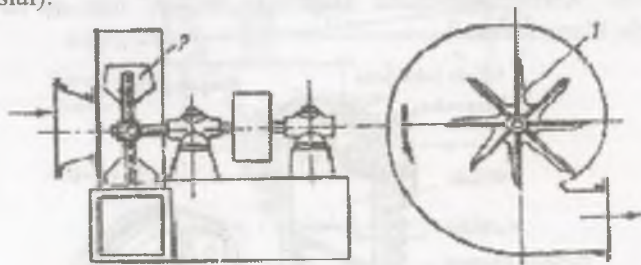
8.19. Ventilyatorlarning klassifikatsiyasi va ularning qo'llanish soxalari

Ventilyasiya (shamolotish) tizimlari ham kompressorlar tizimlariga o'xshab, turli tuman uskanali guruxlarga bo'linadi. Birinchi navbatda bo'lar ventilyatorlar, ventilyator agregatorlar yoki ventilyator qurilmalari.

Ventilyatorlar

Ventilyatorlar – bo'lar mexanik qurulma bo'lib xonalarni shamollatishga, havoni tashuvchi tizimlarda almashtirib turishga salqin

xavoni hosil qilishga muljallangan. Yana havoni to'g'ridan-to'g'ri xonalarga berishga, xonadagi havoni so'rish bilan birga ventilyatorga kirishda va chiqishdagi kerakli bosimni farqini hisil qilish uchun ishlatiladi. O'qiy (aksialli); radial (markazdan qochma); diametralli (tangensial).



8.19.1-rasm. Ventilyatorlar konstruksiyasi va ishlash shakli shamoli bilan quyidagilarga bo'linadi:

Ventilyatorlar havoni o'zlashi hamda to'liq bosim miqdoriga bog'liq hamda quyidagilarga bo'linadi: past bosimli (do 1 kPa); o'rtacha bosimli (do 2 kPa); yuqori bosimli (do 12 kPa).

Ventilyatorlarni ishlatish sharoitiga va muxid tarkibiga qarab quyidagilarga bo'linadi:

Soda 800°S gacha bo'lgan haroratli havo uchun; Korroziyalı muxitlar uchun;

isıqqa chidamli 200 °S gacha haroratli havo uchun;

portlashga xavfsiz, portlashga moil muxitlar uchun;

chang-tuzonli havo uchun (qattiq zarrachalar 100 mg/m³ dan katta).

Ventilyator parraklarini maxkamlanish usuli va elektrodvigatel o'rnatilishiga qarab ventilyatorlar quyidagilarga bo'linadi:

elektrodvigatel bevosita ulanish bilan; kamarli bog'lanish bilan.

Ventilyatorlarni o'rnatish joyiga qarab ular quyidagilarga bo'linadi:

oddiy maxsus tayaanchiga o'rnatilgan (rama, mustakam asosga);

kanalli, bevosita havoni haydaydigan joyga o'rnatilgan;

tomga o'rnatilgan maxsus o'rindiqqa o'rnatilgan.

Radial ventilyatorlar – turli tuman loyxali tartib olib – uzatuvchi shamolatgich, ishchi bosimi hamda sarfi keng spektrli bo'lgan

ventilyatorlar Ushbu maxsulot murakkab agressivva portlashga moil muxitlar uchun qo'llaniladi.

Kanalli ventilyatorlar dumoloq va to'rtburchak kanallar uchun-ushbu maxsulot joyniiqtisod qilishda shamollatish tizimini ishga solishga juda qulay bo'lib, o'rnatish va ishga tushirish tez va qulay. Bunday ventilyatorlar yuqori sifatli dvigatelga ega bo'lib, tashqi rotorga ham ega, kam quvvat talab qiladi va ishlatish uchun juda qulay.

O'qiy ventilyatorlar – eng sda shamoliatish usuliga ega. U ishlab chiqarish ob'ektlarda, qishloq xujalik va boshqa binolarni shamollatishga keng miqyosda qo'llaniladi.

Asosiy xarakteristikalar

Barcha ventilyatorlar ma'lum texnik xarakteristikalariga ega bo'lib, qullanishsoxasiga qarab ventilyator tanlanadi hamda klassifikatsiya qilinadi.

Ventilyatorlar quyidagi texnik xarakteristikalariga ega:

aylanish chastota (ayl/min): bosimni to'liq hosil qilinishi (Pa):

Havo sarfi (m^3/ch): Tovush bosimi hosil qilinishi (dB):

FIK (foydali ish koeffitsiyenti): Kerakli qvvat (Vt):

Ventilyatorlar turlari

Ventilyatorlar turli rusum va turlarga ega. Ular qurulma konstruksiyasi, qo'llanish soxasi, ish sharoiti, hamda texnik xarakteristikasi va parametrlari orqali farqlanadi.

Ventilyatorlar konstruksiyasi:

O'qiy (aksialli): Markazdan qochma (radialli): Diagonali:

tangensialli (diametralli):

Ventilyatorlar to'liq bosim hosil qilishiga qarab bog'lanish turlari:

Past bosimli (1 kPa gacha): O'rta bosimli (1–3 kPa gacha): YUqori bosimli

(3–12 kPa gacha):

Ish sharoitiga qarab bog'lanishli ventilyatorlar:

– oddiy ventilyatorlar:

– chang uchun (changli muxida ishlash uchun):

– portlashlardan ximoyalangan (portlashga moil muxidlarda ishlash uchun):

– issiqqa chidamli ventilyatorlar ($80^{\circ}S$ dan yuqori haroratda ishlash uchun):

– korroziyaga chidamli (korroziyali muxidga ishlash uchun):

- tutunni yo‘qatish uchun ishlaydigan ventilyatorlar:

