

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS
TA'LIM VAZIRLIGI
O'RTA MAXSUS, KASB-HUNAR TA'LIMI MARKAZI

**J. NURMATOV, S. UBAYDULLAYEV, R. RUSTAMOV,
B. O'ROZOV, M. YUSUPOV**

GIDRAVLIKA

*Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun
o'quv qo'llanma*

2-nashri

UO‘K: 556.536 (075)
KBK 30.123
N-94

*Oliy va o‘rta maxsus, kasb-hunar ta’limi ilmiy-metodik
birlashmalari faoliyatini muvofiqlashtiruvchi Kengash
tomonidan nashrga tavsiya etilgan.*

Ushbu o‘quv qo‘llanmada gidravlikaning nazariy asoslari, gidravlik mashinalarning amaldagi tatbiqi, suyuqliklarning teshik va qisqa quvurlardan oqib chiqishi hamda gidroinshootlarda suv harakati yoritilgan.

1—2-ilovada gidravlik shartli belgilar kiritilgan.

Taqrizchilar: **N. G‘AFFOROV** — Jizzax davlat pedagogika instituti «Mehnat ta’limi va umumiy texnika fanlari» kafed-rasi dotsenti, fizika-matematika fanlari nomzodi; **Q. ALQAROV** — Jizzax davlat pedagogika instituti o‘qituvchisi; **A. USMONQULOV** — Jizzax politexnika instituti «Muhandislik kommunikatsiyalari» kafed-rasi dotsenti, texnika fanlari nomzodi.

MUQADDIMA

O‘zbekiston Respublikasining «Kadrlar tayyorlash Milliy dasturi», «Ta’lim to‘g‘risida»gi Qonuni va ularni amalga oshirish bo‘yicha chiqarilgan O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Farmonlari hamda Vazirlar Mahkamasining qarorlarini o‘z vaqtida bajarish uzluksiz ta’lim davlat standartlarida ko‘rsatilgan har bir o‘quv fanini mukammal o‘qitish va soha yo‘nalishi bo‘yicha ta’lim-tarbiya berishga keng imkoniyat yaratadi.

Kasb-hunar kollejlarning talabalari muayyan soha mutaxassisliklari yo‘nalishida chugurroq bilim olganda, malaka va ko‘nikma hosil qilganda ular ishlab chiqarishda o‘z o‘rinlarini albatta, topadilar.

Mashinasozlik fanlaridan biri — «Gidravlika» fanini nazariy o‘qitish bilan birga, uning tatbiqiga ham amaliyotda katta e’tibor beriladi. Chunki zamonaviy texnika, energetika, avtomatlashgan yengil va og‘ir sanoat hamda qishloq xo‘jaligidagi gidrosistemalar sodda va o‘ta murakkab gidroqurilmalarsiz ishlaymaydi. Shunga ko‘ra, talaba fanni nazariy jihatdan mukammal o‘qib-o‘rganib, bilimlarini amaliyotga tatbiq etgandagina to‘laqonli, o‘z sohasining yetuk mutaxassisi bo‘la oladi.

«Gidravlika» va u bilan uzviy bog‘langan texnika fanlari tor sohani qamrab qolmasdan, ishlab chiqarishda keng ko‘lamda qo‘llaniladi. Bu fanni energetika, gidrotexnik va gidroinshootlar qurilishi sohalari bo‘yicha mutaxassislar tayyorlash jarayonida talabalar o‘zlashtiradilar. Ular amaliyotda ishlayotgan yuksak unumdorlikka ega bo‘lgan mashinalar, robotlar, manipulatorlar moslashuvchan avtomatik tizimlarda qo‘llanuvchi turli-tuman gidravlik qurilmalar haqida tushuncha va tasavvurga ega bo‘lishadi. Bu bilimlar, albatta, kollej talabasining kelajakda amaliyotga o‘z malaka va ko‘nikmalarini joriy qilishiga yordam beradi.

O‘quv qo‘llanmada gidravlikaning nazariy asoslari, muvozanatdagi gidrodinamika qonunlari yoritilgan va ularning ayrim texnik masalalar yechimini topishdagi tatbiqi qisqagina keltirilgan. Shu bilan birga, turli xil gidravlik mashinalarning tuzi-

lishi va ishlash tartibi, mashinalarning amaldagi tatbiqi yoritilgan. Hidravlik mashinalar to'g'risidagi bo'lim kasb-hunar kolleji talabalarini mehnatga tayyorlashda texnik jihatdan muhim ahamiyatga ega. Shu qismga kiritilgan materiallar talabalarga avtomobil, traktor, turli xil metallarga kesib ishlov beruvchi stanoklar, robot texnikasi, qishloq xo'jaligi va boshqa tarmoq mashinalarining tuzilishini to'laroq o'rganishga yordam beradi.

Mazkur o'quv qo'llanma, kasb-hunar kollejlarda talabalar o'z ixtisoslari yo'nalishi bo'yicha «Gidravlika» fanini o'rganishini e'tiborga olgan holda O'zbekiston Respublikasi uzluksiz ta'lim davlat standartlari talabiga muvofiq yaratilgan va nashr etilgan «Kasb-hunar kollejlarda mutaxassislar tayyorlash uchun o'quv reja va dasturlar» asosida yozildi.

KIRISH

1. «GIDRAVLIKA» FANINING MAQSAD VA VAZIFALARI

«*Gidravlika*» — harakatlanayotgan va muvozanatdagi suyuqlik qonunlarini oʻrganadigan, qonunlarning muayyan texnikaviy masalalar yechimini topishda keng qoʻllaniladigan fandır. «*Gidravlika*» fani turli xil gidravlik mashinalarni (nasoslar, turbinalar, gidravlik uzatma) yaratish va ularni tatbiq etish sohasi fanlari bilan uzviy bogʻlangan. Gidravlik mashinalar nazariyasi, tuzilishi va ishlash tartibini yoritish koʻpchilik hollarda «*Gidravlika*»da umumlashtirilgan holda keltiriladi.

Gidravlika (yunon. *hidro* — suv va *aulos* — nay) suyuqlikning quvur voki naydagi harakatini oʻrganib qolmasdan, turli-tuman geometrik shakldagi ochiq va yopiq oqimlarni ham oʻrganadi.

«*Gidravlika*» fani boshlangʻich taraqqiyot davrida nazariy fan boʻlgan va faqat suyuqlik oqimining harakat mexanikasini matematik usulni qoʻllab, suyuqlikning fizik xossalarini ideallashtirib hamda ayrim farazlarni kiritib, matematik formulalarni qoʻllash yoʻli bilan gidravlik harakatni soddalashtirilgan sxemalar asosida oʻrgangan. Gidrodinamikaning matematik uslublari bir qator amaliy masalalar yechimini topishga imkon bermagandan soʻng, uning amaliy qismi — suyuqlikning texnikaviy mexanikasi rivojlangan.

Gidravlikaning texnikaviy mexanikasi muhandislik masalalarini yechishda, tajribalarda topilgan natijalar matematik tenglamalarni qoniqtirishi uchun gidravlik hodisalarni soddalashtirib, tenglamalarga ayrim tuzatma koeffitsiyentlarni kiritib, amaliy masalalar yechimi topilgan.

Hozirgi kunda gidravlikaning ayrim masalalarini yechishda birdaniga ham nazariy va ham texnikaviy gidromexanika usullaridan foydalanishga toʻgʻri keladi. Shuning uchun ham yagona fanning ikki yoʻnalishdagi uslublari orasidagi farq asta-sekin yoʻqolib boryapti. «*Gidravlika*» mustaqil, shakllangan, texnikaviy fan boʻlganligidan texnikaning turli-tuman sohalarida keng

qoʻllaniladi. Masalan, neft qazib olish, suv taʼminoti, mashinasozlik, robotlashtirilgan avtomatik ishlab chiqarish, sugʻorish va yerlarni melioratsiyalashda gidravlika qonunlari asosida koʻpgina amaliy muhandislik masalalarining yechimi topilgan.

Gidravlika, asosan, koʻproq oʻz tatbiqini mashinasozlikda topdi, desak mubolagʻa boʻlmaydi. Zamonaviy metall kesuvchi stanok konstruksiyasini, aviatsiya va kosmonavtikani, transport turlarini, temirchilik va presslash asbob-uskunalarini, metall va plastmassadan quyma va shtamplash usulida detallar tayyorlash, avtomatika va robototexnika mashinalarini gidravlik uskunalarsiz tasavvur etish qiyin. Avtomobillarda, traktorlar, qishloq xoʻjaligi va yoʻl qurilishi mashinalarida, aviatsiya, kosmonavtika va boshqa sohalarida ishchi suyuq moddani, yoqilgʻini, sovitgich va surkov moylarini uzatishda gidravlika qonunlaridan foydalaniladi. Ishchi suyuqlik yordamida egri-bugri quvurlar orqali taʼsir kuchini muayyan joyga uzatishda gidrojihozdan keng foydalaniladi. Gidravlik qurilma va jihozlar qishloq xoʻjaligi, chorvachilik va parrandachilik, yengil va ogʻir sanoat ishlab chiqarishida va biologik obyektlarda, kundalik turmushimizda oʻz tatbiqini topgan.

1.1. Gidravlika taraqqiyotining tarixi

Inson hayoti va uning faoliyati, hayvonot va oʻsimliklar olami hamma davrlarda, bugun va kelajakda suv bilan chambarchas bogʻlangan. Qadim zamonlarda odamlar daryo va dengizlardan aloqa yoʻllari sifatida foydalanganlar, ariq va kanallar qazib bogʻ-u rogʻ, dehqonchilik yerlarini sugʻorish bilan shugʻullanganlar. Koʻp yillar muqaddam Markaziy Osiyo va Xitoy, Misr va Mesopotamiya, Rim va Yunonistonda suvni koʻtarish va uzatish uchun turli xil gidrotexnik inshootlar qurilgan: kanallar va toʻgʻonlar, yerosti suv yoʻllari (suv quvuri) va osma quvur (akveduk — *nov*). Troyan davrida birgina Rimda uzunligi 436 km boʻlgan suv quvuri (vodoprovod) boʻlgan.

Sohibqiron Amir Temur Keshdagi Oqsaroyga togʻdan suv keltirish uchun qoʻrgʻoshin quvurdan foydalangan. Oʻrta Osiyoda suv inshootlariga qadimdan katta eʼtibor berilgan. XIX—XX asrlarda qurilgan Forish, Nurota suv omborlari, Tuyatortar va Dargʻom (Bulungʻurda) suv oʻtkazish gidroinshootlari bugungi kunda ham elga xizmat qilishi bunga misol boʻlishi mumkin.

O'zbekistonda uzunligi 5458 km (Amudaryo — 2540 km, Sirdaryo — 2137 km, Zarafshon — 781 km) bo'lgan daryolar oqib o'tadi va yiliga 74 km³ suv beradi. Bu daryolar suv uzunligi $\approx 1,6 \cdot 10^3$ km bo'lgan gidromeliioratsiya inshootlari tarmoqlariga taqsimlangan.

Gidravlika sohasidagi birinchi ilmiy asar qadimgi yunon matematigi va mexanigi Arximed (tax. eramizdan avvalgi 387 — 212-y.)ning «Suzuvchi jismlar haqida» risolasi — traktati eramizdan avval 250 yil muqaddam vozilgan. Arximedning suyuqlikka botirilgan jismning muvozanati qonuni keyinchalik kemalarning suzishi va ularning turg'unligi haqidagi nazariya asosini tashkil etadi.

Gidravlika, keyinchalik XIV—XVII asrlarda taraqqiy etdi. Italiyalik buyuk olim Leonardo da Vinchi (1452—1519) daryo va kanallardagi suyuqlik harakati qonuniyatlarini, suyuqlikning oqib chiqish jarayonini o'rgangan, gidrotexnikaviy inshootlarni qurish bilan shug'ullangan, gidravlik pressning ishlashini bayon etadigan, markazdan qochma nasosni ixtiro qilgan va boshqa ko'pgina gidravlik hodisalarni amalda isbotlagan. Yarim asrlardan keyin gollandiyalik muhandis S. Stevin (1548—1620) suyuqlikning tekislikka bergan bosimini aniqladi va gidravlik g'ayritabiiylik (paradoks) hodisasini ta'riflab berdi.

Italiyalik olim G. Galiley (1564—1642) gidrostatikaning asosiy qoidalarini sistemalashtirdi va ilk bor gidravlik qarshilik tushunchasini fanga kiritdi, uning suyuqlik oqimi tezligiga va zichligiga bog'liqligini isbotladi. E. Torrichelli (1608—1647) esa suyuqlikning teshikdan oqib chiqish tezligini hisoblaydigan matematik formulani berdi. Fransuz fizigi va matematigi B. Paskal tashqi bosimning suyuqlik orqali uzatilishi qonunini kashf qildi. Buvuk ingliz fizigi, matematigi, mexanigi va astronomi I. Nyuton (1643—1727) suyuqlikning *qovushqoqligi* tushunchasini fanga kiritdi, suyuqlik tezligi va xossasi bilan ichki ishqalanishdagi kuchlanish orasidagi bog'lanishni isbotladi va shunga ko'ra, *gidrodinamik o'xshashliklar* nazariyasiga asos soldi.

XVIII asrga qadar gidravlikaga oid ilmiy ishlarning, deyarli hammasi, ko'proq tajriba natijalariga tayangan nazariya bo'lib, bir-birlari bilan bog'lanmagan, tarqoq holda yaratilgan. XVIII asrning ikkinchi yarmidagi yirik mexanik va matematik olimlardan D. Bernulli (1700—1782) va L. Eyler (1707—1783)ning

ilmiy ishlari nazariy gidromexanika va gidravlikaga asos soldi. D. Bernulli suyuqlik harakati qonuniyatlarini o'rganib, uning asosiy tenglamalarini isbotlab berdi.

D. Bernullining «Gidrodinamika» asari nashrdan chiqqandan so'ng (1738-y.) bu atama fanga kiritildi.

Shveysariyalik buyuk matematik, mexanik, fizik va astronom L. Eylerning «Suyuqlik harakatining umumiy tamoyillari» ilmiy asari alohida o'rinda turadi.

M.V. Lomonosov (1711—1765) suyuqlik va gazlar harakatining fizik masalalariga va gidravlikaning amaliy tatbiqiga katta e'tibor berib, massa va energiyaning saqlanish qonunini kashf qiladi.

XVIII asrning ikkinchi yarmi va XIX asrning boshida sanoat va ishlab chiqarishning shiddatli rivojlanishi davrida, real suyuqlik xossalarini hisobga oluvchi muhandislik masalalari yechimini topish uchun, yangicha ilmiy talablar zarur bo'la boshladi. Natijada «Gidravlika» fanining amaliy fanga aylanish davri boshlanadi.

Texnikaviy gidrodinamikaning shakllanishida fransiyalik olimlardan A. Pito (1695—1799) «Pito nayi» bilan, A. Shezi (1718—1798) harakatlanayotgan suyuqlik tezligini aniqlaydigan formulasi bilan, J. Borda (1733—1799) oqim keskin kengayganida suyuqlik damining pasayishini hisoblaydigan tenglamasi bilan o'z hissalarini qo'shgan.

Italiyalik olim D. Venturi (1746—1822) suyuqlikning uchlik nay (nasadka)dan oqib chiqishi, nemis olimi D. Veysbax (1806—1871) ning suyuqlik harakati qonunlari bo'yicha yaratgan nazariy va amaliy natijalari katta ahamiyatga ega. Ingliz olimi O. Reynolds suyuqlik harakatining laminar va turbulent oqimlarini kashf qildi va gidrodinamik o'xshashliklar kriteriysini varatdi. L. Prandtl (1875—1953) suyuqlikning turbulent oqimi nazariyasini takomillashtirdi.

P. P. Melnikov (1804—1880) birinchi marta 1836-yilda rus tilidagi «Amaliy gidravlika asoslari» darsligini nashr ettirdi. Rossiyada olimlardan N.P. Petrov (1836—1920) Nyutonning gipotezasi (suyuqlikdagi ichki ishqalanish) asosida mashinalarni gidrodinamik moylash nazarivasini asoslab berdi. N.Y. Jukovskiyning (1847—1921) texnikaviy gidrodinamikaga oid qator ilmiy ishlaridan biri — «Gidravlik zarb haqida»gi ilmiy asari 1899-yili nashrdan chiqdi.

XX asr boshida gidravlika sohasida turli xil ixtisoslashgan yo'nalishlarda tadqiqot ishlari jamoa bo'lib olib boriladigan uslublar shakllana boshladi. Iste'dodli muhandis va olim V.G. Shuxov (1853—1939) neft quvurini hisoblash usulini tadqiq qiladi va neftni yuqoriga ko'taruvchi *erliftni* ixtiro qiladi. N.N. Pavlovskiy (1884—1937) gidravlik inshootlar nazariyasini va hisobini yaratishda yetakchi bo'ladi.

XX asr boshidan boshlab O'zbekistonda gidravlikaning gidrotexnika qismi bo'yicha tadqiqotlar rivoji yangi davrga kiradi. Hidroinshootlar (Chirchiq, Bo'zsuv, Samarqand GES kaskadi va Farhod gidroelektrostansiyalari) qurilishini tadqiq etish va uni amalga oshirish, katta gidroelektrostansiyalarni loyihalash va qurish ishlarida, daryolar o'zani dinamikasi kabi sohalarda «Gidravlika» faniga oid bir qator amaliy ishlarni amalga oshirish zarur bo'ldi. Bu ishlarni amalga oshirishda maxsus ilmiy tekshirish va loyihalash institutlari, yetakchi oliy o'quv yurtlari kafedralari, laboratoriyalari qatnashadi. Masalan, O'rta Osiyo irrigatsiya ilmiy tadqiqot instituti, Suv melioratsiyasi instituti, Toshkent irrigatsiya va melioratsiya instituti, Chirchiq, Zarafshon, Sirdaryo va Amudaryo o'zanlarida hidroinshootlarni qurish uchun ularning katta quvvatdagilari loyihalangani va quriladi. Bu daryolarda qurilgan gidroelektrostansiyalar, kanallar, suv ko'tarish nasos stansiyalari «Gidravlika» fani amaliyotiga O'zbekistonda katta e'tibor berilganligiga misol bo'la oladi. Jumladan, Katta Farg'ona kanali, Katta Mirzacho'l magistral kanali, Amu — Buxoro mashina kanali, Qarshi magistral kanali, Jizzax, Kampirrovat suv ko'tarish nasos stansiyalari kabi umumiy suv sarfi $2500 \text{ m}^3/\text{s}$ va uzunligi 32,4 ming km bo'lgan 74 ta kanal yordamida dasht va cho'llarni o'zlashtirishda melioratsiya ishlari amalga oshirildi.

Bugungi kunda O'zbekistonda 53 ta suv ombori, 41 ta GES, 1456 ta nasos stansiyasi va mayda irmoqlarini qo'shib hisoblaganda jami uzunligi 156 ming km bo'lgan kanallar tizimi 4,3 mln gektar yerni melioratsiyalashga xizmat qilyapti. Bu ishlarni amalga oshirishda o'zbek olimlaridan R.A. Alimov, A.M. Muhamedov, Z.R. Husanxo'jayev, R.R. Abduraupov, X.A. Irmuhamedov, E.J. Mahmudov, X.A. Ismoilov, M.R. Baqoyev, V.A. Skrilnikov va ko'p sonli muhandis-gidrotexniklar o'z hissalarini qo'shganlar.

Butun dunyoda gidroenergetika taraqqiyoti ko'pchilik mamlakatlarda kuchli energetik gidromashinasozligining rivojiga katta ta'sir ko'rsatdi. Natijada qurilayotgan GESlarning har biridagi gidroagregatlarning quvvati ortib ketdi. Masalan, Rossiyada — Volgograd GESni har bir gidroturbinasining quvvati 115 MW, Bratsk — 250 MW, Krasnoyarsk — 500 MW, Sayan-Shushensk — 640 MW tashkil qilsa, Markaziy Osiyoda qurilgan gidroinshootlardan Chirchiq kaskadi — 899 MW, Tuyamo'yin — 150 MW, Sirdaryoda qurilgan Farhod — 126 MW, Shahrixon — 28,7 MW, Qayroqqum — 126 MWni tashkil etadi.

Bugungi kunda jahondagi gidromexanik muhandislar va olimlar gidromashinasozlikda yuqori unumdorlikka va bosimga ega bo'lgan nasoslarni, hajmiy gidrouzatmalarni hamda gidrodinamik uzatish mashinalarini tadqiq etib, ularni yaratishda ulkan muvaffaqiyatlarga erishishgan. Masalan, birgina O'zbekistondagi katta Mirzacho'l magistral kanalidagi suv taqsimlash shluzlari, Jizzax nasos stansiyasi, Chorvoq, Zomin, Jizzax, G'allaorol, Tuyamo'yin kabi suv omborlari bunga misol bo'la oladi.

1.2. Suyuqlik turlari

Tabiiy holda paydo bo'lgan simob, suv, neft va neftdan olinadigan sun'iy suyuqliklar mavjud, ulardan insoniyat o'z hayoti va mehnat faoliyatida keng foydalanadi. Zamonaviy texnikani, avtomatlashgan va robotlashtirilgan sanoatni suyuqliklarsiz tasavvur etib va boshqarib bo'lmaydi.

Muayyan geometrik shaklga ega bo'lmagan, istalgan hajmni to'ldira oladigan, biron aniq haroratda agregat holatini o'zgartiradigan, juda ham kam siqiladigan (siqilmaydigan), molekullari tig'iz joylashgan, oquvchanlik, qovushqoqlik va kapillarlik xossasiga ega bo'lgan moddaga *suyuqlik* deyiladi. Suyuqliklar hosil bo'lishiga ko'ra, tabiiy va sun'iy turlarga bo'linadi. Tabiiy turlariga suv, neft, simob mansub bo'lsa, sun'iyilariga esa neft va gazni qayta ishlashdan olinadigan benzin, solyar moyi, gazolin, avtol, suyuq havo, kislorod, vodorod, azot, geliy, kislotalar va shu kabilardan tashqari, odamlar iste'mol qiladigan o'simlik va hayvonlar moyi, o'simlik va mevalar sharbati, spirt va uning suvdagi eritmasi asosida tayyorlanadigan turli xil alkagol moddalar kiradi. Bo'yoqlar, surkov moylari, suspenziyalar va shu kabilar anomal suyuqliklar deb yuritiladi.

Tabiatda uchraydigan suyuqliklar real *suyuqliklar* bo‘lib, real suyuqliklar o‘ta kam siqiladi va ularni o‘rganishda *mutlaq siqilmaydigan suyuqliklar* deb qabul qilinadi. Ayrim gidravlik masalalar yechimini topishda muhandis-u olimlar o‘z ilmiy tadqiqotlarida ideal suyuqlik tushunchasidan foydalanadilar. Tabiatda mavjud bo‘lmagan, mutlaqo siqilmaydigan, qovush-qoqligi mutlaqo yo‘q bo‘lgan nazariy suyuqlikni *ideal suyuqlik* deyiladi.

Yer gidrosferasidagi suvning miqdori 70,8 % (okeanlar — 1370323000 km³, yerosti suvlari — 61400000 km³, muzliklar — 24000000 km³, ko‘llar — 750000 km³, tuproq suvlari 75000 km³, daryo suvlari — 1200 km³) bo‘lib, uning yerdagi zaxirasi — 1,3 · 10⁹ km³.

1.3. Suyuqliklarning fizik xossalari

Texnika va turmushni, o‘simliklar, hayvonot, parrandalar olamini, umuman olganda, organizmlarni suyuqliklarsiz tasavvur qilish qiyin. Shuning uchun gidravlik qonunlarni o‘rganish va ularni texnikada qo‘llash jarayonida ayrim masalalar yechimlarini soddalashtirish uchun suyuqliklarning fizik xossalarini o‘rganishni maqsadga muvofiq deb topdik.

1.3.1. Suyuqlik kengayishining haroratga bog‘liqligi

Suyuqlik isitilganda yo sovitilganda o‘z hajmini orttiradi, kuchliroq isiganida esa idishdan toshib chiqadi, germetik (mutlaqo yopiq) idishni yoradi, ishlayotgan gidravlik asbob xato ko‘rsatishi natijasida katta buzilishlarga olib kelish hodisalari bo‘lishi mumkin.

Suyuqlik kengayishining temperaturaga bog‘liqlik koeffitsiyenti uning fizik tabiatiga bog‘liq va *hajmiy kengayish koeffitsiyenti* β_t qiymati bilan tavsiflanadi.

β_t koeffitsiyenti suyuqlik harorati 1 K.ga ko‘tarilgandagi nisbiy hajm o‘zgarishini ifodalaydi. Suyuqlik hajmining o‘zgarishi $\Delta V = V - V_0$, haroratning o‘zgarishi $\Delta T = T - T_0$ bo‘lsa, β_t ni quyidagicha yozish mumkin:

$$\beta_t = \frac{1}{V_0} \frac{\Delta V}{\Delta T}. \quad (1.3.1)$$

Masalan, $T = 293 \text{ K}$ dagi suv uchun $\beta_t = 2 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ bo'lsa, harorat 1 K ga o'zgarganda, ya'ni $\Delta T = 1 \text{ K}$ bo'lganida esa $\beta_t = 14 \cdot 10^{-5}$ dan $66 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ga teng bo'ladi. Aynan shunday holatda simob va neft mahsulotlari uchun $\beta_t = 18 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ va $\beta_t = (6-8) \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ ga teng bo'ladi.

1.3.2. Siqiluvchanlik va elastiklik

Siqiluvchanlik — bu tashqi bosim kuchi va issiqlik ta'sirida suyuqlik hajmining kamayish hodisasidir. Tomchi-suyuqliklar (tabiatda uchraydigan va texnikada qo'llaniladigan suyuqliklar) haqiqatda oz miqdorda siqiladi, lekin uni gidravlik hisobda e'tiborga olmasdan, *suyuqlik siqilmaydi* deb qabul qilinadi. Amalda ayrim holatlarda bu o'ta kichik siqilishni hisobga olish zarur bo'ladi. Masalan, suyuqlik yer ostida o'ta chuqur joylashsa, u kuchli bosim ta'siri ostida bo'ladi. Bunday holatda, xususan, gidravlik zarb hisobida, ozgina siqilishni ham hisobga olish shart bo'ladi. Shuning uchun siqiluvchanlik koeffitsiyenti β_p hajmiy siqilish koeffitsiyentining qiymati bilan baholanadi.

Siqiluvchanlik hajmiy koeffitsiyenti β_p birlik bosim o'zgarishi $\Delta P = P - P_0$ ga mos keladigan suyuqlik hajmining nisbiy o'zgarishi $\Delta V = V - V_0$ ni ko'rsatadi va quyidagicha ifodalanadi (1-ilovaga qarang):

$$\beta_p = -\frac{1}{V_0} \frac{\Delta V}{\Delta P}, \quad (1.3.2)$$

bunda β_p SI o'lchov birliklari sistemasida m^2/N o'lchanadi. Tenglama (1.3.2.) dagi «minus» ishorasi ΔP bosimning musbat orttirmasi ΔV hajmning kamayishiga teskari mutanosibligini bildiradi, ya'ni bosim ortsa, hajm kamayadi.

Suyuqliklarning hajmiy siqilishi (hamma tomonlama siqilishi) ham qattiq jismlarga xos bo'lgan Guk qonuni bilan tushuntiriladi. Suyuqliklar uchun hajmiy elastiklik moduli E tushunchasidan foydalaniladi, xolos. Normal harorat ($273-293 \text{ K}$) va $500 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ bosim ostidagi suv uchun elastiklik moduli $E \approx (2,0 - 2,11) \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ atrofida bo'ladi.

β_p koeffitsiyenti bu suyuqlikning nisbiy solishtirma hajmi, uning ustidagi bosim o'zgarishi 10^5 Pa ga teng bo'lganda E

moduliga teskari boʻlgan kattalik ekanligini ifodalaydi. Bu kattalik normal sharoitdagi suv va poʻlat uchun mos ravishda taqriban quyidagicha:

$$\beta_p \approx 5,1 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/N \text{ va } \beta_p \approx 5,1 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/N.$$

Maʼlumotdan koʻrinadiki, suv poʻlatga nisbatan 100 marta kamroq siqilar ekan. Chunki suv molekullari poʻlatga nisbatan tigʻiz joylashgan.

Suyuqlikning elastikligi deganda, suyuqlik sirtidan tashqi bosim kuchi olinganida uning oldingi holatiga qayta olish xususiyati tushuniladi. Suyuqlikning elastiklik xossasi koʻpchilik gidravlik mashina va qurilmalarda suyuqliklarni ishchi modda sifatida qoʻllashga imkon beradi. Suyuqlikning hajmiy elastiklik moduli quyidagicha ifodalanadi (1-ilovaga qarang):

$$E = 1/\beta_p. \quad (1.3.3)$$

Suyuqlikning elastiklik moduli E harfi bilan belgilanadi va SI oʻlchovlar birligi sistemasida *Paskalda* oʻlchanadi. Elastiklik moduli qiymati turli xil suyuqliklarda turlicha. Masalan, tomchi-suyuqliklar uchun $E = 2 \cdot 10^3 \text{ MPa}$ boʻlib, harorat va bosim koʻtarilishi bilan ortadi. Suv uchun bosim $\Delta P = 0,1 \text{ MPa}$ ortsa, suvning hajmi 0,00005 marta kamayadi. Shu sharoitda poʻlat siqilsa, u 0,005 marta oʻz hajmini kamaytiradi. Poʻlat suvga nisbatan 100 barobar koʻproq siqilar ekan. Shuning uchun *suyuqliklarni amalda siqilmaydigan* modda deb qabul qilinadi.

Suyuqliklarning oʻta kam siqilishini amaliyotdagi gidroquvurlar, gidroavtomatika, gidravlik zarb hisob-kitobida eʼtibordan chetda qoldirib boʻlmaydi. Shuning uchun uni hisobga olish shart, qolgan holatlarda eʼtiborga olmasa ham boʻladi.

Suyuqliklarning solishtirma ogʻirligi (suyuqlik ogʻirligining hajmiga nisbati — zichligi) bosimga bogʻliq emas. Suyuqlikka uzatilgan bosim kuchi qancha katta boʻlsa ham, suyuqlik zichligi oʻzgarmaydi. Chunki suyuqliklar siqilmaydigan modda.

Tomchi-suyuqliklar, ayrim sharoitda, choʻzuvchi taʼsir kuchi, yaʼni choʻzilishga qarshi yoʻnalgan kuch, tutib tura olish xususiyatiga ega. Suv choʻzilishga teskari yoʻnalgan kuchga qarshi to $2 \cdot 8 \cdot 10^4 \text{ kPa}$ boʻlgan manfiy yuklamani tuta olsa, undan suv gazlari chiqarilgandan keyin esa, uning choʻzilishga qarshilik koʻrsatish kuchi ortadi. Masalan, ichimlik suvi uchun $E = 2 \cdot 10^3 \text{ kPa}$ boʻlsa, undan suvi gazlari chiqarilganidan keyin

esa uning qiymati $E = 10^4 \text{ kPa}$ gacha ortadi. Shuning uchun, ehtimol, kapillarda suyuqlikning cho'zilishga qarshiligi ortadi. Oddiy sharoitda esa, kapillardagi tomchi-suyuqlikning cho'zilishga qarshiligi juda ham kam, shuning uchun goho suyuqliklar manfiy yuklanishni tuta olmaydi deb hisoblashadi.

1.3.3. Bug'lanuvchanlik va kavitatsiya

Suyuqlik zarralarining tashqi ta'sir (haroratning ortishi yoki bosimning tushishi) hisobiga suyuqlik sirtidan uzilib gaz holatiga o'tish hodisasi *bug'lanish* deyiladi. Bug'lanuvchanlik suyuqlik harorati va uning erkin sirti ustidagi bosimga bog'liq. Suyuqlikning erkin sirti ustidagi bosim kamayganida va harorati ko'tarilganida bug'ning elastikligi ortadi va suyuqlik qaynaydi.

Bug'ning elastikligi deganda, suyuqlik ustidagi to'yingan bug'ning parsial (suv bug'ining) bosimi $P_{t,b}$ tushuniladi. Unda, bug' o'z suyuqligi bilan *dinamik muvozanatda* bo'ladi, ya'ni hosil bo'lgan bug' massasi kondensatsiyalangan suyuqlik massasiga teng bo'ladi:

$$P = P_{t,b}. \quad (1.3.4)$$

Normal bosim va haroratda suv tarkibida 2 % ga yaqin erigan gaz bo'ladi. Suv harorati ko'tarilganida va bosimi pasayganida, ya'ni $P < P_{t,b}$ shart o'rinli bo'lganida, suyuqlikdan bug' bilan birgalikda suvda erigan gazlar havo pufakchalari shaklida ajraladi.

Harakatlanayotgan suyuqlik ichida to'yingan bug' bosimi normal bosimdan katta bo'lgan ($P_{t,b} > P$) holatida havo yoki bug' pufakchalarining hosil bo'lish jarayonida bug' pufakchasining suyuqlik sirtiga qalqib chiqmasdan suyuqlik ichida yorilib, erib ketish hodisasiga *kavitatsiya* deyiladi.

Amaliyotda tarkibida bug'-havo aralashmasi bo'lgan suyuqlikning siqiluvchanligi ortadi. Suyuqlik yuqori bosimli hajmga oqib o'tganida, ya'ni to'yingan bug' bosimi normal bosimdan kichik bo'lganida ($P > P_{t,b}$), bug'-havo pufakchalari tarkibidagi bug' kondensatsiyalanadi, havo esa siqiladi yoki suyuqlikda to'liq erib, unga qo'shilib ketadi. Bu hodisa oniy soniyalarda o'ta tez sodir bo'ladi va birdaniga butun hajm bo'ylab bosim atmosfera bosimidan bir necha ming marta katta bo'lib ketadi.

Natijada zarb hodisasi paydo bo'ladi. Chunki mikrozarblar ta'siri kichkinagina maydonchaga yo'nalgan va ko'p marta

takrorlanishi natijasida qattiq sirt yoriladi yoki buziladi. Bunday hodisani *kavitatsiya eroziyasi* deyiladi. Kavitatsiya hodisasi ta'sirida suyuqlik uzatuvchi quvurlarning suyuq massani o'tkazish va uzatish qobiliyati hamda nasoslarning f.i.k. kamayib ketadi. Kavitatsiya eroziyasi ta'sirida gidravlik turbinalar, nasos kuraklari, eshkak vinti ishdan chiqadi, hatto gidrotexnik inshootlarning betonlari ham yorilishi mumkin.

1.3.4. Qovushqoqlik

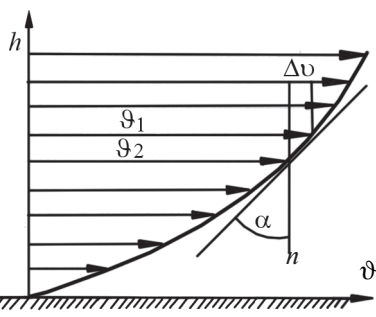
Harakatlanayotgan suyuqlik qatlamlarining bir-biriga nisbatan siljishi yoki sirpanishiga qarshilik ko'rsatuvchi kuch ta'siri natijasida qatlamlar orasida ishqalanish va urinma kuchlanganlik hosil bo'lishi hodisasiga *qovushqoqlik* yoki *ichki ishqalanish* deyiladi.

Suyuqlik qatlamlari orasida ichki ishqalanish mavjud bo'lishi haqidagi taxminni I. Nyuton (1686-y.) aytgan edi. Bu taxminni N.P. Petrov (1883-y.) tajribada, suyuqlik qatlamlari orasidagi ichki ishqalanish kuchining kattaligi bosimga bog'liq bo'lmasdan, suyuqlik turiga, qatlamlarning o'zaro tegib turgan yuzalariga va ularning nisbiy siljish tezligiga bog'liq ekanligini isbotlab berdi (1-rasm).

«Qovushqoq» suyuqlik qattiq devorga tegib, ishqalanib harakatlanganida, uning zarralari devor zarralari bilan o'zaro ta'sirlashadi. Natijada, suyuqlik oqimining tormozlanishi devor bo'ylab kuzatiladi, ya'ni suyuqlik qatlamlarining tezligi v devorga yaqinlashgan sayin kamayib boradi va devorga o'ta yaqin bo'lgan qatlamlardagi suyuqlikning elementar qatlamchasi tezligi nolga yaqinlashib boradi va qatlamchanning to'xtashi ham ehtimoldan uzoq emas.

Suyuqliklardagi qovushqoqlik, asosan, suyuqlik molekularining o'zaro ta'sirlashishi kuchidan topiladi va harorat pasayishi bilan uning qiymati ortadi.

Dinamik va kinematik qovushqoqliklar suyuqlik xossasini tavsiflovchi kattaliklar hisoblanadi. Qo'shni qatlamlarning



1-rasm. Yassi devor yuzalari bo'ylab suyuqlik oqishida tezliklar taqsimoti.

o'zaro sirpanish-ishqalanishi natijasida suyuqlik qatlamlari tezliklarining farqi paydo bo'ladi. Natijada harakatlanayotgan suyuqlik qatlamlari tekisligiga ichki ishqalanish kuchi urinma bo'lib yo'naladi. Shuning hisobiga suyuqlikda urinma kuchlanganligi paydo bo'ladi. Urinma kuchlanganlikni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\tau = \frac{F_{i.ishq}}{S} = \mu \frac{\Delta\vartheta}{\Delta h}, \quad (1.3.5)$$

bu yerda, τ — suyuqlikning qo'shni qatlamlar sirtlarida paydo bo'ladigan ishqalanish kuchining kuchlanganligi; $F_{i.ishq}$ — ichki ishqalanish kuchi, N ; S — o'zaro sirpanuvchi qatlamlar yuzasi, m^2 ; μ — suyuqlik xossasini tavsiflovchi dinamik (absolut) qovushqoqlik koeffitsiyenti, *Pa.s*; $\Delta\vartheta/\Delta h$ — normal bo'yicha tezlik gradiyenti yoki tezlik deformatsiyasi, s^{-1} ; $\Delta\vartheta$ — qatlamlar oralig'idagi tezlikning o'zgarishi, m/s ; dh — koordinata o'zgarishi, m .

Tezlik gradiyenti $\Delta\vartheta/\Delta h$ ishorasiga qarab (1.3.5) tenglama ishorasi tanlanadi. Tenglama ishorasi musbat yoki manfiy bo'lishi mumkin. Lekin ishqalanish kuchining kuchlanganligi har doim musbat bo'lishi shart.

Agar suyuqlikning ixtiyoriy qatlamini ajratilgan qalinligi cheksiz kichik bo'lsa, $\Delta\vartheta/\Delta h = tg\alpha$ ga teng bo'ladi. α — qatlamlar oralig'idagi nuqtadan o'tgan tezliklar o'zgarishi grafigiga (egri chiziqqa) o'tkazilgan tik (vertikal) va urinma chiziqlari orasidagi burchak.

Dinamik qovushqoqlik koeffitsiyenti (μ)ning fizik ma'nosi, bu *bir-biridan* 1 m masofada joylashgan va 1 m/s tezlik bilan harakatlanayotgan suyuqlik qatlamlari orasidagi ichki ishqalanish kuchi hosil qilgan urinma kuchlanganligidir.

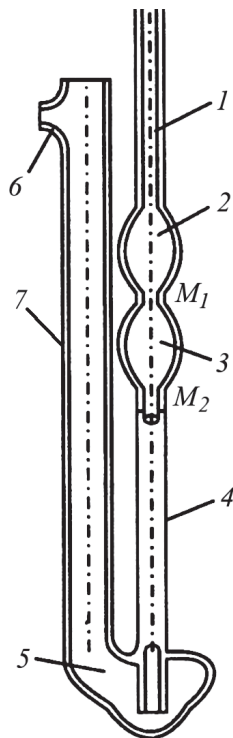
$\Delta\vartheta/\Delta h = 1$ bo'lganligi uchun (1.3.5) tenglamadagi $\tau = \pm\mu$ ga teng bo'ladi. Amaliyotda μ qiymati *viskozimetr* asbobi yordamida tajriba yo'li bilan aniqlanadi (2-rasm).

Suyuqlikning oquvchanligi dinamik qovushqoqlik koeffitsiyentiga teskari ($\eta = 1/\mu$) bo'lgan kattalik bilan tavsiflanadi va *SI* o'lchov birliklari sistemasida $Pa^{-1}s^{-1}$ da o'lchanadi.

Ichki ishqalanish kuchi F urinma kuchlanganligi τ sirpanish sirti S bo'yicha o'zgarmas bo'lganida quyidagiga teng bo'ladi:

2-rasm. Viskozimetr chizmasi:

1 — tirsak; 2 va 3 — rezervuarlar;
4 — kapillar; 5 — kengayish hajmchasi;
6 — viskozimetrning suyuqlik quyiladigan kalta
quvurchasi; 7 — keng quvur.



$$F = \tau S = \pm \mu \frac{\Delta \vartheta}{\Delta h} S. \quad (1.3.6)$$

(1.3.5) tenglama asosida tushuntiriladigan ishqalanish qonunidan ko‘rinadiki, ishqalanish kuchlanishi faqat harakatlana-yotgan suyuqlik tezligining o‘zgarishi, ya’ni deformatsiyasi mavjud bo‘lgandagina hosil bo‘lar ekan.

Muvozanatdagi suyuqlik tezligining o‘zgarishi nolga teng bo‘lgani uchun urinma kuchlanish ham nolga teng bo‘ladi. Lekin ayrim turdagi bo‘yoqlar, suspenziyalarda muvozanat holatida ham urinma kuchlanganlik noldan farqli bo‘ladi. (1.3.5) tenglamadagi bog‘lanishni qanoatlantiradigan suyuqliklarni normal yoki Nyuton suyuqligi deb yuritiladi.

Shunday suyuqliklar ham mavjudki, ular uchun (1.3.5) tenglamani qo‘llab bo‘lmaydi. Bularga neft va uning ayrim mahsulotlari, mum va polimer materiallar, past haroratli surkov moylari, harorati kristallanish haroratiga yaqin bo‘lgan suyuq metallar, turli xil turdagi suspenziyalar (biror moddaning boshqa suyuq modda ichida tomchi yoki zarra holida suzib yuradigan eritmasi) va kolloid eritmalar (masalan, tish yuvish pastasi) misol bo‘la oladi. Ular normal suyuqliklardan, o‘zlarining muvozanat holatida ham qatlamlari oralig‘ida ishqalanish kuchiga egaligi bilan ajralib turadi.

Anomal suyuqliklar harakatining xususiyatini rus olimi F.N. Shvedov (1889-y.) va amerikalik olim Bingem (1916-y.) o‘rganib, uni ta’riflab berishgan. Shuning uchun goho anomal suyuqliklarni *bingem* yoki *shvedov suyuqligi* deb yuritiladi.

Kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti quyidagicha ifodalanadi:

$$v = \mu/\rho. \quad (1.3.7)$$

Kinematik qovushqoqlik *SI* o'lchov birliklari sistemasida Sm.da ($1St. = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$) o'lchanganligi sababli uni kinematik koeffitsiyent deb yuritilgan. Chunki unga kuch birligi kirmaganligi sababli uni dinamik emas, balki kinematik koeffitsiyent deb yuritiladi. Suyuqlikning kinematik qovushqoqligi *viskozimetr* asbobi bilan o'lchanadi va quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$v = \frac{ag\tau}{9,807}, \quad (1.3.8)$$

bu yerda, a — viskozimetrning o'zgarimas kattaligi (asbobda ko'rsatiladi), m/s^2 ; g — o'lchash olib borilgan joydagi erkin tushish tezlanishi qiymati, m/s^2 ; 9,807 — moddaning 45° geografik kenglikdagi erkin tushish tezlanishi qiymati.

Tomchi-suyuqliklarning qovushqoqligi haroratga bog'liq bo'ladi. Masalan, tomchi-suyuqlikning harorati ortishi bilan uning qovushqoqligi kamayadi, aksincha, havoniki esa ortadi. Buni suyuqlik molekularining bir-biriga, gazlarnikiga nisbatan, juda yaqin joylashuvi bilan tushuntiriladi. Chunki suyuqlik qovushqoqligi, uning molekulararo tutinish kuchlarining qiymati bilan tavsiflanadi. Bu kuchlarning qiymati harorat ortishi bilan kamayadi, shunda suyuqlikning qovushqoqligi kamayadi.

Gaz molekulari esa tartibsiz harakatlanadi, haroratning ko'tarilishi bilan gaz molekularining issiqlik harakati jadalashadi, natijada ularning qovushqoqligi ortadi. Suv qovushqoqligining haroratga bog'liqligini amalda quyidagi tenglama yordamida hisoblanadi (1-ilovaga qarang):

$$v = \frac{17,8 \cdot 10^{-3}}{(1+33,7 \cdot 10^{-3}t + 0,22 \cdot 10^{-3}t^2) \cdot 10^4}, \quad (1.3.9)$$

bu yerda, v — suyuqlikning kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti, m^2/s ; t — suv harorati, $^\circ\text{C}$.

Benzin, kerosin, spirt, sut va boshqa suyuqliklar uchun qovushqoqlik qiymati hisobga olmaydigan darajada kichik bo'lsa, quyuq neft, glitserin kabi suyuqlik oqimlari uchun bu sezilarli darajadagi qiymatni tashkil etadi.

Suyuqlik quvurlarga haydalganida, rezervuarlarni bo'shatganda, turli xil mashina va mexanizmlarning ishlashida qovushqoqlik muhim ahamiyatga molikdir. Xususan, surkov moylari

uchun qovushqoqlik haroratga bogʻliqligi katta ahamiyatga ega. Masalan, mashinalarning surkov moylari harorati koʻtarilganida, ular oʻta oquvchanlikka ega boʻladi. Buning natijasida moyning moylash xususiyati keskin salbiy tomonga oʻzgaradi va nihoyat bu dvigatelning tezroq (muhatdan oldinroq) yemirilishiga olib keladi. Shu sababli, dvigatelning surkov moylari sovitiladi va ularga qovushqoqlikni turgʻunlashtiruvchi maxsus qoʻshilmalar qoʻshiladi.

«Gidravlika» fani qonunlarini oʻrganishda tabiatda mavjud boʻlmagan *suyuqlikning* maxsus *abstrakt modeli* — *ideal suyuqlik* tushunchasidan foydalaniladi. Ideal suyuqlik quyidagi shartlarni, yaʼni absolut siqilmaslik, mutlaq qovushqoqligining yoʻqligi — ichki ishqalanish kuchining paydo boʻlish imkoniyati nolga tengligi bilan real suyuqlikdan farq qiladi. Real suyuqlik idealdan, hammadan avvalo, oʻzining harakati vaqtida, urinma kuchlanishning (ichki ishqalanish) paydo boʻlishi bilan ajralib turadi.

Gidrostatikada suyuqliklarni ideal va real turlarga ajratish shart emas, chunki muvozanatdagi suyuqlikda urinma kuchlanish nolga teng. Ilmiy tadqiqotlarda ideal suyuqlik modelini qoʻllash yoʻli harakatlanayotgan suyuqlik qonuniyatlarini oʻrganishda matematik apparatdan foydalanish imkoniyatini beradi. Ideal suyuqlikdan realiga oʻtishda, albatta, real suyuqliklarda paydo boʻladigan kuchlanishni va tezlik deformatsiyasini hisobga olish shart yoki real suyuqlik uchun tajribada aniqlangan koeffitsiyentlarni kiritish kerak.

Gidravlikada yana bitta faraz mavjud, yaʼni suyuqlikni uzluksiz muhit, bir butun, boʻshliqni toʻldiradigan, ichki qismida boʻshligʻi va molekulari orasida oraliq masofa yoʻq deb olinadi. Uni kontinuum (lotin. *continuum* — uzluksiz) deyiladi. Shuning uchun ham suyuqlikning holatini va harakatini tavsiflovchi uning fizik kattaliklari u egallagan hajmda taqsimlanadi va uzluksiz oʻzgaradi deb qaraladi.

Masalalar

1.1-masala. Harorati 288 K boʻlgan kanakunjut moyining zichligi $\rho = 0,96 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, uning 350 K.dagi zichligini toping. Hajmiy haroratli kengayish koeffitsiyentini $\beta_T = 7,6 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ deb oling.

Yechish. Zichlik formulasini haroratli hajmiy kengayish koeffitsiyenti orqali yozamiz va unga masala shartidagi qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{V_1 + \Delta V} = \frac{m}{V_1(1 + \beta_T \cdot \Delta T)} = \frac{960}{(1 + 7,6 \cdot 10^{-3} \cdot 12)} = 879,76 \text{ kg} / \text{m}^3.$$

1.2- masala. Harorati 300 K bo'lgan zaytun moyining zichligi $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$, uning 350 K.dagi zichligini toping. Hajmiy haroratli kengayish koeffitsiyentini $\beta_T = 0,0076 \text{ K}^{-1}$ deb oling.

1.3- masala. Atmosfera bosimi ostidagi qalin devorli silindrning yarmigacha moy quyilgan. Diametri $d = 18 \text{ mm}$, uzunligi $l = 4,5 \text{ m}$ bo'lgan silindrdagi bosimni 20 MPa gacha orttirilganida uning hajmi qanchaga kattalashadi? Moyning hajmiy siqilishi $E_c = 1,33 \cdot 10^6 \text{ kPa}$. Silindr devorlarining deformatsiyasi e'tiborga olinmasin.

Yechish. $\frac{V}{2} = \frac{\pi d^2}{4} l$. dan silindrdagi moy hajmini topamiz:

$$V = \frac{2\pi d^2}{4} l = \frac{2}{4} 3,14 \cdot 0,018^2 \cdot 4,5 = 0,002289 \text{ m}^3.$$

Moyning hajmiy siqiluvchanligi va hajmiy siqiluvchanlik moduli orasidagi bog'lanishdan hajm orttirmasi $\Delta V = \Delta PV / E_c$ ni topamiz va unga masala shartidagi qiymatlarni qo'yib hisoblaymiz:

$$\Delta V = -\Delta PV / E_c = -20 \cdot 10^6 \cdot 0,002289 / 1,33 \cdot 10^9 = -34,42 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3.$$

1.4-masala. Atmosfera bosimi ostidagi qalin devorli silindrga moy to'ldirilgan. Diametri $d = 80 \text{ mm}$, uzunligi $l = 75 \text{ m}$ bo'lgan silindrdagi bosimni 25 MPa.gacha orttirish uchun qizdirilsa, uning hajmi qanchaga kattalashadi? Moyning hajmiy siqilishi $E_c = 1,37 \cdot 10^6 \text{ kPa}$. Silindr devorlarining deformatsiyasi e'tiborga olinmasin.

1.5-masala. Atmosfera bosimi ostidagi qalin devorli silindrga moy to'ldirilgan. Diametri $d = 72 \text{ mm}$, uzunligi $l = 50 \text{ m}$ bo'lgan silindrdagi bosimni 8 MPa gacha orttirish uchun qizdirilsa, uning hajmi va zichligi qanchaga o'zgaradi? Moyning hajmiy siqilishi $E_c = 1,4 \cdot 10^6 \text{ kPa}$. Silindr devorlarining deformatsiyasi e'tiborga olinmasin.

Nazorat savollari

1. «Gidravlika» fanining maqsad va vazifalarini ta'riflab bering.
2. Nima uchun kasb-hunar kolleji talabalari «Gidravlika» fanini o'rganishadi?
3. Kasb-hunar kollejini bitirganlar mehnat faoliyati davrida qanday gidravlika qonunlari asosida qurilgan texnikalardan foydalanishlari mumkin?
4. Gidravlikaning fan bo'lib shakllanishida dunyo olimlari o'z ilmiy ishlari bilan qanday hissa qo'shishgan?
5. Suyuqlik tuzilishi jihatidan qattiq jismlardan nimasi bilan farq qiladi?
6. Suyuqliklarni nima uchun siqilmaydigan modda deb shartli qabul qilingan? Suyuqlik qanday fizik xossalarga ega? Nima uchun suyuqlik muayyan geometrik shaklga ega emas?
7. Suyuqliklardagi qovushqoqlik nima? Suyuqlikdagi qovushqoqlik qanday parametrlar bilan tavsiflanadi?
8. Suyuqlikning qovushqoqligi harorat va bosimga bog'liqmi?
9. Suyuqliklardagi kavitatsiya va kavitatsion eroziya hodisasini tushuntiring.

1-bob. **GIDROSTATIK BOSIM**

1.1. Suyuqlikka ta'sir etuvchi kuchlar

Gidrostatika suyuqliklarning muvozanat qonunlari va ularning amaliyotdagi tatbiqini o'rganadi. Gidravlikada suyuqlikka ta'sir etuvchi kuchlar — *tashqi va ichki kuchlarga* bo'linadi.

Ichki kuchlar uzluksiz muhit zarralarining o'zaro ta'sirlashishi jarayonida paydo bo'ladi.

Tashqi kuchlar suyuqlik molekulasini o'rab turgan boshqa zarralar tomonidan qo'yilgan ta'sir hisobiga paydo bo'ladi. Tashqi kuchlar massa, sirt va chiziqli kuchlarga bo'linadi.

Massa kuchlari — bu suyuqlik massasiga yoki bir jinsi suyuqlik to'ldirilgan birlik hajmdagi modda miqdoriga teng kuchdir (Nyutonning II qonuniga muvofiq tushuntiriladi). Massa kuchlariga idishda nisbiy muvozanatda bo'lgan tezlanish bilan gorizontaal harakatlanayotgan yoki tik tushayotgan suyuqlikning inersiya va og'irlik kuchlari kiradi.

Sirt kuchlari — bu suyuqlik hosil qilgan hajm bilan chegaralangan sirtga qo'yilgan va shu sirt maydoniga teng bo'lgan kattalikdir. Sirt kuchlariga suyuqlik ichkarisidagi hajmga ta'sir etayotgan gidrostatik va suyuqlikning erkin sirtiga tik yo'nalgan atmosfera bosim kuchlari, suyuqlik hajmi bilan chegaralangan idish devorlarining reaksiya kuchi, harakatlanayotgan suyuqlik qatlamlari orasidagi ishqalanish kuchlari misol bo'la oladi. Massa va sirt kuchlari *SI* o'lchov birliklari sistemasida, mos ravishda, kg va m².da o'lchanadi.

Chiziq kuchlari — bu suyuqlik va gazlarning chegaraviy nuqtalarida hosil bo'ladigan sirt taranglik kuchidir. Kapillarlarda paydo bo'ladigan sirt taranglik kuchi suyuqlik sirtiga urinma va ta'sir qilayotgan suyuqlik konturiga tik yo'nalgan bo'ladi.

1.2. Hidrostatik bosim va uning xossalari

Suyuqlik istalgan geometrik shakldagi hajmni to'ldiradi va uning molekullari idishning sirtiga tik yo'nalgan kuch bilan ta'sir ko'rsatadi, ya'ni bosim beradi. Ma'lumki, og'irlik kuchining birlik yuzaga ta'sir kuchini bosim deyiladi. Bosim quyidagicha ifodalanadi:

$$P = \frac{F_{b.k.}}{S}, \quad (1.1)$$

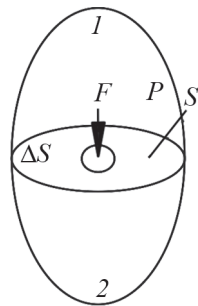
bu yerda, $F_{b.k.}$ — birlik yuzaga tik yo'nalgan suyuqlikning bosim kuchi, N ; S — kuch ta'sir qilayotgan birlik yuzaga, m^2 .

Tinch turgan suyuqlik bir vaqtning o'zida massaviy va uni siquvchi normal sirt tarangligi kuchlari ta'sirida bo'ladi. Bu kuchlarning teng ta'sir etuvchisi gidrostatik (tinch suyuqlik) bosim kuchini beradi. Gidrostatik bosim kuchi ta'siridagi tinch turgan suyuqlik zo'riqqan holatda bo'ladi. Nuqtaga ta'sir qilayotgan gidrostatik bosim kuchini aniqlash maqsadida biron geometrik shakldagi, masalan, kesimi ellipsimon hajmchada joylashgan suyuqlikni olib, uni tik va gorizontal kesimlari korinishida chizamiz (1.1-rasm).

Bu suyuqlikni teng ikkiga bo'lganimizda, S tekisligi hosil bo'ladi va uning markazidan elementar (juda ham kichik) ΔS yuzachani ajratib olib, unga ta'sir etayotgan bosim kuchini topamiz. Bu kuch suyuqlik qatlamida ustma-ust joylashgan molekullarning shu yuzachaga uzatayotgan gidrostatik bosim kuchi bo'ladi. ΔS yuzachaning S tekisligidan yuqorida joylashgan suyuqlik qatlamining bosimi, shu tekislikka va uning ostidagi suyuqlikka uzatilgan gidrostatik bosimni ifodalaydi. Butun hajmdagi suyuqlik shu idish tubiga ko'rsatayotgan ta'sir kuchi bo'lib, uni og'irlik kuchiga teng deb qabul qilish mumkin.

Unda, ΔS yuzachani yana ham kichraytirsak, ya'ni $S \rightarrow 0$ intilsa, nuqtaga ta'sir qilayotgan o'rtacha gidrostatik bosim kuchini quyidagicha yozish mumkin:

$$P = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \left(\frac{F}{S} \right). \quad (1.2)$$



1.1-rasm. Muvozanatdagi suyuqlikning ixtiyoriy hajmli tomchisini yuzasiga ta'sir etuvchi kuch.

Demak, nuqtadagi suyuqlikning gidrostatik bosimi yuzacha nolga intilganda uning o'rtasidagi gidrostatik bosim qiymatining limitiga teng kattalik ekan.

Gidrostatik bosim suyuqlik ustuni balandligi va undagi suyuq modda massasiga bog'liq bo'lganligi sababli, quyidagicha yozish mumkin:

$$P = F_{b.k.} = mg = g\rho Sh = g\rho V, \quad (1.3)$$

bu yerda, ρ — suyuqlikning solishtirma og'irligi (zichligi), kg/m^3 . V — suyuqlik hajmi, m^3 ; h — suyuqlik ustuni balandligi, m ; S — idish tubining yuzasi, m^2 .

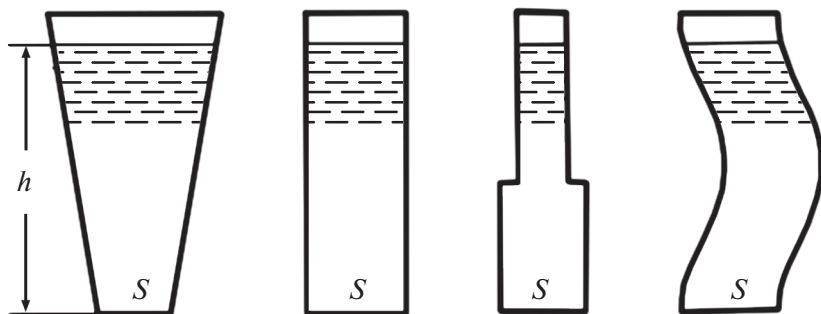
Unda, $m = \rho V$ tengligi va (1.2) asosida (1.1) birlik yuzaga ta'sir etuvchi bosimni quyidagicha yozish mumkin:

$$p = g\rho h. \quad (1.4)$$

(1.4) suyuqlikning *gidrostatik bosim formulasi* deyiladi.

Demak, suyuqlikning gidrostatik bosimi yerda suyuqlik turiga, ustuni balandligiga bog'liq ekan. Chunki suyuqliklar zichliklari turlicha bo'lganligi sababli, bir xil balandlikdagi har xil suyuqlik ustuni idish tubiga turlicha bosim beradi.

Suyuqlikning idish tubiga bergan bosimi suyuqlik ustunining geometrik shakliga (to'g'ri, egri, egri-bugri va sh.k) bog'liq bo'lmasdan, faqat suyuqlik ustuni balandligiga bog'liq. Bu hodisani *gidrostatik g'ayritabiiylik (paradoks) hodisasi* deyiladi (1.2-rasm).



1.2-rasm. Gidrostatik g'ayritabiiy (paradoks) hodisasini tushuntirishga oid chizma.

Qovushqoqligi o'rtacha bo'lgan ideal va real suyuqliklarning gidrostatik bosimi uch xossaga ega:

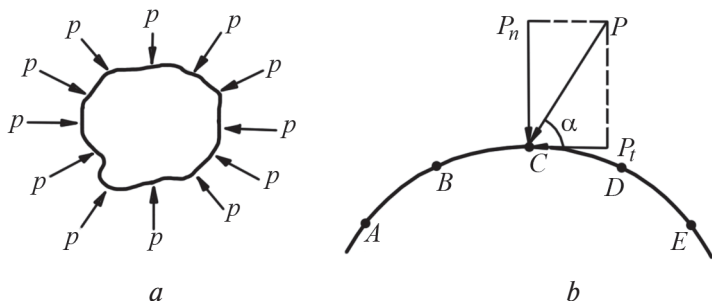
1-xossa. Gidrostatik bosim har doim suyuqlik bilan chegaralangan sirt maydonchasiga tik va ichkariga yo'nalgan bo'ladi.

Faraz qilaylik $ABCDE$ egri sirtning ixtiyoriy C nuqtasiga normal yo'nalishda bo'lmagan hamma kuchlarning teng ta'sir etuvchisi P shu sirtga biror α - burchak ostida yo'nalgan bo'lsin. Bu kuchni ikki tashkil etuvchi, ya'ni normal P_n va urinma P_t ga ajratish mumkin.

Ma'lumki, suyuqlik siqilmaydi, shunga ko'ra, normal kuchning sirtga ta'siri suyuqlik muvozanati shartini buzmaydi. Unda, urinma P_t kuch C nuqtadagi suyuqlik molekulasini tekislikka urinma yo'nalishda siljishga majbur etadi va suyuqlikni muvozanat holatidan chiqarishi ham mumkin deb qaralsa bo'ladi. Ammo bunday holat gidrostatika shartiga zid bo'ladi. Demak, bu farazimizdagi shartga muvofiq, bunday turdagi tashkil etuvchi kuch paydo bo'lishi mumkin emas. Shuning uchun suyuqlikka faqat normal P_n kuch ta'sir qiladi.

Normal P_n kuchning yo'nalishini aniqlash uchun quyidagi farazni qabul qilamiz: *kuch vektorlari normal bo'yicha $ABCDE$ sirtidan chiqayotgan bo'lsin* (1.3-rasm).

Sirtni cho'zuvchi kuch ta'sirida suyuqlik molekulari siljishi va suyuqlikni muvozanatdan chiqarishi, ya'ni suyuqlik hajmi keskin ortishi mumkin. Bu ham gidrostatika shartiga ziddir. Demak, bu cho'zuvchi kuchlar ta'sirida suyuqlik hajmi ort-



1.3- rasm. Suyuqlik sirtiga ta'sir qiluvchi gidrostatik kuchlar:

a suyuqlik hajmchasiga ta'sir qiluvchi reaksiya kuchlari;
b gidrostatik bosimning birinchi xossasini tushuntirishga oid chizma.

maydi. Chunki suyuqlikning $ABCDE$ sirtiga normal va ichkariga yoʻnalgan vektor P_n kuchi taʼsir etadi va u suyuqlik hajmini orttiruvchi — choʻzuvchi kuchga qarshi yoʻnalgan boʻlgani uchun oʻzaro kompensatsiyalanadi (1.3-rasm).

2-xossa. Suyuqlik hajmining istalgan nuqtasidagi maydonchaga taʼsir qilayotgan gidrostatik bosim maydoncha oriyentatsi-yasi (burilishi)ga bogʻliq emas, yaʼni u hamma yoʻnalishda bir xil taʼsir koʻrsatadi.

Faraz qilaylik, suyuqlik ichkarisida tetraedr shaklidagi muvozanatdagi suyuqlik hajmchasi joylashgan va uning qirralari x , y , z koordinata oʻqlariga parallel boʻlsin. Bu tetraedrning koordinata oʻqlari yoʻnalishida normal taʼsir etuvchi gidrostatik bosimini, P_x , P_y , P_z deb belgilaymiz. Unda yuzaga tik yoʻnalgan bosim kuchi P_n boʻladi. Har bir qirraga $P_x + \Delta P_x$, $P_y + \Delta P_y$, $P_z + \Delta P_z$ va normal yoʻnalishda $P_n + \Delta P_n$ bosim kuchlari taʼsir qiladi. Elementar bosim kuchlari hisobga olmaydigan darajada kichik boʻlgani uchun $P_x = P_y = P_z = P_n$ bosim kuchlari oʻzaro teng boʻladi.

Suyuqlikning bu xossasini L. Eyler 1755-yilda 48 yoshida murakkab matematik usullar bilan yechib, hamma yoʻnalishda gidrostatik bosim bir xilligini isbotlagan:

$$P = P_x = P_y = P_z = P_n. \quad (1.5)$$

3-xossa. Nuqtadagi gidrostatik bosim, faqat suyuqlikning fazodagi koordinatasiga bogʻliq.

Maʼlumki, ixtiyoriy tanlangan suyuqlikdagi nuqtani x , y , z koordinata oʻqlari boʻylab harakatlantirilsa, faqat suyuqlik tubiga qarab chuqurroq tushirgan sayin, yaʼni z oʻqi boʻyicha suyuqlik ustunidagi gidrostatik bosimi ortadi va aksincha, suyuqlik sirtiga tomon nuqtani koʻtarsak, bosimi kamayadi. Gidrostatik bosimning bu xossasini umumiy holda matematik usulda quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$P = f(X, Y, Z). \quad (1.6)$$

1.3. Hidrostatikaning asosiy tenglamasi

Ixtiyoriy hajmchadagi suyuqlikka ta'sir qiluvchi og'irlik kuchlarining teng tashkil etuvchisi G va uning koordinata o'q-laridagi tashkil etuvchilari X , Y , Z deb olinsa, o'ta qisqa vaqt oralig'ida bosimning eng kichik o'zgarishlarini ham hisobga oluvchi muvozanat tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

$$X\Delta x + Y\Delta y + Z\Delta z - \frac{1}{\rho}\Delta P = 0 \quad (1.7)$$

yoki

$$\Delta P = \rho(X\Delta x + Y\Delta y + Z\Delta z). \quad (1.8)$$

Suyuqlikka ta'sir qiluvchi hamma turdagi kuchlardan, faqat muvozanatdagi suyuqlikka, birgina og'irlik kuchining tashkil etuvchisi Zdz , ya'ni $Z = -g$ erkin tushish tezlanishi ta'sir ko'rsatgani uchun (1.8) ni qayta yozish mumkin:

$$\Delta P = -\rho g \Delta z. \quad (1.9)$$

Suyuqlikning erkin sirti uchun $p = p_0$ va $z = z_0$ ekanligi hisobga olinsa, suyuqlik sirtidagi bosimni e'tibordan chetda qoldirib bo'lmaydi. Shuning uchun (1.9) ni qayta ishlab, uni yozamiz:

$$P = -\rho g z + p_0 + \rho g z_0 = p_0 + (z_0 - z)\rho g. \quad (1.10)$$

Suyuqlik ustuni balandligi z koordinata o'qiga, ya'ni $z = h$ mos kelishini hisobga olib, (1.10) formulani qayta yozamiz:

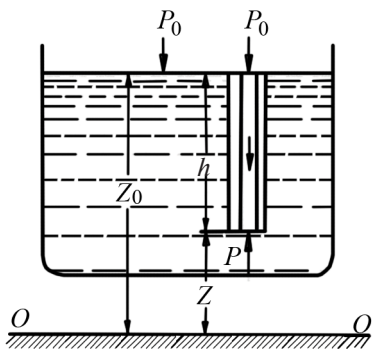
$$P = p_0 + \rho g h, \quad (1.11)$$

bu yerda, p_0 — suyuqlik sirtidagi atmosfera bosimi, Pa ; $\rho g h$ — suyuqlik ustunining bosimi, Pa .

Demak, o'rganilayotgan nuqtadagi absolut bosim suyuqlik sirtidagi bosim bilan suyuqlik qatlami (ustuni) bosimlari yig'indisiga teng ekan.

(1.10) ni muayyan suyuqlik uchun o'zgarimas kattalik ρg ga bo'lib va guruhlab gidrostatikaning asosiy tenglamasi hosil qilinadi:

$$h + \frac{P}{\rho g} = h_0 + \frac{p_0}{\rho g} = const, \quad (1.12)$$



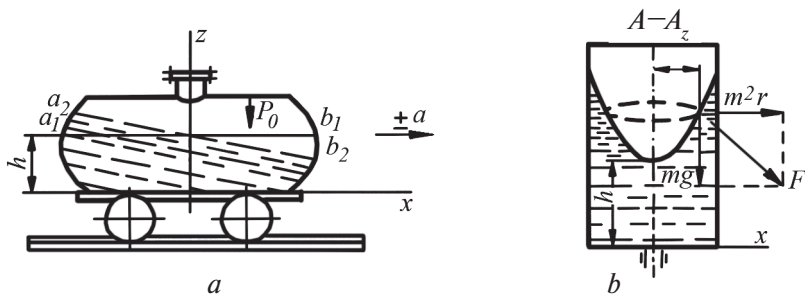
1.4-rasm. Suyuqlik sathini aniqlashga doir chizma.

Unda, sathning erkin sirtidagi bosim qancha miqdorga o'zgarsa, albatta, o'rganilayotgan nuqtadan absolut bosim ham shuncha miqdorga ortadi (yoki kamayadi) va suyuqlik bo'ylab hamma yo'nalishda bir xil uzatiladi. Yer sharoitida sathning erkin sirtidagi bosim atmosfera bosimiga teng:

$$p_{am} = p_0.$$

Suyuqlik erkin sirti yuzasining hamma nuqtalariga nisbatan h o'zgarmas bo'lsa, bunday sirtni suyuqlikning **sath yuzasi** deb ataladi. Tinch turgan suyuqlikning erkin sirti yoki suyuqlik ichkarisidagi ixtiyoriy chuqurlikda joylashgan suyuqlikning gorizontol kesimi hosil qilgan sirt bunga misol bo'la oladi (1.4-rasm).

Suyuqlik har qancha muvozanatda bo'lsa ham, mutlaqo muvozanatda bo'la olmaydi. Faqat suyuqlik idish devorlariga



1.5-rasm. Idish tezlanish bilan (a) va aylanma (b) harakat qilganida, undagi suyuqlik sathi sirtining shakli o'zgarishi.

bu yerda, h — geometrik balandlik; $\frac{p}{\rho g}$ — pyezometrik balandlik; $h + \frac{p}{\rho g}$ — gidrostatik dam; p — o'rganilayotgan nuqtadagi absolut bosim; p_0 — suyuqlik sirtidagi bosim; ρgh — suyuqlik og'irligi (ustuni)ning bosimi.

Suyuqlikning istalgan erkin sirti nuqtasidagi geometrik va pyezometrik balandliklar yig'indisi o'zgarmas kattalikdir.

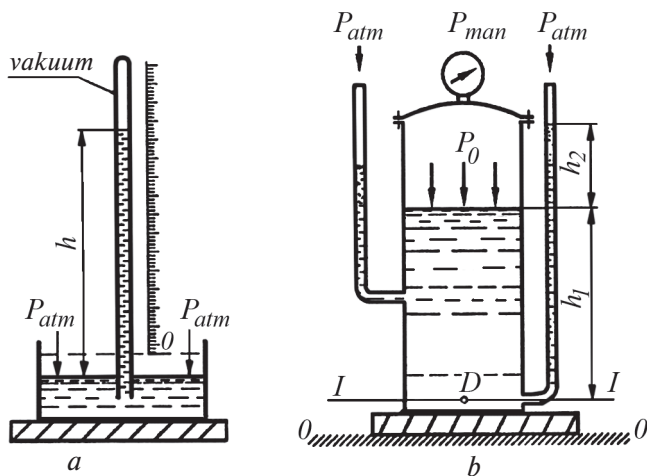
nisbatan nisbiy muvozanatda, ya'ni idish bilan birgalikda harakatda bo'lishi mumkin. Masalan, bak yoki karburatordagi benzin avtomobil bilan birgalikda harakatlanadi, sistema yoki aylanayotgan idishdagi suyuqlik va sh.k. harakati nisbiy muvozanatda bo'ladi. Nisbiy muvozanatdagi suyuqlikka ta'sir etadigan kuchlar hisobiga suyuqlik sirtining geometrik shakli o'zgaradi, ya'ni gidrostatika qonunlaridan chetlashish holatlari o'rinli bo'ladi (1.5-rasm).

1.4. Absolut va manometrik bosim. Vakuum

Atmosfera bosimining qiymati bosim o'lchanadigan nuqtaning yer sirtidan qanday balandlikda joylashganiga bog'liq va nuqta yerdan uzoqlashgan sayin bosim kamayib boradi.

Bosim barometr asbobi bilan o'lchanganligi sababli, uni barometrik bosim deb yuritiladi. Normal atmosfera bosimi 98100 Pa.ga teng.

Eng sodda suyuqlik barometri (1.6- *a* rasm) bu bir uchi kavsharlangan, ichidan havosi so'rib olingan va suyuqlik kapillar shisha naychadir. Simobga to'ldirilgan kapillar ochiq tomoni bilan simob quyilgan ochiq idishga botirilsa, undagi simob atmosfera bosim kuchiga teng kelgan balandlikka tenglashgunicha oqib chiqadi. Bu kapillardagi simob balandligi normal atmosfera bosimiga teng bo'ladi.



1.6- rasm. Suyuqlik bosimini o'lchaydigan barometr (a) va pyezometrlarning (b) sxematik kesimlari.

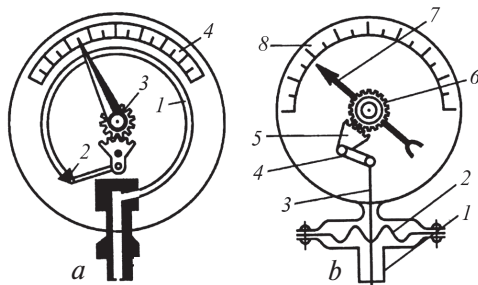
Suyuqlikning muayyan balandlikka ko'tarilishini quyidagi nisbatdan aniqlash mumkin. Masalan, normal atmosfera bosimi ostidagi shisha naycha simob bilan to'ldirilib, naycha og'zi berkitilib ag'darilgan holatda suyuqlikka botirilsa, undagi simob $h = 98100/133300 = 0,735 \text{ mm. sim. ust.}$ balandlikkacha tushadi. Ikki tomoni ochiq, birinchi suyuqlikka botirilgan kapillarda esa, suv $h = 98100/9810 = 10 \text{ mm. sim. ust.}$ balandligiga ko'tariladi.

Texnikada bosim *SI* o'lchov birligi sistemasiga kiritilmagan o'lchov birligidan foydalanadi. Boshqa o'lchov sistemalari oralig'idagi o'zaro nisbatlarni (2%) xatolik bilan taqriban quyidagicha ifodalash mumkin:

1 texnik atmosfera = $1 \text{ kgs/sm}^2 = 10^4 \text{ kgs/m}^2 = 10^5 \text{ N/m}^2 = 10^5 \text{ Pa} \cong 1 \text{ bar} = 735 \text{ mm. sim. ust.} = 10.000 \text{ mm. suv. ust.}$

Gidrostatik bosimni o'lchashda suyuqlik va mexanik manometrlar (1.7- *a, b* rasm) ishlatiladi.

Eng sodda suyuqlik manometri bu **pyezometr** (1.6- *b* rasm) hisoblanadi. Pyezometr ikki tomoni ham ochiq kapillar shisha naycha bo'lib, uning bir tomoni bosimi o'lchanadigan suyuqlikning biron aniq sathiga ulanadi, ikkinchi ochiq tomoni esa atmosferaga chiqariladi. Pyezometrda suyuqlik balandligi idishdagi ortiqcha bosimni ko'rsatadi va uni **pyezometrik balandlik** deyiladi. Ortiqcha bosim (atmosfera bosimidan ortig'i)ni **manometrik bosim** deb ataladi. Barometrik (atmosfera) va manometrik bosimlar yig'indisini **absolut bosim** deyiladi. Suyuqlik hosil qilgan ortiqcha bosimni o'lchaydigan pyezometr, eng sodda manometr hisoblanadi.



1.7- rasm. Mexanik manometrlar:

a — prujinali: 1—aylana shaklidagi egiluvchan naysimon prujina; 2—richagli mexanizm turtkisi; 3—mil qo'ndirilgan tishli uzatma; 4—yoysimon shkala; *b*—membranali: 1—yo'naltiruvchi quvurcha; 2—membrana; 3—richag; 4—kulachok; 5—tishli uzatma; 6—mil o'rnatilgan tishli uzatma; 7—bosimni ko'rsatuvchi mil (strelka); 8—yoysimon shkala.

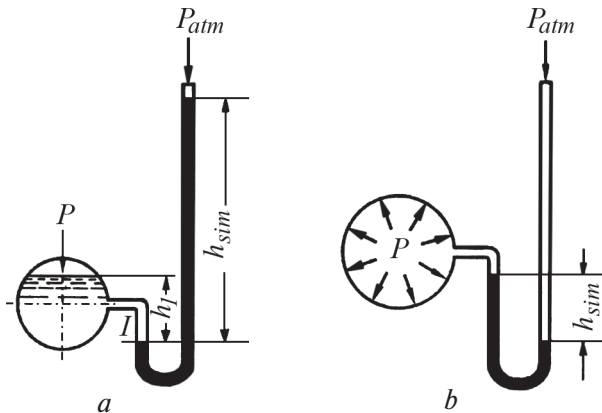
Mexanik manometrlar, asosan, prujinali (1.7-*a* rasm) va membranali (1.7-*b* rasm) bo‘ladi va ular katta bosimlarni o‘lchash uchun kundalik turmushda va ishlab chiqarishda ko‘p qo‘llaniladi.

Pyezometr bilan kichik (to 0,5 atm) bosimlar yaxshi o‘lchansa-da, katta bosimlarni o‘lchashda kapillar nay juda uzunlashib noqulayliklarni hosil qiladi. Shuning uchun katta bosimlarni o‘lchashda simobli yoki mexanik manometrlar ishlatiladi. Masalan, gaz yoki suv quvuridagi bosimni o‘lchashda «*U*» shaklidagi simobli manometr ko‘p qo‘llaniladi (1.8-rasm).

Quvurdagi suyuqlik yoki gaz bosimi atmosfera bosimidan katta bo‘lganida «*U*» shaklidagi simobli manometrning o‘ng yelkasidagi simob ko‘tariladi. Shunda «*U*» shaklidagi simobli manometrning chap yelkasidagi simob sathi balandligidagi P_1 bosim $P_1 = P + \rho_z g h_z$ va o‘ng yelkasidagi bosim esa $P_2 = P_{atm} + \rho_z g h_z$ ga teng bo‘ladi. Unda, manometr yelkalaridagi bosimlar tengligi $P_1 = P_2$ asosida quvurdagi bosim quyidagicha ifodalanadi:

$$P = P_{atm} + \rho_s g h_s - \rho_g g h_g. \quad (1.13)$$

Quvur yoki idishlardagi havoning siyraklashishi natijasida bo‘shliq hosil bo‘lish hodisasiga **vakuum** (lotin. *vacuum* — bo‘shliq) deyiladi. Atmosfera bosimidan kichik bosimlarni



1.8- rasm. Quvurdagi suyuqlik yoki gazning ortiqcha bosimini suyuqlik manometri (a) va havoning siyraklashishi (vakuum)ni vakuummetr (b) bilan o‘lchash chizmasi.

o'ldashda pyezometrqa teskari bo'lgan *vakuummetr* qo'llaniladi. «U» shaklidagi simobli manometrning o'ng yelkasidagi simob sathi balandligi mos keluvchi bosim atmosfera bosimi bilan vakuummetrik bosimlar ayirmasiga teng:

$$P = P_{\text{atm}} - \rho_{\text{sim}} g h_{\text{sim}}, \quad (1.14)$$

bu yerda, $\rho_{\text{sim}} g h_{\text{sim}}$ — vakuummetrik balandlikdagi bosim, ya'ni atmosfera bosimigacha yetmagan bosim ulushidir.

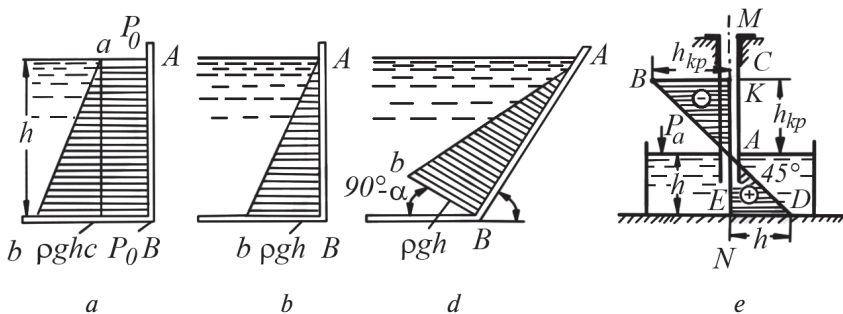
Demak, kapillar nayda hosil bo'lgan vakuum balandligini quyidagicha yozish mumkin:

$$h_{\text{vak.}} = \frac{(P_{\text{atm}} - P)}{\rho_{\text{sim}} g} = - \frac{\Delta P}{\rho_{\text{sim}} g}. \quad (1.15)$$

Idishdagi bosim atmosfera bosimidan katta bo'lganida (1.15) formulaning ishorasi musbat bo'ladi.

Bosimni grafik shaklida ifodalash uchun bosim epyurasi quriladi (1.9-rasm). Atmosfera bosimi hisobga olingan (*a*) va olinmagan (*b*) hamda qiya tekislikka uzatilgan (*d*) gidrostatik bosim kuchining epyuralari. Chizmalardan ko'rinadiki, sirtning qiyalik holatiga qarab bosim kuchi o'zgarar ekan (1.9-rasmga qarang).

Agarda suyuqlik kapillarda joylashsa, kapillardagi suyuqlik sirtining tik yo'nalishda vakuum hosil bo'lishi ham mumkin (1.9 e- rasm). Shuning uchun kapillar o'qi bo'ylab bosim, ya'ni h_{vak} ning o'zgarishi kuzatiladi. Buni epyura shaklida chizilsa (suyuqlikning erkin sirtiga nisbatan), bosimi atmosfera



1.9-rasm. Gidrostatik bosim epyuralari.

bosimidan ortiq bo'lgan qo'shimcha bosim (musbat ishorali) *AED* uchburchagi yuzasiga teng bo'ladi, aksincha, kapillarda esa bosimi atmosfera bosimidan kichik (manfiy ishorali) bo'lgan *CBA* uchburchak shaklidagi chizmada tasvirlanadi.

Nazorat savollari

1. Hidrostatik bosim xossalarini aytib bering.
2. Suyuqlikning muvozanatini tavsiflovchi tenglamalar sistemasini yozing va ularni izohlang.
3. Hidrostatikaning asosiy tenglamasini yozing va uning ma'nosini tushuntiring.
4. Paskal qonunining ta'rifini ayting va uning amaliyotdagi tatbiqi haqida misollar keltiring.
5. Geometrik, pyezometrik balandlik va sirt sathi tushunchalarini tavsiflang hamda mazmunini tushuntiring.
6. Barometrik, manometrik va absolut bosimlarni ta'riflang va ularning farqini tushuntiring.

2-bob. SUYUQLIK BOSIMINING YUZAGA TA'SIR KUCHI

Amalda suyuqlik muayyan geometrik shakldagi hajmni to'ldiradi va uning sirt yuzasi bilan ta'sirlashib, unga bosim kuchini uzatadi. Sirt yuzasining geometrik shakliga va ta'sir kuchining qanday burchak ostida uzatilishiga qarab, bu bosim kuchining kattaligi turlicha bo'lishi mumkin.

Masalan, sirt tekis va to'g'ri burchakli yoki qiya tekislik, ya'ni burchak ostida joylashgan bo'lishi mumkin. To'g'onlar, kanallar va temir-betonli nov ariqlar (lotoklar)ning ko'pchiligi muayyan burchak ostida quriladi. Suv saqlashga mo'ljallangan katta hajmdagi idishlar, asosan, to'g'ri burchakli qilib yasaladi va quriladi.

2.1. Tekis sirtga ta'sir qiluvchi bosim kuchi

Ixtiyoriy shakldagi idishga suyuqlik to'ldirilsa, uning idish devorlariga uzatgan bosim kuchi hamma yo'nalishda bir xil bo'ladi va sirtga tik yo'naladi. Faqat suyuqlikning idish tubiga uzatgan bosim kuchi suyuqlik chuqurligi (qatlam qalinligi)ga bog'liq bo'lsa-da, uning geometrik shakliga bog'liq bo'lmagan g'ayritabiiylik xususiyatiga ega (1.2-rasmga qarang).

Demak, o'rganilayotgan nuqta suyuqlik sirtidan qancha chuqurroqda joylashsa, uning gidrostatik bosimi ham shuncha katta bo'ladi. Istalgan chuqurliklardagi suyuqlik bosimlari quyidagi nisbatda bo'ladi:

$$P_1 = \rho gh_1 < P_2 = \rho gh_2 < P_3 = \rho gh_3 < \dots < P_n = \rho gh_n.$$

Agar suyuqlik berk idishda bo'lganida, ya'ni atmosfera bosimi ta'sir qilmagan holat uchun yuqoridagi nisbat to'g'ri. Aksincha, suyuqlik sirti ochiq bo'lganida, albatta, atmosfera bosimi ta'sirini hisobga olish shart. Unda, bosim atmosfera $P_{atm} = P_o$ va suyuqlik bosimlari yig'indisiga teng bo'ladi:

$$P = P_{atm} + P_s = P_o + \rho gh.$$

Suyuqlik tubiga suyuqlik ustuni uzatgan bosim kuchi shu ta'sirni qabul qiluvchi idish tubining yuzasiga bog'liq bo'ladi, ya'ni

$$F = \rho ghS = \rho gV.$$

Berk idishdagi suyuqlikka uzatilgan tashqi ta'sir kuchi hamma yo'nalishda bir xil kattalikda (o'zgarishsiz) va idishning ichki yuzasiga perpendikular yo'nalgan bo'ladi (Paskal qonuni).

2.2. Qiya devorga suyuqlik uzatgan gidrostatik bosim

Ochiq havzadagi suyuqlik qiya burchak ostida joylashgan qirg'oq sirtiga ta'sir qilayotgan bo'lsin. Sun'iy hosil qilingan gidrotexnik inshootlar (to'g'on, suv omborlari va sh.k.)da bunday sirtlar ko'p uchraydi. Masalan, gorizontga nisbatan α burchak ostida joylashgan qiya devorga suyuqlik bergan bosimni qarab chiqamiz (1.10-rasm). Buning uchun sirtga qo'yilgan bosim kuchini, uning yo'nalishi va qo'yilish nuqtalari joyini aniqlaymiz. Koordinata sistemasining X o'qini S sirtga perpendikular, Y o'qini esa sirt bo'ylab yo'naltiramiz. Shunda koordinata o'qlarining boshi suyuqlikning erkin sirti bilan α burchak ostida yotgan devor sirtining kesishish nuqtasi bo'ladi.

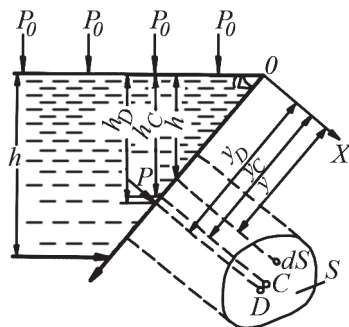
Ma'lumki, gidrostatik bosim sirtga tik yo'nalgan bo'ladi. Shuning uchun devor sirtining istalgan nuqtasidagi ΔS maydonchasiga ta'sir qiluvchi bosim kuchini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\Delta P = (p_0 + \rho gh)\Delta S = h_c \Delta S. \quad (1.16)$$

Devorning butun sirtiga suyuqlik tomonidan berilgan bosim kuchi P elementar ΔS maydonchaga ta'sir qiluvchi ΔP kuchlar yig'indisiga teng bo'ladi. Shuning uchun (1.16) ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$P = \sum_S \Delta P = \sum_S \rho gh = \sum_S \rho gy \sin \varphi \Delta S = \rho g \sin \varphi \sum_S y \Delta S, \quad (1.17)$$

bu yerda, $\sum_S y \Delta S \Rightarrow s_c$ — suyuqlikning erkin sirti bilan qiya



1.10-rasm. Qiya tekis sirtga ta'sir qiluvchi gidrostatik bosim kuchini aniqlashga doir chizma.

devor tekisligining kesishish nuqtasiga nisbatan maydonchanning statik momenti; $y_c \sin \alpha = h_c$ — suyuqlik joylashgan nuqta chuqurligi.

Unda, yuqoridagilar asosida (1.17) ni qayta yozish mumkin, ya'ni

$$P = p_0 S + \rho g h_c S = (p_0 + \rho g h_c) S = p_c S, \quad (1.18)$$

bu yerda, p_c — o'rganilayotgan shakldagi suyuqlikning og'irlik markazidagi ortiqcha (yoki og'irlik) bosim; p_0 — atmosfera bosimi.