Elektrodvigatellarga ulanish usiliga bog‘liq ventilyatorlar turlari:

bevosita ulanish bilan; bosqichli ulanish bilan; kamarli uzatgich bilan;

O‘rnatish usuliga bog‘liq holda bo‘lgan ventilyatorlar turlari:

- ddiy ventilyatorlar (tiyaanchga mustaxkamlangan);
- kanalli ventilyatorlar (havo o‘tkazishga o‘rnatilgan);
- tomga mo‘ljallangan ventilyatorlar (bino tomiga o‘rnatilgan);
- ko‘p tarmoqli ventilyatorlar (ko‘p havo o‘tkazishga muljallangan ventilyatorlar turi);

Ventilyatorlar quyidagicha bo‘linadi;

- past bosimli ventilyatorlar (markazdan qochma o‘qi), xaydash bosimi 1000 Pa gacha;

- o‘rta bosimli (markazdan qochma), 3000 Pa gacha;

- yuqori bosimli (markazdan qochma), 10 kPa va ayrim xollarda 15 kPa gacha;

- qurilmani ishlash tartibi asosan:

– Hajmiy, shu jumladan porsheni ilgarilama-qaytarma harakatdan porshenli, bir ishchi kovakli oddiy yoki ikki yoqlama, rotorli va vintli;

– parrakli (kurakli), ular o‘z navbatida ishchi jism radial yo‘nalishdagi harakatli markazdan qochma radial o‘qiy (aksialli) ishchi jism o‘qi ko‘chishi xillarga bo‘linadi;

– kurakli markazdan qochma va o‘qiy kompressorlar hamda havopurkagichlar, turbokompressor va turuamashinalar deyiladi;

– struyali (ijektorlar, aspiratorlar), past bosimli havo(gaz)ni so‘rish va siqishga mo‘ljallangan ishchi jismi kengaytirilgan bo‘lib (kinetik energiyani qo‘llashga asoslangan).

Ventilyatorlar turlari

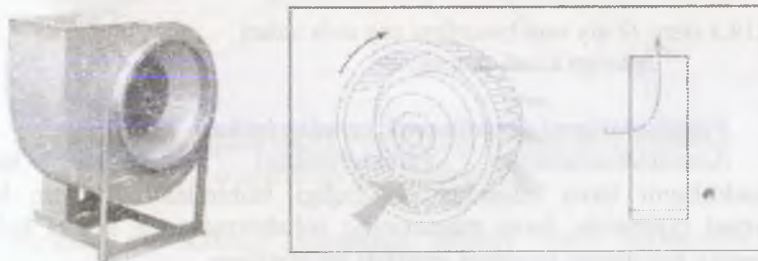
Havo o‘tkazgichlar tizimidagi binolarda ishlatiladigan, havoni haydash va so‘rishda, shamollatish uchun qo‘llanadigan qurilma – ventilyatorlardir. Ventilyatorlarning asosiy vazifasi, havo o‘tkazgichdagi qarshilikni engish, ventilyasiya tizimidagi maxalliy qarshiliklarni kamaytirish, havo o‘tkazgichlardagi diametr farqini engishdan iborat. Havo qarshilig tizimidagi bosim farqlari mutadil bo‘lmasligi va bosim farqlarini o‘zgartirishda ventilyatorlar turlari tanlab olinadi.

Ventilyatorlarning ishlar tartibiga va geometrik ko'rinishiga qarab parrakli, radialli, o'qiy yarim o'qiy hamda diagonal ventilyatorlarga bo'linadi.

Radial ventilyatorlar

Shamollatish tizimida asosan yuqori bosimdagi ishlash sharoitida rodial ventilyator ishlatiladi. Uning asosiy texnik xarakteristikasini ishchi g'ildirak va parraklari orqali aniqlanadi.

Agar kurraklar orqaga egilgan bo'lsa 80% effektiv ishlashida kam shovqunga ega, ammo bo'nday kuraklar orqali havo miqdorini o'tishi bosimga bevosita bog'liq. Bunday ko'rinishga ega bo'lgan kurraklar changli havoga tavsiya etilmaydi, va ular tor doyrada o'z qiymatini bildiradi, bu holat grafikning chap tamonida ko'rsatilgan.



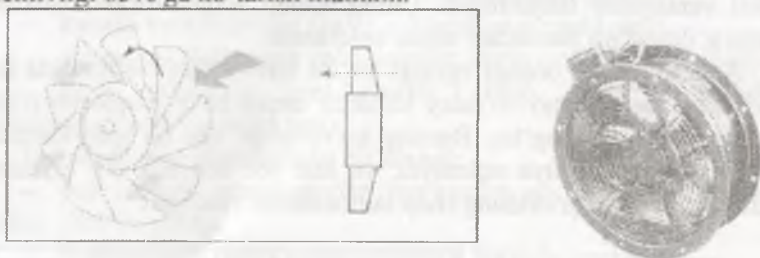
8.19.2-rasm.

Ventilyatordagi kurraklar orqaga egilgan bo'lsa 80% effektiv ishlashida kam shovqunga ega, ammo bo'nday kuraklar orqali havo miqdorini o'tishi bosimga bevosita bog'liq. Bunday ko'rinishga ega bo'lgan kurraklar changli havoga tavsiya etilmaydi, va ular tor doyrada o'z qiymatini bildiradi, bu holat grafikning chap tamonida ko'rsatilgan.

Agar ishchi g'ildirakdagi kuraklar to'g'ri shakilga ega bo'lib, orqaga chetlangan bo'lsa 70% gacha ishlash effektivligiga ega. Bu rusumdagi ventilyatorlar ifloslangan havo uchun yaxshi ishlaydi. Agar ishchi g'ildirakdagi kuraklar to'g'ri radial xolatda bo'lsa, havodagi iflosliklarga kam yopishishga ega bo'lib, ventilyator ishlashi 50% effektivlikni tashkil qiladi.