Demak, **istalgan shakldagi qiya devor sirtiga suyuqlik tomonidan uzatgan gidrostatik bosim kuchining kattaligi ho'llangan devor sirti yuzasining og'irlik markazidagi gidrostatik bosim qiymati ko'paytmasiga teng** ekan. Idish tubi bilan o'rganilayotgan tekis sirtning yuqori chegarasining o'rtasi (D nuqta)ni bosim markazi deyiladi. Idish devorining ho'llangan va quruq sirtlarining har ikki tomonidan atmosfera bosimi ta'sir qilayotgan bo'lganida, p_0 e'tiborga olinmaydi. Chunki suyuqlikning erkin sirtiga va yassi devorning ort tomoniga bir-biriga qarama-qarshi yo'nalgan atmosfera bosimi ta'sir qiladi va ular o'zaro kompensatsiyalanadi. Shuning uchun qiya devorga suyuqlik tomonidan uzatilgan bosim kuchi quyidagiga teng bo'ladi:

$$P_{o'n} = \rho g h_c S. \quad (1.19)$$

D nuqtaga ta'sir qiluvchi bosim kattaligini aniqlash uchun teng ta'sir qiluvchi kuchlar momenti teoremasidan foydalanamiz. Ma'lumki, «*ixtiyoriy o'qqa nisbatan teng ta'sir qiluvchi kuchlarning momenti shu o'qqa nisbatan tashkil etuvchi kuchlar momentlarining yig'indisiga teng*»ligi asosida bu teoremani x o'qiga nisbatan quyidagicha yozish mumkin:

$$\sum_S \rho g h y \Delta S = \rho g h_c S y_D. \quad (1.19 a)$$

Ma'lumki, $y \sin \alpha = h$ va $y \sin \alpha = h_c$ bo'lgani uchun (1.19 a) ni qayta yozamiz:

$$\sum_S \rho g y^2 \sin \phi \Delta S = \rho g h_c S y_D \sin \phi$$

yoki

$$\rho g \sin\varphi \sum_S y^2 \Delta S = \rho g \sin\varphi y_C y_D S. \quad (1.19 \text{ b})$$

(1.19 b) tenglikning har ikki tomonini $\rho g S$ ga bo'lib, qiya devor maydonchasining x o'qiga nisbatan inersiya momentini va D nuqtaning koordinatasini topamiz:

$$\sum_S y^2 \Delta S = y_C y_D S,$$

bu yerda, $\sum_S y^2 \Delta S = I$ bo'lgani uchun $y_C y_D S = I$ bo'ladi va

$$y_D = I / y_C S.$$

Og'irlik markazidan o'tuvchi S maydonchanning inersiya momenti quyidagiga teng bo'ladi:

$$I = I_C + y_C^2 S.$$

Unda, D nuqtaning koordinatasi quyidagicha ifodalanadi:

$$y_D = (y_C^2 S + I_C) / y_D S = y_D + I_C / y_C S.$$

Demak, **bosim markazi** D nuqta og'irlik markazi y_C dan quyiroqda joylashar ekan. D va S nuqtalar orasidagi bosim $I_C / y_C S$ ga farq qilar ekan.

Suyuqlikning gidrostatik bosimi idishning geometrik shakliga qarab o'zgarishi mumkin. Masalan, idish devori to'g'ri burchakli tik, h balandlikka va b kenglikda bo'lganida ortiqcha bosim quyidagiga teng bo'ladi:

$$P_{o'rr} = b \rho g h^2 / 2. \quad (1.20)$$

Idish devori gorizontal joylashganida suyuqlikning gidrostatik bosimi suyuqlik balandligiga va idish sirtining yuzasiga bog'liq bo'ladi:

$$P_{o'rr} = \rho g h S. \quad (1.21)$$

Demak, suyuqlikning gidrostatik bosimi suyuqlik turiga, uning balandligiga hamda gorizontal tekis sirt yuzasi kattaligiga bog'liq ekan. Aksincha, gidrostatik paradoks hodisasida faqat bir xil suyuqlik uchun bosim qiymati o'zgarmaydi.

Masalalar

2.1-masala. Suyuqlikning to'g'on devoriga gorizontal ta'sir etuvchi kuchini toping. To'g'onning yuqori byefidagi sath (old tomonidagi) suv balandligi 15 m, uning quyi byefidagi sath balandligi 3 m, to'g'on devorining uzunligini 100 m deb oling.

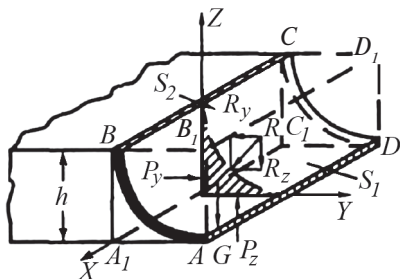
Yechish. To'g'onning yassi devoriga gorizontal yo'nalishda ta'sir etuvchi kuchini quyidagicha yozib va o'rniga qiymatlarini qo'yib hisoblaymiz:

$$P = \rho ghS = \rho g(h_{1.o.t.} S_1 - h_{2.o.t.} S) = (h_1^2 L/2) - (h_2^2 L/2) = \\ = 10^3 \cdot 9,81(225 \cdot 100/2) - (9 \cdot 100/2) = 96,15 \text{ MPa.}$$

2.2-masala. G'avvos 40 m chuqurlikda ishlamoqda. Shu chuqurlikdagi gidrostatik bosimni va g'avvos skafandrining yuzasi 2,7 m² bo'lsa, unga ta'sir qiluvchi bosim kuchini toping. Suv sirtidagi bosim $P_0 = 101325 \text{ Pa}$.

2.3. Silindrik devorga suyuqlik bosimining ta'siri

Amaliyotda suyuq, gaz, bug' holatidagi moddalar kesimi silindrik bo'lgan quvurlar bilan uzatiladi. Suyuqlik silindrik quvur devoriga qanday bosim kuchi bilan ta'sir qilishini qarab chiqamiz. Egri chiziqli sirtga suyuqlikning bergan bosimini aniqlash juda murakkab. Chunki bu teng ta'sir etuvchi kuchning uchta tashkil etuvchilari va uchta momentlar yig'indisini hisoblab topish zarur bo'ladi. Amalda, suyuqlik bosimi ta'siri ostidagi (silindrik idishlar, magistral gaz, suv, neft quvurlari devorlari va sh.k.) turli xil silindrik sirtlarga ta'sir qiluvchi kuchlarni hisoblash ko'proq tarqalgan.



1.11- rasm. Silindrik sirtga suyuqlikning uzatgan bosim kuchini aniqlashga doir chizma.

Ma'lumki, suyuqlik molekullari idish devoriga hamma yo'nalishda tik ta'sir qiladi. Lekin hamma kuchlarning teng ta'sir etuvchisini aniqlash ancha murakkab bo'lgani uchun, avvalo, suyuqlik bosimini simmetriya tekisligida yotgan yagona teng tashkil etuvchiga keltiriladi. Quvurda oqayotgan suyuqlik molekulasiga XYZ yo'nalishida kuchlar ta'sir ko'rsatishi mum-

kin (1.11-rasm). Oqim yoʻnalishi X oʻqiga parallel boʻlgani uchun $P_x = 0$ boʻladi. Unda, P_y , va P_z larning tashkil etuvchisi quyidagiga teng boʻladi:

$$P = \sqrt{P_y^2 + P_z^2}. \quad (1.22)$$

Tashkil etuvchilarning qiymatlarini topamiz. Buning uchun $ABCD$ nuqtalar bilan chegaralangan silindrik sirt hamda vertikal A_1BCC_1 va gorizontal $AA_1C_1D_1$ sirtlar oraligʻida joylashgan suyuqlik muvozanati shartini aniqlaymiz. Suyuqlikning egri sirtiga gorizontal joylashgan suyuqlik tomonidan taʼsir qiluvchi kuch kattaligi son qiymati jihatidan A_1BCC_1 sirt hosil qilgan bosim kuchiga teng boʻladi:

$$P_y = \rho gh S_1 / 2.$$

Aksincha, gorizontal $A A_1 C_1 D$ sirtga taʼsir qiluvchi bosim kuchini vertikal tashkil etuvchi quyidagiga teng:

$$P_z = \rho gh S_2.$$

Quvurning silindrik devori tomonidan suyuqlik sirt kuchiga qarama-qarshi yoʻnalgan R reaksiya kuchi taʼsir qiladi. Bu kuch R_y va R_z kuchlarning tashkil etuvchisi boʻlgani uchun, ular YZ oʻqlariga qarshi yoʻnalgan. Suyuqlikning ogʻirlik kuchi ham Z oʻqiga teskari yoʻnalgan boʻladi. Unda, bu kuchlar taʼsiridagi suyuqlik muvozanatda boʻla olish shartiga mos keluvchi muvozanat tenglamalarini tuzish mumkin, yaʼni $P_y - R_y = 0$, chunki $\sum Y = 0$, shuning uchun $P_y = R_y$ boʻladi.

$P_z - R_z - G = 0$, chunki $\sum Z = 0$, shuning uchun $R_z = P_z - G$ boʻladi.

Demak, keltirilgan (1.22) tenglik suyuqlikning muvozanatini taʼminlovchi teng taʼsir qiluvchi kuchni ifodalaydi. Unda, P_y va P_z qiymatlari asosida reaksiya kuchi quyidagicha yoziladi:

$$R = \sqrt{R_y^2 + R_z^2}. \quad (1.23)$$

2.4. Quvur devorlariga suyuqlik uzatgan bosim kuchi

Suyuqlik uzluksiz muhit bo‘lgani uchun quvurda harakatlanish jarayonida uning molekularlari bir-birini o‘zaro itarishi natijasida siqilmaydigan bo‘lganidan quvur devorlariga bosim kuchini uzatadi. Quvurning devori yupqa yoki bosim katta bo‘lganida suyuqlik kuchi ta‘siridan yorilishi mumkin. Shuning uchun quvurlar muayyan bosim kuchiga bardosh bera oladigan mustahkamlikka hisoblanadi.

Quvurdagi suyuqlik bosimi P ta‘sirida quvur teng ikkiga yoki uning uzunligi bo‘ylab bir tomonidan gorizontal yo‘nalishda yorilishi mumkin (1.12-rasm).

Quvur ko‘ndalang kesimi bo‘ylab o‘tuvchi X o‘qi ta‘sir yo‘nalishida quvurning avs yoki adc egri sirtiga suyuqlikning gidrostatik bosim kuchi P_x ni aniqlash kerak. Silindrik sirt avs ning vertikal yo‘nalishdagi proyeksiyasiga ta‘sir qiluvchi P_x kuchi bosim kuchiga teng, ya‘ni

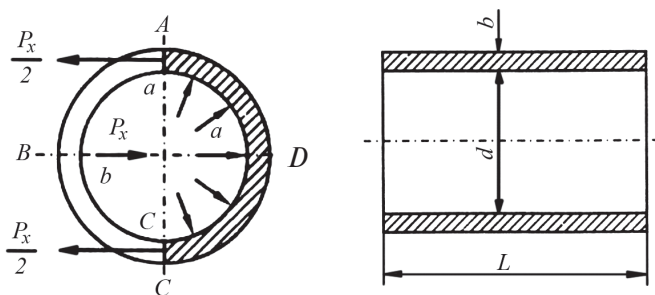
$$P_x = \ell pd, \quad (1.24)$$

bu yerda, p — suyuqlikning gidrostatik bosimi, Pa ; d va ℓ — quvur diametri va uzunligi, m.

Quvur A va C nuqtalaridan ikkiga ajralishini hisoblashda yoruvchi kuch qiymatini $0,5 P_x$ ga teng deb olinadi. Shuning uchun yorilishi mumkin bo‘lgan nuqtadagi kuchlanishni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\sigma_{yo} = \frac{P_x}{2\xi\ell} = \frac{pd\ell}{2\xi\ell} = \frac{pd}{2\xi}, \quad (1.25)$$

bu yerda, ξ — quvur devorining qalinligi.



1.12-rasm. Quvurning ichki sirtiga ta‘sir qiluvchi gidrostatik kuchi. Arximed kuchini aniqlashga doir chizma. (Bunda C nuqta ABC konturning ko‘rinmas tomonidagi nuqta).

Quvur devori yorilmasligi uchun, uning ruxsat etilgan kuchlanganlik chegarasi $|\sigma_{yo}|$ haqiqiy kuchlanganlik δ_{yo} dan kichik bo'lmisligi uchun $|\sigma_{yo}| \geq \sigma_{yo}$ shart bajarilishi kerak. Unda, quvur devorining qalinligi quyidagi shartdan topiladi:

$$\xi \geq \frac{pd}{2|\sigma_{yo}|}. \quad (1.26)$$

Quvur metalining hamma mexanik tavsiflarini nazariy jihatdan qamrab olish qiyin bo'lgani uchun amalda katta bosimli quvurlarning mustahkamlik zaxirasini orttirish maqsadida (1.26) ifodaga qo'shimcha koeffitsiyent ($\alpha = 3 \div 1 \text{ mm}$) qo'shiladi, ya'ni

$$\xi_a = \xi + \alpha.$$

Masalalar

2.3- masala. Sho'rtan — Samarqand gaz quvuridagi bosim 4 MPa bo'lishi uchun po'latdan tayyorlangan quvur devorining qalinligi qancha bo'ladi? Quvurning diametrini $d = 800 \text{ mm}$, ruxsat etilgan kuchlanganlikni $|\sigma_{yo}| = 180 \text{ MPa}$, mustahkamlikning zaxira koeffitsiyentini $\alpha = 5 \text{ mm}$ deb oling.

Yechish. Quvur devorining qalinligini topish ucluin (1.26) formuladan foydalanamiz va topilgan natijaga $\alpha = 5 \text{ mm}$.ni qo'shamiz:

$$\xi = \frac{pd}{2|\sigma_{yo}|} = \frac{4 \cdot 10^6 \cdot 0,8}{2 \cdot 180 \cdot 10^6} = 0,0088 \text{ m.}$$

$$\xi_a = \xi + \alpha = 0,0088 + 0,003 = 0,0118 \text{ m} = 11,8 \text{ mm.}$$

Gaz quvuri devorining qalinligi aniq bo'lgandan so'ng davlat standartlari bo'yicha ishlab chiqariladigan quvur markasi maxsus katalog va jadvallardan topiladi.

Nazorat savollari

1. Tekis sirtga ta'sir qiluvchi bosim kuchi haqida nima bilasiz?
2. Qiya devorga suyuqlik uzatgan gidrostatik bosim nima?
3. Silindrik devorga suyuqlik bosimining ta'siri qanday bo'ladi?
4. Quvur devorlariga suyuqlik uzatgan bosim kuchi haqida nima bilasiz?

3-bob. JISMLARNING SUZISHI

3.1. Suyuqliklarda jismlarning suzishi. Arximed qonuni

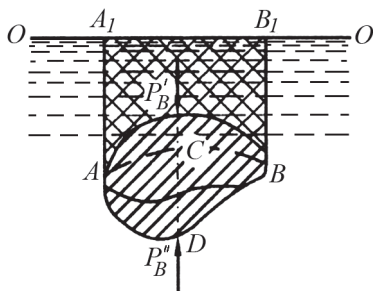
Suyuqlikka botirilgan qattiq jismlar suyuqlik sirtida, suyuqlik ichida suzadi yoki suyuqlik tubiga cho'kadi. Nima sababga ko'ra, bunday holat sodir bo'ladi? Buni aniqlashda yuqorida bayon etilgan, egri chizikli devorga suyuqlik tomonidan uyg'otgan bosim kuchining tik tashkil etuvchisini topish usulini qo'llash mumkin.

Faraz qilaylik, suyuqlikka ixtiyoriy geometrik shakldagi qattiq jism to'liq botirilgan bo'lsin (1.13-rasm). Jismning suyuqlikka botgan qismining ko'ndalang kesimini AA_1 va BB_1 bo'yicha proyeksiyasini hosil qilamiz. Qattiq jismning ABC sirti va uning suyuqlikni erkin sirtiga $A_1 B_1$ proyeksiyasi oralig'idagi chiziqlar o'rtasida suyuqlikning yopiq $AA_1 B_1 BCA$ hajmi hosil bo'ladi. Suyuqlikning bu yopiq hajmi qattiq jismga vertikal pastga tik yo'nalgan P'_B kuch bilan ta'sir etadi.

Bu kuch kattaligini, yuqorida bayon etilgan usuldan foydalanib aniqlansa, u son qiymati jihatidan $AA_1 B_1 BCA$ hajmdagi suyuqlik og'irligiga teng bo'ladi.

Qattiq jismning ostki qismiga vertikal yuqoriga yo'nalgan ko'taruvchi kuch P''_B ta'sir etadi. Bu kuch kattaligi $AA_1 B_1 B$ da hajmdagi suyuqlik og'irligiga teng bo'ladi. Qattiq jismga ta'sir etayotgan bosim kuchlarining teng ta'sir etuvchisi, shu jism egalagan hajmdagi suyuqlik og'irligiga teng bo'ladi.

Unda, teng ta'sir etuvchi kuch bu ikki hajmlar ayirmasi, mos ravishda, qattiq jismning $ABCD$ hajmidagi og'irligiga teng bo'ladi:



1.13-rasm. Arximed kuchini aniqlashga doir chizma.

$$F = P_s - P_j = G_{ABCD} - \rho g V_{ABCD}, \quad (1.27)$$

bu yerda, F — Arximed kuchi yoki tutib turuvchi kuch bo‘lib, Arximed qonunining mazmunini tashkil etadi.

Arximed qonuni quyidagicha ta’riflanadi: *suyuqlikka botirilgan jismga suyuqlik tomonidan yuqoriga tik yo‘nalgan va jismning og‘irlik markaziga qo‘yilgan, son qiymati jihatidan, siqib chiqarilgan suyuqlik og‘irligiga teng kuch ta’sir etadi.*

Bu qonun 2200 yildan avvalroq yunon olimi Arximed tomonidan kashf qilingan bo‘lib, hozirgi kunda ham o‘z kuchini yo‘qotmagan. Arximed qonuni suyuqlik va ixtiyoriy shakldagi jismlar uchun to‘g‘ri.

3.2. Jismlarning suyuqlikda suzish shartlari

Suyuqlikka botirilgan jismga ikki kuch ta’sir etadi: Arximed (ko‘taruvchi) va jismning og‘irlik kuchlari. Bu kuchlarning teng ta’sir etuvchisiga muvofiq suyuqlikka botirilgan jism uch holatda suzishi mumkin:

1. Jismning og‘irligi Arximed kuchiga teng, ya’ni $P = F_A$.

Bu shart bajarilsa, bu kuchlarning teng ta’sir etuvchisi nolga teng bo‘ladi va suyuqlikka botirilgan jism farqsiz muvozanat holatida bo‘ladi, ya’ni suyuqlikning istalgan h chuqurligiga botirilgan jism, shu joyida muvozanatda bo‘ladi, suyuqlik sirtiga qalqib (suzib) chiqmaydi va cho‘kib ketmaydi.

2. Jismning og‘irligi Arximed kuchidan katta, ya’ni $P > F_A$.

Bu kuchlarning teng ta’sir etuvchisi $F - P$ pastga qarab idish tubiga tik yo‘nalgan va shuning uchun jism cho‘kadi.

3. Jismning og‘irligi Arximed kuchidan kichik, ya’ni $P < F_A$.

Bu kuchlarning teng ta’sir etuvchisi musbat va yuqoriga qarab tik yo‘nalgan va shuning uchun jism suyuqlik sirtida suzadi. Bu shartga muvofiq suyuqlikka botirilgan jismga ta’sir etuvchi siqib chiqaruvchi (ko‘taruvchi) kuch qiymati jism og‘irligiga teng bo‘lganiga qadar jism suyuqlik sirti tomon suzib chiqadi. Ko‘taruvchi kuch jismning og‘irlik kuchiga teng bo‘lguniga qadar jism suyuqlik sirtida suzadi.

Jismning suzishi uchun **suzish sharti**, ya’ni $P = F_A$ yetarli bo‘lmaydi. Buning uchun jismga ta’sir etuvchi hamma kuch momentlarining yig‘indisi nolga teng bo‘lishi va ularning teng

ta'sir etuvchisi yagona yo'nalishdagi chiziqda yotishi kerak. Aks holda, P va F_A kuchlari juft kuchlarni hosil qiladi, natijada jismni aylantiradi yoki ag'darib yuboradi. Faqat jismga qo'yilgan kuchlar bir vertikalda joylashgandan so'ng, jism muvozanatga keladi, xolos.

Qadimda jismlarning suzish nazariyasini bilmagan holda ko'p sonli amaliyotlar asosida suv sig'imi kichik bo'lgan yelkan va qayiq yoki kemalar qurilgan. Hozirgi kunda maxsus kemasozlik kurslari (kemalar nazariyasi) suzish qonuniyatlarini o'rganadi.

Gidravlika kursida, suyuqlikka qisman botirilgan jismning muvozanati ko'proq o'rganiladi. Bu hodisani to'g'ri tushunish uchun kemanding suvda oqmay, ustuvor turish nazariyasining ayrim qoidalari haqida to'xtalamiz.

Ustuvorlik *suzayotgan jismni tashqi kuchlar muvozanat holatidan chiqarganda, uning yana o'zining oldingi muvozanat holatiga qaytish xususiyatidir.*

Kemalar ikki xil ustuvorlik bilan farqlanadi:

- **ko'ndalang** — kema bir tomonga qiyshayganida o'zining muvozanatini saqlash xususiyati;

- **bo'ylama** — kema tumshug'i quyrug'idan baland yoki past bo'lganida muvozanat holatiga qaytish xususiyati.

Ko'ndalang ustuvorlik kemandagi hayotni ta'minlashda asosiy o'rinda turadi.

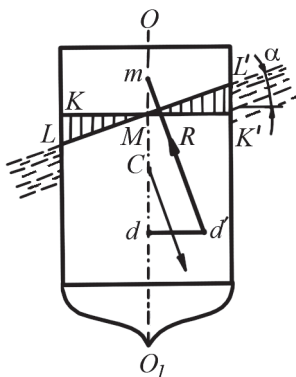
Kemanding suv sig'imi — *kemanding suvga botgan qismi hajmiga sig'adigan suv miqdoridir.*

Kemaga ta'sir etadigan suyuqlikning ko'taruvchi kuchi qo'yilgan nuqta, o'ziga xos, yuqorida qarab chiqqanimizdek, bosim markazi bo'la oladi.

Kemanding suv sig'imi deyilganda aynan shu holatdagi bosim markazi (1.14-rasm, d nuqta) tushuniladi.

Kema normal muvozanat holatida joylashganida uning og'irlik markazi S nuqta, kemanding **suv sig'imi** markazi nuqtasi bilan ustma-ust tushadi, bu nuqta kemanding vertikal simmetriya o'qida joylashadi. Tashqi kuchlar (masalan, dovul) ta'sirida kema o'zining tik holatidan biror burchakka og'adi, bunda kemanding LKM qismi suvdan tashqariga chiqsa, aksincha, qolgan L'K'M qismi esa, suvga botadi (1.14-rasm). Bunday holatda kemanding og'irlik S va suv sig'imi d' markazlari o'zgarmasa-da, uning suv sig'imining holati d o'rniga siljiydi. Kemani ko'tarish (Arximed) kuchi ham d' nuqtaga siljiydi va yuqoriga yo'nalgan bo'ladi.

Kemaning *metamarkazini* topish uchun ko'taruvchi kuchni o'z yo'nalishi bo'yicha kemaning $O-O_1$ simmetriya o'qi bilan kesishguncha davom ettiriladi va m (mavjud bo'lmagan mavhum) nuqta topiladi. Metamarkaz bilan kemaning og'irlik markazi S nuqta oralig'idagi masofani **metamarkaz balandligi** h deyiladi. Metamarkaz kemaning og'irlik markazidan yuqorida joylashsa, metamarkaz balandligi musbat, aksincha, pastda joylashsa manfiy bo'ladi.



1.14-rasm. Kemaning turg'unlik sharti.

Kemaning ustuvorligi undagi metamarkaz bilan og'irlik markazlarining o'zaro joylashuviga bog'liq bo'ladi. Kemaning muvozanati uch holatga bog'liq bo'lishi mumkin:

1. *Metamarkaz va og'irlik markazi o'zaro ustma-ust tushganda*, ya'ni $h = 0$. Bu shart o'rinli bo'lsa, kema farqsiz muvozanatda bo'ladi.

2. *Metamarkaz og'irlik markazidan pastda joylashganda*, $h < 0$. Bu shart o'rinli bo'lsa, juft kuchlar kemani ag'daradi.

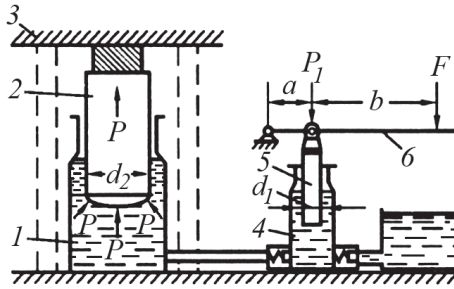
3. *Metamarkaz og'irlik markazidan yuqorida joylashganda*, ya'ni $h > 0$. Bu shart o'rinli bo'lsa, juft kuchlar kemani burib, uni avvalgi holatiga qaytaradi.

Demak, **metamarkaz balandligi** h qancha katta bo'lsa, kemaning og'irlik markazi shuncha pastda joylashadi va u shuncha ustuvor bo'ladi. Shuning uchun **metamarkaz balandligi** kemaning **ustuvorlik o'lchovi** hisoblanadi.

3.3. Hidrostatika qonunlarining texnikadagi tatbiqi

Ko'pchilik mashina va mexanizmlar ishlashining asosida gidrostatika qonunlari yotadi. Mashinalar turlicha tuzilgan va ishlatilish sohasi bilan bir-biridan farq qilsa-da, ularning ishlatishida gidravlikadagi bosim va energiyaning suyuqlik yordamida uzatilishi qonuniyatidan foydalaniladi.

Gidravlik press. Xalq xo'jaligi tarmoqlarining katta qiymatdagi siquvchi kuchlanish talab etiladigan sohalarida, ya'ni



1.15-rasm. Gidravlik press chizmasi.

metallarga bosim ostida ishlov berish (shtampovka, bolg‘alash, presslash), plastmassa va sochiluvchan materiallarni briketlash hamda presslashda, materiallar siqilishini tadqiq etishda va sh.k. holatlarda gidravlik press qo‘llaniladi. Gidravlik presslar juda katta siquvchi kuchlanish (500 kN va undan ortiq) hosil qila oladi. Kuchning kattaligi press konstruksiyasining mustahkamligi bilan chegaralanadi.

Gidravlik pressning sxemasi 1.15-rasmda keltirilgan. U bir vaqtning o‘zida gidravlik domkratning sxemasi ham hisoblanadi. Press, o‘zaro ulovchi quvurlar bilan birlashtirilgan, ikki silindrdan iborat.

Pressning kichik silindri (4) da porshen (5) joylashgan, uning shtogi richag (6) bilan sharnirli ulangan. Katta silindr (1) da porshen (2) joylashgan va uning harakati qo‘zg‘almas platforma (3) bilan chegaralangan.

Sanoatdagi gidravlik presslarning kichik silindri o‘rniga yuqori bosimli nasoslar ishlatiladi, katta silindriga esa, maxsus qurilma (gidravlik akkumulyator) qo‘shiladi va u nasos ishini rostdash vazifasini bajaradi. Agar, press richagining uchiga F kuch ta’sir etganida, richag yelkari a va b o‘zaro teng bo‘lgan holat uchun richag qoidasidan foydalanib, quyidagi tenglamani yozish mumkin:

$$F(a + b) = P_1 a, \quad (1.28)$$

bunda $P_1 = \frac{F(a+b)}{a}$ bo‘lib, uning ta’sirida katta porshenga gidrostatik bosim kuchi uzatiladi.

Suyuqlik ichida hosil bo‘lgan gidrostatik bosim kuchi quyidagiga teng:

$$p = \frac{P_1}{\pi d^2 / 4} = \frac{4a(a+b)}{\pi d^2}. \quad (1.29)$$

Katta porshenga uzatiladigan bosim kuchini yozamiz:

$$\begin{aligned} P_2 &= \frac{\pi d D^2}{4} p = \frac{F(a+b)4\pi D^2}{4\pi d^2 a} = \\ &= F \left(\frac{D}{d} \right)^2 \left(\frac{a+b}{a} \right), \end{aligned} \quad (1.30)$$

bu yerda, D va d — katta va kichik silindrlarning diametrlari.

Demak, (1.30) nisbatan ko‘rinadiki, P_2 kuchi istalgan katta qiymatlarga ega bo‘lishi faqat silindrlar diametrlari nisbatiga va richag yelkasiga bog‘liq bo‘lar ekan.

Gidravlik akkumulator. Hidravlik pressning ish yo‘llari oralig‘ida energiyani to‘plash maqsadida gidroakkumulatorni qo‘llash hisobiga kamroq quvvatdagi nasoslarni ishlatishga imkon yaratiladi. Gidroakkumulator, ichida plunjer harakatlanadigan silindrdan tashkil topgan (1.16-rasm). Yelkasiga har xil og‘irlikdagi yuklar osiladigan shayin bilan plunjerning yuqori qismi o‘zaro ulangan.

Akkumulator silindriga bosim ostidagi suyuqlik (moy) haydaladi, bu suyuqlik plunjerni yuklari bilan ma‘lum balandlikka ko‘taradi. Plunjer eng yuqori nuqtachasigacha ko‘tarilgandan so‘ng, gidravlik nasos avtomatik ravishda o‘chiriladi va bosim ostidagi suyuqlik quvur bo‘ylab gidravlik mashinaga, masalan, pressga suyuqlikni damlab itaruvchi nasosga uzatiladi va pressning uzluksiz yuklama bilan ishlashi ta‘minlanadi.

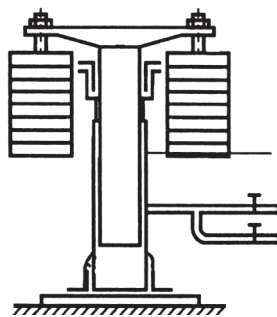
Masalalar

2.4-masala. Daryoda suzib borayotgan, og‘irligi $12 \cdot 10^3$ kN, hajmi $56 \times 10 \times 5$ m³ bo‘lgan barjaga shag‘al yuklangan. Uning eng katta cho‘kish chegarasi $h = 3,5$ m bo‘lgan holat uchun cho‘kish qiymatini va suv hajmini toping.

Yechish. Barjaning suzish sharti Arximed qonuni bilan ifodalanadi:

$$G = \rho g_c V,$$

bu yerda, V — barjaga yuklangan shag‘al hajmi.



1.16-rasm. Gidroakkumulator chizmasi.

To'rtburchak shaklidagi barja yuklangan bo'lgani uchun uning muvozanat suzish shartini quyidagicha yozish mumkin:

$$F = \rho g L h y,$$

$$h = \frac{F}{\rho g y} = \frac{12 \cdot 10^6 N}{10^3 \cdot 9,81 \cdot 56 \cdot 10} = 2,18 m,$$

bu yerda, L va h — barjaning uzunligi va uning daryoga botish chuqurligi.

2.5-masala. Silindrlarining diametrlari $D = 400$ mm va $d = 10$ mm. dan bo'lgan gidravlik pressning katta silindrida 5 MPa bosim hosil qilish uchun kichik porshen richagining katta yelkasi uzunligi $1,2$ m etib olingan. Porshen kichik yelkasining uzunligi 12 sm bo'lsa, katta richag yelkasiga qanday kuch bilan ta'sir ko'rsatish kerak?

Nazorat savollari

1. Yassi devorga suyuqlikning bergan gidrostatik bosim kuchi qanday aniqlanadi va u qayerda qo'yilgan bo'ladi? Gidrostatik g'ayri-tabiiylik (paradoks) mazmuni nimadan iborat?
2. Silindrik shaklidagi devorga uzatilgan gidrostatik bosim kuchi va uning qo'yilgan nuqtasi qanday topiladi?
3. Jismlarning suzish shartini sanab o'ting. Arximed qonunining formulasini yozing va uni ta'riflang.
4. Suzayotgan jismning ustuvorligi deganda nimani tushunasiz? Ustuvorlik shartini ta'riflang.

4-bob. SUYUQLIK HARAKATINING TURLARI

4.1. Gidrodinamika. Asosiy tushuncha va ta'riflar

Gidrodinamika harakatdagi siqilmaydigan tomchi-suyuqlik qonunlarini o'rganadi. Gidrodinamikaning asosiy vazifasi suyuqlik harakatini tavsiflovchi turlarini va uning parametrlarini (ya'ni tezligi, bosimi, egallagan fazoning istalgan nuqtasidagi urinma kuchlanishlarini, suyuqlik oqimi ichidagi jismga harakatlanayotgan suyuqlikni hamda uning qo'zg'aladigan va qo'zg'alamaydigan to'siqlarga ta'sir etuvchi kuchini) o'rganadi.

Gidrodinamika masalalar yechimini topishda suyuqlikni uzluksiz muhit deb qabul qiladi. «**Fazo nuqtasi va suyuqlik zarrasi**» tushunchalarini aniq tasavvur qilish va farqlash uchun avvalo, «fazo nuqtasi» tasavvurdagi o'lchamsiz geometrik shakl va uning fazodagi o'rni XYZ koordinatalari bilan aniqlanishini bilish kerak. Suyuqlik zarrasi tasavvurdagi fizikaviy shakl bo'lib, u juda ham cheksiz kichik massa va hajmga ega. Suyuqlik zarrasi harakatining ϑ tezligi va uning har bir soniyadagi P bosimi, zarraning oqimdagi holati, ya'ni koordinatalari va vaqti bilan tavsiflanadi.

Suyuqlik harakati muvozanatli va muvozanatsiz, tekis va notekis, damli va damsiz bo'lishi mumkin.

Barqaror harakat bu shunday harakatki, suyuqlik oqimining tezligi va bosim vaqt bo'yicha uning istalgan nuqtasida o'zgarmaydi va faqat oqimdagi vaziyatiga bog'liq bo'ladi, ya'ni koordinata funksiyasi hisoblanadi. Buni quyidagi tenglamalar orqali ifodalash mumkin:

$$\vartheta = f_1(x, y, z); \quad P = f_2(x, y, z).$$

Barqaror harakatga biror rezervuar tagidan o'zgarmas dam bilan oqib chiqayotgan suyuqlik misol bo'la oladi.

Nobarqaror harakat bu shunday harakatki, suyuqlik oqimining tezligi va bosimi vaqt bo'yicha uning istalgan nuqtasida

o'zgaruvchan, koordinata va vaqtga bog'liq bo'ladi. Uning analitik ifodasini quyidagicha yozish mumkin:

$$\begin{aligned}\vartheta_1 &= f_1(x_1, y_1, z_1, t_1); & P &= f_2(x_1, y_1, z_1, t_1); \\ \vartheta_2 &= f_1(x_2, y_2, z_2, t_2); & P &= f_2(x_2, y_2, z_2, t_2).\end{aligned}$$

Nobarqaror harakatga katta idish teshigidan o'zgaruvchan dam bilan oqib chiqayotgan suyuqlik misol bo'la oladi.

Tekis harakat — muvozanatlashgan suyuqlik oqimidagi o'zaro yonma-yon joylashgan ko'ndalang kesimlarda zarralarining o'xshash nuqtalardagi tezliklari o'zaro teng bo'lgan suyuqlik harakatidir, ya'ni $\vartheta = \text{const}$.

Tekis harakatga ko'ndalang kesimlari o'zgarmas bo'lgan quvur yoki kanaldagi suyuqlik oqimining harakatini misol qilib olish mumkin.

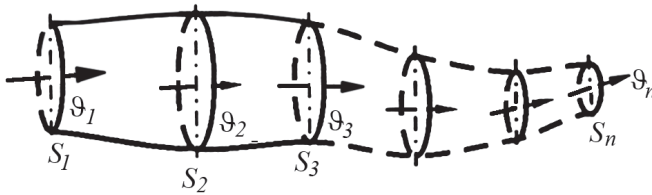
Notekis harakat — muvozanatlashmagan suyuqlik oqimining yonma-yon joylashgan ko'ndalang kesimlaridagi tezliklari va oqimning ko'ndalang kesimlari o'zgarganda tezliklari ham o'zgaradigan harakatdir. Masalan, ko'ndalang kesimi konussimon quvurdagi suyuqlik oqimining harakatini misol qilib olish mumkin. Unda $\vartheta \neq \text{const}$ va $S \neq \text{const}$ bo'ladi.

Damli harakat — bosimi atmosfera bosimidan farqli va quvur devorlari bilan chegaralangan hamda erkin sirtga ega bo'lmagan suyuqlik oqimining harakatidir. Quvurlardagi suyuqliklar harakati bunga misol bo'la oladi.

Damsiz harakat — suyuqlik oqimi erkin sirtga ega bo'lgan va uning sirtidagi bosimi atmosfera bosimiga teng bo'lgan suyuqlik harakatidir. Daryolar, kanallar, zovurlar hamda kanalizatsiya quvurlaridagi oqimlar harakati bu turdagi harakatga misol bo'ladi.

Oqim chizig'i — bu oqayotgan suyuqlik ichkarisida joylashgan nuqtalardan o'tkazilgan shunday chiziqki, suyuqlik zarralarining tezlik vektorlari, aynan shu vaqtda nuqtalarga urinma bo'lgan chiziqdir.

Demak, barqaror harakatli suyuqlikning oqim chizig'i suyuqlik zarralari harakatining trayektoriyasi bilan ustma-ust tushar ekan. Agar harakatlanayotgan suyuqlik oqimining ko'ndalang kesimidan cheksiz kichik berk doirasimon konturlarni ajratib olib, ularning hamma nuqtalaridan oqim chiziqlarini o'tkazsak, oqim quvuri hosil bo'ladi (2.1-rasm). Faraz qilaylik,



2.1-rasm. Suyuqlik oqimining quvuri.

oqim quvuridan suyuqlik oqib chiqa olmasin va unga kira olmasin. Oqim chiziqlari quvuri shaklidagi suyuqlikning elementar naychasini hosil qiladi. Suyuqlik oqimi turlicha tezliklarda harakatlanayotgan elementar naychalardan tashkil topadi.

Suyuqlik harakatini o'rganishda oqimning gidravlik va geometrik elementlarini tavsiflaydigan ayrim tushunchalar kiritiladi.

Oqim chizig'ining normal yo'nalishdagi ko'ndalang kesimi yuzasini *elementar naycha* yoki oqimning *tirik kesimi* deyiladi. Suyuqlik oqimining tirik kesimi qattiq devor bilan quvurlar (to'liq) yoki ochiq o'zarlarda (qisman) chegaralangan bo'lishi mumkin.

Oqim tegib turgan devor bilan chegaralangan tirik kesim perimetr uzunligini ho'llangan perimetr deyiladi. Ho'llangan perimetrni χ harfi bilan belgilanadi. Suyuqlikning damli harakatidagi ho'llangan perimetri geometrik perimetrga teng, damsiz oqimda esa geometrik perimetrdan kichik bo'ladi. Damsiz oqimda suyuqlik oqimining ustidagi erkin sirti qattiq muhitga tegmasdan havo bilan tutashadi. Tirik kesim yuzasining ho'llangan perimetr uzunligiga nisbatini oqimning gidravlik radiusi deyiladi:

$$R = S / \chi. \quad (2.1)$$

«Geometrik va gidravlik radius» tushunchalarining ma'nosi bir xil emas. Bunga ishonch hosil qilish uchun yumaloq diametrli quvur ichidagi suyuqlikning damli harakatini tahlil qilamiz:

- yumaloq diametrli quvur yuzasi $S = \pi d^2 / 4$, uning ho'llangan perimetri $\chi = \pi d$ bo'lgani uchun gidravlik radius $R = d/4$, aksincha, geometrik radius $r = d/2$ bo'ladi.

Quvur kesimi doirasimon bo'lmaganida gidravlik radiusni shaklga mos ravishda hisoblanadi. Masalan, kesimi ellipsimon,

teng tomonli uchburchak, kvadrat va to'g'ri burchakli quvurlar uchun quyidagi ifodalardan foydalanib, mos ravishda gidravlik radiuslari hisoblanadi:

$$a) R = \frac{3ab}{2(a+b)-3\sqrt{ab}},$$

bu yerda, a va b — ellipsning katta va kichik o'qlari;

$$b) R = \sqrt{\frac{a^2}{48}}; \quad d) R = a/4; \quad e) R = \frac{ab}{2(a+b)}.$$

4.2. Suyuqlik sarfi. Suyuqlik oqimining o'rtacha tezligi va uzluksizlik tenglamasi

Oqimning tirik kesimidan vaqt birligida o'tgan suyuqlik miqdorini suyuqlik sarfi deyiladi. Suyuqlik sarfi hajmiy, og'irlik kuchi yoki massa o'lchov birliklarida o'lchanadi: $Q(\text{m}^3/\text{s})$ — hajmiy, $Q_G(\text{N}/\text{s})$ — og'irlik kuchi va $Q_m(\text{kg}/\text{s})$ massaviy sarflarga bo'linadi.

Gidravlikada hajmiy sarf o'lchovi ko'proq ishlatiladi va uni soddaroq qilib suyuqlik sarfi deb yuritiladi. Suyuqlik sarfi elementar naychalardagi suyuqlik sarflaridan tashkil topadi. Elementar bir necha nay orqali o'tgan suyuqlik sarfining barqaror harakatini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$q_1 = \vartheta_1 S_1; \quad q_2 = \vartheta_2 S_2; \quad q_3 = \vartheta_3 S_3; \quad \dots, \quad q_n S_n. \quad (2.2)$$

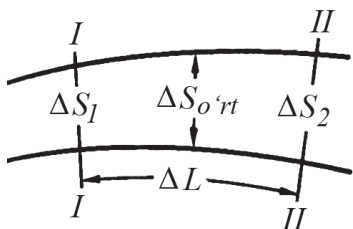
Suyuqlik oqimini ko'p sonli elementar naychalardan tashkil topganligini e'tirof etsak, unda suyuqlik oqimining sarfi elementar sarflar yig'indisiga teng bo'ladi (2.2-rasm):

$$Q = \sum_1^i q_i = \sum_1^i \vartheta_i S_i. \quad (2.3)$$

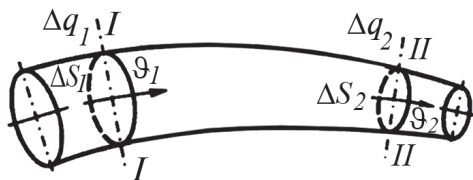
Hajmiy sarf o'lchovi m^3/s . da suyuqlik sarfl ifodalansa, unda uning kattaligi suyuqlikning o'rtacha tezlik qiymati bilan suyuqlik oqimining tirik kesimi ko'paytmasiga teng bo'ladi va molekullarning tezliklar bo'yicha real taqsimotiga mos keladi:

$$Q = S\vartheta, \quad (2.4)$$

bu yerda, S va ϑ — quvur kesimining yuzasi va suyuqlik oqimining tezligi.



2.2-rasm. Suyuqlik sarfini o'rganishga doir chizma.



2.3-rasm. Suyuqlikning uzluksizlik tenglamasini chiqarishga doir chizma.

Suyuqlik sarfini boshqa o'lchov birliklarida ifodalash zarur bo'ladi. Masalan, og'irlik kuchi sarfi, N/s ifodalaydi:

$$Q_G = \gamma Q = \rho g Q. \quad (2.5)$$

Massa sarfi, kg/s :

$$Q_m = \rho Q. \quad (2.6)$$

Hajmiy sarf suyuqlik hajmining vaqtga nisbatiga teng:

$$Q = V/t. \quad (2.7)$$

Massa va og'irlik sarflarini vaqtga bog'lab, suyuqlik og'irligining vaqtga nisbati shaklida ifodalash mumkin:

$$Q_m = m/t; \quad (2.8)$$

$$G_G = G/t. \quad (2.9)$$

Hajmiy va massaviy sarflar quyidagicha bog'langan:

$$Q = S\vartheta = m / \rho, \quad (2.10)$$

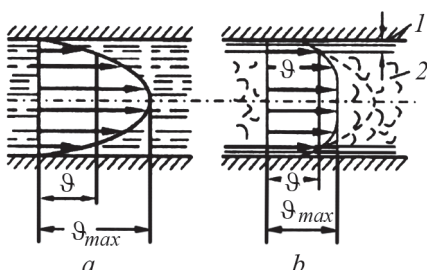
bu yerda, m va ρ — suyuqlik massasi va zichligi.

Suyuqlik uzluksiz muhit bo'lgani uchun oqimning istalgan kesimidagi sarfi o'zgarmas kattalik va shu sababli uzluksizlik tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$Q = S_1\vartheta_1 = S_2\vartheta_2 = \dots = S_n\vartheta_n, \quad (2.11)$$

bu yerda, $\vartheta_{1,2,3,\dots,n}$ — quvur ko'ndalang kesimining istalgan yuzalaridagi suyuqlik oqimining o'rtacha tezliklari (2.3-rasm).

Suyuqlik oqimining ko'ndalang kesimi istalgan radiuslardagi tezliklari maxsus asboblardan aniqlanganida, quvur devoriga ishqalanib harakatlanayotgan oqimning chegaraviy qismida tezlik



2.4-rasm. Suyuqlikning tirik kesimida tezliklar taqsimoti: *a* — laminar va *b* — turbulent oqim; 1—qattiq devor yonidagi laminar; 2—turbulent oqimlar.

eng kichik bo'lsa, aksincha, oqimning markaziga yaqinlashgan sayin esa tezlik ortib boradi va oqim o'qida eng katta qiymatga erishadi (2.4-rasm).

Suyuqlik molekulalarining o'zaro va quvur devoriga ishqalanishi, qatlamlar orasida haroratlar farqining paydo bo'lishi hisobiga suyuqlik qovushqoqligining ortishi yoki kamayishi natijasida oqim tezligi

o'zgaradi. Bu hodisani yuqori aniqlik talab qilinadigan murakkab hisoblarda e'tibordan chetda qoldirib bo'lmaydi.

Demak, suyuqlik oqimining istalgan kesimidan vaqt birligida oqib o'tadigan suyuqlik miqdori o'zgarmas ekan. Shuning uchun uzluksizlik tenglamasini quyidagicha yozish mumkin:

$$Q = S_1 \vartheta_1 = S_2 \vartheta_2 = \dots = S_n \vartheta_n = const \quad (2.12)$$

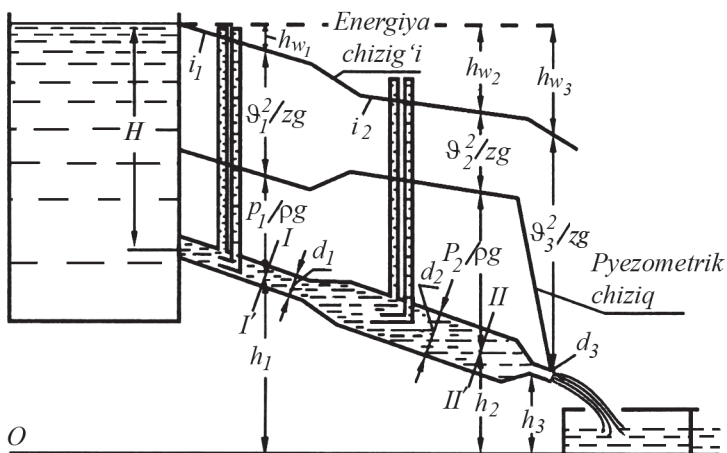
yoki

$$\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} = \frac{S_2}{S_1}.$$

Demak, siqilmaydigan va uzluksiz suyuqlik harakatidagi oqimlarning ko'ndalang kesimlaridagi o'rtacha tezliklar nisbati shu kesimlar yuzalariga teskari mutanosib bo'lar ekan.

4.3. Ideal suyuqlikning elementar naychasi uchun Bernulli tenglamasi

Bernulli tenglamasi gidrodinamikaning asosiy tenglamasi hisoblanadi. Suyuqlik oqimi ko'ndalang kesimining yuzasi va suyuqlik harakati bir tekis o'zgaradigan barqaror harakatdagi ideal suyuqlik berilgan. Ideal suyuqlik oqimidan elementar naychalarining ixtiyoriy I—I va II—II kesimlarini ajratib olamiz (2.5-rasm). Bu kesimlarning yuzalari ΔS_1 va ΔS_2 bo'lsin. Birinchi kesimdan o'tayotgan suyuqlik naychasi zarralarining tezligi ϑ va bosimi P_1 , ixtiyoriy gorizontal 0—0 tekisligiga nisbatan og'irlik markazining ko'ndalang kesimi joylashgan balandligi h bo'lsin. Bu kesimni



2.5-rasm. Bernulli tenglamasining grafik shaklidagi tasviri.

solishtirish tekisligi deb ataladi. Ikkinchi kesim ham xuddi shunday parametrlarga ega bo'лади deb olinadi.

I—I' va II—II' kesimlar oralig'idagi hajmlardagi suyuqlik miqdori juda qisqa vaqt davomida I—I' va II—II' kesimlar bilan chegaralangan hajmga siljiydi. Suyuqlikning mexanik harakati natijasida o'rganilayotgan hajmga qo'yilgan kuch bajargan ish kattaligi jismining kinetik energiyasining o'zgarishiga teng.

Shu hajmga ta'sir etayotgan kuchni qarab chiqamiz:

1. Faraz qilaylik, suyuqlik oqimining tirik kesimiga normal yo'nalishda $P_1 = p_1 \Delta S_1$ bosim kuchi ta'sir etsin. Suyuqlikning I—I' kesimiga ta'sir etayotgan P_1 bosim kuchi bajargan ish quyidagicha ifodalanadi:

$$A_1 = P_1 \Delta l_1 = p_1 \Delta S_1 \vartheta_1 \Delta t = p_1 \Delta V_1 \Delta t, \quad (2.13)$$

bu yerda, $\Delta l_1 = \vartheta_1 \Delta t$ — suyuqlik zarralari Δt vaqt davomida I—I' esimdan I'—I' kesimigacha o'tgan yo'li. Suyuqlik oqimining ikkinchi kesimi uchun bosim kuchining bajargan ishini quyidagi shaklda yozish mumkin:

$$A_2 = P_2 \Delta l_2 = -p_2 \Delta S_2 \vartheta_2 \Delta t = -p_2 \Delta V_2 \Delta t, \quad (2.14)$$

bunda «minus» ishorasi ikkinchi kesimdagi bosim kuchi birinchi kesimdagi kuchga qarama-qarshi yo'nalganligini ko'rsatadi.

Suyuqlik harakati natijasida vujudga kelgan bosim kuchlari teng ta'sir etuvchisining bajargan ishi quyidagiga teng bo'ladi:

$$A_p = p_1 \Delta V_1 \Delta t - p_2 \Delta V_2 \Delta t. \quad (2.15)$$

2. Og'irlik kuchi ΔG tik pastga yo'nalgan. Og'irlik kuchining bajargan ishi suyuqlik nayi kesimlari I—II dan I'—II' gacha bo'lgan oraliqdagi zarracha potensial energiyasining o'zgarishiga teng bo'ladi. Og'irlik kuchining bajargan ishini aniqlash uchun I—II hajmdagi suyuqlik naychasi energiyasidan I'—II' hajmdagi energiyasini ayirish kerak, xolos. Unda, elementar naychasi uchun uzluksizlik tenglamasi (2.12) muvofiq har bir hajmchalar va ulardagi og'irlik kuchlari o'zaro teng bo'ladi:

$$\Delta G = \rho g \Delta V_1 \Delta t = \rho g \Delta V_2 \Delta t. \quad (2.16)$$

Demak, og'irlik kuchining bajargan ishi suyuqlik oqimi potensial energiyasining o'zgarishiga, ya'ni og'irlik kuchi bilan suyuqlik balandliklari ayirmasining ko'paytmasiga teng bo'ladi:

$$A_G = (h_1 - h_2) \Delta G. \quad (2.17)$$

Elementar naycha kesimidagi kinetik energiyaning Δt vaqtdagi o'zgarishi $\Delta E = (m\vartheta_1^2 / 2) - (m\vartheta_2^2 / 2)$ o'rganilayotgan ΔV_1 va ΔV_2 hajmlardagi energiyalar ayirmasi bilan shu hajmlardagi suyuqlik massasi $\Delta G/g$ ko'paytmasiga tengligi asosida bajarilgan ishni yozamiz:

$$A = \frac{\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2}{2g} \Delta G. \quad (2.18)$$

Tashqi kuchlar bajargan ishlar (2.15) va (2.17)ni qo'shib, ularni kinetik energiyaning o'zgarishi hisobiga bajarilgan ish (2.18) ga tenglab hosil qilamiz:

$$p_1 \Delta V_1 \Delta t - p_2 \Delta V_2 \Delta t + (h_1 - h_2) \Delta G = \frac{\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2}{2g} \Delta G. \quad (2.19)$$

(2.19) tenglamani soddalashtirish uchun uni ΔG ga bo'lamiz va (2.16) tenglamani e'tirof etgan holda qayta yozamiz:

$$\frac{p_1}{\rho g} - \frac{p_2}{\rho g} + h_1 - h_2 = \frac{\vartheta_2^2}{2g} - \frac{\vartheta_1^2}{2g} \quad (2.20)$$

yoki

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{2g} + \frac{v_2^2}{2g}.$$

(2.20) ifodani *siqilmaydigan ideal suyuqlik naychasi uchun* Bernulli tenglamasi deyiladi. Suyuqlik oqimidagi ΔV_1 va ΔV_2 hajmlari ixtiyoriy kesimlari uchun (2.20)ni umumiy shaklda yozish mumkin:

$$h + \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} = \text{const.} \quad (2.21)$$

(2.21)dagi o'zgarmas kattalik suyuqlikning gidrostatik dami ekanligini hisobga olsak, unda Bernulli tenglamasini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$h + \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} = H. \quad (2.22)$$

Demak, tenglamaning uchala hadlarining yig'indisi h — geometrik, $p/\rho g$ — pyezometrik, $v^2/2g$ — tezlik damlarining yig'indisi H — gidrodinamik damga teng bo'lar ekan. Unda, Bernulli tenglamasini quyidagicha ta'riflash mumkin: ideal suyuqlikning elementar naychasi uchun geometrik, pyezometrik va tezlik damlarining yig'indisi naychanning hamma kesimlarida o'zgarmas kattalikdir.

(2.22) tenglamaga kirgan kattaliklarning o'lchov birliklarini qo'yib, damning o'lchov birligi topiladi. Tenglamaga kirgan balandlik *metrda* o'lchanadi. Shuning uchun ham h ni geometrik va nivelir balandligi, $p/\rho g$ — pyezometrik, $v^2/2g$ — tezlik balandliklari deb ataladi.

Grafikka uchala balandliklarni joylashtirib, Bernulli tenglamasining grafik shaklidagi tasviri hosil qilinadi (2.5-rasm).

Bernulli tenglamasini energetik shaklda ifodalash uchun (2.19) hadlarini Δm ga bo'lamiz va $\Delta m = \Delta \vartheta / g = \rho \Delta V_1 \Delta t - \rho \Delta V_2 \Delta t$ ni hisobga olsak, unda (2.16) ga asoslanib, Bernulli tenglamasini qayta yozamiz:

$$gh_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} = gh_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} = \text{const.} \quad (2.23)$$

(2.23) tenglamaning har bir hadi energetik mazmunga ega. Tenglama solishtirma energiyalar yig'indisidan tashkil topgan va o'zgarmas kattalik ekanligini ifodalaydi. Suyuqlikning solishtirma energiyasi deyilganda, massa, kuch yoki hajm birligidagi energiya tushuniladi. Haqiqatan ham, agar elementar massali suyuqlik molekulasini olsak, u biror h balandligida energiya zaxirasiga ega bo'lsa-da, massa birligiga to'g'ri keladigan energiya miqdori esa $\Delta mgh/\Delta m = gh$ teng bo'ladi. Suyuqlikning Δm massali zarrachasi p bosim ta'sirida potensial energiyasi $\Delta mgp/\rho g$ teng bo'lgan $p/\rho g$ balandlikka ko'tariladi. Potensial energiyani Δm ga bo'lib, bosimning solishtirma zaxirasi p/ρ topiladi.

Suyuqlikning massa birligiga to'g'ri keladigan energiya va solishtirma bosim zaxirasi yig'indisini suyuqlikning solishtirma potensial energiyasi deyiladi.

(2.23) tenglamaning uchinchi hadidagi $v^2/2$ suyuqlikning massa birligiga mos keluvchi solishtirma kinetik energiyadir.

Bernulli tenglamasining energetik mazmuni suyuqlikning elementar naychasining solishtirma to'la energiyasi naychaning istalgan kesimida o'zgarmasligini bildiradi.

Demak, Bernulli tenglamasi mexanik energiyaning saqlanish qonuni harakatlanayotgan ideal suyuqlikka tatbiqidan iborat ekan.

4.4. Suyuqlikning elementar nayi va real suyuqlik oqimi uchun Bernulli tenglamasi

Real suyuqlikning elementar nayi harakatini o'rganishda, harakatga qarshilik ko'rsatuvchi, qovushqoqlik bilan bog'liq bo'lgan ichki ishqalanish kuchining paydo bo'lishini va uni yengishga sarf bo'lgan energiya hisobiga oqimning kinetik energiyasi yoki tezlik dami tushishini e'tiborga olish kerak. Shuning uchun ham, elementar nayning umumiy energiyasi, suyuqlik oqimi bo'ylab, uning kesimlarida kamayib boradi.

Faraz qilaylik, real suyuqlikning elementar nayini ikkita kesimiga mos keluvchi holatlar uchun Bernulli tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'lsin:

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_w, \quad (2.24)$$

bu yerda, h_w — tezlik damining isrofi.

Ideal suyuqlikning elementar nayini istalgan nuqtalariga mos keluvchi hamma kesimlaridagi tezliklari bir xil bo'lsa-da, real suyuqlik oqimining kesimlaridagi tezliklar taqsimoti esa, oqim harakati tartibiga bog'liq bo'lgan muayyan qonuniyatga bo'ysunadi. Shuning uchun oqimning tirik kesimlaridagi tezliklari bir xil bo'la olmaydi. Uning tezligi ichki ishqalanish va suyuqlik bilan kontaktlashuvchi ho'llangan devor ta'sirida kamayib boradi. Natijada harakatlanayotgan suyuqlik kinetik energiyasi kamayadi. O'rta tezlik qiymatidan foydalanib hisoblangan kinetik energiya qiymati haqiqiyga mos kelmaydi.

Shuning uchun (2.24) tenglamaga suyuqlik oqimidagi tezliklar taqsimotining notekisligini e'tiborga oluvchi tuzatma koeffitsiyent kiritish yo'li bilan real suyuqlik oqimi tenglamasi topiladi:

$$h_1 = \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_w, \quad (2.25)$$

bu yerda, $\alpha_{1-2} = v^3 \Delta S / (u^3 S)$ — Koriolis koeffitsiyenti ($\alpha = 1,05 - 1,15$) bo'lib, real suyuqlik oqimining turli kesimlarida uning tezliklari turlichaligini ifodalaydi.

Bu tuzatma koeffitsiyentni 1836-yilda fransuz olimi Koriolis kiritganligi sababli uning nomi bilan Koriolis yoki tezlik koeffitsiyenti deb yuritiladi. Bu koeffitsiyent suyuqlik oqimining tirik kesimidagi tezliklar taqsimotiga bog'liq va suyuqlik harakatining turidan aniqlanadi. Suyuqlik oqimining tirik kesimidagi tezliklar bo'yicha taqsimoti bir tekis bo'lgandagina bu koeffitsiyent birdan katta bo'ladi, ammo bunday holat amalda juda ham kam uchraydi, lekin u birga ham teng bo'lishi mumkin. Tirik kesimdagi tezliklarning notekis taqsimoti qancha katta bo'lsa, bu koeffitsiyenti shuncha katta bo'ladi.

Suyuqlikning silindrik quvurdagi laminar oqimi uchun tajribada aniqlangan Koriolis koeffitsiyenti $d = 2$, turbulent oqimi uchun esa $\alpha = 1,04 - 1,1$ atrofida bo'ladi.

Amaliy hisoblashlarda, suyuqlik nayining hammasi bir xil tezlik bilan harakatlanadi, deb qabul qilinadi va bu koeffitsiyentni birga tenglashtirib olinadi. Bu taxmin ayrim shartli holatlarni e'tiborga olmaganda, har qanday turbulent oqim uchun to'g'ri. Shunga ko'ra, yozuvda o'rta tezlik belgisi tushirib qoldirilsa-da,

hamma joyda o'rtta tezlik deb tushuniladi. Shu sababdan ham siqilmaydigan tomchi-suyuqlik uchun Bernulli tenglamasining yozilishi elementar naycha uchun yozilgan tenglama (2.24) bilan bir xil bo'ladi.

(2.24) tenglamadagi h_w suyuqlik harakati yo'lidagi turli xil mahalliy to'siqlarda hosil bo'ladigan qarshiliklarni yengishda damning tushishini ifodalaydi. Gidravlik qarshiliklar ikki xil bo'ladi:

1. Oqimni chegaralovchi devorga suyuqlik zarrachalarining ishqalanishi va uning tezliklarini oqim bo'yicha notekis taqsimoti va qo'shni qatlamlar orasidagi ishqalanish ta'sirida *suyuqlik damining tushishini chiziqli qarshilik* deyiladi va uni h_f bilan belgilanadi.

2. Suyuqlik harakati yo'lida uchraydigan turli xil to'siqlar (ventillar, surilma klapan va zadviykalar, egrilangan suyuqlik yo'li, burum, uchlama klapan va sh.k.) ta'sirida oqimning tezligi uning qiymati va yo'nalishi o'zgarishi hisobiga damning pasayishini *mahalliy isrof* deyiladi va uni h_m deb belgilanadi.

Demak, oqimning ikkita kesimlari oralig'ida damning isrof bo'lishiga ikki turdagi yo'qotishlar (h_f va h_m) sabab bo'lar ekan.

Chiziqli qarshilik va mahalliy isroflarni hisobga olib, suyuqlik oqimi uchun Bernulli tenglamasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_f + h_m. \quad (2.26)$$

Real suyuqlik oqimi harakatidagi dam isrofini aniqlash ancha murakkab masala va ko'p sonli izlanishlarni talab etadi.

Suyuqlik oqimidagi bosimni **pyezometr** asbobi bilan o'lchanadi. Pyezometr yupqa devorli ingichka nay bo'lib, unda suyuqlik $p/\rho g$ balandlikka ko'tariladi. Suyuqlik oqimining to'la energiyasini o'lchashda Pitoning gidrodinamik nayi qo'llaniladi. Pito nayi bir uchi 90° burchakka bukilgan ingichka nay bo'lib, uning bukilgan ochiq uchi oqim yo'nalishiga qarshi qilib, uzun tomonini esa tik o'rnatiladi (2.5-rasmga qarang).

Qiya o'rnatilgan suyuqlik nayining I—I kesimi (ingichka joyi)dagi oqim tezligi katta bo'lgani uchun pyezometr kamroq, aksincha, gidrodinamik (Pito) nayi ko'proq bosimni ko'rsatadi. II—II kesimda esa pyezometr I—I kesimga nisbatan kattaroq. Pito nayi, o'z navbatida, avvalgisiga nisbatan kamroq bosimni

ko'rsatadi. Bunga asosiy sabab, suyuqlik oqimining kesimi kichik bo'lganida oqim tezligi ortishi hisobiga gidrostatik bosim kamayadi va aksincha.

Suyuqlikning real energiyasi oqim kesimi bo'ylab kamayib borishiga asosiy sabab bosim isrofi hisobiga, kinetik va potensial energiyalari kamayishini tasavvur qilish Bernulli tenglamasi-ning grafigini tushunishga yordam beradi (2.5-rasmga qarang). Boshlang'ich energiya chizig'i bilan energiya chizig'i orasida yo'qotilgan energiyalar kesmalari hosil bo'ladi.

Bernulli va suyuqlik sarfi tenglamalaridan ko'rinadiki, oqimning ko'ndalang kesimi yuzasi kamaysa, suyuqlik oqimi tezligi va kinetik energiyasi ortadi, uning bosimi va potensial energiyasi esa kamayadi. Aksincha, oqimning kesim yuzasi ortsa, uning tezligi va kinetik energiyasi kamayadi, bosimi va potensial energiyasi ortadi.

Demak, Bernulli tenglamasi ideal suyuqlik nayi uchun mexanik energiyaning saqlanish qonunini ifodalasa, real suyuqlik oqimi uchun esa oqimdagi turli xil isroflarni hisobga oluvchi energiyaning balans tenglamasi ekan.

Nazorat savollari

1. Hidrodinamika nimani o'rganadi? Suyuqlikning laminar va turbulent tartibli oqishiga nimalar sabab bo'ladi?
2. Suyuqlikning barqaror va nobarqaror harakati deb nimaga aytiladi?
3. Suyuqlikning tekis va notekis harakati deganda nimani tushunasiz?
4. Suyuqlikning quvurdagi damli va damsiz harakati nima?
5. Sarf turlarini ayting va ularning formulalarini yozing.
6. Ideal va real suyuqliklar uchun Bernulli tenglamalarini yozing va ularning ma'nosini tushuntiring.
7. Laminar va turbulent tartibli harakatlanayotgan suyuqlik oqimi zarralarining tezliklar bo'yicha taqsimotini ayting.
8. Hidrodinamik, pyezometrik, geometrik dam va tezlikni tushuntiring hamda formulalarini yozing.
9. Suyuqlikning elementar naychasi nima va undagi suyuqlik harakatining turi?
10. Dam isrofi nima va uning formulasini yozing.
11. Hidrodinamik nay nima? Koriolis koeffitsiyenti nima?
12. Mahalliy gidravlik qarshiliklar deb nimaga aytiladi?

5-bob. SUYUQLIK HARAKATINING TARTIBI

5.1. Suyuqlikning harakat turlari

Suyuqlik oqimi o'ta murakkab bo'lsa-da, uni ikki turga ajratish mumkin. Ilmiy tadqiqotlar natijalaridan ma'lumki, suyuqlik ikki xil tartibda harakat qiladi. 1839-yili G. Xagen va 1880-yili D.I. Mendeleev suyuqlik harakatining tartibini o'rgangan bo'lsa-da, 1883-yili ingliz fizigi O. Reynolds suyuqlik harakatining tartibini va dam isrofini laboratoriya sharoitida o'rgangan hamda mukammal natijalar asosida xulosalar chiqargan.

Suyuqlik harakati tartibini o'rganishga mo'ljallangan Reynolds qurilmasi (2.6-rasm) katta hajmli idishi (1), gorizontal shisha quvur (7), ventil (8), rangli suyuqlik to'ldirilgan kichik hajmli idish (4) va unga ulangan ventil (5), kapillar nay (6), tashqi manbadan suv uzatuvchi quvur (2) va unga o'rnatilgan ventil (3) hamda oqova suv idishi (9) dan tashkil topgan.

Suyuqlik oqimining tezligini o'zgartirishga mo'ljallangan ventil (8) shisha quvurning ikkinchi uchi yaqiniga qo'ndirilgan. 90° burchakka egilgan kapillar shisha nay 6 orqali rangli suyuqlik katta shisha quvur soplasi (10) ning o'qiga joylanadi. Idishlar (6 va 7) avval, rangsiz va rangli suyuqliklar bilan to'ldiriladi, keyin ular muvozanatga kelishi uchun hamma ventillar berkitiladi va 5—10 min kutiladi. So'ngra birin-ketin (8, 5, 3) ventillar sekin-asta ketma-ket ochiladi va suyuqlikning ma'lum tartibli harakati kuzatiladi (harakat turi tanlanadi). Agarda suyuqlik sarfini aniqlash zarurati bo'lsa, idishning hajmini va suyuqlikning idishni to'ldirish vaqtini bilgan holda hisoblab topiladi.

O. Reynolds o'z tajribasida quvur (7) da harakatlanayotgan suyuqlik tezligining aniq qiymatlarini, quvur diametrini va suyuqlik turini bilgan holda quyidagilarni isbotlagan:

- oqimning katta bo'lmagan tezliklarida quvur (7) o'qiga kiritilgan rangli suyuqlik, boshqa suyuqlikka (masalan, suvga) aralashmasdan, aniq ko'rinadigan ingichka nay bo'lib, oqim o'qi bo'ylab oqadi;

- shisha quvurga pyezometr yoki Pito naylari ulansa, ular oqim bosimi va tezligi muayyan vaqt davomida o'zgarmasligini,

harakatda tebranish (pulsatsiya) bo'lmashligini ko'rsatadi, ya'ni suyuqlik oqimi qatlamlardan tuzilganligini bildiradi;

- suyuqlik oqimining tezligi quvur (7) da orttirilsa, rangli su-yuqlik chizig'i harakati to'liqinsimon tus oladi, so'ngra uning ayrim qismlarida uzilishlar paydo bo'ladi va biror aniq tezliklar qiymatida esa mutlaqo bo'lakchalarga ajraladi, keyin o'rganilayotgan suyuqlik oqimiga butunlay aralashib ketadi hamda rangli suyuqlik quvurning butun hajmi bo'ylab tarqalib, hamma suyuqlik massasi bir xil rangga kirib oqadi;

- suyuqlik zichligiga teng bo'lgan mayda, qattiq, suyuqlikda erimaydigan zarrachalarni aralashtirilsa, bu zarrachalar suyuqlikning elementar naychasi chizadigan murakkab egri chizikli trayektoriyalarni chizadi.

Demak, suyuqlikning qatlam-qatlam harakatidan uyurmali, aylanma va murakkab harakatlarga o'tilar ekan. Quvur (7) ga pyezometr va Pito naylari o'rnatilsa, ular suyuqlik oqimidagi pulsatsiyali tezlik va bosimni ko'rsatadi. Agar ventil (8) ni sekin-asta yopib, oqib o'tayotgan suyuqlikning harakat tezligini quvur (7) da kamaytirilsa, unda oqim avvalgi turdagi oqish tartibiga qaytadi.

Birinchi tartibdagi harakat — *laminar harakat*. Kichik tezliklarda oqimdagi suyuqlikning ayrim naychalari bir-biriga nisbatan parallel harakatlanadi. Suyuqlikning bu tartibdagi harakatining o'qidagi oqim laminar (lotin. *lamina* — tasma va yo'l-yo'l) bo'ladi. Oqim tezligi orttirilsa, uning radiusi bo'ylab laminar harakat buzilib, boshqa turga o'tib oqadi.

Laminar harakatni nazariy tadqiqotlarga tatbiq qilish ancha qulaydir. Bu hodisani ingichka kapillar naylarda, qon tomirlarida hamda qovushqoqligi katta bo'lgan suyuqlik (surkama moylar, neft, mazut va sh.k.) quvurlaridagi harakatlarda kuzatiladi.

Ikkinchi turdagi harakat — *turbulent* (lot. *turbulentus* — tartibsiz) — harakatining tartibsizligi bilan farqlanadi va katta tezliklarda kuzatiladi. Turbulent harakat o'zining murakkabligiga qaramasdan, bu oqim harakat tartibining muayyan qonuniyatlari bor. Suyuqlik oqimida ayrim laminar, o'tkinchi va turbulent tartiblarda harakatlanayotgan qatlamlar mavjud. Bunday tartibdagi suyuqlik oqimi gidrotexnika va gidromeliorativ amaliyotda juda ham ko'p uchraydi. Masalan, suvning quvurlarda, kanallarda, daryolardagi va sh.k. harakatlari.

Ko'ndalang kesimi yumaloq bo'lgan quvurlarda o'tkazilgan tajribalarda olingan natijalarni umumlashtirib, Reynolds quyidagi xulosaga kelgan:

- oqim tartibini hal etuvchi faktorlarga suyuqlik harakati-ning o'рта tezligi quvur diametri, suyuqlik zichligi va qovushqoqligi asosiy hisoblanadi.

Bu bog'lanishlar qonuniyati asosida O. Reynolds aniqlagan: suyuqlik oqimi ko'ndalang kesimining o'lchami va zichligi qancha katta bo'lsa, uning qovushqoqligi shuncha kichik bo'ladi hamda suyuqlik harakati tezligi ortgan sayin laminar tartibdagi harakatdan turbulentga shunchalik tezroq o'tiladi.

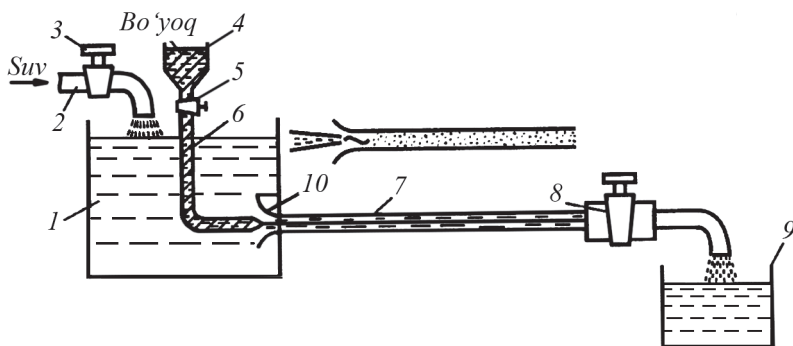
Birinchi tartibli harakat turidan boshqa turlarga o'tishda suyuqlik tezliklari o'zgaradi va bu o'zgarish tezligi turlicha bo'lishi mumkin. Suyuqlik harakat tartibining o'zaro almashinuv chegarasidagi tezligini **kritik tezlik** deyiladi.

O. Reynolds tajribada olingan natijalar asosida aniqlaganki, laminar tartibdagi suyuqlik harakatidan turbulentga o'tish nuqtalaridagi tezliklarning kritik qiymati turg'un bo'lmas ekan. Shuning uchun suyuqlik harakat tartibini tavsiflovchi sifatida o'lchamsiz parametr kiritgan, uni Reynolds kriteriyasi yoki soni Re deyiladi:

$$Re = \vartheta \rho d / \mu = \vartheta d / \nu, \quad (2.27)$$

bu yerda, $\nu = \mu / \rho$ — kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti.

Nemis olimi Shiller tadqiqotlar asosida laminar tartibdagi oqimdan turbulent tartibdagi oqimga o'tishda Reynolds sonining



2.6-rasm. Suyuqlik harakati tartibini tadqiq qilish qurilmasining chizmasi.

eng kichik qiymati 2320 ga tengligini aniqlagan va uni kritik son deb qabul qilgan:

$$Re_{kp} = 2320. \quad (2.28)$$

Unda, kritik tezlik qiymatini (2.27) tenglama asosida quyidagicha yozish mumkin:

$$\vartheta_{kr} = Re_{kr} v / d = 2320v / d. \quad (2.29)$$

2320 soni mutlaqo qat'iy son emas. Uning qiymati juda keng oraliqda o'zgarishi mumkin va faqat (2.27) tenglamasiga kirgan qiymatlarga bog'liq bo'lib qolmasdan, boshqa turdagi ta'sirlarga, ya'ni quvurning g'adir-budurligiga, quvurning tit-rashiga, tezlikning keskin o'zgarishiga va sh.k. bog'liq.

Ta'sirlar qiymati nolgacha yaqinlashtirilsa, suyuqlikning laminar tartibdagi harakatidan turbulentga o'tishini kechiktirish va Re_{kp} qiymatini 11000—13000 ga yetkazish mumkin. Reynolds kritik sonining quyi va yuqori qiymatlari taqqoslansa, uning yuqori qiymati eng kichigidan taqriban 6 marta katta, ya'ni $(11000 + 13000) : 2 : 2320 = 6$ ekan.

Demak, quyi va yuqori qiymatlar o'rtasida juda katta oraliq sohasi mavjudligiga ko'ra, suyuqlik bu sohada shart-sharoitga qarab laminar yoki turbulent tartibdagi harakatda bo'lishi mumkin. Lekin laminar tartibdagi harakat bu oraliqda turg'un bo'lmasdan, u tezda turbulent tartibdagi harakatga o'tishi mumkin. Bu sohani **o'tish sohasi** deyiladi. Amaliy gidravlik hisob-kitoblarda, odatda, Reynolds sonining yagona kritik qiymati 2320 dan foydalaniladi va $Re_{kr} < 2320$ bo'lganida suyuqlik oqimining harakat tartibi *har doim laminar*, $Re_{kr} < 2320$ esa — *turbulent* bo'ladi. Demak, gidravlik hisob-kitoblarga bu usulda yondashish ularning mustahkamlik chegarasini ta'minlar ekan.

Ko'ndalang kesimi faqat yumaloq bo'lgan quvurlar uchun Reynolds sonining kritik qiymati aniqlanib qolmasdan, geometrik shakli turlicha bo'lganlari uchun ham topiladi. Gidravlik radius va diametr o'zaro quyidagicha, ya'ni $d = 4R$ bog'langan bo'lgani uchun oqim harakat tartibini aniqlovchi ifodani Reynoldsning kritik soni orqali yozish mumkin:

$$Re_{kr} = \vartheta 4R / v \quad \text{yoki} \quad \vartheta R / v = Re / 4. \quad (2.30)$$

Unda, har qanday shakldagi kesim uchun kriteriya $2320/4 = 575$ ga teng bo'lad. Agar $\vartheta R / \nu < 575$ bo'lsa, oqim tartibi laminar, aksincha, $575 < \vartheta R / \nu$ esa turbulent bo'lar ekan.

5.2. Gidravlik qarshilik

Suyuqlik quvur bo'ylab harakatlanishida gidravlik qarshilik hisobiga uning dami tushadi. Suyuqlik damining pasayishi oqimning harakat tartibiga bog'liq bo'ladi. Suyuqlikning quvur uzunligi bo'ylab uning devoriga ishqalanishi va mahalliy qarshiliklar (quvurning keskin burilishi, kengayishi, torayishi, quvurga o'rnatilgan surilma qopqoq, zadvijka, ventil, har xil cho'kmalar, qasmoq va sh.k.)ni yengishga energiya sarflanishi hisobiga dam pasayadi.

Faraz qilaylik, suyuqlik ichki devori silliq quvurda harakatlanayotgan va mahalliy qarshilik $h_m = 0$ va $h_w = h$ bo'lsin. Unda, Bernulli tenglamasini oqimning biror masofada yotgan kesimlari uchun yozamiz:

$$h + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 \vartheta_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 \vartheta_2^2}{2g} + h_w. \quad (2.31)$$

Keltirilgan 2.6-rasmdan oqim o'qiga nisbatan pyezometrlarning ko'rsatgan balandliklarini aniqlab va ayrim belgilashlardan so'ng (2.31) ni qayta yozamiz:

$$H_1 - H_2 = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} = \frac{P_{ishq}}{\rho g} = h_w, \quad (2.32)$$

bu yerda, $H_1 = p_1 / \rho g$ va $H_2 = p_2 / \rho g$; $h_1 = h_2$; $\vartheta_1 = \vartheta_2$ teng deb olingan. (2.32) ni pyezometrlar o'rnatilgan oraliq masofaga bo'lsak, **pyezometrik qiyalik** hosil bo'ladi:

$$(H_1 - H_2) / l = h_w / l = tga, \quad (2.33)$$

bu yerda, h_w — dam balandligi.

Dam balandligi bu muayyan masofani suyuqlik o'tish davomida yo'qotilgan energiya qiymatidir. Chunki suyuqlik oqimi zarralarining tezligi ishqalanish hisobiga kamayadi.

(2.31) dan h_w ni topsak, suyuqlik oqimi zarralari tezligining kamayishi hisobiga oqim energiyasi pasayadi, ya'ni energiya isrof bo'ladi. Isrof bo'lgan energiya ishqalanishni yengishga sarflanadi, natijada suyuqlik oqimining harorati ortadi.

Quvurning ichki devori sirtidagi g'adir-budurlik ortsa (1932-yili Nikuradze aniqlagan, keyinchalik G.A. Murin va A.P. Zegjda takroriy tajribada tasdiqlagan), gidravlik qarshilik koeffitsiyenti kattalashuvi natijasida damning isrofi ham ortadi. Ma'lum bo'lganki, gidravlik qarshilik koeffitsiyenti, nafaqat, Reynolds soniga bog'liq bo'lmasdan, quvurning absolut g'adir-budurlikiga ham bog'liq ekan.

Ekvivalent g'adir-budurlik (Δ_e) – bu quvur ichida joylashgan turlicha balandliklardagi o'simtalar va notekisliklarning o'rtacha qiymatidir. Nisbiy g'adir-budurlik ($\epsilon = \Delta_e/d$) bu absolut g'adir-budurlikning quvur o'lchamiga nisbatiga teng katalikdir. Ekvivalent g'adir-budurlik Δ_e tushunchasi bu quvurda harakatlanayotgan suyuqlik oqimiga ta'sir ko'rsatmaydigan shartli g'adir-budurlik shaklidir (2.1-jadval). Reynolds soni ortganida oqimning laminar qatlami yupqalashadi va sirt gidravlik g'adir-budur bo'lib qoladi. Aksincha, Reynolds soni kichiklashsa, turbulent oqim kuchayadi va sirt gidravlik silliq bo'ladi. Demak, *oqim turiga qarab, sirt gidravlik silliq yoki g'adir-budur bo'lishi mumkin ekan.*

Gidravlik qarshilikka g'adir-budurlikning ta'sirini tavsiflash uchun nisbiy g'adir-budurlik Δ_e/d tushunchasidan foydalanadi. Unga teskari bo'lgan d/Δ_e ni sirtning nisbiy silliqqligi deb qabul qilingan.

Demak, turbulent oqim uchun gidravlik qarshilik koeffitsiyenti λ Reynolds soni va sirtning nisbiy silliqqligi d/Δ_e ning funksiyasi $\lambda = f(\text{Re}_d, d/\Delta_e)$ ekan.

Laminar yoki turbulent oqimlar energiyalarining kamayishiga nafaqat g'adir-budurlik darajasi ta'sir qilib qolmasdan devorga eng yaqin laminar qatlam(parda) δ g'adir-budurlik balandligiga bog'liq bo'ladi. Agar $\Delta < \delta$, ya'ni g'adir-budurlik balandligi laminar qatlamdan kichik bo'lsa, turbulent oqim energiyasi isrof bo'lmaydi. Bunday quvurlarni gidravlik silliq quvur deyiladi (2.33- a rasm). Aksincha $\Delta > \delta$ bo'lganida, ya'ni g'adir-budurlik balandligi laminar qatlamdan katta bo'lsa, unda turbulent oqim energiyasi g'adir-budurlikning qarshiligini

yengishga sarf bo‘ladi. Bunday quvurlarni *gidravlik g‘adir-budur quvur* deyiladi.

2.1-jadval

Quvurlar uchun ekvivalent g‘adir-budurlik qiymatlari

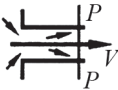
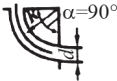

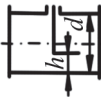


T/r	Quvur turi	Quvur holati	Δ_e, mm
1.	Butunligicha yotqizilgan po‘lat quvur	Yangi, ishlatilmagan	0,02—0,1
		Mumlangan	0,04 gacha
		Ishlatilgan, suv quvuri	1,2—1,5
		Ko‘p yil ishlatilgan, tozalangan	0,04
2.	Yaxlit kavsharlangan	Yaxshi holatda, yangi yoki eski	0,04—0,1
3.	Po‘lat quvur	Yangi, mumlangan	0,05
		Bir tekis zang qatlamli	0,15
4.	Cho‘yan	Yangi quvur	0,25—1,0
		Usti asfalt bilan qoplangan	0,12—0,3
		Ishlatilgan, suv quvuri	1,4
5.	Betonli	O‘rta holatda ishlatish mumkin	2,5
6.	Asbest-sementli	Yangi quvur	0,05—0,1
7.	Sopolli	Glazurlangan	1,4

Quvurning ekvivalent g‘adir-budurligi turli materiallardan tayyorlanganida har xil bo‘ladi (2.2-jadval). Ko‘ndalang kesimi yumaloq bo‘lgan quvurlarda J . Puazeyl suyuqlikning laminar harakatini o‘rganib, damning pasayishini aniqlash uchun quyidagi formulani bergan:

$$h_w = \frac{32\nu\vartheta\ell}{gd^2}, \quad (2.34)$$

bu yerda, $\nu = \mu / \rho$ – kinematik qovushqoqlik koeffitsiyenti; ℓ va d – quvur uzunligi va diametri; ϑ – suyuqlik harakatining tezligi.

**Materiallari va mahalliy qarshiliklari turlicha bo'lgan
quvurlardagi mahalliy qarshilik koeffitsiyentlari**

Mahalliy qarshilik turlari	Fason qismlar eskizlari	Mahalliy qarshilik koeffitsiyenti
Quvurning kirishiga: uchi o'tkir uchi egrilangan		0,5 0,05–0,2
Tirsak: R>2d bo'lganda R(3–7)d bo'lganda		0,5 0,3
Burchakli burum, 90°		1,1
Quvurga o'rnatilgan yumaloq qopqoq: to'la ochiq 3/4 qismga ochiq		0,07 0,26 2,06
O'rtacha ochiq ventil		1–3
Suv quvuri kirishiga o'rnatilgan to'rli so'ruvchi klapan		5–10

Darsi — Veysbax laminar va turbulent oqimlarni o'rganib, Reynolds soni va gidravlik qarshilik koeffitsiyenti orqali suyuqlik damining pasayishini hisoblash formulasini chiqargan. Darsi — Veysbax formulasini hosil qilish uchun (2.32) ning o'ng tomonini surat va maxrajini 2ϑ ga ko'paytiramiz va ixchamlab yozamiz:

$$h_w = \frac{64\ell\vartheta^2}{Re_d 2gd} = \lambda \frac{\ell\vartheta^2}{2gd}, \quad (2.35)$$

bu yerda, $\lambda = 64/Re_d$ — o'lchamsiz gidravlik qarshilik koef-fitsiyenti bo'lib, Reynolds sonining funksiyasi hisoblanadi va suyuqlik tezligiga to'g'ri mutanosibdir.

Ko'ndalang kesimi yumaloq bo'lmagan quvurlar va ochiq o'zanlar uchun Darsi — Veysbax formulasini hosil qilish uchun (2.35) dagi diametrni *gidravlik radius* ($d = 4R$)ga al-mashtirib qayta yozamiz:

$$h_w = \frac{64\ell\vartheta^2}{Re_d 8Rg} = \lambda \frac{\ell\vartheta^2}{8Rg}. \quad (2.36)$$

Ayrim almashtirishlardan so'ng (2.36) formulani sarf mo-duli (tavsifi) va miqdori orqali quyidagicha yoziladi:

$$h_w = Q^2 \ell / K^2 = \ell i = \frac{8\mu\vartheta}{\rho g r^2} = \lambda \frac{32v\vartheta}{gd^2}, \quad (2.37)$$

bu yerda, $K = SC\sqrt{R} = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \sqrt{R}$ — sarf moduli.

Yuqorida keltirilgan formulalar gidravlik hisoblarda, ya'ni sodda va murakkab suv quvurlarini hisoblashda keng qo'llaniladi.

Masalalar

5.1-masala. Diametri 230 mm quvurda 0,15 m/s tezlikda oqayotgan neftning oqish tartibini aniqlang. Neftning kinematik qovushqoqligi $\nu = 0,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{s}$.

Yechish. Neft harakatining turini aniqlashda avval, shu oqim uchun Reynolds sonining qiymatini topamiz, keyin uni kritik tartibdagi harakat bilan solishtiramiz va natija asosida harakat turini aniqlaymiz:

$$Re_d = \vartheta d / \nu = 0,15 \cdot 0,23 / 0,3 \cdot 10^{-4} = 1150.$$

Topilgan son oqimning $Re_d < Re_{kr} = 2320$ dan kichik bo'lgani uchun oqim harakati laminar bo'ladi.

5.2-masala. Diametri 870 mm Toshkent — Qibray suv quvuridagi suv oqimining tezligi 0,5 m/s. Suvning 293 K.dagi kinematik qovush-qoqligi $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$. Suv oqimining oqish tartibini aniqlang.

5.3-masala. Uzunligi 16 km, ichki diametri 230 mm quvurdan uzatilayotgan suv sarfi 250 l/s bo'lsa, undagi damning pasayishini toping. Mahalliy qarshiliklarni hisobga olmang. Suvning 293 K.dagi kinematik qovushqoqligini $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$ deb oling.

Yechish. Quvur uzunligi bo'yicha damning pasayishini Puazeyl formulasidan foydalanib topamiz:

$$h_\ell = \frac{32\nu\vartheta}{d^2g}.$$

Suv oqimining tezligini sarf formulasidan topamiz va uni Puazeyl formulasiga qo'yib, damning pasayishini hisoblaymiz:

$$\vartheta = Q/S = 4Q/\pi d^2 = 6,0 \text{ m/s}. \quad \text{Demak, } h_\ell = 3,62 \cdot 10^{-4} \text{ Pa}.$$

Hisoblashlarda Reynolds soni va maxsus jadvallardan foydalansa bo'ladi. Unda hisoblaymiz:

$$Re_d = 6 \cdot 0,23/10^{-6} = 138 \cdot 10^4.$$

Unda bu natijaga mos keluvchi po'lat quvur uchun $K_e = 0,1 \text{ mm}$. $d/K_e = 230/0,1 = 2300$ ga teng bo'lgani uchun gidravlik isrof koeffitsiyenti maxsus nomogrammadan topiladi yoki $10^5 < Re_d \leq$

$\leq 9,2 \cdot 10^5 \lambda$ bo'lganida Alshul formulasi $\lambda = 0,11 \left(\frac{K_e}{d} + \frac{68}{Re_d} \right)$ bilan hisoblanadi. Masala shartiga muvofiq, $\lambda = 19 \cdot 10^{-3}$ bo'lgani uchun suv damining uzunlik bo'yicha pasayishi quyidagiga teng bo'ladi:

$$h_\ell = \lambda \frac{d}{K_e Q} \frac{\vartheta^2}{2g} = 0,019 \frac{2300 \cdot 36}{0,25 \cdot 2 \cdot 9,8} = 0,019 \frac{82800}{49} = 321 \text{ m}.$$

5.4-masala. Uzunligi 6 km, ichki diametri 320 mm quvurdan uzatilayotgan suv sarfi 200 l/s. Quvurda yarmigacha berkitilgan ikkita surilma qopqoq (zadvijka) o'rnatilgan va har biri 90° burchakka burilgan ikkita burumlari bor bo'lgan quvurdagi damning pasayishini toping. Mahalliy qarshiliklarni hisobga oling. Suvning 293 K.dagi kinematik qovushqoqligi $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ga teng.

5.5-masala. Oraliqlari 50 m bo'lgan ikkita katta idishlar bir-biri bilan diametri 120 mm po'lat quvur orqali ulangan. Idishlardagi suv sathlari o'zgarmas, biriga suv oqib kirsam, ikkinchisidan esa oqib chiqib turadi. Quvur chorak qismiga berkitilgan bitta burama qopqoqqa va 90° burchakka burilgan bitta burimga ega. Quvurdan o'tayotgan suv sarfini toping. Katta idishga quvurning kirishidagi qarshilikni $\xi_{kir} = 1$ ga teng deb oling.

Yechish. Suv sathlarining farqi $h_1 - h_2 = 6 \text{ m}$ — bu damning pasayishini ifodalaydigan qiymat hisoblanadi. Bu pasayishni quyidagi ifodadan foydalanib, hisoblash mumkin:

$$h = \lambda \frac{L\vartheta^2}{2gd} + \frac{\vartheta^2}{2g} \sum \xi_i,$$

bu yerda, $\sum \xi_i$ — jami mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentlarining yig'indisi.