Ventilyator konstruktiv jixatdan oldinga buralgan bo'lsa, ventilyator 60% effektivlikda ishlaydi, ammo havoni yuqori bosimi uning unimdorligiga kam ta'sir qiladi. Bo'nday ventilyatorlar gabarit jixatdan kichik miqdorni tashkil qilib o'rnatishga ham qulay.

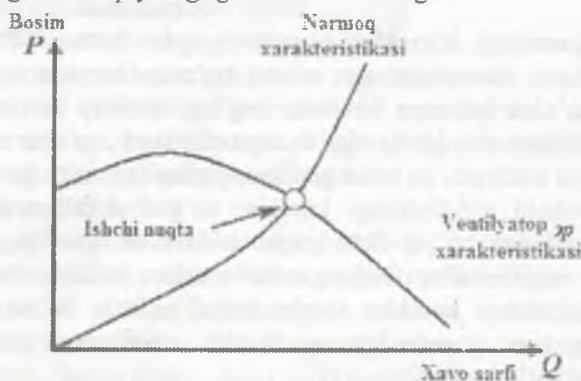
O'qiy ventilyatorlar bo'nday rusumdagi ventilyatorlar effektivligi jixatdan past bo'ladi. Buni effektivligini oshirish yo'li silindr shakildagi tiyanchga o'qiy ventilyatorlarni joylashtirishdan iborat. Ushbu o'sullar yordamida o'qiy ventilyatorlarning ishlash effektivligi 75% ga oshishi mumkin, yoki yo'naltiruchi kuraklarni ishlatilsa u holda ishlash effektivligi 85% ga ko'tarish mumkin.



8.19.3-rasm. O'qiy ventilyatorlarni eng soda turlari qatoriga kiradi-propelerlari.

Ventilyatorlarni aerodinamik xarakteristikasi

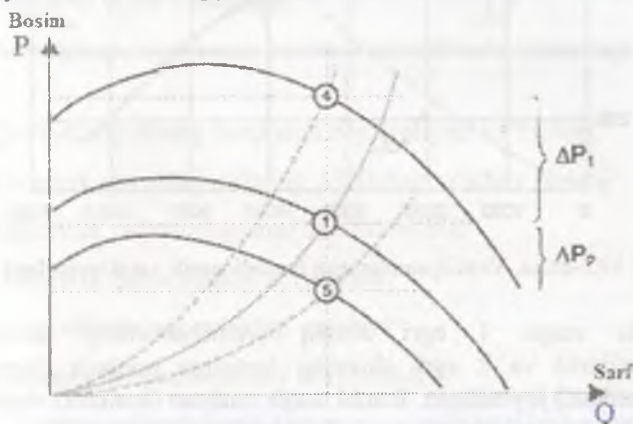
Aerodinamicheskimi xarakteristikani aniqlashda uning unudorligini havo bosimiga bog'liqligi tushiniladi. Ma'lum havo bosimi qiymatida, havo massasining solishtirma sarfi to'g'ri keladi. Bunday bog'lanish quyidagi grafikda ko'rsatilgan



8.19.4-rasm. Bosim o'zgarishining sarfga bog'liqlik grafigi

Bu grafik havo sarfini o'zgarishi tizimidagi qarshilikni o'zgarishini ko'rsatadi. Qarshilik egri chizig'idagi ishchi nuqta yuqoriga va pastga

ko'chishi mumkin bunda sarf oshishi va kamayishini ko'rsatadi. Agar bosim farqlarining nazariy qiymatidan chetlashuvchi natijasida ishchi nuqta joylashuvi va arf qiymati ham nazariyaga nisbatan farqlanadi.



8.19.5-rasm. Ventilyator ishchi g'ildirakdagi aylanish tezligini bosim o'zgarishiga bog'liqlik grafigi

Birinchi va ikkinchi xolatlarda nazariy xisob malumotlariga qaraganda bosimning haqiqiy ko'rsatgichidagi chetlashuvi (grafikda ΔR_1 va ΔR_2 lar ko'rsatilgan). Natijada, ishchi nuqta nazariy jixatdan hisoblashlarda ventilyatorni eng qulay effektivligi aniqlangan. Bu holda ventilyatorning ishchi g'ildiragi aylanish sonini o'zgarishi (oshishi va kamayishi) ventilyatorni effektivligini kamayishiga olib kelar ekan.

Ventilyatorning effektivligi samaradorligi

$$\eta = \frac{\Delta P_t \cdot q}{P},$$

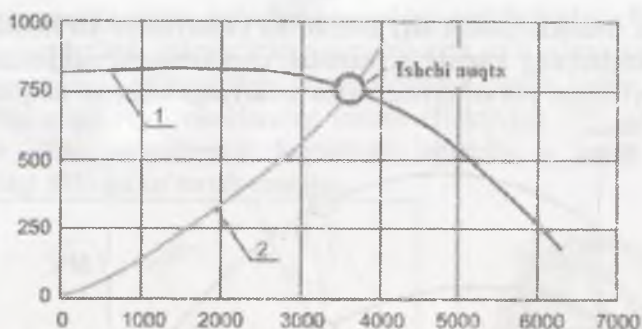
bu erda: ΔP_t – bosimning umumiy o'zgarishi (Pa),

q – havo sarfi ($m^3/chas$),

P – quvvati (Vt).

Ventilyatorning ishchi nuqtasi

Harqanday ventilyator uchun uning ma'lum aerodinamik xarakteristikasi (pastdagi rasm (1-egri chiziq)), bunda bosimga nisbatan sarf o'zgarishi grafigi ko'rsatilgan.