Formuladan suv oqimi tezligini topamiz:

$$\vartheta = \sqrt{\frac{2gh}{\frac{\lambda L}{d} + \sum \xi_i}}.$$

Mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentlarini masala shartiga mos keluvchi holatlar uchun jadvallardan topamiz, ya'ni $\xi_{kir} = 0,5$; to'g'ri burchakli (90°) tirsak uchun $\xi = 1,1$; ventil uchun $\xi = 0,3$; idishdan idishga quyilishdagi tasodifiy kengayishlar uchun $\xi = 1,0$. Unda, jami mahalliy qarshiliklar koeffitsiyentlari yig'indisi quyidagiga teng:

$$\sum \xi_i = 0,5 + 1,1 + 0,3 + 1,0 = 2,9.$$

Gidravlik qarshilik koeffitsiyentini topish uchun avval, Reynolds sonini hisoblaymiz, so'ng nomogrammadan Re_d ga mos keluvchi qiymatni topamiz:

$$Re_d = \frac{\vartheta d}{\nu} = \frac{1,2 \cdot 0,12}{10^{-6}} = 1,44 \cdot 10^5; \quad K_e / d = 0,15 / 120 = 1,25 \cdot 10^{-3}.$$

Qarshilik kvadratiga mos keluvchi $\lambda = 0,0196$ Shifrinson formula-sidan topiladi, ya'ni $\lambda = 0,11 \sqrt[4]{K_e / d} = 0,0196$.

Aniqlangan natijalar asosida avval suv oqimi tezligini, keyin esa sarfini hisoblab topamiz:

$$\vartheta = \sqrt{\frac{2gh}{\frac{\lambda L}{d} + \sum \xi_i}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 6}{19,6 \cdot 10^{-3} \frac{50}{0,12} + 2,9}} = \sqrt{\frac{117,6}{84,53}} = 1,2 \text{ m/s}.$$

$$Q = \vartheta S = \vartheta \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14}{4} 0,12^2 \cdot 1,2 \approx 4,32 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s} = 4,32 \text{ l} / \text{s}.$$

5.6-masala. Oraliqlari 150 m bo'lgan ikkita katta idishlar bir-biri bilan diametri 150 mm po'lat quvur orqali ulangan. Idish-

lardagi suv sathlari o'zgarmas, biriga suv oqib kirsam, ikkinchisidan esa oqib chiqib turadi. Birinchisidagi suv sathining balandligi 18 m, ikkinchisida esa 4 m. Quvur 0,5 qismiga berkitilgan ikkita burama qopqoqqa va bitta 90° burchakli burimga ega. Quvurdan o'tayotgan suv oqimi tezligini va sarfini toping. Katta idishga quvurning kirishidagi qarshilikni $\xi_{kir} = 1$ ga teng deb oling.

Nazorat savollari

1. Suyuqlikning laminar va turbulent tartibli oqishlarini ta'riflab bering.
2. Quvurda harakatlanayotgan suyuqlikning kritik tezligi deb nimaga aytiladi?
3. Reynolds sonining mohiyati nimada? Uning qiymati nimalarga bog'liq?
4. Quvurda harakatlanayotgan suyuqlikning laminar va turbulent tartibli oqishlarining ko'ndalang kesimidagi tezliklarini sxematik tasvirlang.
5. Laminar tartibda harakatlanayotgan suyuqlik oqimining o'rtacha va eng katta tezliklari munosabatlari orasidagi bog'lanish formulasini yozing.
6. Mahalliy, gidravlik qarshiliklar deb nimaga aytiladi?
7. Absolut va nisbiy g'adir-budur hamda silliqlik quvurlari ta'rifini ayting.
8. Gidravlik radius va qarshilik koeffitsiyentini tushuntiring.

6-bob. SUYUQLIKNING TESHİK VA KALTA QUVURLARDAN OQIB CHIQISHI

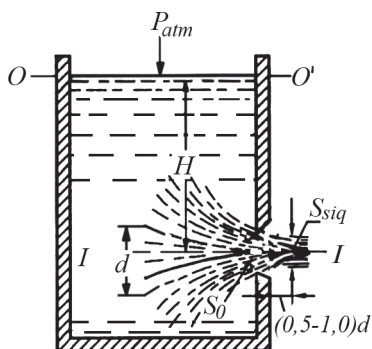
6.1. Suyuqlik oqib chiqishining turlari

Suyuqlikning teshikdan oqib chiqish masalasi amaliy gidravlikada, ya'ni texnikani ishlatish va yangilarini yaratishda e'tibordan chetda qoldirib bo'lmaydigan dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Chunki suyuqlikning teshik va kalta quvurlardan oqib chiqish qonuniyatini bilmasdan, yangi texnikasini yaratib va eskisini rostlab hamda ishlatib bo'lmaydi. Zamonaviy avtomatlashtirilgan robot texnikasi gidrodinamika qonunlari bilan ish ko'radi. Bu masala yechimlarini topishda Torrichelli va Bernulli hammadan ham ko'proq ishlagan.

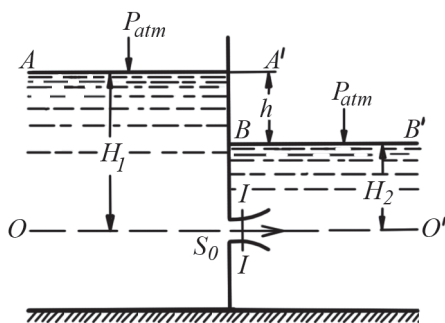
Bu masala hozirgi kunda ham mashinasozlik, energetika, aviatsiya va kosmonavtikada ishlatiladigan baklar, qozonlar, turli xil rezervuarlar hamda gidrosistemalardagi teshik va kalta quvurlardan suyuqlikning oqib chiqish jarayoni uchraydigan hol bo'lgani uchun uning qonuniyatlari o'rganilmoqda. Masalan, ichki yonuv dvigatellarining yangi konstruksiyasini loyihalashda, ularning quvvatiga mos keluvchi miqdordagi yoqilg'ini ta'minlash sistemasidagi jiklerlar teshikchasi va kalta quvurlardan oqib chiqishi qayta hisoblanadi.

Mototsikl va avtomobil, samolyot shassilarida keng qo'llaniladigan gidravlik amortizatorlar va og'ir to'plarda ishlatiladigan orqaga ketishdan saqlovchi gidrosistemalarning ishlashi ham suyuqlikning kichik teshikchalar va quvurlardan oqib chiqishiga misol bo'la oladi. Shuning kabi kosmonavtika va aviatsiya, robotlashgan ishlab chiqarish texnikasida suyuqlikning teshik va kalta quvurlardan oqib chiqishining muhimligini muhandislar bilishadi.

Suyuqlikning oqib chiqishidagi asosiy masala bu turli-tuman geometrik shakllardagi teshik va kalta quvurlardan oqib chiqayotgan suyuqlikning tezligini va sarfini aniqlashdan iborat. Cho'ktirilmagan kichik teshikcha va kalta quvurlardan suyuqlik naychasi to'g'ri atmosferaga (2.7-rasm) yoki boshqa idishga, cho'ktirilganlari esa suv ombori (yoki idish)dagi sathi pastroq suyuqlik ostiga oqib chiqishi mumkin (2.8-rasm). Ikkala holatda



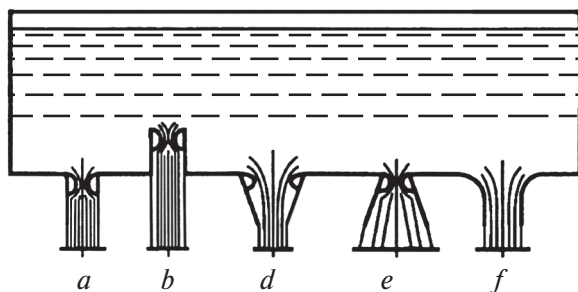
2.7-rasm. Suyuqlikning cho'ktirilgan teshikchadan atmosferaga oqib chiqishi.



2.8-rasm. Suyuqlikning teshikchadan suyuqlik ostiga oqib chiqishi.

ham suyuqlik zarralarining tezligiga va sarfiga suyuqlikning og'irlik kuchi va damining ta'siri bo'ladi. Oqib chiqish parametrlari, nafaqat, dam N yoki sathlar farqiga bog'liq bo'lib qolmasdan, teshik va kalta quvur turiga ham bog'liq bo'ladi. Teshiklar yupqa va qalin devorli, kichik va katta bo'lishi bilan farq qiladi. Teshikning diametri d (yumaloq) yoki to'rtburchak bo'lganida, uning balandligi a ning qiymati N ga nisbatan ancha kichik bo'lganida ularni **kichik teshiklar** deyiladi, ya'ni $d \leq 0,1H$ nisbatni qoniqtiradi. Aksincha, $d \geq 0,1H$ bo'lganida esa ularni **katta teshiklar** deb yuritiladi. Oqib chiqish parametri (tabiati)ni o'zgartira olmaydigan qalinlikdagi devorni **yupqa devor** deyiladi. Tajribada aniqlanganki, bunday turdagi devor qalinligi teshik diametridan $(0,5-1,0)d$ katta bo'lmasligi kerak. Shunda teshikdan oqib chiqayotgan oqim naychasi devor qalinligi chegarasida unga tegmaydi. Shuning uchun devordagi o'tkir, uchli teshiklar chekkalari oqim nayining shakliga va gidravlik tabiatiga ta'sir qilmaydi. Teshik devor qalinligi $\ell > 3d$ ($\delta > 3d$) bo'lguniga qadar orttirilsa, suyuqlikning oqib chiqish tabiatini o'zgartiradi va unda teshik kalta quvurday, ya'ni oqimni **yo'naltiruvchi** nayday ishlay boshlaydi.

Kichkina teshikka kiritilgan oqim tabiatini o'zgartiruvchi qisqa quvurni (nasadka-patrubka) **uchlik kalta quvur** deyiladi. Ko'rinishi egri chiziqli ingichka nay shaklidagi kalta quvurlardan silindrik, konussimon, konodial (2.9-rasm) lari ko'p tarqalgan. Teshik va kalta quvur tekisligidan suyuqlik oqib chiqishida



2.9-rasm. Turli shakllardagi kalta uchlik quvurlardan suyuqlikning oqib chiqishi:

a — tashqi silindrik; *b* — ichki silindrik; *d* — kengayuvchi konussimon; *e* — torayuvchi konussimon; *f* — konodial.

$\ell = (0,5 - 1,0)d$ masofada *nay kesimini siqilish hodisasi* kuzatiladi. Bunga sabab, idish ichidagi suyuqlik nayi teshikka bir tekis egrilanuvchan ko‘rinishdagi trayektoriya bo‘ylab oqib keladi va mexanikaning birinchi qonuniga muvofiq, o‘zining inertligini, ya’ni o‘z trayektoriyasini saqlab qolishga intiladi. Natijada suyuqlik zarrachalari o‘zaro to‘qnashadi, bir-birini bosadi, oqibatda nay siqiladi. Bu hodisa *siqilish koeffitsiyenti* bilan baholanadi.

Siqilgan nay kesimi yuzasi S_c ning teshik diametri yuzasi S_0 ga nisbati $\varepsilon = S_c/S_0$ ni siqilish koeffitsiyenti deyiladi.

Siqilish mukammal va nomukammal hamda to‘liq va noto‘liq bo‘lishi mumkin. Idishning yon devori va tagi teshik konturidan yetarli darajada uzoqda joylashganida va suyuqlik nayining oqib chiqish tabiatiga ta’sir ko‘rsatmaganida, ya’ni $\ell_1 \geq 3d$ va $\ell_2 \geq 3d$ bo‘lganida, suyuqlik nayi **mukammal siqilgan** bo‘ladi. Aksincha holatda, suyuqlik nayining **nomukammal siqilishi** kuzatiladi. Nomukammal siqilish jarayonida siqilish koeffitsiyenti ortib boradi.

Teshik perimetri bo‘yicha, ya’ni hamma tomonlama bir me’yorda siqilishni *to‘la siqilish* deyiladi.

Suyuqlik nayining bir yoki bir necha tomonidan har xil siqiladigan nayni *noto‘liq siqilish* deyiladi.

Noto‘liq siqilishda teshik perimetrining biror qismi idish devori yoki tagi bilan birlashib ketadi.

Atmosferaga suyuqlik nayi oqib chiqishida o'zining uzunligi bo'ylab o'z shaklini o'zgartirish hodisasiga *inversiya* deyiladi. Inversiya hodisasida suyuqlik nayi sirt taranglik kuchiga bog'liq holda buralishi kuzatiladi va teshik shakliga qarab, suyuqlik nayining ko'ndalang kesimi teshikdan uzoqlashgan sayin, o'zining shaklini o'zgartiradi. Masalan, to'rtburchak shaklidagi teshikdan suyuqlik nayi oqib chiqishda, avval sakkiz burchakli shaklga kiradi, so'ngra krest (yoki chorraha) va sh.k. shakllarga kiradi.

6.2. Suyuqlikning yupqa devordagi kichik teshikdan oqib chiqishi

Idish devorida yumaloq shakldagi kichik teshik suyuqlikning erkin sirtidan H chuqurlikda va qolgan devorlar hamda idish tubidan ancha uzoqda joylashganida (2.7-rasmga qarang) suyuqlikning *oqib chiqishi mukammal va to'la* bo'ladi. Suyuqlikning harakatini o'rganish uchun ixtiyoriy ikkita kesimni tanlaymiz: suyuqlik tezligini teshikdagi tezlikka nisbatan juda kichik, ya'ni nolga teng deb olish mumkin bo'lgan erkin sirt-dagi 0—0 kesimini va siqilgan nay kesimi markazidan o'tkazilgan hamda solishtirish tekisligi bilan ustma-ust tushadigan I—I kesimini olamiz. Bu kesimlar uchun Bernulli tenglamasini yozamiz:

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 \vartheta_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 \vartheta_2^2}{2g} + \xi \frac{\vartheta_2^2}{2g}, \quad (2.34)$$

bu yerda, ξ — teshikning qarshilik ko'rsatish koeffitsiyenti;

$h_1 = H$; $h_2 = 0$; $p_1 = p_2 = p_{atm}$; $\vartheta_1 = \vartheta_2 = \vartheta$; $\alpha_1 = \alpha_2$
shartiga muvofiq, Bernulli tenglamasi quyidagi shaklga kiradi:

$$H = (\alpha + \xi) \frac{\vartheta^2}{2g}. \quad (2.35)$$

(2.35) dan suyuqlik nayining oqib chiqish tezligini topamiz:

$$\vartheta = \sqrt{\frac{1}{\alpha + \xi}} \sqrt{2gH} = \varphi \sqrt{2gH}, \quad (2.36)$$

bu yerda, α — **tezlik koeffitsiyenti** (o'lchamsiz kattalik). Uning ma'nosi bu teshik qarshiligini yengishda damning isrof bo'lishi

hisobiga nazariy tezlikning kamayishini bildiradi. Oqib chiqish harakati turbulent bo'lgani uchun $\alpha = 1$ bo'ladi. Unda (2.36) quyidagi shaklga kiradi:

$$\vartheta = \sqrt{\frac{1}{1+\xi}} \sqrt{2gH} = \alpha \sqrt{2gH}, \quad (2.37)$$

bu yerda, $\varphi = \sqrt{\frac{1}{1+\xi}}$ — tezlik koeffitsiyenti.

Qarshilik koeffitsiyentini tezlik koeffitsiyenti ifodasidan topamiz:

$$\xi = (1/\varphi^2) - 1. \quad (2.38)$$

Ideal suyuqlik $\xi = 0$ bo'lgani uchun $\varphi = 1$ bo'ladi. Unda, (2.37) dan suyuqlik **oqib chiqishining nazariy tezligini** ifodalovchi Torrichelli formulasini hosil qilamiz:

$$\vartheta_H = \sqrt{2gH}. \quad (2.39)$$

Torrichelli formulasi jismlarning erkin tushish tezligini aniqlashda qo'llaniladigan formula bilan teng kuchlidir.

Demak, atmosfera bosimi ostidagi o'zgarmas H chuqurlikdagi sathda joylashgan idish teshigidan oqib chiqayotgan ideal suyuqlik tezligi, boshlang'ich tezligi nolga teng bo'lgan qattiq jismning erkin tushish tezligini ifodalalar ekan.

Unda (2.36) va (2.39) tenglamalaridan ko'rinadiki, **tezlik koeffitsiyenti** suyuqlikning haqiqiy oqib chiqish tezligi bilan nazariy tezliklari nisbatiga teng bo'ladi:

$$\varphi = \vartheta/\vartheta_H. \quad (2.40)$$

Uzluksizlik formulasidan foydalanib, *suyuqlikning teshikdan oqib chiqish sarfini* sarf koeffitsiyenti orqali quyidagicha yozish mumkin:

$$Q = \vartheta S_C = \vartheta S_0 \varepsilon = \varepsilon S_0 \alpha \sqrt{2gH} = \mu S_0 \sqrt{2gH}, \quad (2.41)$$

bu yerda, $\mu = \varepsilon \varphi$ — sarf koeffitsiyenti.

Demak, sarf koeffitsiyenti haqiqiy sarfning nazariy sarfga nisbatiga teng kattalik ekan:

$$\mu = \frac{Q}{S_0 \sqrt{2gH}} = \frac{Q}{Q_n}. \quad (2.42)$$

Suyuqlikning yupqa devordagi kichik teshikdan oqib chiqish ko'effitsiyentlari ε , φ va μ , uning qovushqoqligiga hamda harakati turlariga bog'liq ekanligini A.D. Altshul ko'p sonli tajribalarida o'rganib, olingan natijalar asosida ε , φ va μ bilan Reynolds soni Re orasidagi bog'lanish grafigini qurgan (2.10-rasm). Bu grafikdan foydalanib, har xil tezliklarda oqib chiqayotgan turli xil suyuqliklar uchun oqib chiqish ko'effitsiyentlarini topish mumkin. Masalan, yupqa devordagi d diametri yumaloq kichik teshikdan siqilgan kesimi $d_c = 0,8 d$ bo'lgan suv oqib chiqayotgan bo'lsin. Unda siqilish ko'effitsiyenti $\varepsilon = S_c / S d_c^2 / d^2 = 0,64$ ga teng bo'ladi. Tezlik va sarf ko'effitsiyentlari va $\varphi = 0,97$ va $\mu = \varepsilon\varphi = 0,64 \cdot 0,97 = 0,62$ ga teng bo'ladi. Uzlüksiz muhit massasi oqib chiqishini nazariy tezligi bilan Reynolds soni orasidagi bog'lanishni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$Re = \frac{v_H \cdot d}{\rho g} = \frac{d\sqrt{2gH}}{\rho g} \quad (2.43)$$

Reynolds soni $Re > 10^4$ dan katta bo'lganida, kichik teshikdan oqib chiqishi ko'effitsiyentlarini quyidagicha qabul qilish mumkin:

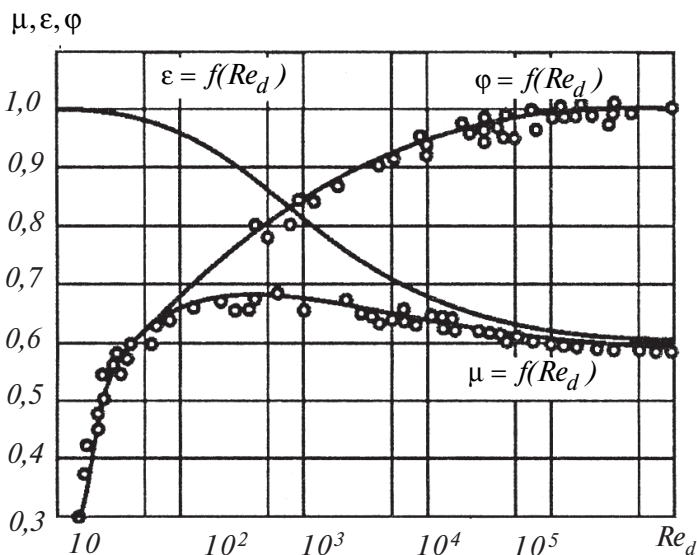
$$\varepsilon = 0,62 - 0,64; \quad \varphi = 0,97; \quad \mu = 0,60 - 0,62; \quad \xi = 0,06.$$

N.P. Pavlovskiy tomonidan turli xil diametrli teshiklardan oqib chiqqan suyuqlik sarfini hisoblash uchun taklif qilingan taxminiy sarf ko'effitsiyentlaridan sodda hisoblashlarda foydalanish mumkin (2.1-jadval).

2.1-jadval

Turli xil diametrli teshiklar uchun sarf ko'effitsiyentining qiymatlari

T/r	Teshiklar turlari	Sarf koef. $m \cdot 10^2$
1.	Mukammal siqilgan kichik teshik	60—62
2.	Mukammal siqilgan o'rta o'lchamdagi teshik	65,0
3.	Nomukammal to'liq siqilgan katta teshik	70,0
4.	Tagiga siqilmagan, yoniga me'yorida siqilgan katta teshik	80,0
5.	Yoniga kuchliroq siqilgan, tagiga siqilmagan teshik	65—70
6.	Yoniga tekis yondashuvchi tagi bo'ylab siqilmagan teshik	80—85



2.10-rasm. Cho'ktirilmagan tashqi teshikdan suyuqlikning oqib chiqishi ϵ , ϕ va μ koeffitsiyentlarining Reynolds soniga bog'liqlik grafi.

Muhandislik amaliyotida, cho'ktirilgan sathda joylashgan kichik teshikdan suyuqlik to'ldirilgan muhitga oqib chiqishi ko'proq uchraydi. Bu turdagi oqib chiqishni **sath ostiga** (yoki cho'ktirilgan teshik orqali) **oqib chiqish** deyiladi. Bu turdagi oqib chiqishlarga shluz (suv darvozasi)ning shitidagi derazalar yoki to'g'on qulfi (zatvor) orqali suvni oqizib yuborish usullari misol bo'la oladi (2.8-rasmga qarang).

Idishlardagi suyuqlik sathlari bir xil va sirtlaridagi bosim atmosfera bosimiga teng. Devorning ikki tomonidagi suyuqliklar erkin sirtlaridagi kesimlari ($A-A'$ va $B-B'$) uchun Bernulli tenglamalarini yozamiz:

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \left(\xi \frac{v^2}{2g} + \alpha \frac{v^2}{2g} \right), \quad (2.44)$$

bu yerda, $\left(\xi \frac{v^2}{2g} \right)$ — teshik qarshiligini yengishga sarf bo'lgan dam isrofi; $\left(\alpha \frac{v^2}{2g} \right)$ — suyuqlikning elementar nayining ken-gayishiga va ikkinchi katta idishdagi teshikning old qismida hosil bo'ladigan buramalarga sarf bo'lgan dam isrofi.

Jami isrof bo'lgan dam qiymatlarini tenglamaga qo'yib, $p_1 = p_2$ ni e'tiborga olgan holda h ga nisbatan (2.44) ni yozamiz:

$$\Delta h = h_1 - h_2 = (\xi + a) \frac{\vartheta^2}{2g}. \quad (2.45)$$

(2.45) dan suyuqlik sathining ostiga cho'ktirilgan teshikdan oqib chiqqan suyuqlik tezligini topamiz.

$$\vartheta = \frac{1}{\sqrt{a + \xi}} \sqrt{2g\Delta h} \quad (2.46)$$

yoki

$$\vartheta = \varphi \sqrt{2g\Delta h}. \quad (2.47)$$

(2.41) ni suyuqlik cho'ktirilgan kichik teshikdan suyuqlik ostiga oqib chiqqan holati uchun qayta yozamiz:

$$Q = \varepsilon S_0 \varphi \sqrt{2g\Delta h} = \mu S_0 \sqrt{2g\Delta h}. \quad (2.48)$$

(2.41) va (2.48) ifodalardan ko'rinadiki, H dam o'rniga sathlar ayirmasi Δh ni kiritib, sarfni hisoblash mumkin.

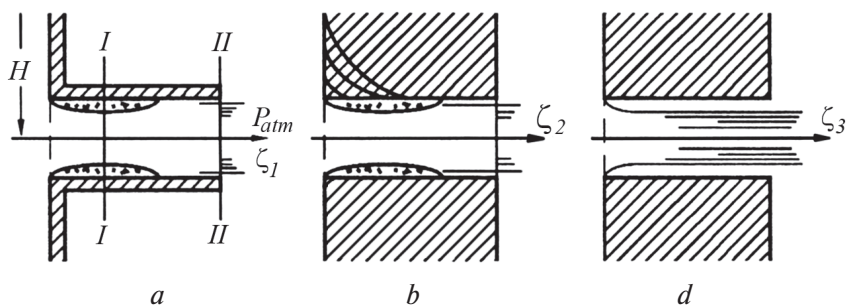
6.3. Tashqi silindrik o'rnatma kalta uchli quvurdan suyuqlikning oqib chiqishi

Idish devoridagi kichik teshikka qo'ndirilgan kalta quvurcha (nasadka)dan suyuqlik nayi oqib o'tishida, kalta quvur kirishida xuddi teshikdan oqib chiqayotgandek siqiladi, so'ngra asta-sekin kengayib borib, kalta quvurcha kesimini to'ldirib oqadi (2.11-*a*, *b*, *d* rasm). Suyuqlik kalta quvur kesimini to'ldirib oqib chiqqanligi uchun chiqishdagi siqilish koeffitsiyenti $\varepsilon = 1$, sarf koeffitsiyenti esa $\mu = \varphi$ bo'ladi.

Quvurlar uzun va kalta, murakkab va sodda, ko'ndalang kesimi o'zgarmas va o'zgaruvchan, bosimli va bosimsiz, bosimi o'zgarmas va o'zgaruvchan, nomlanishiga ko'ra, magistral va mahalliy turlarga bo'linadi.

Butun uzunligi bo'yicha yon tomoniga tarmoqlanmagan quvurni *sodda quvur* deyiladi.

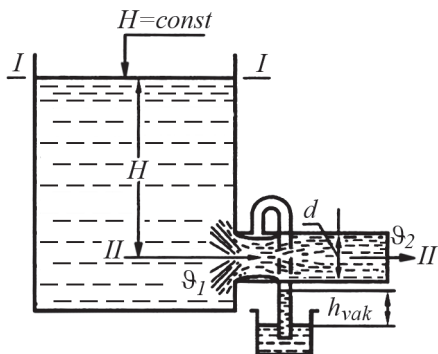
Suyuqlik oqimi nayiga muayyan tuzilish berishga mo'ljallangan kichik teshikka qo'ndiriladigan kalta quvurni **o'rnatma kalta uchlik quvur (nasadka)** deyiladi. Texnikada o'rnatma kalta



2.11-rasm. Tashqi (a) va qalin devorli (b) silindrik oʻrnatma kalta uchlik quvurlardan suyuqlikning oqib chiqishi va suyuqlik nayining ichki sirtidan uzilishi (d) hodisasiga oid chizma.

uchli quvur suyuqlik sarfini aniqlashda, teshikning oʻtkazish imkoniyatini orttirishda, oqim nayining kuchini va uzoqqa otilishini kattalashtirishda, suv nasoslaridagi ejektor va injektorlarda vakuum hosil qilishda va sh.k.larda keng qoʻllaniladi.

Suyuqlik nayining oʻrnatma kalta uchlik quvurlarda siqilishi va teshikdan oqib chiqish jarayonlari bir-biridan farq qiladi. Chunki oʻrnatma kalta uchli quvurlar geometrik shakllariga koʻra, silindrsimon (idish ichkarisida va tashqarisida oʻrnatiladigan), kononik, konodial (torayuvchi va kengayuvchi) boʻladi. Oʻrnatma kalta uchli quvur qattiq devorli boʻlgani uchun uning ichidagi siqilgan suyuqlik nayi atrofida «siqilish» zonasi yoki halqasimon «oʻlik» boʻshliq hosil boʻladi. Bu boʻshliq vaqt-vaqti bilan uyurmali, aylanma harakatdagi suyuqlik bilan toʻldiriladi va tezda asosiy suyuqlik oqimiga qoʻshilib chiqib ketadi. Buning natijasida «oʻlik» boʻshliqdagi bosim atmosfera bosimidan kichik boʻladi va u yerda suyuqlikdan havo pufakchalari ajralishi (kavitatsiya hodisasi)ga sababchi boʻlgan vakuum hosil boʻladi. Ajralgan havo oʻrnatma kalta uchli quvur orqali oqib oʻtayotgan suyuqlikka qoʻshilib oqim bilan tashqariga chiqib ketadi. Oʻrnatma kalta uchli quvurdan oqib chiqayotgan suyuqlik miqdori yupqa devordagi kichik teshikdan oqib chiqqaniga nisbatan birmuncha ortadi. Quvurcha ichida suyuqlik harakatining oʻzgarishi hisobiga vakuum hosil boʻladi va shuning hisobiga soʻrilish ortadi, yaʼni oʻrnatma kalta uchli quvur vakuum taʼsirida oʻziga xos nasosday ishlaydi va qoʻshimcha suyuqlikni soʻradi (2.12-rasm).



2.12-rasm. Tashqi silindrsimon oʻrnatma kalta uchli quvurda vakuum hosil boʻlishiga oid chizma.

Keltirilgan rasmdan koʻrinadiki, idish devoridan kam uzoqlikda joylashgan nuqtaga oʻrnatilgan suyuqlik manometri shu nuqtada hosil boʻlgan vakuumni koʻrsatadi. Suyuqlikning H chuqurligi uchun tajribalarda olingan natijalar asosida quyidagi nisbatni yozish mumkin:

$$h_{vak} = 0,75 H.$$

Tashqi silindrik oʻrnatma kalta uchli quvur orqali oʻtayotgan suyuqlikning oqib chiqish tezligini va sarfini hisoblash formulalarini hosil qilish uchun solishtirish tekisligini kalta quvur oʻqidan oʻtkazib, ikkita I—I va II—II kesimlarga mos keluvchi Bernulli tenglamalarini tuzamiz:

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{a_1 v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \xi \frac{v_2^2}{2g}, \quad (2.49)$$

bu yerda, ξ — teshikning qarshilik koʻrsatish koeffitsiyenti;

$$h_1 = H; \quad h_2 = 0; \quad p_1 = p_2 = p_{atm}; \quad v_1 = 0$$

shartiga muvofiq (2.49) ni qayta yozish mumkin:

$$H = \frac{v_2^2}{2g} + \xi \frac{v_2^2}{2g} = (1 + \xi) \frac{v_2^2}{2g}. \quad (2.50)$$

(2.50) dan oqib chiqish tezligi ifodasini topamiz:

$$v = \frac{1}{\sqrt{1+\xi_H}} \sqrt{2gH} = \varphi_H \sqrt{2gH}. \quad (2.51)$$

Tashqi silindrik oʻrnatma kalta uchli quvurdan oqib chiqqan suyuqlik sarfi:

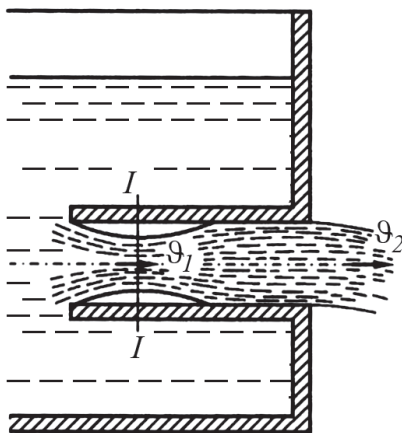
$$Q = \vartheta_2 S_0 = S_0 \varphi_H \sqrt{2gH} \text{ ga}$$

teng boʻlgani va $\varphi_H = \mu_H$ tengligi asosida sarf formulasi quyidagi koʻrinishga keladi:

$$Q = \mu_H S_0 = \sqrt{2gH} . \quad (2.52)$$

(2.51) va (2.52) tenglamalar suyuqlikning kichik teshikli oʻrnatma kalta uchlik quvurdan oqib chiqish tezligini va sarfini aniqlashda ishlatiladigan formulalar boʻlsa-da, yuqoridagi (2.36) va (2.41) tenglamalardan faqat old koʻpaytuvchi koeffitsiyentlar qiymatlari bilan farqlanadi (2.13-rasm).

Tashqi silindrik kichik teshikli oʻrnatma kalta uchli quvurning chiqish kesimidagi suyuqlik nayining siqilish koeffitsiyenti $\varepsilon_0 = 1$ boʻlsa-da, nay kesimining eng tor joyidagi qiymatini Reynolds sonining eng katta qiymatlari va $\zeta = 0$ boʻlganida, yupqa devordagi teshikdan suyuqlikning oqib chiqishdagi siqilish koeffitsiyenti $\varepsilon_0 = 0,64$ ga teng deb olish mumkin. Unda (2.51) va (2.52) tenglamalarga muvofiq, tezlik va sarf koeffitsiyentlarining qiymatlari $\varphi_H = \mu_H = 0,84$ ga teng boʻladi. Kalta quvur uzunligi boʻylab paydo boʻlgan isrofni va



2.13-rasm. Choʻktirilgan ichki kalta quvurdan suyuqlikning atmosferaga oqib chiqishi.

tajribada aniqlangan natijalar hisobga olinsa, bu koeffitsiyentlar $\varphi_H = \mu_H = 0,82$ ga teng deb olinadi.

Demak, *tashqi silindrik kichik teshikli o'rnatma kalta uchli quvur suyuqlik sarfini orttirib, oqib chiqish teshigini yupqa devordagi kichik teshikchani quvurga nisbatan, sezilarli darajada kamaytirar ekan.*

O'zgaruvchan dam ostidagi suyuqlikning oqib chiqishi.

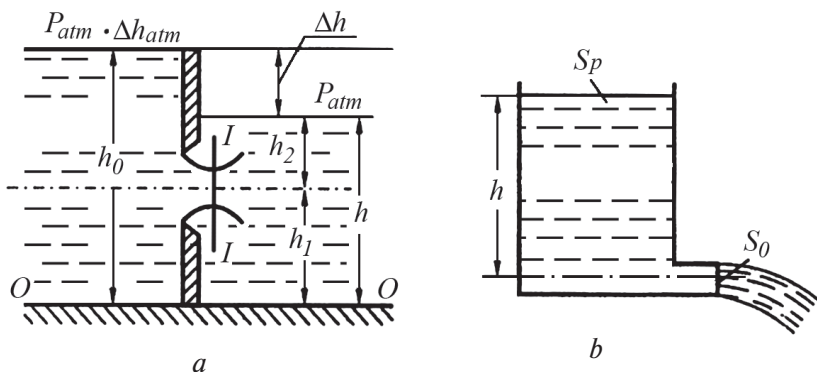
To'ldirilgan katta idishlardagi suyuqlik gidrostatik bosim ta'sirida uzluksiz oqib chiqib tursa, idish bo'shab boradi, ya'ni undagi suyuqlik miqdori kamayib boradi. Bu turdagi katta idishlar (rezervuar)lar suv, neft va uning mahsulotlari, gidroinshootlarning shtuz kameralari esa suv bilan to'ldiriladi. Katta idishlardagi suyuqlik oqib chiqib turgani uchun oqib chiqish tezligi va sarfi kamayib boradi. Agar suyuqlik to'ldirilgan katta hajmli idish yuzasi S_i suyuqlik oqib chiqayotgan teshik yuzi S_0 dan juda katta, ya'ni $S_i \gg S_0$ bo'lsa, katta idishdagi suyuqlik sirtining pasayish tezligini hisoblashlarda e'tiborga olmasa ham bo'ladi. Chunki teshikdan oqib chiqayotgan suyuqlik tezligi sirtning pasayish tezligidan katta, ya'ni $\vartheta_s \ll \vartheta_m$.

Katta idish hajmi ($V = Sh$) ga teng miqdordagi suyuqlik teshikdan oqib chiqishi kerak. Oqib chiqqan suyuqlik sarfi $Q = \mu S_0 \sqrt{2gh}$ ga teng bo'ladi. Lekin katta idishga tashqaridan suyuqlik oqib kirib turmaganligi sababli, uning tubidagi va teshik joylashgan nuqtadagi bosimi idishning bo'shatilish davrida o'zgaruvchan bo'ladi. Bunda suyuqlikning teshikdan oqib chiqishida uning gidrostatik bosimi, sarfi va tezligi ham nolgacha pasayib boradi. Agarda sarf koeffitsiyenti $\mu = const$ bo'lsa, o'rtacha sarf $Q_{o'rt}$ ni quyidagicha yozish mumkin:

$$Q = 0,5(\mu S_0 \sqrt{2gH} + 0) = 0,5\mu S_0 \sqrt{2gH}. \quad (2.53)$$

Unda katta idishning bo'shatilish vaqti quyidagiga teng bo'ladi:

$$t = \frac{S_c H}{0,5\mu S_0 \sqrt{2gH}} = \frac{2S_c \sqrt{H}}{\mu S_0 \sqrt{2g}}. \quad (2.54)$$



2.14-rasm. Suyuqlikning cho'ktirilgan (a) va tashqi (b) teshiklardan oqib chiqishi.

Suyuqlik ichkarisiga cho'ktirilgan teshikdan sathi pastroq idish yoki havzaga, teshik ustidagi bosim o'zgaruvchan bo'lganida, teshik orqali oqib chiqqan suyuqlik miqdori (2.53) bilan hisoblanishi mumkin. Bu hisobda H o'rniga $\Delta h = h_0 - h_1$ olinadi (2.14-rasmga qarang). Suyuqlik sathi ostiga oqib chiqadigan oqimlar ishlab chiqarish va turmushda ko'p uchraydi. Masalan, tashlama suvlar, kanalizatsiya, yer ostida joylashgan tarmoqlardagi katta quvurlarga ulanadigan quvurlardagi oqimlar.

6.4. Turli geometrik shakldagi kalta quvurlardan suyuqlikning oqib chiqishi

Amaliyotda suyuqliklar oqimida tashqi va ichki silindrik, kengayuvchi va torayuvchi konussimon, konodial (soplo va diffuzor) shakldagi kalta quvurlardan foydalaniladi.

Ichki silindrik kalta quvurdan suyuqlik tashqi silindrik quvurdagidek oqib chiqadi (2.13-rasm). Bu quvur uchun siqilish koeffitsiyenti $\epsilon = 1$ bo'lsa-da, tezlik va sarf koeffitsiyentlari birdan kichik, ya'ni:

$$\varphi = \mu = 0,71. \quad (2.55)$$

Demak, ichki silindrik kalta quvurning gidravlik qarshiligi katta, vakuum darajasi va suyuqlik sarfi ichkarida joylashganiga nisbatan kichik bo'lar ekan.

Shuning uchun amaliyotda kamroq o'z tatbiqini topgan.

Kengayuvchi va torayuvchi konussimon kalta quvurlar

kesik konus shaklida bo'lib, mos ravishda, asoslarining kichik va katta tomonlari bilan idish devoridagi teshikka qo'ndiriladi (2.15- *a*, *b* rasmlar).

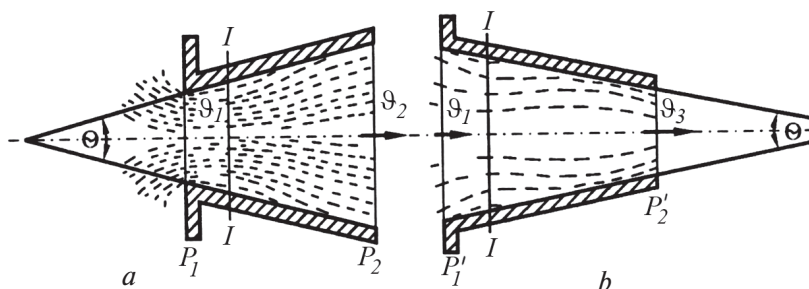
Kengayuvchi va torayuvchi konussimon kalta quvurlarning kirishidagi suyuqlikning ϑ_1 va ϑ'_1 tezliklari, ularning chiqishi-dagi ϑ_2 va ϑ'_2 tezliklaridan, mos ravishda, ancha katta va kichik bo'lsa-da, bosimlari esa aksincha, ya'ni $p_1 < p_2$ va $p_1 > p_2$ bo'ladi.

Kengayuvchi va torayuvchi konussimon kalta quvurlarning chiqishida suyuqlikning siqilish koeffitsiyentlari tashqi siqilish mavjud bo'lmagani uchun $\varepsilon = 1$ ga teng.

Bu quvurlarning konuslik darajasi $\theta > 8^\circ$ bo'lganida, devordan suyuqlik uzila boshlaydi va unda suyuqlik quvur kesimini to'ldirib oqmaydi. Bu oqib o'tish jarayonida suyuqlik avval siqiladi, keyin esa kengayadi. Natijada kengayuvchi kalta quvurda energiyaning isrofi silindrikka nisbatan katta.

Kengayuvchi konussimon kalta quvurda harakatlanayotgan suyuqlik nayining tezlik φ va sarf μ koeffitsiyentlarining qiymatlari quvurni konuslik burchagiga va oqimning quvurga kirganiga qadar shakllanishiga bog'liq. Shuning uchun quvurning chiqish kesimiga nisbatan $\theta = (5-7)^\circ$ burchaklarda bu koeffitsiyentlarni quyidagicha olish mumkin:

$$\varphi = \mu = 0,45. \quad (2.56)$$



2.15-rasm. Kengayuvchi (*a*) va torayuvchi (*b*) kalta konussimon quvurlardan suyuqlikning oqib chiqishi.

Sarf koeffitsiyentining qiymati kichik bo'lsa-da, bunday kengayuvchi kalta quvur amalda suyuqlikning katta sarfini beradi. Shuning uchun katta sarf olish zarurati paydo bo'lganida, yupqa devordagi teshikka kengayuvchi konussimon kalta quvur o'rnatiladi.

Torayuvchi konussimon kalta quvurda harakatlanayotgan suyuqlik nayida hosil bo'lgan vakuum darajasi, suyuqlik tezligi, tezlik koeffitsiyenti hamda suyuqlik sarfi silindrik va kengayuvchi konussimon kalta quvurlardagiga nisbatan kam bo'ladi, ya'ni:

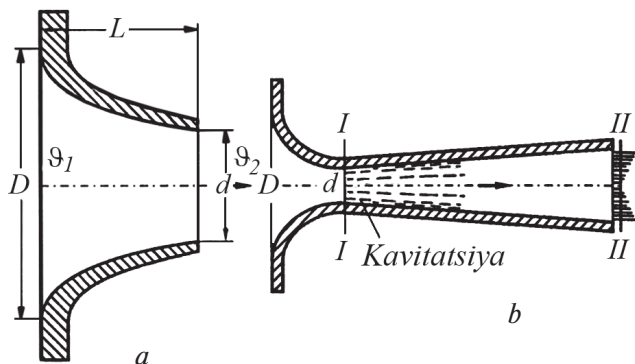
$$h_{vak.tor.} < h_{vak.s.} < h_{vak.keng.} \quad (2.57)$$

$$\vartheta_{tor.} > \vartheta_s. > \vartheta_{keng.} \quad (2.58)$$

$$\Phi_{tor.} > \Phi_s. > \Phi_{keng.} \quad (2.59)$$

$$Q_{tor.} < Q_s. < Q_{keng.} \quad (2.60)$$

Konodial kalta quvur(soplo) kirish qismining shakli suyuqlik nayining tabiiy siqilish shakliga o'xshashroq bo'lsa-da, chiqishiniki esa silindrik (2.16-rasm) bo'lgani uchun oqim nayining quvurga kirishida uzilmasligini va chiqishida parallelligini hamda dam isrofining eng kichik bo'lishini ta'minlaydi. Soplosimon kalta quvurdan oqib o'tayotgan suyuqlik nayining siqilish darajasi kichik, tashqarisida umuman yo'q, ya'ni $\varepsilon = 1$ bo'lgani uchun qarshilik koeffitsiyenti $\xi = (3 - 10) \cdot 10^{-2}$ ga teng. Shuning uchun tezlik va sarf koeffitsiyentlari o'zaro teng



2.16-rasm. Soplo (a) va diffuzor (b) shaklidagi kalta quvurlar.

qiyamatli, ya'ni $\varphi = \mu = 0,97$ (o'ta yuqori darajada jilvirlangan quvur uchun $\varphi = \mu = 0,99$ ga teng).

Diffuzor shaklidagi kalta uchlik quvur soplo va diffuzor birikmasidan tashkil topgan (2.17-rasm). Kalta quvurning tor joyida suyuqlik bosimining tushishi va tezligi hamda sarfining ortishini ta'minlash uchun shu shakldagi quvur qo'llaniladi.

Soploning tor kesimini va undagi damni o'zgarmas saqlagan holda diffuzor shaklidagi kalta uchlik quvurning suyuqlikni o'tkazish imkoniyatini soploga nisbatan 2,5 martagacha orttirish mumkin. Shuning uchun texnikada diffuzor ko'p ishlatiladi. Bu turdagi kalta quvurlardagi dam balandligi $H = 1 - 4$ m bilan chegaralanadi va katta damlarda soploning eng tor kesimida suyuqlikning kavitatsiyasi hisobiga uning sarfi keskin kamayib ketadi.

6.5. Teshik va kalta quvurlarning suyuqlikni uzatishda texnikadagi tatbiqi

Suyuqlikni uzatishda, uning miqdorini rostdashda har xil shakl va o'lchamdagi teshik hamda kalta quvurlardan texnikada keng qo'llaniladi. Masalan, suyuqlik sarfini aniq o'lchamda rostlangan (kalibrangan) teshikchali jiklorlar, forsunkalar (purkagich-changlatgichlar) karburatorli va dizel ichki yonuv hamda raketa dvigatellarida qo'llaniladi.

Gidravlik amortizatorlar mashina-mexanizmlarning tebranishlarini so'ndirishga mo'ljallangan. Amortizatorning bir bo'shlig'idan ikkinchisiga tor teshikcha va kanalchalar orqali suyuqlikning tashqi kuch ta'sirida o'tishiga qarshilik ko'rsatish jarayonida tebranish energiyasi yutiladi. Shuning hisobiga tebranish amplitudasi so'ndiriladi.

Katta hajmli idishlarni suyuqlikdan bo'shatishda, ya'ni sisterna, rezervuardagi suv, neft mahsulotlarini chiqarib yuborishda silindrik kalta quvur vazifasini tarmoqlangan kalta quvurlar, yo'llarga to'shaladigan materiallarga suv sochishdagi kranlar, to'g'on tanasida joylashgan suv chiqargichlar va sh.k.lar bajaradi.

Suv chiqargich silindrik quvur bo'lib, to'g'on oldida, toshqin vaqtlarida yig'ilib qolgan ortiqcha suvni tashlab yuborish vazifasini bajaradi.

Kengayuvchi konussimon kalta quvurlar ko'tarma to'g'onlar tagidagi quvurlarda, ejetor (oqim) nasoslarda, elevator (ikki xil suyuqlikni aralashtirgich)larda suyuqlik oqimini sekinlashtirish, bosimi va sarfini orttirishda hamda reaktiv gidroturbinalarning so'ruvchi quvurlarida qo'llaniladi. Torayuvchi konussimon kalta quvurlar texnikaviy qurilmalardan suyuqlikning katta tezlikda otilib chiqishini, uning kuchini hamda uzoqqa otilishini ta'minlashda o'z tatbiqini topgan.

Masalan, o't o'chiruvchilarning brandepoyti, ichki yonuv dvigatellaridagi forsunkalar, favvora, aktiv gidroturbina sopolari, tog' jinslarini maydalashda va yerni portlatishda qo'llaniladigan gidromonitorlarda torayuvchi sopolosimon kalta quvurlar ishlatiladi.

Masalalar

6.1-masala. Oraliqlari 150 m bo'lgan ikkita katta idishlar bir-biri bilan diametri 150 mm po'lat quvur orqali ulangan. Idishlardagi suv sathlari o'zgarmas, biriga suv oqib kirsam, ikkinchisidan esa oqib chiqib turadi. Birinчисidagi suv sathining balandligi 18 m, ikkinчисidagisi esa 4 m. Quvur 0,5 qismiga berkitilgan ikkita burama qopqoqqa va bitta 90° burchakli burumga ega. Quvurdan o'tayotgan suv oqimining tezligini va sarfini toping. Katta idishga quvurning kirishidagi qarshilikni $\xi_{kir} = 1$ deb oling.

6.2-masala. Po'lat quvur har birining uzunligi 36 m va 64 m bo'lgan ikkala quvurlarga tarmoqlangan, undagi sarf 5 l/s. Tarmoqlangan quvurlardagi sarf modullari, mos ravishda, birinчисida 2,5 l/s, ikkinчисida esa 3,0 l/s bo'lgan holatlar uchun dam va sarfining pasayishlarini toping.

Yechish. Tarmoqlangan quvurlarda suv damining pasayishi quyidagidan topilishi mumkin:

$$h_{1-2} = \frac{Q_2}{\left(\frac{K_1}{\sqrt{L_1}} + \frac{K_2}{\sqrt{L_2}}\right)^2} = \frac{(5 \cdot 10^{-3})^2}{\left(\frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{36}} + \frac{3 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{64}}\right)^2} = \frac{25 \cdot 10^{-6}}{(79,2 \cdot 10^{-5})^2} = 39,86 \text{ m}.$$

Suv quvurining tarmoqlaridagi sarflarni topish uchun ishqa-

lanishda gidravlik damning pasayish formulasidan sarf ifodasini topib hisoblaymiz:

$$Q_1 = K_1 \sqrt{\frac{h_{isp}}{L_1}} = 2,5 \sqrt{\frac{39,86}{36}} = 2,91 \text{ } \ell / \text{s};$$

$$Q_2 = K_2 \sqrt{\frac{h_{isp}}{L_2}} = 3 \sqrt{\frac{39,86}{64}} = 2,36 \text{ } \ell / \text{s}.$$

Jami sarf har ikki tarmoqlardagi sarflar yig'indisiga teng bo'lishi kerak, ya'ni $Q = Q_1 + Q_2 = 2,91 + 2,36 = 5,27 \text{ } \ell / \text{s}$. Topilgan natija 5,4 % xatolik ($0,27 \text{ } \ell / \text{s}$) bilan berilgan sarfga mos tushayotgani uchun hisobni to'g'ri deb qabul qilish mumkin.

6.3-masala. Har birining uzunligi 81 m va 50 m tarmoqlangan ikkita po'lat quvurlardagi sarf $6,5 \text{ } \ell / \text{s}$. Tarmoqlangan quvurlardagi sarf modullari, mos ravishda, birinchisida $4,9 \text{ } \ell / \text{s}$, ikkinchisida esa $4,0 \text{ } \ell / \text{s}$ bo'lgan holatlar uchun dam va sarfning pasayishlarini toping.

6.4-masala. Katta idish devorida ochilgan, diametri $d = 80 \text{ mm}$ yumaloq teshikdan atmosferaga oqib chiqayotgan suv sarfi va tezligini toping. Idishdagi teshik o'qidan suv sathigacha bo'lgan balandlik 8 m.

Yechish. Suvning teshikdan oqib chiqish tezligi $\vartheta = \varphi \sqrt{2g\Delta h}$ va sarfi $Q = \mu S \sqrt{2g\Delta h}$ formulalardan topiladi:

$$\vartheta = 0,97 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 8} = 12,15 \text{ } m / \text{s};$$

$$Q = 0,62 \frac{3,14 \cdot 0,08^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 8} = 0,039 = 39 \text{ } \ell / \text{s}.$$

6.5-masala. Katta idish devorida ochilgan diametrlari, mos ravishda, $d = 40 \text{ mm}$ va 60 mm yumaloq teshiklardan atmosferaga oqib chiqayotgan suv sarfi va tezliklarini toping. Cho'ktirilgan teshiklar suv sathidan 6 m va 8 m chuqurliklarda joylashgan.

6.6-masala. Uzunligi 5,4 m, eni 2,1 m bo'lgan sisternani suvdan bo'shatish uchun diametri 200 mm ventil ochildi. Ventilning suv sirtiga nisbatan cho'ktirilgan chuqurligi 2 m bo'lsa, uning bo'shatilish vaqtini toping.

Yechish. Sisternani bo'shatish vaqti quyidagidan topiladi:

$$t = \frac{S_c H}{0,5 \mu S_0 \sqrt{2gH}} = \frac{2S_c \sqrt{H}}{\mu S_0 \sqrt{2g}} = \frac{2 \cdot 0,1256}{0,6} \cdot \frac{\sqrt{2}}{5,4 \cdot 2,1 \sqrt{2 \cdot 9,81}} =$$

$$= 0,01958 \text{ soat} = 70,5 \text{ s}.$$

6.7-masala. O'lchami $18 \times 35 \times 6 \text{ m}^3$ bo'lgan shluz kamerasidagi suvni chiqarishga mo'ljallangan 8 ta to'rtburchak shaklidagi cho'ktirilgan teshiklar 5 m chuqurlikda joylashgan. Teshiklar o'lchamlari $1,5 \times 1,2 \text{ m}^2$. Sarf koeffitsiyenti $\mu_c = 0,6$.

Shluz kamerasini suvdan bo'shatish vaqtini toping.

6.8-masala. Rezervuar devoriga qo'ndirilgan diametri $d = 100 \text{ mm}$ konussimon teshikdan atmosferaga oqib chiqayotgan suv sarfini toping. Cho'ktirilgan teshik o'qidan suv sathigacha bo'lgan balandlik 9 m.ga teng.

Yechish. Kengayuvchi konussimon kalta quvurdan suyuqlikning oqib chiqish sarfini quyidagi formuladan foydalanib hisoblanadi:

$$Q = \mu_c S \sqrt{2gh} = 0,96 \frac{3,14 \cdot 0,12^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 9} = 0,1 = 100 \text{ l/s}.$$

6.9-masala. Rezervuar devoriga qo'ndirilgan diametrlari $d = 100 \text{ mm}$ va $d = 160 \text{ mm}$ konussimon teshikdan atmosferaga oqib chiqayotgan suv sarflarini toping. Cho'ktirilgan teshik o'qidan suv sathigacha bo'lgan balandlik 10 m.ga teng.

6.10-masala. To'g'on tanasida cho'ktirilgan holda 8 m chuqurlikda diametri 1,2 m, uzunligi 4,5 m silindrik suv tashlama quvuri joylashtirilgan. Toshqin yoki sel suvi $0,3 \text{ l/s}$ tezlikda to'g'onga oqib kelayotgan bo'lsa, suv tashlama quvurni kalta quvur deb olish mumkinmi? Bu quvurdan oqib chiqayotgan suv sarfini aniqlang.

Yechish. Quvurni shartli kalta quvur deb olish uchun $\ell = (3-5)d$ sharti masalada qo'yilgan savolni qoniqtirishini tekshiramiz: $\ell/d = 4,5/1,2 = 3,75$.

Tekshirilgan yechimga muvofiq to'g'on tanasida joylashtirilgan quvurni kalta quvur deb olish mumkin ekan. Unda sarf koeffitsiyentini $\mu = 0,82$ deb olish mumkin bo'lgani uchun sarfni quyidagi formuladan foydalanib, hisoblab topiladi:

$$Q = \mu_c \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2gH} = 0,82 \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 9} = 11,27 \text{ m}^3 / \text{s}.$$

6.11-masala. Yuqorida keltirilgan 6.10-masala shartini quvurning quyidagi parametrlari uchun qaytadan hisoblang:

$$d = 1,8 \text{ m}; \quad \ell = 10 \text{ m}; \quad H = 9 \text{ m}.$$

6.12-masala. Uchta ketma-ket, bir-biridan suv devorlaridagi teshiklar orqali oqib o'tadigan katta hajmli idishlar berilgan. Idishlardagi suv sathlarining balandliklari $h > h_1 > h_2$ bo'lsa-da, birinchi idishga uzluksiz suv oqib kirib turgani uchun ular o'zgarmas saqlanadi.

$d_1 = 30$ mm, $d_2 = 15$ mm, $d = 20$ mm va kalta quvurning uzunligi $\ell = 9$ sm bo'lgan holat uchun suyuqlik sarfi hamda h_1 va h_2 sath balandliklari topilsin.

Nazorat savollari

1. Teshiklar va kalta quvurlarning tavsiflarini izohlang.
2. Suyuqlik nayining siqilish hodisasi nima va uning qanday turlarini bilasiz?
3. Suyuqlik nayining siqilish, tezlik va sarf koeffitsiyentlari ta'riflarini ayting.
4. Atmosferaga tor teshikdan suyuqlikning oqib chiqish tezligini aniqlash formulasini yozing va uni tushuntiring.
5. Tor teshikdan atmosferaga suyuqlikning oqib chiqishi kalta quvurdan oqib chiqishidan nima bilan farq qiladi?
6. Kichik teshikdan suyuqlikning oqib chiqish tabiati kalta quvurdan oqib chiqishidan nima bilan farqlanadi?
7. Kalta quvurlar turlarini sanab bering va ulardan suyuqlikning oqib chiqish xususiyatlarining ta'rifini keltiring.
8. Kalta quvurlarning texnikadagi tatbiqi to'g'risida aniq misollar keltiring.
9. Kalta quvur asosiy ishchi organi bo'lgan asbob va texnikaviy qurilma nomlarini bayon eting.

7-bob. DAMLI QUVURLARDA SUYUQLIK HARAKATI

7.1. Quvurlarning vazifasi va tafsiflanishi

Kundalik hayotimizda, texnikada quvurlarning keng qo'llanilishiga jahonda, mamlakatimizda ishlayotgan hamda qurilayotgan ko'p sonli quvurlar tarmog'i dalil bo'la oladi. Quvurlar, asosan, gaz, suv, neft va uning mahsulotlari, boyitilgan tog' jinslari konsentratlari, yoqilg'i aralashmalarini uzatishda qo'llaniladi. Quvurlarning qo'llanilish sohalari ancha keng. Masalan, melioratsiyada (drenaj — zax qochiruvchi quvurlar), sug'orishda (sun'iy yomg'ir hosil qiluvchi mashinalar), tibbiyotda (sun'iy qon tomirlari), issiqlik energetikasida (issiq suv va bug' uzatuvchi quvurlar) va sh.klarda.

Suyuq, gazzimon, qattiq mahsulotlarni va ularning aralashmalarini uzatishda quvur transporti xalq xo'jaligining turli tarmoqlarida qo'llanilmoqda. Quvur suyuqlikni uzatishda foydalaniladigan eng arzon va sodda, miqdor va sifat jihatidan oson rostlanadigan moslama hisoblanadi.

Quvurlarning keng va turli-tuman sohalarda qo'llanilishi sababli, ularga keskin va goho zid talablar qo'yiladi. Quvurlarning qo'llanilishi sohasiga qarab, quvurlar qora va rangli metallardan, sopoldan, plastmassadan, temir-betondan, shishadan, kvarsdan, grafitdan va sh.k. materiallardan tayyorlanadi.

Quvurlar, o'zining uzunligi va diametri bo'yicha turlicha bo'ladi. Ishlab chiqarish texnikasida, ilmiy tadqiqot qurilmalarida va nazorat-o'lchov asboblari diametri eng kichik quvurlar (kapillarlar), gidroelektrostansiyalarining yerosti suv yo'llarida diametri bir necha metr va uzunligi bir necha yuz yoki ming kilometr bo'lgan magistral gaz, suv va neft quvurlari ishlatiladi. Quvurlarda haydaladigan suyuqlik turiga qarab, ular *suv, moy, mazut, neft, benzin* va sh.k. quvurlar deb ataladi.

Kichik diametrli quvurlar avtotransport va aviatsiya, robotlashtirilgan texnikada ishlatilsa, kapillarlar va arterial tomirlar esa qonni uzatishda ishlaydi. Quvurlar konstruksiyasiga va

ishlatilish sohasiga hamda bosimiga ko'ra, sodda va murakkab, mahalliy va magistral hamda bosimli hamda bosimsiz bo'ladi.

Sodda quvur suyuqlik oqib kirgan nuqtadan iste'molchigacha bo'lgan uzunlikda tarmoqlanmaydi. Ular o'zgaras diametrli yoki har xil diametrli va turli xil tekisliklarda yotgan hamda istalgan burchaklarga egilgan, ketma-ket ulangan quvurlardan tashkil topadi.

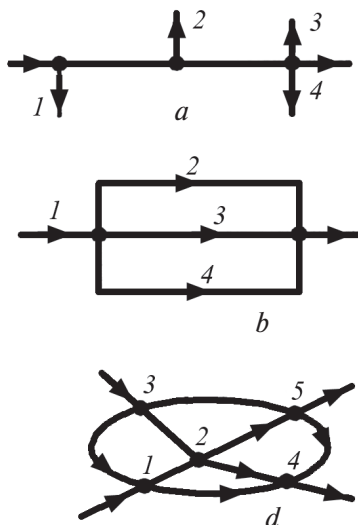
Murakkab quvur hech bo'lmaganda bitta tarmoqqa yoki qo'shimcha bitta quvur uloviga ega bo'ladi. Murakkab quvur asosiy magistral quvur va undan chiqqan tarmoqlardan tashkil topadi. Murakkab quvurning qismlarida suyuqlik bir tekis taqsimlanishi va iste'molchilarni ta'minlashi uchun, ularning ayrim qismlari birlashtirilib, bir butun tarmoq hosil qilinadi.

Murakkab quvurlar tasnifiga muvofiq quyidagi turlarga bo'linadi:

a) *tarmoqlangan* turi bu markaziy magistraldan suyuqlik tarmoqlarga uzatiladigan va ulardan ortiqchasi magistralga qaytib tushmaydigan quvur (2.17- a rasm). Ochiq yoki berk tarmoqli quvurlar bu turga misol bo'la oladi. Bu turdagi quvurlar ayrim kamchiliklarga ega. Masalan, tarmoq uzunligi bo'yicha quvurlarning diametri o'zgaruvchan va sarfi ham turlicha. Iste'molchilarning hammasi birdaniga tarmoqdan uziladi yoki ulanadi;

b) *parallel* turi bu markaziy magistralga parallel, bir va bir necha quvurlarga ega bo'lgan hamda ortiqcha suyuqlik markaziy magistralga qaytib tushadigan quvur (2.17- b rasm). Birinchi turdagi quvurlarda uchraydigan kamchiliklar parallel tarmoqli quvurlarda uchramaydi;

d) *halqasimon* turi bu yopiq tarmoq bo'ylab bir yoki bir necha magistralardan suyuqlik oladigan va ortiqchasini halqaga yoki magistralga qaytaradigan quvur (2.17- d rasm). Uchinchi



2.17-rasm. Quvur turlari: a—tarmoqlangan; b—parallel; d—halqasimon; 1—5—halqasimon quvurga ulanadigan quvur nuqtalari.

turdagi quvurlarda yuqoridagi kamchiliklarning eng oxirgisi uchramaydi. Quvur tarmog'ining biror qismi buzilganida, halokatga uchraganida yoki tiklash-ta'mirlash ishlari olib borilganida, quvurning shu qismi har ikki tomonidan berkitilib qo'yiladi, ammo tarmoqning boshqa qismlaridan iste'molchilar to'liq foydalanadi. Shuning uchun shaharlarda va boshqa aholi yashaydigan joylarda suv quvurlari halqasimon etib quriladi.

Murakkab quvurlardagi sarflar tranzit va yo'lakay sarflarga bo'linadi: tranzit sarfda magistral quvurdan uzatilgan modda miqdori o'zgarmas bo'ladi. Yo'lakay sarfda esa magistral uzunligi bo'ylab bir necha joydan suyuqlik tarmoqqa olinadi.

Bosimli quvurlardagi modda bosimi maxsus kompressor va nasos stansiyalari yoki suyuqlikning uzatilishida quvur trassasi joylashadigan yer relyefiga mos holda gidrodinamik bosim hosil qilinadi. Bosimli quvurlardagi suyuqlikning harakati ochiq o'zanlardagidan farq qiladi.

Bosimli quvurdagi moddaning tekis harakati uchun quyidagilar o'rinli bo'ladi: *bosimli quvurlarning har bir metr uzunliklaridagi* bosim bir xil bo'ladi; bosimli quvurlarning har bir metr uzunliklaridagi dam isrofi va dam chizig'ining pasayishi ham bir xil bo'ladi; oqim bo'ylab dam chizig'ining qiyaligi o'zgarmas bo'ladi.

Bosimli quvurlar uchun oqim bo'ylab

$$(a\vartheta^2 / 2g) = const,$$

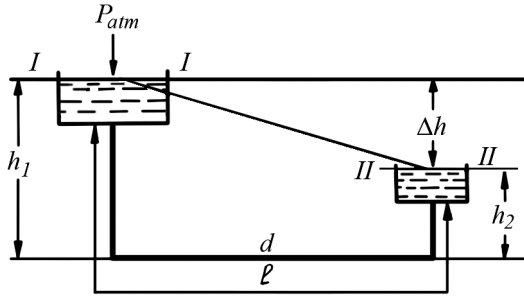
bu yerda, $a = h_c$ — damning pasayishi.

Demak, bosimli quvurda suyuqlik tekis harakat qilgani uchun uning pyezometrik va dam chiziqlari o'zaro parallel bo'ladi va oqim uzunligi bo'yicha dam pasayishini ifodalaydi.

Quvurlar bilan suyuqlikni uzatishda nasoslar yordamida sun'iy hosil qilingan damlardan yoki suv bosimi minoralari hamda yerning baland-u pastligi hisobiga paydo bo'ladigan nivelir balandligidan foydalaniladi. Bu usullar gidrotexnik inshootlarga, xalq va qishloq xo'jaligiga suv yetkazib berishda hamda sug'orishda keng qo'llaniladi.

7.2. Quvurlar hisobi va ularni loyihalash

Quvurdagi suyuqlik damining isrofiga qarab, quvurlar gidravlik qisqa va gidravlik uzun bo'ladi hamda ularning loyihalari va hisobi bir-biridan mutlaqo farq qiladi.



2.18-rasm. Sodda quvur.

Mahalliy qarshiliklar hosil qiluvchi ko'p sonli elementlari bo'lgan, uncha uzun ($L < 200$ m) bo'lmagan quvurni **qisqa quvur** deyiladi. Qisqa quvurlarda mahalliy isrof quvur uzunligi bo'ylab ishqalanishda isrof bo'lgan damning taqriban 5—10 % ini tashkil etadi. Quvur uzunligi ($L > 200—500$ m) bo'ylab ishqalanishni yengishga isrof bo'lgan dam qiymati mahalliy qarshiliklarda isrof bo'lgan damga nisbatan juda katta bo'lgan quvurni **uzun quvur** deyiladi. Uzun quvurlarda mahalliy qarshiliklar hisobga olmaydigan darajada kichik bo'ladi.

Uzun quvurlarni loyihalashdan avval, quvur trassasi bo'ylab topografik qidiruv ishlari olib boriladi. Natijalarga mos keluvchi quvurning bo'ylama kesimi quriladi va butun uzunligi bo'ylab baland nuqtalari belgilanadi (2.18-rasm).

Uzun quvurning oxiridagi suyuqlik sarfi va dami berilgan bo'ladi. Quvur qurilishida ishlatiladigan quvur diametri va uning boshlang'ich nuqtasidagi suyuqlik dami hisoblab topilishi shart.

Buning uchun quvurning gidravlik hisob-kitobiga zarur bo'lgan Bernulli tenglamasi, o'zgarmas sarf tenglamasi, Darsi—Veysbax tenglamasidan foydalaniladi. Masalan, Shezi tenglamasi:

$$\vartheta = C \sqrt{R \frac{h_w}{\ell}} \quad (2.61)$$

dan foydalanib, suyuqlikning sarf tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$Q = \vartheta S = CS \sqrt{R \frac{h_w}{\ell}} = CSR^2 \sqrt{\frac{h_w}{\ell}} = K \sqrt{i}; \quad (2.62)$$

$$K = CSR^2 = CS\sqrt{\frac{\pi^2 d^5 g}{8\lambda}},$$

bu yerda, K — quvurning sarf tavsifi; λ — gidravlik qarshilik ko'effitsiyenti; d — quvur diametri.

Quvurning sarf tavsifining qiymatlari yuqoridagi formulaga muvofiq hamma turdagi quvurlar uchun hisoblangan va maxsus jadval (Shevelev jadvali)ga kiritilgan. Quvurning gidravlik hisob-kitobini soddalashtirish va mahalliy qarshiliklarni yengishni osonlashtirish maqsadida ayrim tuzatma ko'effitsiyenti 5—10 % ga kattalashtiriladi.

Quvur qancha uzun bo'lsa, uning ehtiyot foizining zaxirasi shuncha kichik bo'ladi. Masalan, 10 % ehtiyotlik qiymati bilan §5.2.dagi (2.37) tenglama qo'llanilsa, u quyidagi ko'rinishga keladi:

$$h_w = 1,1\ell(Q^2 / K^2). \quad (2.63)$$

Imkonli dam tushunchasi kiritilsa, jami isroflarni qo'shib, suyuqlik damini hisoblaydigan Bernulli tenglamasi boshqacha ko'rinishda yoziladi:

$$H = \frac{\alpha_1 v^2}{2g} - \frac{\alpha_2 v^2}{2g} + \sum h_w = \frac{v^2}{2g}(a_1 - a_2) + \sum h_w, \quad (2.64)$$

bu yerda, $H = \left(h_1 + \frac{p_1}{\rho g}\right) - \left(h_2 + \frac{p_2}{\rho g}\right)$ — suyuqlikning imkonli dami bu quvurda isrof bo'lgan damlarning yig'indisini ifodalaydi; $\frac{v^2}{2g}(\alpha_1 - \alpha_2)$ — suyuqlik oqimining kinetik energiyasining

pasayishi hisobiga isrof bo'lgan dam qiymati; $\sum h_w$ — quvurda isrof bo'lgan jami dam qiymati.

Ko'pchilik holatlarda suv daryo, ko'l yoki suv omborlaridan quvur orqali so'rib olinadi va katta idishlarga yoki kanallarga haydaladi. Bunday holatlarda havzaning va quyiladigan joyning yuzasi quvurning yuzasiga nisbatan juda kichik bo'lgani uchun oqim kinetik energiyasi o'zgarmaydi. Shuning uchun tenglamadagi kinetik energiyani e'tiborga olmasa ham bo'ladi. Unda imkonli dam quvurdagi jami damning pasayishiga teng va u gidravlik qarshilikni yengishga sarflanadi:

$$H = \sum h_w . \quad (2.65)$$

Aksincha, quvur uzun, uning kirish va chiqishidagi tezlik dami, quvur uzunligi bo'yicha ishqalanishni yengishga isrof bo'lgan damga nisbatan hisobga olmaydigan darajada kichik bo'lganida, ta'minlovchi va qabul qiluvchi quvurlar o'lchamlaridan qat'i nazar, (2.65) tenglamadan foydalanish mumkin. Lekin suyuqlik sath ostidan atmosferaga oqib chiqadi. Suyuqlik sath ostidan atmosferaga oqib chiqqanida Bernulli tenglamasi-ning quyidagi shakllaridan foydalanish mumkin:

$$H = \left(1 + \lambda \frac{\ell}{d} + \sum \xi\right) \frac{v^2}{2g} \quad \text{yoki} \quad H = \left(\lambda \frac{\ell}{d} + \sum \xi + 1\right) \frac{v^2}{2g} .$$

Tenglamalardagi bir soni sath ostidan suyuqlikning oqib chiqishidagi mahalliy isrof koeffitsiyenti hisoblanadi. Aksincha atmosferaga suyuqlik oqib chiqqanida esa bir soni quvurning chiqishida oqimda qolgan kinetik energiyani hisobga oluvchi son bo'lib, turbulent oqimdagi Koriolis koeffitsiyenti ($a = 1$)ning qiymatini ifodalaydi.

Demak, uzunligi ℓ va diametri d o'zgaras, eng sodda quvurda turbulent harakatlanayotgan suyuqlik oqimi uchun Bernulli tenglamasini quyidagi shaklda qo'llash mumkin:

$$H = \frac{v^2}{2g} \left(1 + \lambda \frac{\ell}{d} + \sum \xi\right) = \frac{16Q^2}{\pi^2 d^4 2g} \left(1 + \lambda \frac{\ell}{d} + \sum \xi\right). \quad (2.66)$$

Maxsus jadvallarda keltirilgan oqimning ishqalanish va mahalliy qarshilik koeffitsiyentlarining qiymatlarini tenglamaga kiritib, uni sodda quvurlarni hisoblash formulasi shakliga keltirish mumkin, ya'ni:

$$H = 0,0827 \frac{Q^2}{d^4} \left(1 + \lambda \frac{\ell}{d} + \sum \xi\right).$$

7.3. Sodda quvurlarning gidravlik hisobi

Amaliyotda quvurlarni hisoblash uchun qurilajak quvurning muayyan parametrlari talab qilinadigan shartga muvofiq berilgan bo'ladi. Masalan, quvur uzunligi, diametri, sarfi, bosimi va sh.k. oldindan beriladi.

Ma'lumki, sodda quvurlarning uzunligi bo'yicha uning diametri o'zgaraydi va tarmoqlanmaydi. Shuning uchun sodda

quvurning hisobida uning uchta parametri beriladi va to'rtinchisi aniqlanishi talab etiladi: sarf Q hisoblanishi kerak bo'lganida quvurning diametri d , undagi dam H va quvur uzunligi ℓ beriladi, aksincha holatlardagi bog'lanishlar $H=f(d, Q, \ell)$, $d=f(Q, \ell, H)$ va sh.k.

Quvur hisobida ikki xil usul qo'llaniladi:

- **birinchi usul** — quvurdagi jami qarshiliklarni hisobga oluvchi to'liq usul;

- **ikkinchi usul** — sarf xususiyatlari e'tiborga olinadigan (2.37) va (2.66) tenglamalari bo'yicha hisoblanadigan mahalliy qarshiliklarning tuzatma koeffitsiyentlaridan foydalaniladigan qisqa hisob usuli.

Sodda quvurning to'liq va qisqa hisobini qarab chiqamiz:

1-masala. Berilganlari: quvur uzunligi ℓ , diametri d va quvurning boshlang'ich h_1 va oxirgi h_2 nuqtalaridagi geodezik belgilari hamda suyuqlik sarfi Q bo'lsin. Bosimli suv minorasi hosil qilgan H_m balandligi yoki nasos hosil qilgan H_n — dam aniqlanishi talab etilsin.

Yechish. To'liq hisob (birinchi usul) uchun (2.66) tenglamadan foydalanamiz. Suyuqlik harakatining muayyan tartibi uchun Reynolds soni $Re = 4Q/\pi vd$ hamda quvur g'adirbudurligi Δ dan aniqlanadigan λ va ξ koeffitsiyentlari qiymatlari topiladi.

Qisqa hisob (ikkinchi usul) uchun (2.63) tenglamadan foydalanamiz. Suyuqlikning sarf xususiyatining qiymati aniq diametrdagi quvurlar uchun maxsus jadvaldan olinadi. Suv bosimli minoraning balandligi yoki nasosning hosil qilgan dami quyidagidan topiladi:

$$H_{s.b.m.} = H_n = H - h_1 + h_2. \quad (2.67)$$

2-masala. Berilganlari: quvur uzunligi ℓ_1 , diametri d , suv bosimli minoraning dami $H_{s.b.m}$ yoki nasos dami H_n , quvur boshlanishidagi va oxiridagi geodezik belgilar joylashgan nuqtalar balandliklari h_1 va h_2 shartlari uchun suv sarfi topilsin.

Yechish. Birinchi usul. To'liq hisob uchun (2.41) tenglamadan foydalanib Q ni topamiz:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2gH}{1 + \lambda \ell / d + \Sigma \xi}}. \quad (2.68)$$

λ va ξ — koeffitsiyentlar Reynolds sonining funksiyalari bo‘lganligi uchun Q ni to‘g‘ridan to‘g‘ri hisoblab bo‘lmaydi. Masala shartidan λ va ξ ni aniqlab bo‘lmaydi, chunki koeffitsiyentlar noma‘lum qiymatlar va qidirilayotgan Q bilan ham bog‘langan. Faqat masala yechimini ketma-ket yaqinlashish usulidan foydalanib topish mumkin. Birinchi yaqinlashishda qarshilikning kvadratik qonuni o‘rinli deb qabul qilinsa, unda λ va ξ koeffitsiyentlari Reynolds soniga bog‘liq bo‘lmaydi.

Ikkinchi usul. Bu usuldagi hisob uchun (2.62) tenglamadan foydalanib hisob olib boriladi:

$$Q = \vartheta S = CS \sqrt{R \frac{h_w}{\ell}} = CSR^2 \sqrt{\frac{h_w}{\ell}} = K \sqrt{i}.$$

Masala shartiga mos berilgan quvur diametriga to‘g‘ri keluvchi sarf qiymatlari maxsus jadvaldan topiladi.

Imkoni bo‘lgan dam (2.63) nisbatdan aniqlanadi:

$$H = H_{s.b.m.} + h_1 - h_2.$$

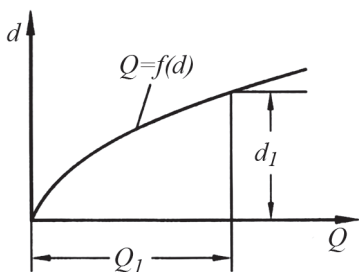
Unda suyuqlik sarfining mahalliy isrofini hisobga olib, 10 % zaxira bilan Q ni hisoblaymiz:

$$Q = K \sqrt{\frac{H_{s.b.m.} + h_1 - h_2}{1,1 \ell}}. \quad (2.69)$$

3-masala. Berilganlari: nasos dami H_n yoki suv bosimli minora dami $H_{s.b.m.}$, suyuqlik sarfi Q , quvur uzunligi ℓ hamda geodezik belgilar balandliklari h_1 va h_2 bo‘lgan shartlar uchun suv quvurining diametri d hisoblab topilsin.

Yechish. **Birinchi usul.** Masala yechimini topish uchun aniq bo‘lgan Reynolds tenglamasi tarkibiga diametr qiymati kiradi va shu bilan birga (2.66) yoki (2.67) tenglamalar esa istalayotgan diametrga nisbatan, logarifmik shaklga keltirib bo‘lmaydigan yuqori darajadagi tenglamalar ekanligi hisobga olinadi.

Masalani ketma-ket yaqinlashish usulidan foydalanib yechiladi. Unda, qarshilikning kvadratik qonuni o‘rinli deb qabul qilinsa, x koeffitsiyenti d diametrning funksiyasi bo‘lib qoladi. Shunda (2.66) tenglamasini quyidagi ko‘rinishga keltirish mumkin:



2.19-rasm. Berilgan sarf asosida quvur diametrini hisoblash grafigi.

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2gH}{1 + \lambda \ell / d + \Sigma \xi}} = f(d), \quad (2.70)$$

bu yerda, $\lambda = f_1(d)$.

O'zgarmas H dam ostidagi quvurning d diametri bilan Q sarf orasidagi bog'lanish $Q = f(d)$ grafigini millimetrli qog'ozda (2.19-rasm) quramiz. Grafikdan talab etilgan sarfga mos keluvchi quvurning d diametrini aniqlash mumkin.

Ikkinchi usul. Birinchi usuldagiday $K=f(d)$ bog'lanish grafigini $K = \sqrt{\pi^2 g d^5 / 8 \lambda}$ formuladan foydalanib quramiz.

Keyin ifodadan $K = Q \sqrt{1,1 \ell / H}$ qiymati hisoblab topiladi va grafikdan unga mos keluvchi quvur diametri topiladi. Dam qiymati $H = H_{s.b.m.} + h_1 - h_2$ ifodadan masala shartiga muvofiq hisoblanadi. Grafik qurmasdan Shevelev jadvalidan K qiymatiga mos keluvchi quvur diametrini aniqlash mumkin.

Kichik diametrli quvurlar qurilishi uchun ham mablag' sarflansa-da, lekin quvur diametri qancha kichik bo'lsa, undagi damning isrofi shuncha ko'payadi. Bu kamchilik quvur hisobida chetda qolmasligi kerak.

Iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq quvur diametrini hisoblashda V.S. Yablonskiy formulasidan foydalanish mumkin:

$$d_{i.s.} = \sqrt{4Q / \pi \vartheta} = 1,13 \sqrt{Q}. \quad (2.71)$$

V.S. Yablonskiy formulasida iqtisodiy jihatdan eng qulay diametrga mos keluvchi suyuqlik oqimi tezligi $d = 1,0$ m.ga yaqin.

Mashinasozlikda gidravlik qisqa quvur bilan ish ko'riladi. Masalan, gidrouzatmalar avtomobil va traktorning ta'minlash sistemasida, metallga kesib ishlov beruvchi dastgohlarning moylash sistemasida, nasoslarning suruvchi quvurlarida va sh.k.larda keng qo'llaniladi.

7.4. O'zgaruvchan diametrli sodda quvur hisobi

O'zgaruvchan diametrli sodda quvur ketma-ket ulangan quvurlardan tashkil topadi. Bu quvurlar bir yoki turli chiziqda yotishi mumkin (2.20-rasm). Masalan, quvur uch xil diametrli va uzunlikdagi qismlardan tashkil topgan bo'lsin. Shu shart uchun Bernulli tenglamasini yozish mumkin:

$$h_1 - h_2 = H = h_{w_1} + h_{w_2} + h_{w_3}, \quad (2.72)$$

bu yerda, h_{w_1} , h_{w_2} , h_{w_3} — quvurning birinchi, ikkinchi va uchinchi qismlardagi dam isroflari; h_1 , h_2 — suyuqlik sathlarining boshlang'ich va oxirgi balandliklari.

Yuqorida o'rganilgan hisoblash usulidan foydalanamiz.

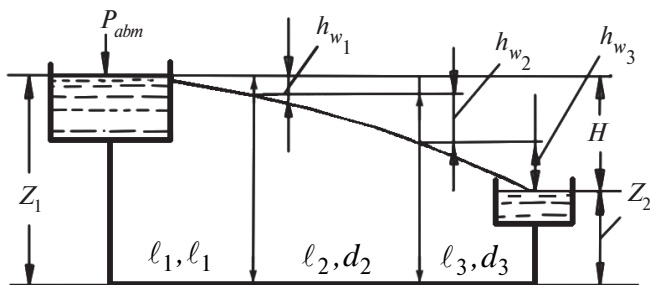
Birinchi usul. Quvur birinchi qismidagi dam isrofi uchun quyidagini yozish mumkin:

$$h_{w_1} = \lambda_1 \frac{\ell_1}{d_1} \frac{\vartheta_1^2}{2g} + \sum \xi_1 \frac{\vartheta_1^2}{2g} = \left(\lambda_1 \frac{\ell_1}{d_1} + \sum \xi_1 \right) \frac{8Q^2}{g\pi^2 d_1^4}, \quad (2.73)$$

bunda, λ_1 va ξ_1 — gidravlik va mahalliy qarshilik koeffitsiyentlari; ℓ_1 va d — quvurning uzunligi va diametri; ϑ va Q — oqim tezligi va sarfi.

(2.73) shakldagi tenglamalarni quvurning qolgan qismlari uchun ham yozib va ularni (2.72) tenglamaga qo'yib, hosil qilamiz:

$$H = \frac{8Q^2}{g\pi^2} \left[\left(\lambda_1 \frac{\ell_1}{d_1^5} + \lambda_2 \frac{\ell_2}{d_2^5} + \lambda_3 \frac{\ell_3}{d_3^5} \right) + \sum \xi_1 + \sum \xi_2 + \sum \xi_3 \right]. \quad (2.74)$$



2.20-rasm. O'zgaruvchan kesimli quvur chizmasi.

Tenglamaga jadvallardan olingan va hisoblab topilgan qiymatlarni kiritib, umumiy dam isrofi hisoblanadi.

Ikkinchi usul. Quvurning istalgan qismidagi dam isrofini (2.37) tenglamadan foydalanib hisoblash mumkin:

$$h_{w_i} = Q^2 \frac{\ell_i}{K_i^2}. \quad (2.75)$$

Unda umumiy dam isrofini quyidagi shaklda yoziladi:

$$H = Q^2 \left(\frac{\ell_1}{K_1^2} + \frac{\ell_2}{K_2^2} + \frac{\ell_3}{K_3^2} \right) \quad (2.76)$$

yoki

$$H = Q^2 \sum \frac{\ell_i}{K_i^2}. \quad (2.77)$$

Demak, turli diametrli quvurlar ketma-ket ulanganida, quvurning butun uzunligi bo'ylab isrof bo'lgan to'la dam qiymati, ularning har bir qismida yo'qotilgan dam qiymatlarining yig'indisiga teng ekan.

(2.74) va (2.77) tenglamalardan ko'rinadiki, o'zgaruvchan kesimli quvurning birinchi va ikkinchi masalalari yechimi ham xuddi o'zgarmas kesimli quvurnikiga o'xshash bo'lar ekan.

Uchinchi masala yechimini topish uchun quvurning har bir qismining uzunligi va diametrini aniqlashda esa, ayrim noaniqliklar paydo bo'ladi, chunki har bir tenglamada bir qator noaniq sonlar bor, ularning soni quvur qismlari soniga teng. Masala yechimini topish uchun, faqat bitta quvurdan tashqari, hammasining o'lchamlari berilishi kerak yoki yuqorida keltirilgan grafik usulidan foydalanib hisoblashlarni bajarish kerak.

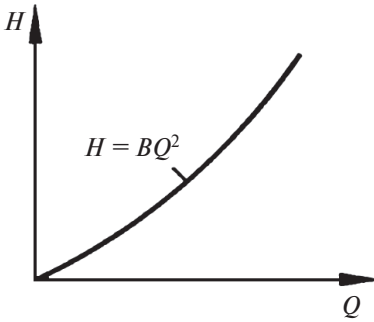
Hisoblashlarni soddalashtirish uchun quvurning *tavsif koeffitsiyenti* tushunchasi kiritiladi.

Unda (2.77) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

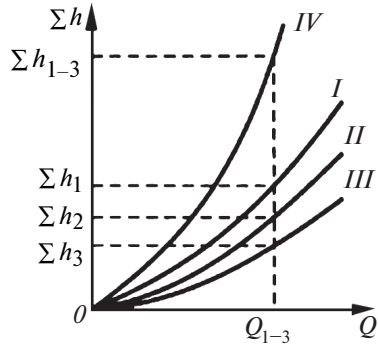
$$H = BQ^2, \quad (2.78)$$

bu yerda, $\sum \ell_i / K_i^2 = B$ — quvurning gidravlik qarshiligi qiymatini baholaydigan tavsifiy koeffitsiyent.

Demak, (2.78) tenglamadan ko'rinadiki, **o'zgaruvchan diametrli quvur** uchun umumiy dam isrofi sarf funksiyasi ekan, ya'ni $H = f(Q)$. Bu bog'lanishning grafigi *parabola* shaklida bo'ladi (2.21-rasm). Diametri o'zgaruvchan va ketma-ket



2.21-rasm. Quvurdagi dam isrofining suyuqlik sarfiga bog'liqligi.



2.22-rasm. Ketma-ket ulangan quvurdagi dam isrofining suyuqlik sarfiga bog'liqligi.

ulangan quvurning istalgan bir xil diametrliligi uchun tavsifiy koeffitsiyenti B hisoblanadi va bog'lanish funksiyasidan foydalanib, quvur uchun *gidravlik tavsif grafiklari* quriladi (2.22-rasm).

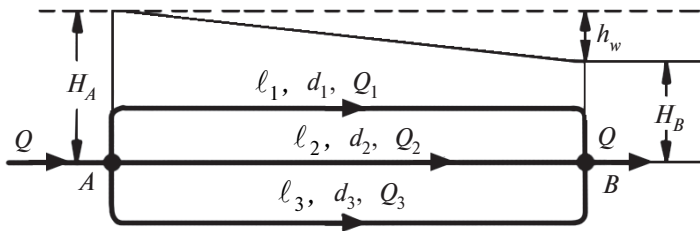
7.5. Murakkab quvurning gidravlik hisobi haqida umumiy tushunchalar

Turmushda va ishlab chiqarish amaliyotida turli xil konstruksiyadagi quvurlar ishlatiladi. Ular o'zining sodda yoki murakkabligi, kalta yoki uzunligi va sh.k. parametrlari bilan bir-biridan farq qiladi. Murakkab quvur tarkibiga bir necha tarmoqlangan quvur elementlari kiradi. Murakkab quvur ko'pchilik holatlarda magistral shaklda quriladi. Shuning uchun uning hisobi murakkab va qiyin bo'lgani sababli, u to'g'risida ayrim tushunchalar va soddaroq misollarni keltiramiz. Masalan, parallel ulangan quvurlar hisobini qarab chiqamiz (2.23-rasm).

Murakkab quvur hisobi uchun uning qismlarining uzunligi ℓ , diametri d va quvur o'tadigan yerning eng muhim nuqtalaridagi topografik belgilari A va B berilgan bo'lsin. Murakkab quvurning har bir parallel shoxobchasida yo'qotilgan dam qiymati bir xil va u Bernulli tenglamasidan aniqlanadi:

$$H = H_A - H_B.$$

Suv tirsaklaridagi isroflar hisobga olinmasa, unda quvurdagi H dami, uning A va B nuqtalari oralig'idagi qarshiliklarni



2.23-rasm. Parallel ulangan quvurlar chizmasi.

yengishga sarflanadi. A va B nuqtalari oralig'ida uchta shoxobcha joylashgani va ular parallel bo'lgani (2.23-rasm) sababli, ular-dagi dam isrofi o'zaro teng bo'ladi, ya'ni:

$$H = h_{w_1} = h_{w_2} = h_{w_3}$$

yoki

$$h_{w_1} = \frac{Q_1^2 \ell_1}{K_1^2}; \quad h_{w_2} = \frac{Q_2^2 \ell_2}{K_2^2}; \quad h_{w_3} = \frac{Q_3^2 \ell_3}{K_3^2}.$$

Bu ifodalardan sarf kattaligini topamiz va ularni to'la sarf tenglamasi ($Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$)ga kiritamiz, keyin undan to'la dam isrofini topamiz:

$$Q_1 = K_1 \sqrt{\frac{H}{\ell_1}}; \quad Q_2 = K_2 \sqrt{\frac{H}{\ell_2}}; \quad Q_3 = K_3 \sqrt{\frac{H}{\ell_3}}.$$

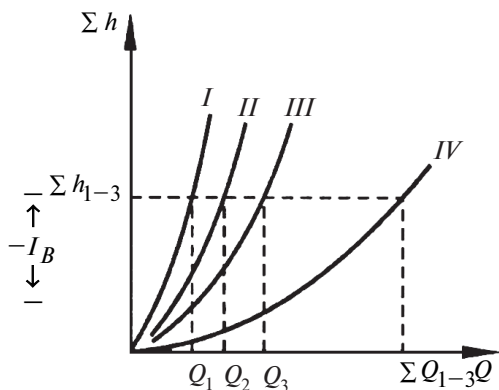
$$Q = H \left[\left(K_1 / \sqrt{\ell_1} \right) + \left(K_2 / \sqrt{\ell_2} \right) + \left(K_3 / \sqrt{\ell_3} \right) \right]; \quad (2.79)$$

$$H = \frac{Q^2}{\left[\left(K_1 / \sqrt{\ell_1} \right) + \left(K_2 / \sqrt{\ell_2} \right) + \left(K_3 / \sqrt{\ell_3} \right) \right]^2}, \quad (2.80)$$

bunda

$$\frac{1}{\left(K_1 / \sqrt{\ell_1} + K_2 / \sqrt{\ell_2} + K_3 / \sqrt{\ell_3} \right)^2} = \frac{\ell_1}{K_1^2} + \frac{\ell_2}{K_2^2} + \frac{\ell_3}{K_3^2} = \sum \frac{\ell_i}{K_i^2} = B.$$

Ma'lum bo'lgan (2.78) tenglama topildi. Uni quvurning gidravlik tavsifini ifodalovchi grafik ko'rinishida qo'llash mumkin. Parallel ulangan quvur uchun gidravlik tavsif grafigini ko'rishda hamma parallel ulangan shoxobchalardagi suyuqlik sarflari yig'ilishini va dam isrofi sifatida faqat bittagina shoxobchadagi isrofdan foydalanish mumkinligini hisobga olish kerak. Shuning uchun avval (2.78) tenglama asosida har bir shoxob-



2.24-rasm. Parallel ulangan quvurlarda dam isrofining suyuqlik sarfiga bog'liqligining grafigi.

cha uchun tavsif grafiklari ko'riladi, so'ngra ularning (chizmaning gorizont tekisligida qo'shib, parallel shoxobchali quvurning) umumlashgan gidravlik tavsifi ko'riladi (2.24-rasm).