8.19.6-rasm. Ventilyatorlarning Aerodinamik xarakteristikasi

Ishchi nuqta 1 egri chiziqli (ventilyatorning aerodinamik xarakteristikasi) va 2 egri chiziqli kesishga nuqtada (tarmoqning xarakteristikasi) joylashgan. Ishchi nuqta muayan (konkret) shamolatish tarmog'ida ventilyatorning haqiqiy ko'rsatgichini aniqlaydi.

NAZORAT UCHUN SAVOLLAR RO'YXATI

1. Hidrostatik bosimning 1-xossasi?
2. Naporsiz oqim – bu nima?
3. Suyuqliklarda vakuum bosim. Gidravlikada vakuumga berilgan ta'rif.
4. Qovushqoqlikning haroratga bog'liqligini ko'rsating?
5. Dinamik qovushqoqlikning XUB dagi o'lchov birligi?
6. Gidravlik radiusining aniq ta'rifni ayting?
7. Gidravlik zarba haqida ta'rif nima?
8. Gidravlikada napor birligi qanday?
9. Hidrostatik bosim qanday ta'riflanadi?
10. Gazning gidrodinamik bosimini og'zaki ta'rifni bering?
11. Suyuq va gaz uchun oqimini tirik kesim ta'rifni ayting?
12. Suyuqlikning qovushqoqligini harakatga bog'liqligi qanday?
13. Arximed qonunini aniq ta'rifni ayting?
14. Darsi qonuni qanday?
15. Ortiqcha bosim nima?
16. Oqim uchun napor zichligining xarakterli tomi nima?
17. Naporli oqimga aniq ta'rif bering?
18. Aerodinamik koeffitsentda *minus* ishora nimani bildiradi?
19. Suyuqlikning zichligi nima? Aniq ma'lumotni keltiring.
20. Suyuqlikda gidrostatik bosim nima?
21. Suyuqliklarda bosimni o'lchovchi asboblarni ayting.
22. Yo'qolgan napor uchun gidravlikada belgilangan birligi nima?
23. P'ezometrik chiziqning xarakterli tomonini ayting?
24. Aerodinamikada ko'rilayotgan bosim yo'qolishining ko'rinishi qanday?

25. Suyuqlikda uyurmali va parallel oqimchali oqim harakat rejimlari qanday ta'riflanadi?

26. Gazlarda uyurmali va parallel oqimchali oqimdagi harakatdagi rejimlari qanday?

27. Suyuqlikda erkin sirt nima?

28. Bernulli tenglamasidagi oqimning bosim bilan tezlik orasidagi bog'liqlik qanday?

29. Gidravlikada filtratsiya tezligiga ta'rif bering?

30. Ho'llangan perametr nima?

31. Gidravlikada o'rtacha tezlikka ta'rif bering?

32. Suyuqlikning solishtirma og'irligi nima?

33. Eng sodda holdagi Bernulli tenglamasini og'zaki ravishda gaz uchun ta'rifni ayting?

34. Bernulli tenglamasining eng sodda holdagi ko'rinishini suyuqlik uchun og'zaki ravishda aytib bering?

35. Naporli harakatda dumaloq quvurda tezlik uch barobar kichik diametrdagi o'tganda qanday o'zgaradi?

36. Gidravlikada *suyuqlik filtratsiyasi* termini nimani ifodalaydi?

37. Gidravlikada Shezi formulasi qanday hollarda ishlatiladi?

38. Suyuqlik va gazlarda Reynol'ds soni nimani ko'rsatadi?

39. Gaz oqimi uchun ekvivalent diametri aerodinamikada qanday aniq ta'rifga ega?

40. Gaz uchun Darsi qonuniga aniq ta'rif bering?

41. Gaz bosimini o'lchashdagi bosim o'lchash asboblari ayting?

42. Tezlik nabori qanday aniqlanadi?

43. G'ovak muhitida filtratsiya koeffitsienti nimani bildiradi?

44. G'ovak muhitida suv berish koeffitsienti nimani bildiradi?

45. Filtratsion hisobda asosiy bo'lib qanday parametrlar olinadi?

46. Suyuqliklarda turli nuqtalarda qayerdan hisoblanadi?
47. Vakkum qiymatining chegarasi qanday?
48. Tabiiy tortish nima? Aerodinamikada uning ta'rifni ayting?
49. Suyuqlik uchun Bernulli tenglamasini energetik ma'nosini ayting?
50. Hidrodinamik napor deb nimaga aytiladi?
51. Seltsiy bo'yicha $+4^{\circ}$ da suvning zichligi qiymati nimaga teng?
52. Seltsiy bo'yicha $+4^{\circ}$ da suvning solishtirma og'irlik qiymati nimaga teng?
53. XUB bo'yicha kinematik qovushqoqlikni birligi nimaga teng?
54. Hidrodinamik bosimning 2-xossasi nima?
55. Bosim birligini turli sistemalarda ayting?
56. Manometrik bosim nima?
57. Ochiq idishlardagi suyuqlikning ortiqcha bosimi?
58. Suyuqlik ustunining bosimi hisobi.
59. Manometr nimani o'lchaydi?
60. P'ezometr nimani o'lchaydi?
61. Vakuummetr vakuumni o'lchashdagi birligi?
62. Manometr vodoprovoda 0,3 MPa ko'rsatgan bu nimaga teng?
63. Nasos oldida vakuummetr 0,03 MPa ko'rsatsa to'liq bosim nimaga teng?
64. Vertikal devorga ta'sir etuvchi ortiqcha bosim epyurasi ochiq havoda qanday bo'ladi?
65. Yer osti konstruksiyasi hajmi sizot suv tagida 4 kub metr. Bu hol uchun Arximed kuchi miqdori qanday?
66. Hidrostatik napor tashkil etadi.....
67. Muvozanatdagi suyuqlikning barcha nuqtalaridagi gidrostatik napor.....