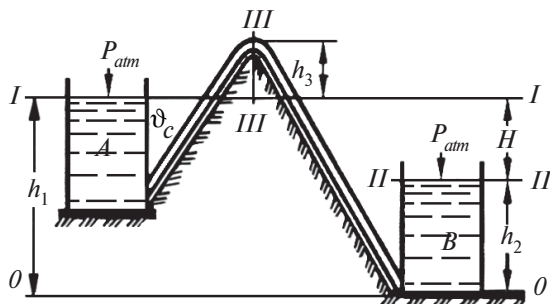
Demak, har qanday quvurning umumiy gidravlik tavsif grafigini ko'rish uchun, eng avvalo, quvur qismlari uchun gidravlik tavsif grafiklarini ko'rish shart, so'ngra esa ularning yig'indisidan umumlashgan gidravlik tavsif grafigi qurilar ekan.

7.6. Sifonli quvur haqida tushuncha

Sifonli quvur yoki sifondan (yunoncha «quvurcha» so'zidan olingan) suyuqlik o'z oqimi bilan quyida joylashgan idishga nisbatan balandroqdagi A rezervuaridan sizilib, suyuqlikning erkin sirti (I—II kesim)ga nisbatan balandroqqa ko'tariladi, so'ngra B rezervuariga og'irlik kuchi ta'sirida oqlb tushadi (2.25-rasm).

Sifon sodda quvurlar turiga mansub bo'lib, shoxobcha va parallel qismlarga ega bo'lmaydi. Sifonli quvurning eng asosiy xususiyatlaridan biri — uning ko'tarilayotgan va pastga qarab tushayotgan quvur qismlari ichidagi bosim atmosfera bosimidan kichik bo'ladi.

Sifonni ishga tushirish uchun, avval, u suyuqlikka to'ldiriladi, ya'ni o'qlanadi. Sifon sifatida kichik o'lchamdagi shlang yoki po'lat quvur ishlatilsa, uning bir uchi suyuqlikka botiriladi va ikkinchi uchidan yoki eng baland nuqtasidan undagi havo surib chiqariladi. Shunda yuqoriga ko'tariluvchi quvur



2.25-rasm. Sifonli quvur chizmasi.

qismida suyuqlik eng baland nuqtasigacha ko‘tariladi va undan oshib o‘tadi hamda pasayuvchi qismini to‘ldira boshlaydi. Sifonning ikkinchi uchi keskin ochilganida, suyuqlik birdan harakatga kelib qo‘shimcha vakuum hosil qiladi va sifon ishga tushadi. Eng sodda usuli bu — sifon suyuqlikka to‘ldirilgandan so‘ng, uning bo‘sh uchi keskin pasaytiriladi. Bu usul temir-beton nov ariqlarning istalgan joyidan suv olib, ekinlarni sug‘orishda ko‘p ishlatiladi. Sifon quvurlar va umuman olganda hamma turdagi quvurlarning so‘rish balandligi 6–7 m.dan oshmaydi.

Ko‘p miqdordagi suyuqlikni uzatishga mo‘ljallangan katta o‘lchamli sifonli po‘lat quvurlardagi havo maxsus havo nasosi yoki ejektor bilan surib chiqariladi. Suyuqlik bug‘ining sifon ichida ko‘p hosil bo‘lishi, quvurning eng baland qismida suyuqlikning uzilishiga olib keladi, shunda butun sifon qurilmasi ishlamay qoladi.

Sifonli quvurning gidravlik hisobi, umuman olganda, sodda quvurnikidan katta farq qilmagani uchun hamma hisoblar Bernulli tenglamasi asosida olib boriladi.

7.7. Bosimli quvurdagi gidravlik zarb

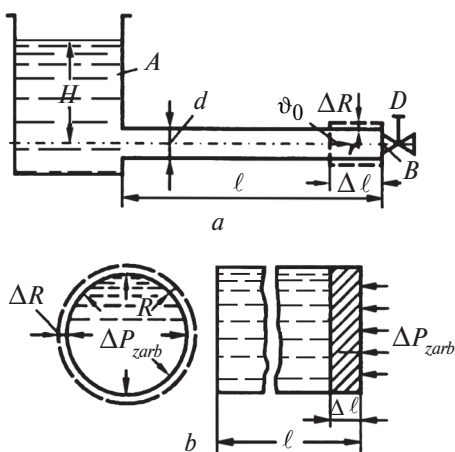
Bosimli quvurdagi suyuqlikning tezlik qiymatini vaqt davomida o‘zgarishi hisobiga gidrodinamik bosimning keskin ortib yoki pasayib ketish hodisasiga *gidravlik zarb* deyiladi. Quvurlarda harakatlanayotgan suyuqlik yo‘li keskin to‘silishi hisobiga bosimning keskin ortib ketish hodisasi kuzatiladi. Suyuqlik harakatining keskin to‘xtab qolishiga surilma qopqoq (zadvijka)ning tez berkitilishi, to‘satdan nasos yoki turbinaning

to'xtab qolishi, turli-tuman halokat (avariya)lar va sh.k.lar sabab bo'la oladi. Katta tezlikda va ko'p miqdordagi suyuqlik harakatlanganida gidravlik zarb uchun magistral quvurlarda ancha xavflidir. Xususan, quvurdagi bosimning keskin ortishi, uning ulangan joylari (chok, flanes, o'tish nuqtalari)ning teshilishi yoki quvur devorlarining yorilishi hamda nasos va kompressorlarning darz ketib, ishdan chiqishi bilan tugaydi.

Gidravlik zarb bu suyuqlik harakatining nobarqarorligini xususiy holi bo'lib, uning nazariyasini N.E. Jukovskiy 1898-yili yaratgan. Bu qonuniyat quvurda tez kechadigan davriy jarayonligini hamda suyuqlik va quvur devorining elastik deformatsiyasiga bog'liqligini isbotlagan.

Faraz qilaylik, gidrodinamik bosimi P_1 , uzunligi ℓ , diametri d bo'lgan gorizontaal quvurda o'rnatilgan D surilma qopqoq orqali suyuqlik o'rtacha ϑ_0 tezlik bilan harakatlanib o'tayotgan bo'lsin (2.26-a rasm). Agar quvurdagi D surilma qopqoq ilkidan yopilsa, uning oldida suyuqlik keskin harakatdan to'xtaydi. Qopqoqning old qismidagi quvur bo'ylab biror $\Delta\ell$ uzunlikda yuqori bosimli soha hosil bo'ladi. To'silgan suyuqlik zarralarining kinetik energiyasi keskin kamayadi, aksincha potensial energiyasi ortadi, natijada o'tish sohasidagi bosim qiymati ΔP_{zarb} kattalikka ortadi. Bu ortiqcha ΔP_{zarb} bosim

suyuqlikni siqishga, suyuqlik esa quvur devorini kengaytirishga energiyasini sarflab ish bajaradi (2.26-b rasm). Chunki real suyuqlik siqilganda (oz miqdorda bo'lsa-da), uning quvurdagi hamma massasi birdaniga keskin to'xtamaydi, aksincha, past bosimli qismiga tomon, oqimga qarama-qarshi yo'nalishda, ΔP_{zarb} bosimli suyuqlik massasi biron tezlik bilan harakatlanadi. ϑ ni zarb to'qlinining tarqalish tezligi deyiladi va suyuqlik yo'li to'silgandan so'ng, bu



2.26-rasm. Gidravlik zarb hodisasini tushuntirishga (a) va bosimini hisoblashga (b) doir chizmalar.

to'liqin quvurning boshlang'ich uchiga $t = \ell / \vartheta$ vaqtda yetib boradi. Bu jarayonda suyuqlik muvozanatda bo'la olmaydi. Bosim ΔP_{zarb} ta'sirida suyuqlik zarralarining harakati quvurdan rezervuar tomon to'xtamaydi va $t = 2\ell / \vartheta$ vaqtda quvurda boshlang'ich bosim tiklanadi. Shunday bo'lsa-da, suyuqlik zarralarining harakati quvurdan rezervuar tomon to'xtamaydi va unga qarshi quvurdagi bosimni kamaytiruvchi yangi to'liqin qopqoqdan rezervuar tomon tarqala boshlaydi. Bu to'liqin berkilgan quvur devoriga siqilib kengayib borayotgan suyuqlikni ortda qoldirib, $t = 3\ell / \vartheta$ vaqtdan so'ng rezervuargacha yetib boradi. Shu to'liqin yana $t = 4\ell / \vartheta$ da rezervuargacha qaytib, boshlang'ich holatni tiklaydi. $t = 4\ell / \vartheta = T$ ni gidravlik zarb davri deyiladi.

Zarb to'liqini oqimidagi kinetik energiya $E_k = m\vartheta^2 / 2$ shu quvur devorlarini kengaytirishga A_1 ish va suyuqlikni siqishga A_2 ish sarflanishini N.E. Jukovskiy isbotlagan:

$$E_k = A_1 + A_2. \quad (2.81)$$

Oqimning kinetik energiyasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$E_k = \frac{m\vartheta_0^2}{2} = \rho \ell \frac{\rho d^2}{4} \frac{\vartheta_0^2}{2} = \rho \ell \pi r^2 \frac{\vartheta_0^2}{2}. \quad (2.82)$$

N.E. Jukovskiy (2.82) tenglamani quvur devorining kengayish ishiga va suyuqlikni siqishga sarf bo'lgan ishlar yig'indisiga tenglashtirib, undan zarb bosimi P_{zarb} va zarb to'liqinining tarqalish tezligi ϑ_{zarb} aniqlanadigan tenglamalarni berdi:

$$P_{zarb} = \frac{\sqrt{\rho \vartheta_0^2}}{\sqrt{2 \left(\frac{r}{E\delta} + \frac{1}{2\varepsilon} \right)}} = \frac{\sqrt{\rho^2 \vartheta_0^2}}{\sqrt{\rho \left(\frac{2r}{E\delta} + \frac{1}{\varepsilon} \right)}} = \rho V_0 \vartheta_1 = m\vartheta_1, \quad (2.83)$$

bu yerda, $\vartheta = \frac{1}{\sqrt{\frac{2r\rho}{E\delta} + \frac{\rho}{\varepsilon}}} -$ suyuqlikning tezligi; (2.84)

E — quvur devorining elastik moduli; ε — suyuqlikning hajmiy elastiklik moduli; δ — quvur devorining qalinligi.

Demak, gidravlik zarbni susaytirish yoki so'ndirish uchun quvurdagi qopqoqning yopilish vaqtini uzaytirish kerak ekan.

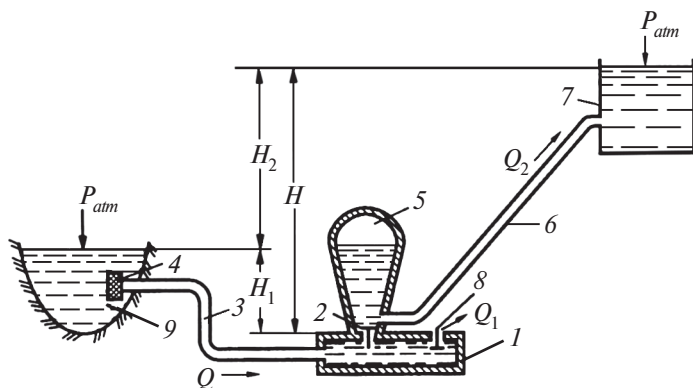
Gidravlik zarbga qarshi turli usullar ishlab chiqilgan va ular katta magistral quvurlarda qo'llaniladi. Masalan, quvurdagi bosimni bir xil tutishda, rostlangan maxsus saqlash klapanlari bosim ortganida ochiladi; zarb bosimini to'ldiruvchi kompensatsiyalovchi qurilmalar havo qalpog'i, tenglashtiruvchi rezervuarlar, gidroakkumulatorlar, quvurning oraliq nuqtalarida o'rnatiladigan teskari klapanli qurilmalar, belgilangan bosimdan, uning kattaligi ortganida, pardalar yirtilib suyuqlikni tashqariga chiqarib yuboradigan diafragma saqlash qurilmalari, ayrim holatlarda zarb bosimining ta'sirini kamaytirish maqsadida quvurga turli xil qo'shimcha moslamalarni kiritmasdan faqat zaif bo'g'inlarning mustahkamligi orttiriladi.

7.8. Gidravlik zarbning amaliyotdagi tatbiqi

Gidravlik zarb ta'sirida suyuqlik bosimining keskin ortib ketishi quvur, nasos, kompressorlar uchun juda ham xavfli hisoblanadi. Olimlar va ixtirochilar o'zlarining aql-zakovati bilan bu hodisadan samarali foydalanish sohasini topishgan. Masalan, 1796-yili suvni yuqoriga ko'tarib berish mashinasi — gidravlik zarb ixtiro etildi.

Gidravlik zarb eng sodda moslama bo'lib, suvni biror gorizontal H balandlikdan, undan ancha H_2 balandlikda joylashgan havzaga ko'tarishda gidravlik zarb hodisasidan foydalaniladigan qurilmadir (2.27-rasm). Gidravlik zarb ishchi kamera (1), qattiq zarba beruvchi klapan (8), so'ruvchi klapan (2), havo qalpog'i hosil qiluvchi idish (5) va uzatuvchi quvur (suv ko'taruvchi) (6), yuqorida H_2 joylashgan havza (7), zarb qurilmasini suv bilan ta'minlovchi quvur (3) havzaga yoki boshqa biror manbaga filtr (4) dan tashkil topgan. Bu manbalardagi suv zaxirasi (9) yetarli darajada ko'p bo'lishi va qabul etuvchi (7) basseyn suv beruvchi havza (9) dan ancha balandlikda joylashishi shart.

Gidravlik zarbni ishga tushirish uchun qurilmadagi ikkala klapan ham boshlang'ich holatida yopiq, havo qalpog'i (5) dagi ortiqcha bosim $P = \rho g H$ ga teng hamda ta'minlovchi havza (9) dagi suv tinch (harakatsiz) bo'lishi kerak. Gidravlik zarbni ishga tushirish uchun avvalo, zarb klapani (8) ni ochish kerak. Shunda suv klapani (8) orqali katta miqdordagi suv oqib chiqadi va ta'minlovchi quvurdagi (3) suv tezligi noldan farqli



2.27-rasm. Gidravlik zarb chizmasi.

biror aniq ϑ_{chegar} . chegaraviy qiymat, ya'ni yuqori basseynning eng katta dami H qiymatidan biroz ko'proq bo'lishi kerak. Bu dam qiymati ta'minlovchi quvur sistemasidagi gidravlik qarshilikka va yuqori basseynning eng katta dami H qiymatiga mos kelishi shart. Jami damlar isrofi gidravlik qarshiliklardan katta bo'lishi zarur.

Gidravlik zarb ishga tushish oldidan tezlik dami bilan birgalikda zarb klapanining ostidan ta'sir etuvchi gidrodinamik bosim ham ortadi. Bu bosim ta'sir kuchining qiymati (δ) klapan og'irligidan katta bo'lganida u yopiladi va gidravlik zarb paydo bo'ladi. So'ruvchi quvurdagi bosim keskin ortadi va natijada so'ruvchi (2) klapan ochiladi. Bosim ostidagi suv havu qalpog'i (5) ga o'tadi, so'ngra qalpoq ostidagi suv havu qalpog'iga o'tadi, so'ngra qalpoq ostidagi havoni siqib so'ruvchi quvur (6) orqali qabul qiluvchi (7) basseynga quyiladi.

Zarb klapanining yopilishi bilan ta'minlovchi quvur (3) da oqim to'liqini boshlanadi, natijada undagi suyuqlik harakatining tezligi va bosimi kamayadi. Muayyan vaqtdan so'ng, ta'minlovchi quvurdagi bosim shu darajada pasayadiki, shunda so'ruvchi klapan (2) yopiladi va zarb klapani (8) avtomatik ravishda ochiladi. Sikl qaytadan boshlanadi.

Gidravlik zarb qurilmasi suvni porsiyalab (bo'lib-bo'lib), avtomatik uzatib ishlaydi, havu qalpog'i esa so'ruvchi quvurdagi suv oqimining uzilib-uzilib oqishi (pulsatsiya)ni kamaytirib, yuqoridagi basseynga bir me'yorda suvning uzatilib turishini ta'minlaydi. Suv havzasidan uzatilayotgan suv miqdorining anchagina qismi zarb klapani orqali tashqariga oqib chiqadi. Tashqariga oqib chiqqan suv boshqa maqsadlarda ishlatiladi.

Zarb qurilmasini ishga tushirishga zatvorni ochishga sarf bo'ladigan quvvat quyidagidan topiladi:

$$N_{zat} = \rho g Q (H_1 + \sum h_{w1}). \quad (2.85)$$

Zarb qurilmasining foydali quvvati quyidagicha ifodalanadi:

$$N_{to'l} = \rho g Q (H_2 + \sum h_{w2}), \quad (2.86)$$

bu yerda, H_2 — foydali so'rish balandligi; $\sum h_{w2}$ — so'rish sistemasidagi isroflar.

Sistemadagi isroflar hisobga olinmasa, gidravlik zarb qurilmasining foydali ish koeffitsiyentini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\eta = N_{to'l} / N_{sarf} = Q_2 H_2 / (QH_1). \quad (2.87)$$

Zarb qurilmasining foydali ish koeffitsiyenti, asosan yuqori va pastki havzalardagi suyuqlik sath balandliklari nisbatiga, ya'ni damlar H/H_1 ga bog'liq bo'ladi.

Gidravlik zarb qurilmalarini sug'orish va suv ta'minotida hamda dasht va tog joylardagi o'tloqlarga suv chiqarishda qo'llash mumkin.

Nazorat savollari

1. Quvurlar tavsifi va tasnifini ayting.
2. Quvur vazifalari, ishlatilishi haqida misollar keltiring.
3. Sodda va murakkab quvurlar ta'rifini bayon eting.
4. Quvurni hisoblashda unga qo'yiladigan maqsad — vazifa va talablarni ayting.
5. Quvurning diametri qanday formula bilan hisoblanadi?
6. Sodda quvur hisobi nimalarni o'z ichiga oladi?
7. Quvur parametrlarining o'zaro bog'lanishini ifodalovchi formulani yozing va uni ishlatishni tushuntiring.
8. Quvur hisobida tavsifiy koeffitsiyent va grafik usuli ma'nosini tushuntiring.
9. Quvurning gidravlik tavsifi va umumlashgan gidravlik tavsifi deb nimaga aytiladi?
10. Sifonli quvurni tavsiflang va hisobining xususiyatini tushuntiring.
11. So'rish balandligi nima va u eng ko'pi bilan qancha bo'la oladi?
12. So'ruvchi quvurlar uchun so'rish balandligining nazariy va amaliy ahamiyatini tushuntiring.
13. Gidravlik zarbni kim kashf qilgan. Uni ta'riflang va suyuqlik quvurida paydo bo'ladigan zarb bosimini hisoblaydigan formulani yozing.

III bo'lim. **GIDROINSHOOTLARDA SUV HARAKATI**

8-bob. SUVNING OCHIQ KANAL VA O'ZANLARDAGI BOSIMSIZ TEKIS HARAKATI

8.1. Asosiy tushuncha va ta'riflar

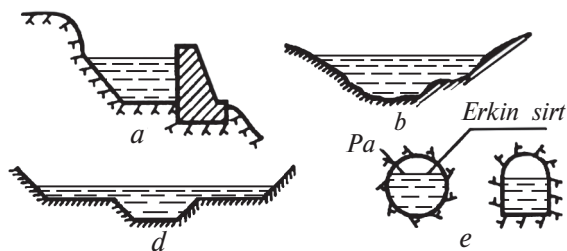
Yer sirtidagi tabiiy nishablik yo'nalishida suv miqdoriga mos holda maxsus chegaralanmagan kenglikni egallab oqadigan suv oqimini *tabiiy oqim* deyiladi. Tabiiy o'zanda oqadigan ko'p miqdordagi suv oqimi *daryo* deyiladi. Daryolardagi suv oqimi bunga misol bo'la oladi. Dunyoda uzun va kalta, keng va tor o'zanli daryolar ko'p. Masalan, Nil (6671 km), Missisipi (6420 km), Amazonka (6400 km), Yanszi (5530 km), Volga (3700 km), Amudaryo (2540 km) va sh.k. daryolarda yiliga 35560 km^3 suv oqadi. Bu daryolardagi suv sarfi $120 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$ (Amazonka)dan $155 \text{ m}^3/\text{s}$ (Zarafshon)gacha va undan ham kichiklari mavjud.

Maxsus shaklda qurilgan va chegaralangan kenglik hamda chuqurlik bilan yer sirtidagi tabiiy nishablik yo'nalishida sun'iy hosil qilingan suv uzatuvchi o'zanni *kanal* deyiladi. Kanallar majburiy harakatlanadigan suv oqimini ta'minlovchi gidroinshoot bo'lib, gidromelioratsiya ishlarini amalga oshirishda suv yetkazib berish vazifasini bajaradi. Kanallar suvni daryo, ko'l va dengizlardan oladi. Kanallardagi suv sarfi bir necha yuz m^3/s .dan o'n m^3/s .gacha bo'lishi mumkin.

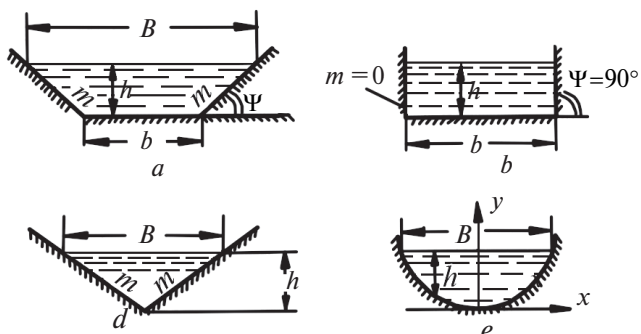
Daryo va kanallar bir-biridan nishabliklari va suv oqimining tezliklari, oqizma modda materiallari, suvning sho'rligi va sh.k. xususiyatlari bilan farq qiladi.

8.2. Tekis oqimli daryo va kanallar ko'ndalang kesimining gidravlik elementlari

Daryo o'zanining ko'ndalang kesimi uning uzunligi bo'y-lab o'ta o'zgaruvchan bo'lsa-da, ularning shakli o'zan o'tgan yerdagi tuproq va tog' jinslari qatlamining joylashuviga qarab



3.1-rasm. Daryo o'zaning kesimi.



3.2-rasm. Kanalning ko'ndalang kesimi.

turlicha ko'rinishda bo'ladi. Katta daryolar o'zaning shakli ko'proq parabolaga o'xshashroq bo'ladi. Bu shakl har sutka va oylar hamda yil fasllarida oqimdagi suv miqdoriga qarab o'zgarib turgani uchun no geometrik tusga kiradi (3.1-rasm).

Kanallarning ko'ndalang kesimi simmetrik trapetsiya, uch-burchak, to'g'ri burchakli va parabolasiimon shakllarda (3.2-rasm) ko'proq quriladi.

Kanaldagi suv oqimi yuzasining kattaligi kanal tubining kengligi b va chuqurligi h ni e'tiborga oluvchi quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$B = b + 2 mh, \quad (3.1)$$

bu yerda, b — kanaldagi suv yuzasining eni; $m = ctg\Psi$; Ψ — kanal yon devorining qiyalik burchagi (odatda, yerning tuproq tuzilishidan kelib chiqqan holda loyihalashda ko'rsatiladi).

Kanalning tirik kesimi S va ho'llangan perimetri χ_1 uning quyidagi geometrik o'lchamlari bog'lanishidan topiladi:

$$S = (b + mh)h$$

$$\chi = b + 2h\sqrt{1 + m^2}. \quad (3.2)$$

Ma'lumki, gidravlik radius ($R = S/\chi$) teng bo'lgani uchun uni yuqoridagilar asosida yozamiz:

$$R = \frac{(b+mh)h}{b+2h\sqrt{1+m^2}}.$$

Hisobni osonlashtirish uchun kanal o'zani tubining nisbiy kengligi tushunchasidan foydalaniladi:

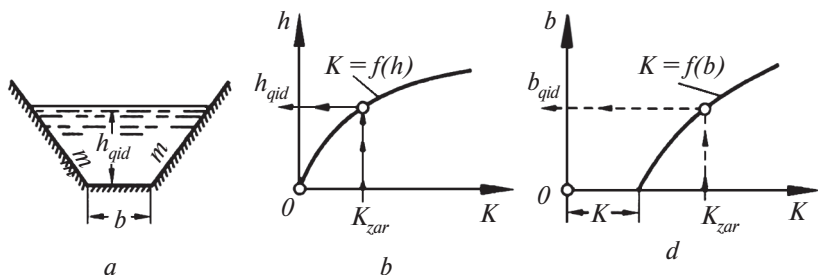
$$\beta = b/h_1, \quad (3.3)$$

bu yerda, $S = h^2(\beta + m)$ va $\chi = h(\beta + 2\sqrt{1 + m^2})$ — kanal kesimining yuzasi va ho'llangan perimetri. Formuladagi qolgan kattaliklar chizmada ko'rsatilgan.

Kanalni hisoblashda eng qulay ko'ndalang kesim tanlanadi. Albatta, bunda kanalning quyidagi parametrlari Q , m , i ni qoniqtiruvchi, ya'ni o'rta tezlikka mos keluvchi, ko'ndalang kesim shunday tanlanishi kerakki, kanal kesimi eng qulay gidravlik shaklni qoniqtirishi zarur. Kanalning eng qulay kesimi ko'p sonli variantlardan biriga mos kelishi kerak. Bu variantlarda kanal eni va chuqurligi katta bo'lmasligi shart. Kanalning eng qulay ko'ndalang kesimi 3.2- *a* rasmdagi shaklga amalda ko'proq to'g'ri keladi. Ko'pchilik kanallar hisobida oltita asosiy parametrlardan kanal tubining eni b , chuqurligi h va yon qirg'oqlarining qiyaligi m berilganida quriladigan kattalikka e'tibor bermasdan masala yechiladi. Masalan, suv oqimining tirik kesimi kattaliklari (b , h , m) va kanal nishabligi i hamda g'adirbudurlik koeffitsiyenti n berilgan holat uchun suv sarfi Q topilishi talab etiladi. Hisobning to'g'ri bo'lishi uchun, avvalo, gidravlik radius $R = S/\chi$ topiladi. So'ngra R va n aniq bo'lgandan keyin Shezi formulasi $\vartheta = C\sqrt{RJ}$ dan tezlik topiladi. Keyin yuqoridagi kattaliklardan foydalanib, sarf hisoblanadi:

$$Q = S\vartheta = SC\sqrt{RJ}. \quad (3.4)$$

Masala shartini o'zgartirib, oltita parametrning birini qolgan beshtasi berilganida hisoblab topiladi. Ayrim hisoblashlarda avval, kanal chuqurligi bilan sarf moduli orasidagi $K = f(h)$, $K = f(b)$



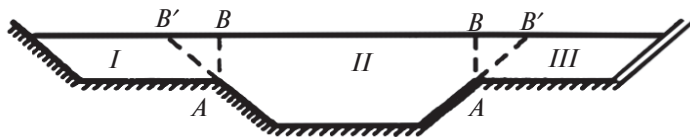
3.3-rasm. Sarf modulining kanal chuqurligiga va tubining eniga bog‘liqlik grafigi.

va sh.k. bog‘lanishlar grafiglari quriladi va ulardan kanalning eng qulay chuqurligi, tubining eni topiladi (3.3-rasm). Zaruriy modulni aniqlashda $K = Q / \sqrt{i}$ nisbati va $i = \vartheta^2 / C^2 R$ dan foydalaniladi.

Kanalni loyihalash va uni qurishda suv oqimining o‘rta tezligini aniqlash muhim ko‘rsatkichlardan biri hisoblanadi. Kanaldagi suv oqimining tekis harakatidagi ruxsat etilgan o‘rta eng katta tezlik aniqlansa, unga qarab kanal qirg‘oqlari va tubining yuvilishi yoki cho‘kma materiallar (loyqa) cho‘kishining oldi olinishi mumkin. Agarda $\vartheta > \vartheta_{max}$ bo‘lsa, kanal qirg‘og‘ini suv yuvadi; $\vartheta < \vartheta_{min}$ — kanal o‘zaniga cho‘kmalar to‘planadi; $\vartheta = \vartheta_{max}$ bo‘lganda cho‘kma materiallar oqib ketadi.

Suv oqimining ϑ_{xak} tezligi o‘zan tubining nishabligiga bog‘liq bo‘lsa-da, uning ϑ_{max} nishablikka bog‘liq bo‘lmasdan, faqat kanal materialiga va suv chuqurligiga bog‘liq bo‘lishi mumkin. Kanalni loyihalashda va uni qurishda tezlikning muhim kattaliklari (Shezi koeffitsiyenti, gidravlik radius yoki kanal tubining nishabligi)dan birini kamaytirish yo‘li bilan eng qulay ruxsat etilgan tezlik tanlanadi.

Yer o‘zanli kanallarda ϑ_{min} va ϑ_{max} qiymatiga qarab suvning oqizindilarni oqim bilan uzatish xususiyati o‘zgaradi. Oquvchi materiallar miqdori ruxsat etilgan miqdordan katta bo‘lganida, kanalda cho‘kmalar ortadi va aksincha holatda oqimning uzatish xossasi pasayganligi sababli kanal o‘zani yuviladi. Bu kamchiliklarni kamaytirish uchun goho o‘zan tubi sharsharali temir-beton yoki katta toshlar qatlami shaklida quriladi. Suv o‘tkazish qobiliyatini fasllarga mos iqlim sharoitiga



3.4-rasm. Tarkibiy kanal kesimi.

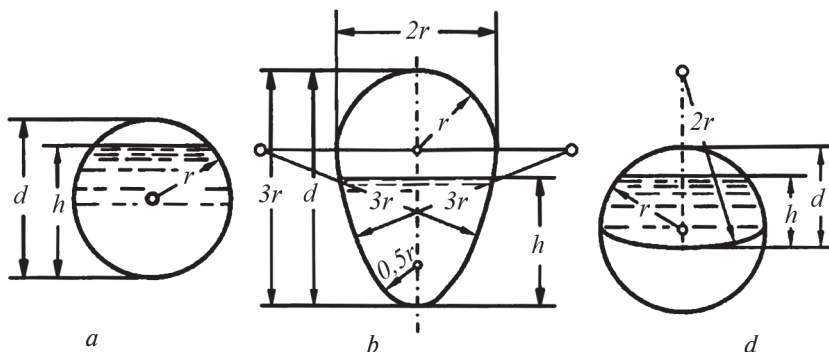
ko'ra talab qilinganida goho kanal tarkibiy qismlari qilib quriladi (3.4-rasm). Unda kanalning har bir tarkibiy qismi uchun suv sarfi hisoblanadi va ularning yig'indisidan kanaldagi suv sarfi aniqlanadi.

8.3. Ko'ndalang kesimi berk kanallar hisobi

Ko'ndalang kesimi berk kanallarga *kanalizatsiya, drenaj va gidrotexnik tunnellar* mansub, ular bosimsiz quvurlarday ishlaydi va gidravlik talablar jihatidan ochiq o'zanlardan farq qilmaydi.

Oqova suv (kanalizatsiya) quvurlari turlicha materiallardan va har xil o'lcham hamda shakllarda (yumaloq, tuxumsimon, novsimon) tayyorlanadi. Ularning ko'ndalang kesimlari shakllariga mos ravishda turli xil aralashmali oqovalarni oqizib chiqarishga mo'ljallanadi. Bir xil sarfli oqimlar uchun yumaloq, o'zgaruvchan sarfli oqimlarda tuxumsimon va jala oqimlilarda esa ko'ndalang kesimli novsimon quvurlar ishlatiladi (3.5-rasm).

Quvurlarning *to'lish darajasi* ($a = h/d$) amalda 0,5—0,75 atrofida bo'ladi. Quvurdagi oqim tezligi va sarf miqdori hamda quvurdagi suyuqlik balandligi orasidagi bog'lanishni funksiya



3.5-rasm. Oqova suv (kanalizatsiya) quvurlarining geometrik shakllari:
a — yumaloq; b — tuxumsimon; d — novsimon.

shaklida, ya'ni $\vartheta = f_1(h)$ va $Q = f_2(h)$ yozish mumkin. Bu funksiya bo'yicha ochiq o'zanlarga nisbatan kanalizatsiya (oqova suv) quvurining to'lish darajasi eng katta bo'la oladi. Shezi formulasi bo'yicha h_1 va h_2 hisoblanganida quvurdagi suyuqlik balandliklari quyidagicha bo'lishi mumkin:

$$h_1 \approx (0,80 - 0,85)d \quad \text{va} \quad h_2 \approx (0,93 - 0,95)d. \quad (3.5)$$

Oqova suv quvurlarini hisoblashda, albatta, quvurning g'adir-budurligini e'tiborga olish shart. Hisoblashlarda ularning g'adir-budurligi, odatda, $n = 0,012 - 0,014$ atrofida olinadi.

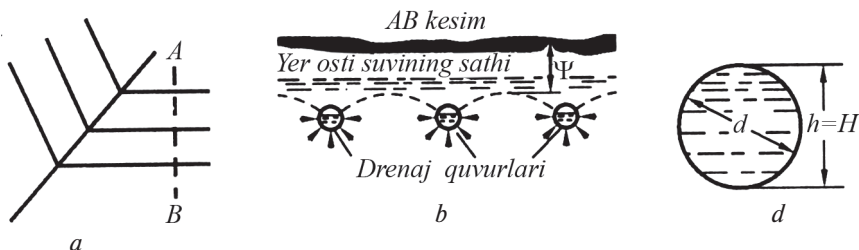
Oqova suv quvurlari uchun oqimning ko'ndalang kesimi va ho'llash perimetrini matematik usul bilan hisoblash va amaliyotga yaroqli formulalarni topish ancha murakkab tenglamalarga olib keladi. Shuning uchun amaliy hisoblashlarda ko'proq maxsus jadval va grafiklar keltirilgan ma'lumotnomalardan foydalaniladi. Masalan, sarf K_n va tezlik W_n modullarini g'adir-budurligi $n = 0,013$ bo'lgan yumaloq diametrli quvur uchun topishda Gangilenil — Kutter jadvalida keltirilgan natijalardan foydalanib, sarf miqdori Q , i , h , d va boshqa qiymatlar hisoblanadi. Buning uchun oqova suv quvurining to'lib oqishi ($a = 1$ va $h - d$) da K_n va W_n qiymatlari jadvaldan olinadi va bog'lanish diagrammasi $K_n = f(d)$ va $W_n = f_2(d)$ quriladi.

Diagramma va jadvallardan topilgan natijalarni quyidagi ma'lum formulalarga qo'yib, oqim tezligi va sarf miqdori hisoblanadi:

$$\vartheta = W_n = \frac{W}{W_n} \sqrt{i} = W_n N \sqrt{i}; \quad Q = K_n \frac{K}{K_n} \sqrt{i} = K_n M \sqrt{i}, \quad (3.6)$$

bu yerda, $N = W/W_n$ va $M = K/K_n$ — silliq va g'adir-budur quvurlardagi oqim tezliklari hamda sarf nisbatlari bo'lgan o'lchamsiz kattaliklar.

Drenaj quvurlari zax, botqoq, sho'r yerlardagi yoki to'qayzorlardagi ortiqcha suvni majburiy maxsus zovur va yer ostida yotqizilgan quvurlar yordamida chiqarishga mo'ljallanadi. Drenajlar gorizonttal va vertikal bo'ladi. Gorizonttal drenajlardan



3.6-rasm. Drenaj quvurlarning yer ostida yotqizilishi:

a—drenaj quvurlarning rejadagi chizmasi; *b*—drenaj quvurlarga yerosti suvining oqib kirishi; *d*—drenaj quvurning kesimi.

suv tabiiy nishablikka mos holda oqib chiqib, zovurlarga quyiladi. Vertikal drenajlar esa yer ostida hosil qilingan sun'iy havzalarga to'plangan suv maxsus vertikal cho'ktirilgan nasoslar bilan yer sirtiga chiqariladi. Vertikal drenajlar 10—25 m chuqurlikdagi sun'iy havzalardan suvni tashqariga haydaydi. Vertikal drenaj havzasiga suv gorizontal yotqizilgan quvurlarga ularning devoridagi teshikchalardan oqib kiradi va quvurda yig'ilib yoki tabiiy oqim bilan sun'iy havzaga oqib keladi (3.6-rasm).

Drenaj quvurining nishabligi va uning diametri yetarli darajada, ya'ni suv sarfiga mos keluvchi o'lchamdagi quvur bo'lishi kerak. Drenaj quvurlarining hisobi oqova suv quvurlarinikiga o'xshash va bosimsiz bo'lsa-da, goho ularda suvning quvurni to'ldirib oqishi kuzatilgani uchun to'ldirish koeffitsiyenti $a = 1$ deb olinadi (3.6- *b* rasm).

Yumaloq diametrlil drenaj quvurlarining hisobi quyidagi nisbatlardan foydalanib olib boriladi, ya'ni:

$$h = d; \quad S = \pi d^2 / 4; \quad \chi = \pi d; \quad R = d / 4; \quad (3.7)$$

$$\vartheta = C \sqrt{Ri} = C \sqrt{d / 4i} = 0,5C \sqrt{id}; \quad (3.8)$$

$$Q = \frac{1}{4} \pi d^2 \vartheta = \frac{1}{2} SC \sqrt{id} = \pi d^{5/2} \frac{C}{8} \sqrt{i}. \quad (3.9)$$

8.4. Tabiiy o'zandagi suvning tekis harakati

Tabiiy o'zanlar shakli no geometrik ko'rinishda bo'lgani uchun ulardagi suv oqimining harakati har doim notekis bo'ladi. Tabiiy o'zanlarning hisobini amalga oshirish ancha murakkab bo'lgani sababli muayyan shartlarni kiritib, o'zaning biror qismidagi harakatini tekis deb olinadi.



3.7-rasm. Tabiiy o‘zan kesimlari:

a—oqim osti notekis o‘zan; *b*—oqim osti tekis o‘zan.

Hisoblashlarda tabiiy o‘zanni shartli ravishda silindrsimon, prizma shaklida, parabolik yoki to‘g‘ri burchakli deb olinadi (3.7-rasm).

O‘zan tubining nishabligi to‘g‘ri deb olinadi. Bu shartda o‘zandagi suv sirti yuzasining nishabligi tekis, tabiiy o‘zan tubini yaxlitlab tekis va o‘zanni silindrsimon deb olinadi. Unda hisob ishlari yuqorida keltirilgan formulalar yordamida bosimsiz quvurlarnikiday amalga oshiriladi.

Nazorat savollari

1. Daryo va kanal o‘zani deb nimaga aytiladi? O‘zanlar necha xil bo‘ladi?
2. O‘zanning asosiy parametrlarini ayting va ularni chizmada ko‘rsating.
3. O‘zanning ko‘ndalang kesimli geometrik shakllarini chizing.
4. Daryo va kanal o‘zanlarining sath kengligi, chuqurligi, tubining kengligi, nishabligi qanday formula yoki grafiklardan aniqlanadi?
5. Sarf moduli qanday formula bilan hisoblanadi?
6. Kanal o‘zanining tarkibiy qismi deganda nimani tushunasiz?
7. Oqova suv quvurlari necha xil bo‘ladi?
8. Oqova suv quvurlaridagi oqim tezligi va sarfini topish formulasini yozing va uni tushuntiring.
9. Drenaj nima va uning quvurlari necha xil bo‘ladi hamda ular qanday yotqiziladi?
10. Tabiiy o‘zanlar kattaliklari qanday hisoblanadi?

9-bob. SUVNING OCHIQ KANAL VA TABIIY O‘ZANLARDAGI BOSIMSIZ NOTEKIS HARAKATI

9.1. Ochiq o‘zanlarda suvning notekis harakati haqida tushunchalar

Kanal va tabiiy o‘zanlarda suv notekis harakatlanishi natijasida uning harakat tartibi turbulent bo‘ladi. Harakatlanayotgan suv oqimi bir tekis o‘zgarib boradi. Masalan, silindrsimon quvurga suv oqib kirganida, avval, manfiy tezlanish bilan, ya’ni muayyan masofagacha tezligini pasaytirib oqadi. Keyin suv oqimining og‘irlik kuchi quvur devorining va suyuqlik qatlamlari orasidagi ishqalanish kuchlari qarshiliklarini yengishga sarflanganligi sababli bir xil tezlikda tekis harakatlanadi. Shuning uchun suv massasi og‘irlik kuchining bajargan ishi ishqalanish kuchining bajargan ishiga tenglashgani sababli, har qanday notekis oqim tekis harakatga o‘tishga intiladi.

Oqimga ta’sir qiluvchi har xil tashqi va ichki kuchlar o‘zgarib turganida, u notekis harakat qiladi. Bu holat o‘rinli bo‘lganida, o‘zan uzunligi bo‘ylab oqim tezligi va uning chuqurligi o‘zgarmas bo‘la olmaydi, ya’ni $v \neq const$ va $h \neq const$.

Kanal o‘zani silindrsimon va nosilindrik bo‘lishi bilan birga, kengayuvchi yoki torayuvchi, nishabli, nishabsiz va undagi suv chuqurligi o‘zgaruvchan bo‘lishi mumkin.

Ko‘ndalang kesimi o‘zgarmas kanal o‘zanining nishabligi $i > 0$ bo‘lganida, oqimning tekis harakati buziladi va notekis harakatga o‘tadi. Masalan, quyidagi holatlarda yuqoridagi hodisa paydo bo‘ladi:

a) suv yo‘liga to‘g‘on qurilganida, sharshara hosil qilinganida va qalqonli to‘siq o‘rnatilganida (3.8-b, d rasm);

b) to‘g‘onning old qismi suvga to‘lib, undan toshib oqib o‘tish jarayonida ikki xil oqim paydo bo‘ladi: to‘g‘ongacha bo‘lgan suv qatlamining ostki qismi tekis harakat qilsa-da, aksincha, uning sath qismining, ya’ni to‘g‘onning erkin sirti chizig‘idan yuqoridagi qatlamda suv turbulent tartibda harakatlanadi. Natijada oqimdagi suv sarfining belgilangan chegaraviy chuqurligi tekis harakatdagi suv chuqurligiga teng bo‘la olmaydi, ya’ni $h_b \neq h_{t,h}$. Oqim sarfining qalinligi $N-N'$ —

chiziqdan yuqoridagi nuqtadan boshlab suv tezlanish bilan harakatlanadi;

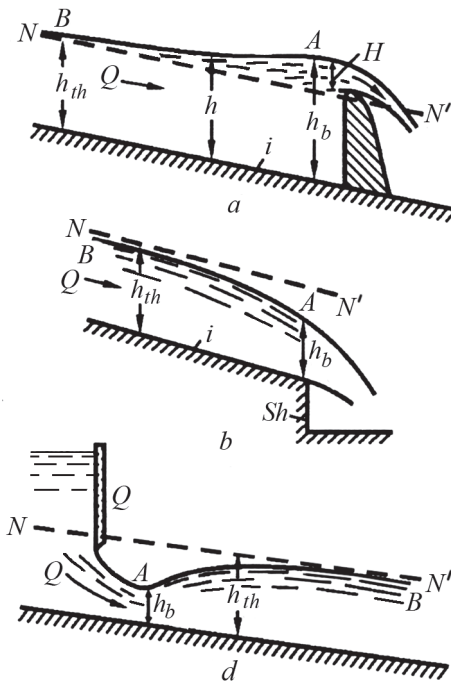
d) o‘zan tubi bilan sharsharaning boshlanish sath qalinligi qatlamda, ya’ni sharshara chegarasida, oqim nishabligi katta bo‘lsa-da, muayyan chuqurlikda suv tekis harakatlanadi. Sharshara chegarasidagi oqim massasi sarf kattaligini belgilaydi. Shuning uchun tekis harakatdagi suv qatlamining chuqurligi notekis qatlamning old frontinikiga teng bo‘la olmaydi, ya’ni $h_b \neq h_{t.h.}$.