68. Oqim sarfi bu.....
69. XUB sistemasida oqim birligi?
70. Dumaloq naporli quvurlardagi tezlik ikki barobar kichik diametrdagi qanday o'zgaradi?
71. Kanalning jonli kesim yuzasi 2m.kv bo'lgan perimetr 5m gidravlik radiusini aniqlang?
72. Uzlaksizlik tenglamasi qanday qonuniyatni ifodalaydi?
73. Gidrodinamik napor tashkil etadi.....
74. Pibo quvurchasi p'ezometrlar ko'rsatgichidagi farqi nimani o'lchaydi?
75. Napor oqim uchun kritik Reynol'ds soni qiymati....
76. Naporsiz oqim uchun kritik Reynol'ds soni qiymati.....
77. Laminar harakatda gidravlik ishqalanish koeffitsienti teng...
78. Naporli harakatdagi quvurdagi suyuqlikda Reynol'ds sonini formulasi.....
79. Naporsiz harakatda bo'lgan Reynol'ds sonini hisoblash formulasi..
80. Umumiy yo'qotilgan napor formulasi...
81. Gidravlik qiyalik bu....
82. Gidravlik zarbada bosim oshishini hisoblashda Jukovskiy formulasi....
83. Teshikgacha nisbatan naychalarda suyuqlik sarfi necha % ga oshadi?
84. Dumaloq teshikcha uchun sarf koeffitsient....
85. Naycha uchun sarf koeffitsient
86. Naporsiz harakatdagi quvurda gidravlik hisobda tezlikni chegarasi...
87. Naporsiz harakatdagi quvurda gidravlik hisobda h/d yo'nalishdagi chegara....

88. Naporsiz harakatda quvurda gidravlik hisobda qiyalik uchun chegara?

89. Naporsiz oqimda Shezi formulasi yordamida qiyalikni aniqlash?

90. Naporsiz harakatdagi oqimda Shezi koeffitsentini hisoblash formulasi...

91. Darsi formulasi bo'yicha suvning filtirlanish tezligi

92. Qumloq uchun filtratsiya koeffitsent ko'pincha qiymatga ega....

93. Qumloq uchun suv berish koeffitsenti ko'pincha qiymatga ega....

94. Mendeleev va Klapeyron formulasi yordamida gazning zichligini aniqlash formulasi....

95. Muvozanat holatdagi gazning statik bosimi....

96. Gaz uchun bosim epyurasi tuzilsin....

97. Gaz uchun keltirilgan statik bosim...

98. Kvadratning tomonlari A bo'lgan kesimdagi havo haydash quvurining ekvivalent diametri teng

99. Harakatdagi gaz uchun to'liq bosim

100. Harakatdagi gaz uchun keltirilgan to'liq bosim bu.....

101. Reynol'ds soni gaz uchun hisoblanadi.....

102. Reynol'ds kritik son gaz uchun.....

103. Gaz uchun yo'qotilgan bosim formulasi.....

104. Eski po'lat quvur devori uchun absolyut g'adir-budir qiymati...

105. Varakli po'latli ventilyatsion karobka devori uchun absolyut g'adir-budir qiymati...

106. Gazoprovodda yo'qotilgan bosim kamayadi agar.....

107. Suv quvurida yo'qotilgan napor kamayadi agar.....

108. Binoga ta'sir etayotgan shamolda o'ramalar qacarda hosil bo'ladi?

109. Baland binoning to'g'ridan-to'g'ri shamol ta'siridagi aerodinamik koeffitsenti qiymati....

110. Baland binoning orqa tomonida shamol ta'siridagi aerodinamik koeffitsenti qiymati....

111. Umumiy holdagi aerodinamik koeffitsent

112. Qurilish arxitektura aerodinamik hisoblashda havo zichligi qiymati....

113. Shamol bosimini bino balandligi bo'yicha o'zgarishi koeffitsent....

114. Aerodinamik koeffitsentda *plyus* ishorani aniq ta'rifi.

115. Avtomobilning tormoz sistemasida qo'llaniladi....

116. Hidrodomkratda qo'llaniladi.....

117. Ejektr bu.....

118 Hidroelevator bu....

119. Quvur uzunligi 10 m gidravlik qiyalik 0,2 m bo'lganda napor yo'qolishi...

120. Filtiratsiya jarayonida erkin sirtning mazmuni....

121. Suv o'tkazmaydigan qatlam bu...

122. Hidroizolyatsiya bu...

123. Gaz uchun filtratsiya tezligini hisoblash formulasi

124. Havo filtratsiyasi bu...

125. Binolarni havo orqali oqib o'tishida havo bosimini epyurasi.....

BIRLIKLAR

ρ – zichlik kg/m^3 .

m – massa kg .

$\mathcal{Q}_0$ – hajm m^3 .

γ – solishtirma og'irlik

G – og'irlik (og'irlik kuchi)

g – erkin tushish tezlanishi

μ – dinamik qovushqoqlik

ν – kinematik qovushqoqlik

F_n – ko'tarish kuchi (Arximed kuchi)

h – chuqurlik (balandlik)

p – to'liq bosim (gidrostatik)

p_0 – tashqi bosim

γh – suyuqlik ustuni

p_{og} – og'irlik bosimi

p_{otm} – atmosfera bosimi

p_{ort} – ortiqcha bosim,

p_{man} – manometrik bosim

H – gidrostatik napor

H – gidrodinamik napor

z – geometrik napor

h_p – p'ezometrik napor

h_g – tezlik nabori

ω – jonli kesim yuzasi

q, Q – oqim sarfi

$\mathcal{Q}$ – o'rtacha oqim tezligi

χ – ho'llangan perametr

R – gidravlik radius

d – ichki diametr

Re – Reynol'ds soni

Re_{kr} – Reynol'ds kritik soni
 ΔH – yo'qotilgan napor
 h_t – uzunligi bo'yicha yo'qotilgan napor
 h_m – mahalliy yo'qotilgan napor
 ζ – gidravlik qarshilik koeffitsenti
 λ – ishqalanishda gidravlik koeffitsent
 Δ – absolyut sath
 l – oqim uzunligi
 i – gidravlik qiyalik
 i_{geom} – geometrik qiyalik
 $\mathcal{G}_{tov.tez.}$ – tovush tezligi
 μ_0 – sarf koeffitsenti
 C – Shezi koeffitsent
 n – g'adir-budirlik koeffitsenti
 k_{fil} – filtrlash koeffitsent
 $\mathcal{G}_{fil}$ – filtrlash tezligi
 $H_{er.os.}$ – yer osti suv napori
 H_{er} – yoriq yerdagi suv napori
 H_{qat} – qatlamdagi suv napori
 L_{tor} – suv tortib olishda chegarani ta'siri
 R_{ipr} – tortish oqimdagi chegara radiusi
 r_k – kotlovan radiusi
 μ_{suv} – gruntning suv berish koeffitsenti
 T – kelvin buyicha absolyut harorat
 t^0 – selsiy harorat
 R_{gaz} – havo uchun gaz doimiysi
 p_{st} – statik bosim
 p_{tul} – to'liq bosim (harakatdagi gaz)

p_{din} – dinamik bosim

$p_{kel.tul}$ – keltirilgan to'liq bosim

$p_{kel.tul}$ – keltirilgan to'liq bosim ayirmasi

Δp_{yoq} – bosim yo'qolishi

Δp_l – uzunlik bo'yicha yo'qolgan bosim

Δp_m – mahalliy yo'qolgan bosim

d_{ek} – ekvivalent diametri

Δp_e – tabiiy tortilishi

Δp_e – tabiiy bosim

p_{shamol} – shamol bosimi

k_{shamol} – shamol bosimi koeffitsenti

C_{aero} – aerodinamik koeffitsent

k_0 – g'ovklik koeffitsenti

$R_{qar.xavo}$ – havo sindruchchanlik, utkazuvchalik, koeffitsenti

ASOSIY KATTALIKLAR

Zichlik va kinematik qovushqoqlik suv uchun

$t^{\circ}\text{C}$	+10	+20	+30	+40	+50
$\rho, \text{ kg/m}^3$	999,73	998,23	995,67	992,24	988,07
$\nu, \text{ sm}^2/\text{s}$	0,01306	0,01006	0,00805	0,00659	0,00556

AYRIM AMALIY UZGARMASLAR

Erkin tushish tezlanishi $g = 9,80665 \approx 10 \text{ m/s}^2$.

Normal atmosfera bosimi $p_{atm} = 101325 \text{ Pa} \approx 100000 \text{ Pa}$.

Havo uchun gaz doimiysi $R_g = 287 \text{ Dj}/(\text{kg} \cdot \text{K})$.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. A.A.Karimov, A.A.Shokirov, A.A.Mukolyans "Gidravlika asoslari, nasoslar va kompressorlar" T. "Noshir" 2013y.
2. E.A.Tursunova, A.A. "Suyuqlik va gaz mexanikasi" T.2014y.
3. К.Ш. Латипов Гидравлика, гидромашиналар, гидроюритмалар – Т.: Ўқитувчи, 1992. – 336 б.
4. Ш.К. Гиматудинов., А.И.Ширковский Физика нефтяного и газового пласта. – М.: ООТИД "Альянс", 2005. 311 с.
5. А.А.Мукольянц, А.А. Каримов. ва б. 1-қисм. "Гидравлика" Т.2014 й.
6. А.А.Мукольянц, А.А. Каримов. ва б. 2-қисм. "Гидравлика" Т.2015 й.
7. А.А.Shokirov, A.A.Karimov, A.A. Mukolyans "Gidravlika" uslubiy qo'llanma – Toshkent, ToshDTU, 2009. – 54b.
8. А.Ю. Умаров Гидравлика. – Т.: "Ўзбекистон", 2002. – 460 б.
9. A.A.Shokirov, A.A.Xamidov, Sh.R.Isanov Gidromexanikadan laboratoriya amaliyotlari. (O'quv qo'llanma). 1-bo'lim T.: 2004.52b.
10. Е.Н.Кожевникова, А.И. Лаксберг, Е.А. Лактинова Механика жидкости и газа (гидравлика). – СПб.: СПбГПУ, 2003. – 71 с.
11. В.Н Шелкачев., В.В., Лапук Подземная гидравлика. Москва – Ижевск, 2002. 735 с.
12. В.А. Кудинов Гидравлика. – М.: Высшая школа. 2006. 175с.
13. Е.Н. Кожевникова, А.И. Лаксберг, Е.А. Локтионова. "Механика жидкости и газа" (Гидравлика). СПбГПУ, 2003 г.

QUSHIMCHA ADABIYOTLAR

1. A.A.Karimov, D.M.Pulatova, Umirova N.R. va boshqalar. "Gidrogazodinamikasi" o'quv uslibiy kursatma ToshDTU. 2018 y.
2. A.A.Shokirov, A.A.Karimov, A.A.Mukolyans. D.T.Paluanov "Gidravlika va gidropnevmoyuritmalar" ToshDTU. 2013 y.
3. A.A.Mukolyans, A.A.Shokirov, A.A.Karimov o'quv qo'llanma "Gidrogazodinamika, nasoslar va kompressorlar" ToshDTU. 2013y.
4. Karimov A.A., Mukolyans A.A. "Gidravlika" metodik ko'rsatma tajriba ishlari uchun ToshDTU. 2002 y.

5. Karimov A.A., Shokirov A.A., Mukolyans A.A.
“Gidrogazdinamika va NVK” fanidan tajriba ishlari uchun meodik
kursatma. ToshDTU. 2014 y.

Internet saytlari

1. <http://kgge.ukoz.net>.
2. http://www.infanata.org/zadachnik_po_gidravlike.html
3. <http://www.c-stud.ru/work.html/look.html>
4. <http://e-lib.qmii.uz>
5. http://www.qmii.uz/e-lib/f3_muhandis-texnika/312.html
6. <http://www.hap.ru/>
7. <http://www.rngspb.ru/>
8. <http://www.intergidravlika.ru>
9. <http://www.mngspb.ru>
10. <http://www.intergidravlika.ru>
11. www.gidravlnarod.ru/literature.html

MUNDARIJA

	Kirish	3
I bob	GIDROGAZODINAMIKA	5
1.1	Suyuqlik va gaz dinamika fani va uning qisqacha tarixiy taraqqiyoti.....	5
1.2	Suyuqliklarning asosiy fizik xossalari	10
II bob	GIDROSTATIKA.....	17
2.2	Suyuqlikning fuqaroviy muhandislik mexanikasi	20
2.3	Suyuqlik mexanikasi va uning xossalari.....	22
2.4	Suyuqlik to'grisida umumiy tushunchalar	22
2.5	Suyuqliklarning muvozanat (tinch) va harakati davomida ta'sir etuvchi kuchlar.....	26
2.6	Suyuqliklarning muvozanatining differensial Eyeler tenglamasi.....	27
2.7	Cho'rgan egri sathdagi natijaviy kuchlar	29
2.8	Vertikal va Garizontal kuchlar.....	31
2.9	Statik suyuqliklarda cho'rgan sathlardagi kuchlar	33
2.10	Natijaviy kuch va suyuqliklardagi cho'rgan yassi sathga bosim markazi.....	35
2.11	Cho'ktilgan vertikal sath-bosim diagrammasi	39
2.12	Suyuqlik bosimining epyurasi	41
2.13	Suyuqliklarning to'yingan bug'ining bosimi.....	43
2.14	Gazlarni suyuqliklarda erishi Kavitatsiya hodisasi haqida tushuncha	44
2.15	Nyutonning yopishqoqlik qonuni	44
2.16	Suyuqliklarning qovushqoqlik xossalari Nyuton gipotezasi.....	47
2.17	Nyuton qonuniga bo'ysunmaydigan suyuqliklar.....	50
2.18	Suyuqliklar va gazlar	53
2.19	Suyuqliklardagi yopishqoqlik sabablari va gazlardagi yopishqoqlik	54
2.20	Suyuqliklarning xossalari	54
2.21	Statik suyuqliklardagi kuchlar	58
2.22	Aniq nuqtadagi bosim haqida Paskal qonuni.....	60
2.23	Og'irlik kuchi ta'siridagi suyuqliklarda bosimning vertikal o'zgarishi	62

2.24	Statik suyuqliklarda bir xil bosqichdagi bosim tenglamasi.....	63
2.25	Statik suyuqliklarda bosimning o'zgarishi uchun umumiy tenglama	64
2.26	Suyuqlik va gazlarda bosim o'lchash asboblari.....	66
2.27	Gidrostatik bosim	86
2.28	Arximed qonuni. Suzib yuruvchi jism muvozanati	87
2.29	Arximed va Paskal qonunlari.....	91
2.30	Gidrostatik napor	92
2.31	Muvozanatdagi suyuqliklarning differentsial tenglamasi	94
2.32	P'ezometrik va vakuummetrik balandliklar.....	96
2.33	Tutashgan idishdagi suyuqlikning muvozanat sharti.....	100
2.34	Ixtiyoriy shakildagi yassi sirtga suyuqlikning bosim kuchi	104
III bob	SUYUQLIK VA GAZODINAMIKASI	108
3.1	Gidrogazodinamika asoslari. Asosiy tushunchalar	110
3.2	Suyuqlik harakatining kinematikasi	113
3.3	Uzliksizlik.....	117
3.4	Oqimning uzliksizlik tenglamasi	121
3.5	Gidrodinamik napor.....	122
3.6	Suyuqliklar harakatidagi naporning yo'qolishi.....	124
3.7	Naporning mahalliy qarshiliklarda yo'qotilishi.....	134
3.8	Uch o'lchamli oqimlar.....	152
3.9	Egri oqimchalar va quvur oqimlari.....	153
3.10	Bernulli tenglamasining qo'llanilish misoli.....	155
3.11	Bernulli tenglamasi	156
3.12	Suyuqliklar uchun Bernulli tenglamasi	159
3.13	Bernulli tenglamasining ishi va energiyasi.....	162
3.14	Suyuqlikning tezligi va umumiy napor	164
3.15	Ishqalanish sababli energiya yo'qatilishi	166
3.16	Napor p'ezometrlar chiziqlari.....	167
3.17	Bosim va tezlikni oqimdagi boglanishi	168
3.18	Pito trubkasi.....	170
3.19	Pitoning statistik trubkasi	172
3.20	Venturi suv o'lchagichlari	173
3.21	Veyr taxmini. Veyrning umumiy tenglamasi	175

3.22	Impuls tenglamasi.....	178
3.23	Suyuqlik oqimi sababli quvur atrofida yuzaga keluvchi kuchlar	183
3.24	Oqimning tekislikka ta'siri	188
3.25	Egilgan parrakda yuzaga keluvchi aylanish kuchi.....	189
3.26	Pelton g'ildirak tig'i.....	191
3.27	Qiya tekislikka urilgan zarba kuchlari	193
IV bob	SUYUQLIKLARNING HARAKAT REJIMI	197
4.1	Reynol'ds tajribasi	197
4.2	Suyuqlikning laminar harakati. Tezlikning silindrik quvur kesimi buyicha taqsimlanishi	200
4.3	Naporli va naporsiz oqimlar hisobi.....	201
V bob	GAZ DINAMIKASI	206
5.1	Gaz oqimining uzliksizlik tenglamasi	207
5.2	Gaz uchun Bernulli tenglamasi.....	208
5.3	Gaz uchun harakat rejimi	209
5.4	Bosim ayirmasi va yo'qotilgan bosim	213
5.5	Arxitektura – qurilish aerodinamikasi	215
5.6	Gidravlik zarba	217
5.7	Aerodinamik (gaz mexanikasi).....	222
5.8	Bosim epyurasi	226
VI bob	GAZ FILTRATSIYASI	229
6.1	Gazlardagi filtratsiya qonuni	229
6.2	Filtratsiya nazariyasi to'g'risidagi asosiy tushunchalar	230
6.3	G'ovak muhitdagi suyuqlikning harakati	236
6.4	Suv bosimi rejim sharoitlarda siqilmaydigan suyuqlikning bir o'lchamli harakati.....	238
6.5	Siqilmaydigan suyuqliklarning darsi qonuniga ko'ra radial-sferik harakati.....	241
6.6	Ideal gazning barqaror filtratsiyasi	242
6.7	Deformatsiyaalanadigan yoriqsimon qatlamda suyuqlik va gazning barqaror filtratsiyasi	245
6.8	Chegaraviy qatlarning taqsimlanishlarini salbiy bosimlar gradientlari.....	248
6.9	Tarqaluvchi oqim va oqimchalarning ijobiy bosim gradientlari.....	249
6.10	Divergent kanal yoki diffuzor.....	250

6.11	Silindrdan oqib o'tish	251
6.12	Aeroflok	252
VII	KICHIK TESHIKLARDAGI SUYUQLIK VA GAZ	
bob	OQIMLARI.....	256
7.1	Bernulli tenglamasidan foydalangan holda teshiklardagi tezliklar hisobi	256
7.2	Cho'ktirilgan teshik	258
7.3	Naycha va teshiklardan suyuqliklarning oqishi	261
7.4	Katta teshiklardan suyuqlikning oqishi	263
7.5	Suyuqliklarning naychalardan oqishi	264
7.6	Kanallardagi naporsiz harakat	270
7.7	Suv to'kgichlar	274
7.8	Kattaliklar va o'xshashliklar	284
7.9	Samo tahlillari va natijalari	284
7.10	π Bekingen teoremasi	285
7.11	Umumiy π -guruhlar	286
7.12	Kinematik o'xshashliklar	287
7.13	Dinamik o'xshashlik	287
VIII	SUYUQLIK VA GAZLARNI MODELLAR	288
bob		
8.1	Modellarning qo'llanishi	288
8.2	Dinamik jihatdan o'xshash modellar	291
8.3	Erkin sirtli modellar	293
8.4	Daryolar va oqimchalar modellarida geometrik buzilishlar	294
8.5	Gidromahsinalar nasoslar, gidrodvigatellar va kompressorlar	294
8.6	Nasoslarni guruhlash	295
8.7.	Dinamik va hajmiy nasoslarning ishlash prinsiplari	296
8.8	Nasoslarning asosiy parametrlari	298
8.9	Markazdan qochma nasoslar	305
8.10	Nasos va turbinalar uchun eyler tenglamasi	307
8.11	Nasosning nazariy bosimi kuraklar egriligining bosimga ta'siri	311
8.12	Nasos bilan ta'minlangan trubalarning hisobi	314
8.13	Kurakli nasoslarda kavitatsiya chegaraviy so'rilish balandligi	316

8.14	Hajmiy nasoslar hajmiy nasoslar to'g'risida umumiy tushunchalar.....	320
8.15	Shesterniyali nasoslar tuzilishi, ishlash prinsipi va xossalari.....	332
8.16	Gidrouzatmalar va hajmiy gidroyuritmalar gidrodinamik uzatmalarning vazifasi va ishlatilishi sohalari.....	339
8.17	Kompressorlarni xarakat qonun qoidasi (prinsipi) va klassifikatsiyasi (tasnifi).....	345
8.18.	Porshnli kompressorlar	349
8.19.	Ventilyatorlarning klassifikatsiyasi va ularning qo'llanish sohalari.....	351
	Nazorat uchun savollar ro'yxati.....	359
	Birliklar.....	365
	Asosiy kattaliklar	368
	Ayrim amaliy o'zgarmlar	368
	Foydalanilgan adabiyotlar	369

A.A. KARIMOV

GIDROGAZODINAMIKA

Darslik

Muharrirlar:	A.Tilavov A.Abdujalilov
Texnik muharrir:	Y.O'rinov
Badiiy muharrir:	I.Zaxidova
Musahhiha:	N.Sultanova

Nash.lits. № AI 245. 02.10.2013.

Terishga 07.10.2019-yilda berildi. Bosishga 15.12.2019-yilda
ruxsat etildi. Bichimi: 60x84 1/16. Ofset bosma. «Times New
Roman» garniturası. Shartli b.t. 23.5. Nashr b.t. 21,86.

Adadi 200 nusxa. Buyurtma № 94.

Bahosi shartnoma asosida.

«Sano-standart» nashriyoti, 100190, Toshkent shahri,
Yunusobod-9, 13-54. e-mail: sano-standart@mail.ru

«Sano-standart» MCHJ bosmaxonasida bosildi.

Toshkent shahri, Shiroq ko'chasi, 100-uy.

Telefon: (371) 228-07-96, faks: (371) 228-07-95.