Demak, ochiq o‘zanli sharsharali kanallarda sharshara balandligi va oqim nishabliklarini tanlash yo‘li bilan sarf qiymatini aniqlash mumkin ekan. Amalda suvning yuqori sathiga yaqin qatlamida oqim notekis harakatlanadi;

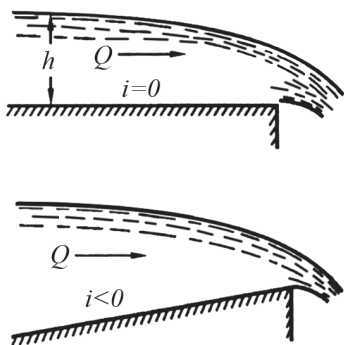
e) oqim yo‘liga qalqon o‘rnatilganida, uning ostki qismidan oqib chiqayotgan suv avval, tezlanish bilan, keyin turli xil qarshiliklarni yengishga ma’lum miqdordagi energiyasini sarflab, tekis harakatga o‘tadi. Belgilangan chuqurlik qiymati tekis harakatdagi oqimnikiga teng bo‘lmaydi, ya’ni $h_b \neq h_{t.h.}$. Shu usul bilan kanaldagi suv sarfiga mos keluvchi chuqurlik tanlanadi va unga qarab sarf topiladi.

Ko‘ndalang kesimi silindrsimon gorizontaal kanal o‘zaning nishabliklari $i=0$ va $i<0$ bo‘lganida (3.9-rasm), tekis harakatlanayotgan suv oqimining tezligi Shezi formulasi (3.8) ga muvofiq $\vartheta=0$ ga teng bo‘ladi. Lekin kanaldagi suv oqimi to‘xtab qolmaydi.

Demak, amalda tekis harakat bo‘la olmasa-da, notekis, ya’ni turbulent harakat mavjud bo‘lar ekan.



3.8-rasm. Nishabligi $i > 0$ bo‘lgan o‘zanlar.



3.9-rasm. Nishabliklari $i=0$ va $i<0$ bo'lgan o'zarlardagi suv oqimi.

Ko'ndalang kesimlari kengayuvchi (torayuvchi) konussimon o'zanli kanal (silindrik bo'lmagan)da suv notekis harakatlanadi. Konussimon kanallar katta suv oqimlari uchun ishlatilmasa-da, unda sodir bo'ladigan hodisalar asosida ko'pgina asbob-uskunalar ishlaydi.

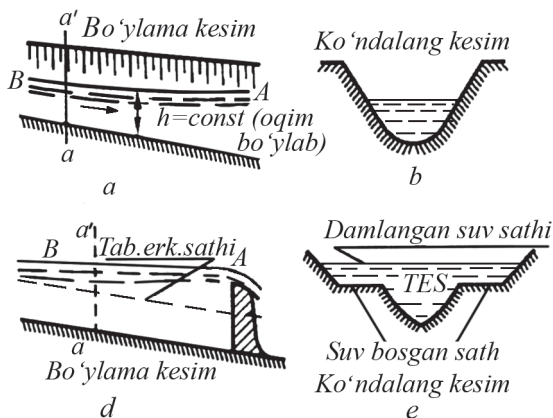
Tahlil qilingan kesimlar uchun silindrsimon kanallarning nishabliklari $i>0$, $i=0$ va $i<0$ bo'lgan hamda nosilindrik o'zarlardagi suv oqimlarining harakati notekis bo'ladi.

Demak, faqat silindr shaklidagi o'zanlar nishabliklari $i>0$ katta va tekis, yetarli darajada uzun va tekis harakat tartibini buzuvchi inshoot hamda moslamalar o'zanda bo'lganida suv oqimining tekis harakati o'rinli bo'ladi.

Suv oqimining notekis harakati ko'proq uchraydi va uni o'rganish muhim amaliy ahamiyatga ega. Masalan, kanal o'zanining turli joylaridagi chuqurliklarini, to'g'on qurilishida qirg'oqlarning suv ostida qolish chegarasini aniqlashda bu usul ishlatiladi.

O'zan haqida to'liq ma'lumotga ega bo'lish uchun, eng avvalo, notekis bir xil o'zgaruvchan oqimning **erkin sath chizig'ini** qurish masalasi asosiy hisoblanadi (3.10-a, b, d, e rasm). Uni qurish uchun nazariy yoki amaliy natijalarni o'zan uzunligi bo'ylab joylashtiriladi va nuqtalarni birlashtirib erkin sath chizig'i AB hosil qilinadi. Uni hisoblashda o'zandagi oqim parametrlarining asosiy kattaliklari beriladi va ulardan foydalanib kattaliklar topiladi. Nazariy qurilgan erkin sath chizig'i asosida o'zanning turli ko'ndalang kesimlarida paydo bo'lgan o'yiqlar o'rni va chuqurligi, kemalar qatnaydigan kanal o'zanidagi suv chuqurligi, to'g'onli o'zarlarda esa suv ostida qolgan yerlar chuqurligi va sh.k. aniqlanadi.

Notekis harakatlanayotgan suv oqimi uchun erkin sath chizig'ini qurish masalasi ancha murakkab. Uni yechish uchun, eng avvalo, o'zanning asosiy tavsiflari (o'zan shakli, o'lchamlari, nishabligi, g'adir-budurli) va suv sarfi berilishi kerak. Shunda o'zanning elementar uzunlikdagi oqimi uchun gidravlik



3.10-rasm. Suvning notekis harakatida erkin sath chizig'ining joylashuvi:

a va b — tabiiy o'zanda (bo'ylama va ko'ndalang kesimlar);

d va e — to'g'onli sun'iy o'zanda (bo'ylama va ko'ndalang kesimlar).

bog'lanishlardan foydalanib, suvning notekis harakatini qoniqtiruvchi differensial tenglamalar tizimi tuziladi va yechiladi.

Suvning notekis harakatining differensial tenglamalari asosida erkin sath chizig'i koordinatalari topiladi va ularni birlashtirib grafik quriladi.

Suvning notekis harakatining differensial tenglamalarini tuzish bilan Koriolis, Bussinesk, ularni yechish usullari bilan rus olimi B.A. Baxmetov, A.N. Raxmanov va boshqalar shug'ullangan.

9.2. Oqimning solishtirma energiyasi, kritik va normal chuqurligi hamda nishabligi

Daryo va kanallar o'zanidagi suv oqimining solishtirma energiyasi — bu suv qatlamining energiyasi, ya'ni suyuqlikning massa birligiga mos keluvchi energiya bo'lgani uchun uni quyidagicha yozish mumkin:

$$H_{s.e.} = h_1 + \frac{P}{\rho g} + \alpha \frac{v^2}{2g}. \quad (3.10)$$

Oqim kesimining solishtirma energiyasi — bu solishtirma to'la energiyaning xususiy qiymati bo'lib, solishtirish tekisligi o'zan tubidagi D nuqtadan o'tgan deb faraz qilinadi. Solishtirish tekisligi 0_d va $0'_d$ uchun atmosfera bosimi hisobga olin-

maganida, suv qatlami chuqurligi uchun quyidagini yozish mumkin:

$$h_1 + \frac{P}{\rho g} = h. \quad (3.11)$$

Unda, (3.10) ni energiya holatiga mos ravishda qayta yozish mumkin:

$$W_{s.e.} = H_{s.e.} = h + \frac{P}{\rho g} + \alpha \frac{v^2}{2g} = h + \alpha \frac{Q^2}{2gS^2}. \quad (3.12)$$

O‘zanning nishabligi, g‘adir-budurliigi va boshqa parametrlariga qarab, bir xil kesimdagi suv turlicha tezliklarda oqib o‘tsa-da, sarf miqdori o‘zgarmas bo‘lishi mumkin. Lekin oqim chuqurligi o‘zgaruvchan bo‘lganida, sarf miqdorini o‘zgarmas saqlansa-da, oqimning solishtirma energiyalari bir xil bo‘la olmaydi. Shuning uchun solishtirma energiya bilan oqim qatlami chuqurligi orasidagi bog‘lanishni funksiya shaklida yozish mumkin:

$$Q = f(h). \quad (3.13)$$

Demak, to‘g‘ri burchakli o‘zandagi suv uchun oqim tezligini (3.12) dan topib, quyidagi bog‘lanishlar hosil qilinadi:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{bh} = \frac{q}{b}, \quad (3.14)$$

bu yerda, $q = Q/h$ — suvning elementar solishtirma sarfi.

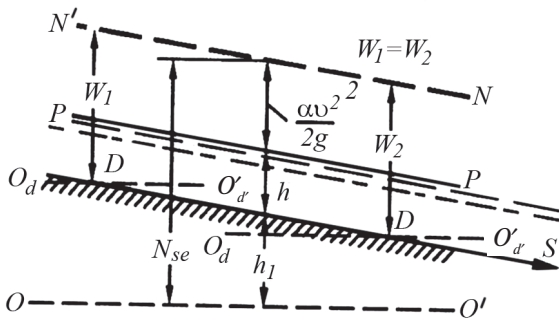
Oqim tezligi ifodasini uning energiya ifodasiga qo‘yib, oqim ko‘ndalang kesimining solishtirma energiyasini hosil qilamiz:

$$W_{s.e.} = h + \alpha \frac{q^2}{2gh^2}. \quad (3.15)$$

(3.13) funksional bog‘lanishdan ko‘rinadiki, $h \rightarrow \infty$ intilganida, solishtirma energiya $W_{s.e.} \rightarrow \infty$ intiladi. Bu bog‘lanish ancha murakkab tahlillar bilan bog‘liq bo‘lgan jarayon hisoblanadi.

O‘zandagi oqim tekis harakatlanganida, qatlam chuqurligi o‘zgarmsa-da ($h = const$), ammo uning dami o‘zan uzunligi bo‘ylab mavjud qarshiliklarni yengishga energiya sarflagani uchun, bir tekis kamayib boradi.

Demak, $W_1 = W_2$, ya‘ni oqimning to‘la energiyasi kamaysada, solishtirma energiyasi o‘zan bo‘ylab o‘zgarmas ekan (3.11-rasm).



3.11-rasm. Suv oqimi energiyasining o'zgarishiga doir chizma.

Oqimning muayyan chuqurligi suv qatlaminig eng kichik energiyasi qiymatiga to'g'ri keladi (3.12-rasm). Bu chuqurlik suv qatlaminig eng kichik (minimum) qismi bo'lib, uni *kritik chuqurlik* deyiladi va h_{kr} belgilanadi.

Demak, oqim ko'ndalang kesimining eng kichik qiymatiga mos keluvchi solishtirma energiyani qanoatlantiruvchi chuqurlikni *kritik chuqurlik* deyiladi.

Kritik chuqurlik o'zan turiga qarab, har xil formulalar bilan ifodalanishi mumkin:

1. To'g'ri burchakli o'zan uchun

$$h_{kr.} = \sqrt[3]{\frac{\alpha q}{g}} - \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{gb^2}} \quad (3.16)$$

yoki $h = h_{kr.}$ bo'lganida esa

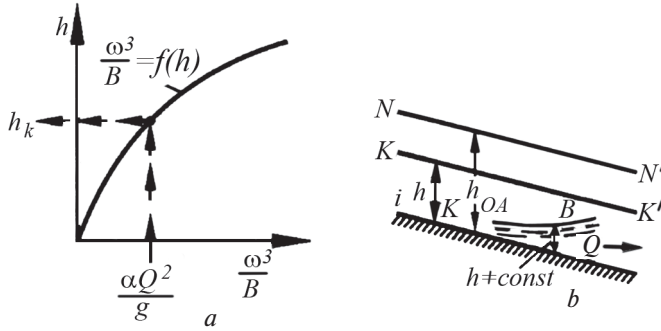
$$h_{kr.} = \frac{\alpha v^2}{g}. \quad (3.17)$$

2. Simmetrik uchburchak shaklidagi o'zan uchun

$$h_{kr.} = \sqrt[5]{\frac{2\alpha Q^2}{gm^2}}, \quad (3.18)$$

bu yerda, m — o'zanning nishablik koeffitsiyenti.

O'zanning boshqa turlari uchun kritik chuqurlik formulasi murakkab matematik ko'rinishda bo'ladi. Ko'pgina holatda ularning qiymatlari maxsus jadval va bog'lanishlar diagrammalaridan topiladi.



3.12-rasm. O‘zanning kritik (a) va normal (b) chuqurliklarini aniqlashga doir chizmalar.

Normal chuqurlik bu notekis oqim uchun belgilangan sarf qiymatiga mos keluvchi o‘zandagi oqim chuqurligidir.

1. **Trapetsiya shaklidagi o‘zan** uchun normal chuqurlik quyidagicha ifodalanadi:

$$h_0 = \frac{\chi}{(\beta + 2\sqrt{1+m^2})}. \quad (3.19)$$

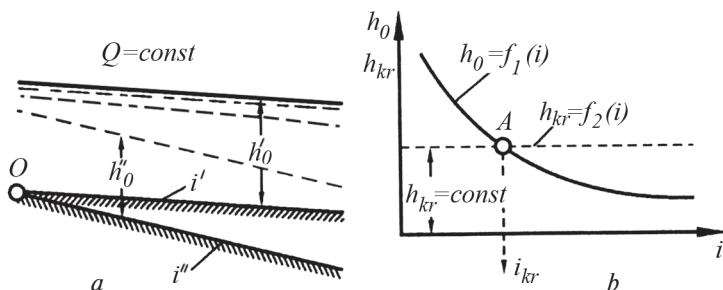
2. **Uchburchak kesimli o‘zan** uchun

$$h_0 = \frac{\chi}{(2\sqrt{1+m^2})}. \quad (3.20)$$

O‘zanning kritik va normal chuqurliklari **tushunchasi** xayoliy tasavvurdagi tushuncha bo‘lib, nazariy hisoblashlarni va tenglamalar yechimini topishda keng qo‘llaniladi. E‘tiboringizni 3.12-b rasmga qarating, undagi KK' chizig‘idan o‘zan tubigacha bo‘lgan chuqurlikni kritik va NN' chizig‘idan o‘zan tubigacha bo‘lgan chuqurlikni esa normal chuqurlik deb belgilangan.

Daryo o‘zanlari o‘tish joyining tabiiy relyefiga qarab, ularning nishabliklari har xil bo‘ladi. O‘zan nishabligining muayyan eng kichik va katta qiymatlari orasida shunday qiymatlar bo‘ladiki, aynan shu qiymatda sun‘iy o‘zanlar ko‘proq ishlaydi, tabiiy o‘zanlarning esa qirg‘oqlari va tubi kamroq yemiriladi.

Nazariy jihatdan o‘zanning eng qulay variantini topishda uning asosiy parametrlaridan sarf miqdori, o‘zan shakli va o‘lchamlari, g‘adir-budurlik koeffitsiyenti berilgan bo‘ladi. Shu kattaliklarga tayanib, hisoblashlar olib boriladi.



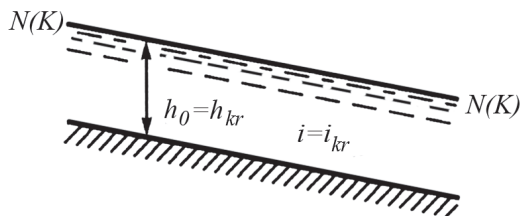
3.13-rasm. O‘zanning kritik nishabligiga oid chizma:

a — nishabligi rostlanadigan o‘zan; *b* — $h_0 = f_1(i)$ diagrammasi.

Faraz qilaylik, O nuqtaga nisbatan o‘zan tubining nishabligi sun‘iy o‘zgartiriladigan bo‘lsin. Unda, o‘zan nishabligi i ni shu nuqtaga nisbatan o‘zgartirib, istalgan normal chuqurlik h_0 hosil qilinadi va ular orasidagi $h_0 = f_1(i)$ bog‘lanish grafigi Shezi formulasidan foydalanib quriladi (3.13- *b* rasm).

Belgilangan ko‘ndalang kesimdagi kritik chuqurlik faqat suv sarfiga bog‘liq bo‘lsa-da, o‘zanning nishabligiga bog‘liq emas. Shuning uchun $h_0 = f_x(i)$ grafikning istalgan nuqtasidan gorizontal o‘tkazilgan chiziq $h_k = f_2(i)$, o‘zgarmas kritik chuqurlikka mos keluvchi, o‘zan nishabligiga parallel bo‘lgan chiziqni beradi. Normal chuqurlik qiymati kritik chuqurliknikiga teng bo‘lgan ($h_0 = h_{kr}$), belgilangan sarfni ta‘minlaydigan, o‘zgarmas kritik chuqurlik bilan tekis harakatlanuvchi oqim o‘zani nishabligini **kritik nishablik** deyiladi va uni i_{kr} deb belgilanadi (A nuqta, 3.13- *b* rasm).

O‘zanda kritik nishablik o‘rinli bo‘lganida, sath chizig‘i bilan suvning erkin sirti chiziqlari ustma-ust bir chiziqqa tushadi (3.14-rasm).



3.14-rasm. Kritik nishabli o‘zan.

Unda $i_0 = i$ bo'lganida $h_{kr.} = h_0$ hosil bo'ladi. Bu shart bajarilganida, tekis harakatlanayotgan oqim uchun sarf tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$Q = S_0 C_0 \sqrt{R_0 i} = S_{kr.} C_{kr.} \sqrt{R_{kr.} i_{kr.}}, \quad (3.21)$$

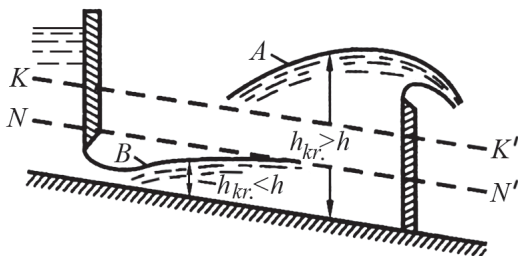
bu yerda, $\chi \approx B$ bo'lgan holatlardagi keng o'زانlar uchun $i_{kr.} = g / \alpha C_{kr.}^2$ teng bo'ladi.

9.3. Tinch, tezoqar va kritik oqimli o'زانlarda suv harakati

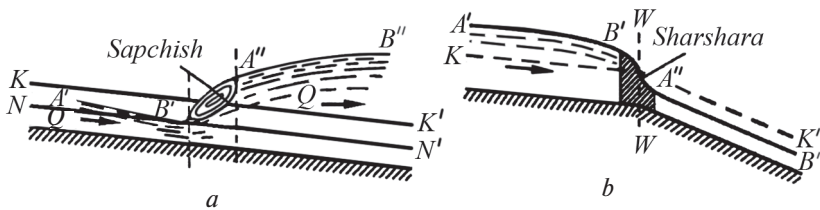
Tinch, tezoqar va kritik oqimli o'زان chuqurligi ortgan sayin, ularda sarf moduli K va S^3/B qiymatlari ortadi. Shuning uchun damsiz oqimlarning $K = f_1(h)$ grafigi maksimumga ega bo'lmaydi va ular uchta, ya'ni tinch, tezoqar va kritik holatlarda bo'lishi mumkin. Tinch holatdagi oqim o'زانidagi suv chuqurligi oqimning tekis yoki notekis bo'lishidan qat'i nazar, oqimning haqiqiy chuqurligi kritikdan har doim katta bo'ladi, ya'ni $h > h_{kr.}$

Tezoqar oqimdagi suv chuqurligi $h < h_{kr.}$ bo'lsa, kritik oqimda $h = h_{kr.}$ ga teng bo'ladi. Kritik oqimda suv tekis harakati o'rinli va $i = i_{kr.}$ bo'ladi (3.15-rasm).

Shuning uchun suv oqimining hosil bo'lish sharoitiga qarab, o'زان bo'ylab bitta oqimning har xil joyida tinch va tezoqar oqimlarni kuzatish mumkin. Tinch oqimda solishtirma energiya suv chuqurligi kattalashgan sayin ortadi, aksincha, tezoqar oqimda esa kamayib boradi, ya'ni $(W/h) > 0$ va $(W/h) < 0$.



3.15-rasm. Suvning tezoqar oqimidan tekis oqimiga o'tish chizmasi.



3.16-rasm. Gidravlik sapchish (a) va sharshara orqali tezoqar oqimdan tekis (b) oqimga o'tish chizmasi.

Tezoqar oqimdan tinch oqimga **gidravlik sapchish** orqali o'tishda gorizontal o'q bo'ylab yo'nalishda suv sirtida uyurma hosil bo'ladi. Aksincha, sharshara orqali tinch oqimdan tezoqarga o'tiladi (3.16-rasm).

9.4. Prizmasimon kanallar o'zanida suvning dimlanish va pasayish hodisalari

Prizmasimon o'zanlarda oqimning tirik kesimi, asosan, oqim qatlami chuqurligi h bilan baholanadi. Chunki oqimning tirik kesimi o'zan uzunligi l ga bog'liq emas. Unda, S bilan h orasidagi bog'lanishni $S=f(h)$ shaklida ifodalansa, uning xususiy hosilasi, ya'ni l o'zgarganida S ning orttirmasi nolga teng bo'ladi. O'zan bo'ylab ortsa ham, oqimning tirik kesimi o'zgarmasdan qoladi.

Silindrsimon o'zanlarda tirik kesimning orttirmasi nolga teng emas. Unda, oqim chuqurligining o'zan uzunligi bo'ylab o'zgarishini differensial tenglama shaklida yozish mumkin bo'ladi:

$$\frac{dh}{d\ell} = \frac{i - \frac{Q^2}{K^2}}{1 - \frac{\alpha Q^2 B}{gS^3}}, \quad (3.22)$$

bu yerda, $K = \sqrt{S^2 C^2 R}$ — sarf moduli.

Keltirilgan (3.22) tenglama to'g'ri nishabli ($i > 0$) silindrsimon shakldagi o'zan uchun ikkinchi tartibli differensial tenglama hisoblanadi. Bu tenglamani tekis harakatlanayotgan suv oqimi uchun yozilsa, (3.22) ning chap tomoni nolga teng bo'ladi. Shunda quyidagi hosil bo'ladi:

$$i - (Q^2 / K^2) = 0 \quad (3.23)$$

yoki

$$K = Q\sqrt{i}. \quad (3.24)$$

(3.24) ga asoslanib, tekis harakatlanayotgan tasavvurdagi soxta oqim uchun sarf miqdorini yozamiz va sarf modulini $K_0^2 = Q^2 / i$ belgilaymiz. Unda, (3.23) tenglama quyidagi shaklga keladi:

$$\Theta = i - \frac{K_0^2}{K^2} i = \left(1 - \frac{K_0^2}{K^2}\right) i. \quad (3.25)$$

Tenglama (3.22) ning maxrajiga yuqoridagilardan foydalanib, ayrim belgilashlarni kiritib, quyidagi shaklda ifodalaymiz:

$$\Omega = 1 - \frac{\alpha Q^2 B}{g S^2} = 1 - \frac{S_{kr.}^2 B}{B_{kr.} S^3} = 1 - \frac{\Delta_{kr.}}{\Delta} \quad (3.26)$$

bu yerda, $\Delta = S_{kr.}^2 B$ va $\Delta = B_{kr.} S^3$.

Demak, hosil qilingan ifodalardan ko'rinadiki, (3.22) ni quyidagi shaklda yozish mumkin bo'ladi:

$$\Theta \left(1 - \frac{\Delta_{kr.}}{\Delta}\right) = \Omega \left(1 - \frac{K_0^2}{K^2}\right) i. \quad (3.27)$$

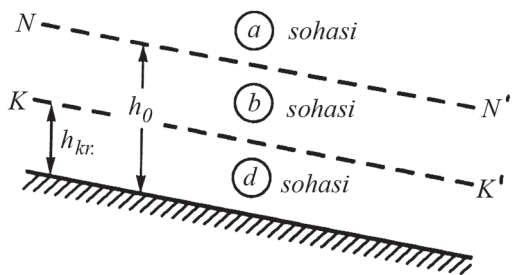
Nishabligi tekis ($i > 0$) bo'lgan o'zanda oqimning notekis harakati uch holat bilan tavsiflanadi:

a) $h_0 > h_{kr.}$ va $i < i_{kr.}$ shart qoniqtirilsa, undan uch imkoni bo'lgan erkin sirtli oqim topiladi;

b) $h_0 < h_{kr.}$ va $i < i_{kr.}$ shart qoniqtirilsa, undan uch imkoni bo'lgan erkin sirtga ega bo'lgan oqim topiladi;

d) $h_0 < h_{kr.}$ va $i = i_{kr.}$ shart qoniqtirilsa, undan ikki imkoni bo'lgan erkin sirtga ega bo'lgan oqim topiladi.

Demak, yuqoridagi shartlar qoniqtirilsa, notekis oqim uchun jami sakkizta imkoni bo'lgan erkin sirtlarga mansub, ya'ni oltita dimlanish va ikkita pasayish egri chiziqlari hosil bo'lar ekan. Suv o'zanda oqish jarayonida biror tashqi ta'sir hisobiga o'z tezligini kamaytirishi yoki orttirishi natijasida uning



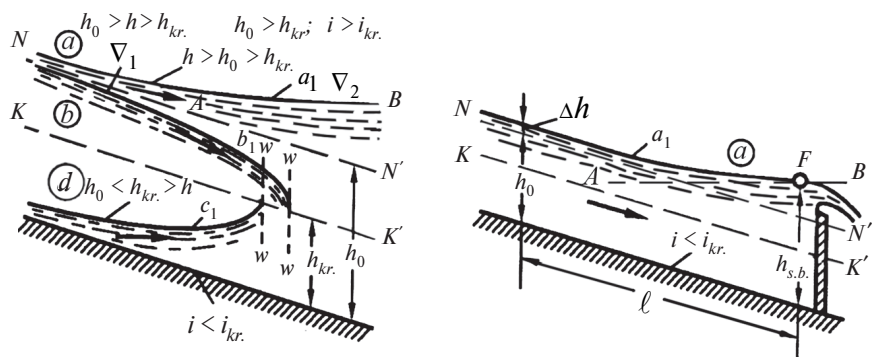
3.17-rasm. Erkin sirt sohalari.

chuqurligi kattalashadi (ya'ni dimlanadi) yoki kamayadi (ya'ni pasayadi).

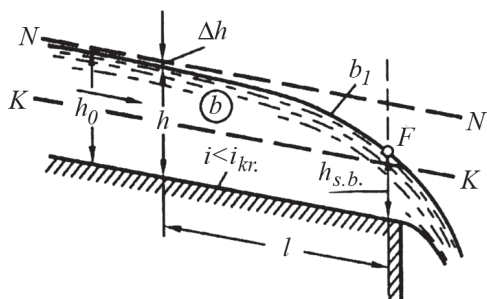
O'zandagi oqim yo'nalishi bo'ylab erkin sirt chuqurligining ortish hodisasiga **dimlanish** deyiladi. Shu erkin sirtida yotgan chiziqni **dimlanish egri chizig'i** deyiladi.

O'zan yo'nalishi bo'ylab oqim tezligining kattalashuvi hisobiga undagi suv erkin sirt chuqurligining kamayish hodisasiga **pasayish** deyiladi. Shu erkin sirtida yotgan chiziqni **pasayish egri chizig'i** deyiladi.

Yuqoridagi «a» shartni qoniqtiruvchi chizmani keltiramiz va unda uchta a_1 , b_1 , d_1 egri chiziqlari shu erkin sirlarga mos ravishda joylashadi (3.17-rasm). Har bitta a , b , d soha (3.18-rasm) o'z egri chizig'iga ega bo'ladi va ular (NN' va KK'), a_1 , b_1 do'ngliklari har xil bo'lsa ham, bir-biri bilan kesishmaydi.



3.18-rasm. Suv oqimidagi dimlanish va pasayish egri chiziqlari.

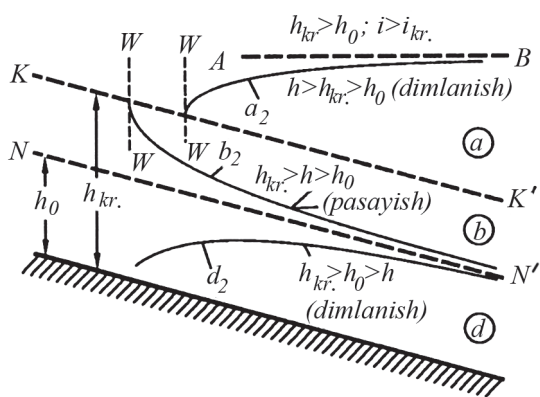


3.19-rasm. Suvning pasayish egri chizig'iga oid chizma.

Bunda a_1 , ∇_1 , ∇_2 chiziqlari dimlanish, b_1 esa pasayish egri chiziqlari bo'ladi. Natijada dimlanish va pasayish egri chiziqlari hosil bo'ladi. Suvning erkin sirti NN' chizig'idan pastda yotganida, ya'ni o'zanda sharshara bo'lganida, b_1 turidagi pasayish egri chizig'i $h_0 > h_{s.b} > h_{kr.}$ ga muvofiq hosil bo'ladi (3.18-rasm). To'g'on ta'sirida suvning dimlanishi natijasida a_1 egri chizig'i asimptotik NN' chizig'iga yaqinlashadi va nazariy jihatdan o'zan bo'ylab cheksiz katta uzunlikkacha yuqoriga qarab tarqaladi. Lekin amalda, bu yaqinlashish qiymati:

$$\Delta h = h_0 - h = (0,01 - 0,02) h_0 \text{ dan ortmaydi.}$$

$h_0 > h_{s.b.}$ va $i < i_{kr.}$ shartga muvofiq o'zandagi oqimda uchta imkon bo'lgan erkin sirtlardan, (3.27) tenglamaga muvofiq, hech bo'lmaganda bittasi bo'lishi mumkin (3.19—3.20-rasmlar).



3.20-rasm. Suvning dimlanish va pasayish egri chiziqlarining nazariy grafiqi.

Chizmaga e'tibor berilsa, chiziqlarning qaysi biri dimlanish yoki pasayish egri chiziqlariga mansubligini do'ngliklarning va asimptota yoki urinma chiziqlarining joylashuviga qarab aniqlash mumkin bo'ladi.

O'zandagi suv oqimida paydo bo'ladigan dimlanish yoki pasayish oqimni shakllantirish usuliga qarab, turli sohalarda tashqi ta'sir kattaligiga muvofiq hosil bo'ladi. Oqimning dimlanishi yoki pasayishi o'zan shakli, undagi g'adir-budurlik, suv qatlaminin chuqurligi va nishabligi hamda sun'iy hosil qilingan to'siqlarning geometrik shakllariga bog'liq bo'ladi. Shunga ko'ra, oqimning solishtirma energiyasi o'zan uzunligi bo'ylab uzluksiz o'zgarib turishi mumkin. Energiyaning uzluksizligini ta'minlashda rostlovchi gidrosistemalardan foydalaniladi.

Nazorat savollari

1. Ochiq o'zarlarda suvning notekis harakatini bayon eting.
2. Oqimning solishtirma energiyasi nima?
3. Tinch, tezoqar va kichik oqimli suvlarda suv harakati qanday bo'ladi?
4. Prizmasimon kanallar o'zanida suvning dimlanishi va pasayishi nimaga bog'liq?

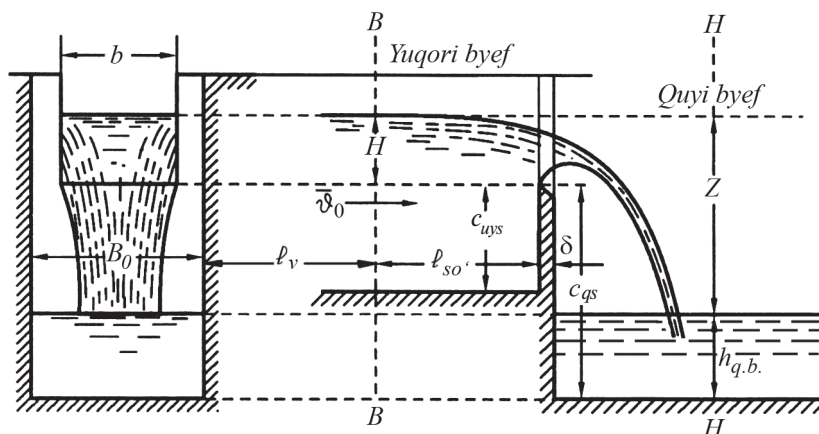
10-bob. SUVTO'KKICHLARDAN SUVNING OQIB CHIQISHI

10.1. Asosiy tushunchalar va suvto'kkich tasnifi

Suv har qanday to'siq oldida to'planib, uning sathini balandligi to'siqdan katta bo'lganida undan toshib oqib tushadi. Agarda to'siqda teshik yoki kesik bo'lsa, ulardan oqib chiqadi. To'siq (devor)da sun'iy ochilgan va bosimsiz suvni o'tkazadigan teshik (tor suv yo'li)ni **suvto'kkich** deyiladi. Suv toshib oqib o'tadigan devorni **suvto'kkich devor** deyiladi. Suvto'kkich devorgacha bo'lgan suv sathini **yuqori byef**, undan pastdagi suv sathini esa **quyi byef** deyiladi. Suv sathi o'zgarmas ($H = \text{const}$) bo'lgan tik BB chiziqdan qattiq devor (to'g'on, shluz darvozasi va sh.k.) gacha bo'lgan ℓ_v masofa qiymati $\ell_{so'} = (3-5)H$ atrofida bo'ladi va uni **suvto'kkichdagi geometrik dam** deyiladi (3.21-rasm).

Demak, suvto'kkichdagi **geometrik dam**, bu — teshik yoki ariqcha tubidan suvning erkin o'zgarmaydigan sathigacha bo'lgan **suv qatlamidir**. Suv devorga oqib kelish jarayonida o'z tezligini o'zgartiradi.

Shuning uchun hisoblarda tik BB chiziqdagi o'rta tezlik \bar{v} qiymatidan foydalaniladi.



3.21-rasm. Suvto'kkichning sxematik chizmasi.

Suvto'kkichdagi to'la sarf va to'la pasayish quyidagicha ifodalanadi:

$$H_0 = H + \alpha \frac{\bar{v}_0^2}{2g} \quad \text{va} \quad Z_0 = Z + \alpha \frac{\bar{v}_0^2}{2g}, \quad (3.28)$$

bu yerda, H_0 va Z_0 — suvto'kkichdagi to'la dam va to'la pasayish; H va Z — suvto'kkichdagi geometrik va pyezometrik damlar.

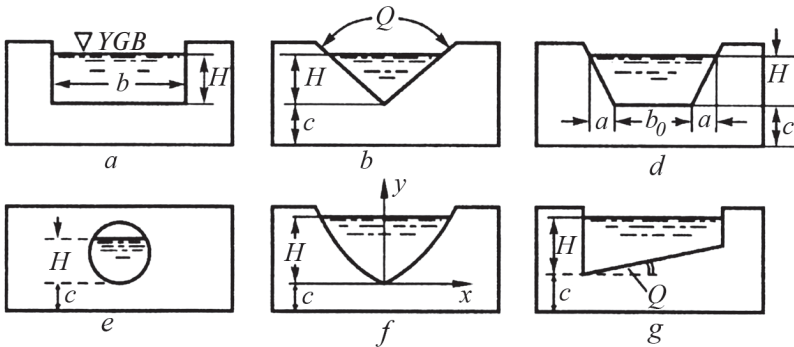
Suvto'kkichlar muayyan shart va talablarga ko'ra, besh tur bo'yicha tasniflanadi:

1) **birinchi tasnifga** suvto'kzangich teshiklarining geometrik shakliga ko'ra, to'g'ri burchakli, uchburchakli, trapetsiya, yumaloq, parabola va tubi qiya burchakli turlari mansub (3.22-rasm);

2a) **ikkinchi tasnifga** suvto'kkichning ko'ndalang kesimi shakli va o'lchamlariga ko'ra, yupqa devorli va keng tubli (ostonali), ya'ni $2H \leq \delta \leq 8H$ shartlarni qoniqtiruvchilar mansub;

2b) **ikkinchi tasnifga** suvto'kkich devor kesimi amaliy talablarni qoniqtiruvchi va $\delta \leq (0,1 - 0,5)H$ hamda $2H \leq \delta \leq 8H$ shartlarni qoniqtirmaydigan jami qolgan suvto'kkichlar mansub (3.23-rasm);

3) **uchinchi tasnifga** devordagi to'g'ri tekis va notekis suvto'kkichdagi po'rtana ko'ndalang kesimi shakliga bog'liq holda, ular to'g'ri, nishabli, teshik biqinida (3.24-a rasm) joylashgan va siniq sirtli, egri chiziqli halqasimon turlari (3.24-b rasm) mansub;

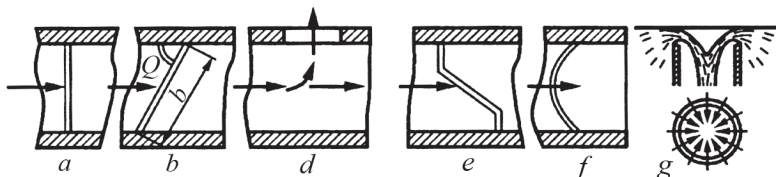


3.22-rasm. Suvto'kkichlar turlarining kesimlari:

a — to'g'ri burchakli; b — uchburchakli; d — trapetsiyasimon; e — yumaloq; f — parabolik; g — tubi qiya burchakli.



3.23-rasm. To'siq devorli suvto'kkichlar.



3.24-rasm. To'g'ri tekis va notekis suvto'kkichlar:

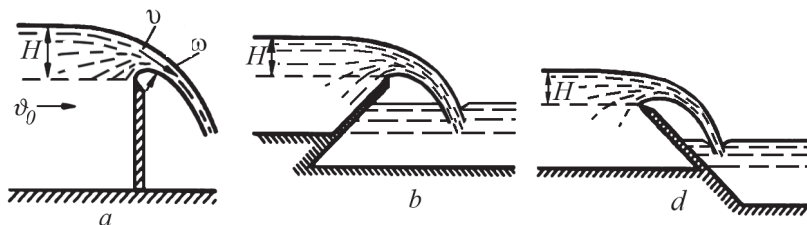
a — to'g'ri; *b* — qiyshiq sirtli; *d* — teshigi biqinida joylashgan;
e — siniq sirtli; *f* — egri sirtli; *g* — halqasimon.

4) **to'rtinchi tasnifga** suv sathining quyi byefining ta'siriga bog'liq holda, cho'ktirilmagan (Q va H qiymatlari suv chuqurligi $h_{s.ch.}$ ga bog'liq bo'lmagan) va cho'ktirilgani (Q va H qiymatlari suv chuqurligi $h_{s.ch.}$ ga bog'liq bo'lgan) suvto'kkichlar mansub;

5) **beshinchi tasnifga** to'rtburchak shaklidagi suvto'kkich va o'zan kengliklari (b va B_0) ga bog'liq bo'lgan biqinidan siqilmaydigan ($b = B_0$) va siqiladigan ($b < B_0$) suvto'kkichlar mansub (3.24-rasm);

6) **oltinchi tasnifga** tik va oqim yo'nalishi hamda unga qarshi joylashgan suvto'kkichlar mansub (3.25- *a, b, d* rasm);

7) **yettinchi tasnifga** erkin va erkinmas oqimli suvto'kkichlar mansub. Erkin oqim hosil qiluvchi suvto'kkichlar shar-

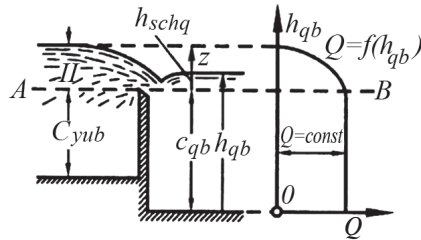


3.25-rasm. Cho'ktirilmagan suvto'kkichlar:

a va *b* — oqim yo'nalishida va qarshi burchak ostida joylashgan yupqa devorli; *d* — tik joylashgan qalin devorli.

sharasi tagiga ularning yon tomonidagi ochiq havo bo'shlig'idan atmosfera havosi kira oladi (3.27-rasm).

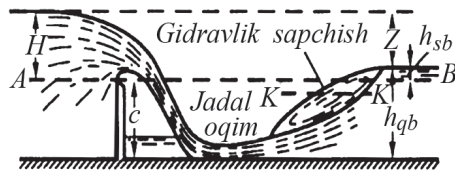
Aksincha, erkinmas oqim hosil qiluvchi suvto'kkichlar sharsharasi tagiga havo oqimi erkin kira olmaydi yoki kirishi ancha qiyin bo'ladi (3.26 va 3.28-rasmlar).



3.26-rasm. Cho'ktirilgan suvto'kkich.

Suvto'kkich devor cho'ktirilganida quyi byef sathi suvto'kkich devori balandligi $c_{q.b.}$ dan suvto'kkich cho'ktirilgan balandligi h_{schb} ga katta bo'ladi, ya'ni suvto'kkich ko'milib ketadi va quyi byefda suv tinch oqadi. Suvto'kkichdan keyin suv tinch harakati tartibi buzilsa, unda **bukilgan gidravlik sakrash** hodisasi sodir bo'ladi (3.27-rasm). Gidravlik sakrash paydo bo'lganida cho'ktirilgan suvto'kkich cho'ktirilmagan holatiga o'tib qoladi.

Bukilgan suv oqimidan oldinda, ya'ni suvto'kkichdan keyin *nisbiy sharshara* paydo bo'ladi va uning tagida havo bo'shlig'idagi bosim, sharshara shakliga qarab, atmosfera

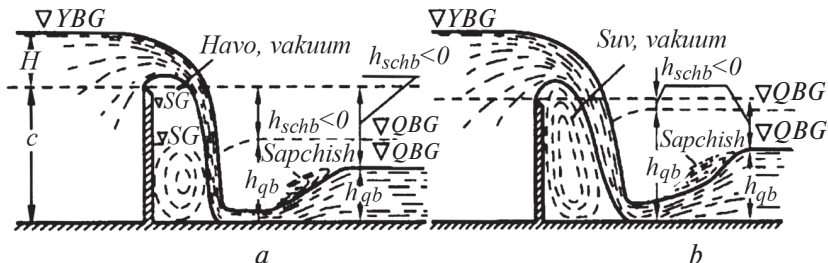


3.27-rasm. Bukilgan gidravlik sakrash.

bosimiga teng yoki undan kichik bo'lishi mumkin. Masalan, suv sathining quyi byefining gorizonti (QBG) suvto'kkich qirrasidan past bo'lganida sharshara tagida, Bazen tajribasiga mos, kuchsiz **vakuum** hosil bo'ladi va sharshara suvto'kkichga tortilishi hisobiga uning tikligi ortadi. Natijada suvto'kkichning suv o'tkazish xossasi yaxshilanadi, ya'ni sarf ortadi.

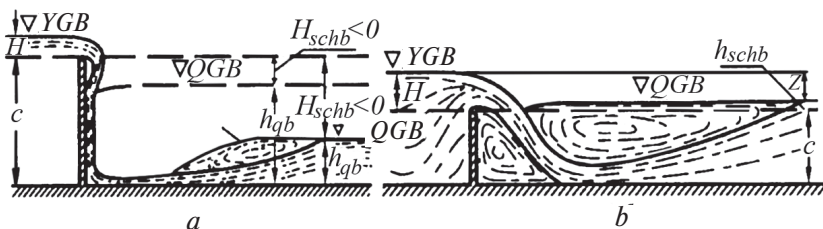
Suvto'kkichdan oldinda suv dami katta bo'lganida esa sarf ortishi natijasida quyi byef tagida ko'milgan suv nayi hosil bo'ladi (3.29- b rasm). Bukilgan gidravlik sakrash o'rinli bo'lganida bu hodisa kuzatilmaydi (3.28—3.29-rasmlar).

Oqim dami H va suvto'kkich balandligi «c» kamayib borgan sayin, avval sharshara ostida suvning vertikal uyurmasi paydo bo'ladi, so'ngra oqim suvto'kkich devoriga yopishib oqa boshlaydi.



3.28-rasm. Sharshara ostida vakuum hosil bo‘ladigan (a) va bo‘lmaydigan (b) suvto‘kkichlar:

YBG — yuqori byef gorizonti; QBG — quyi byef gorizonti.



3.29-rasm. Sharshara ortida vakuum hosil bo‘ladigan (a) va quyi byefi baland bo‘lgan (b) suvto‘kkichlar ortidagi harakat:

YGB va QGB — yuqori va quyi gidravlik byeflar.

Bazening kuzatishlariga ko‘ra $H > 0,4c$ va $h_{qb} > (c - H)$ hamda $H < 0,4c$ shartlar bajarilganida quyi byef sathi tagida ko‘milgan oqimning nayi hosil bo‘ladi (3.29-rasm).

10.2. Suvto‘kkich uchun suv sarfini hisoblash

Suvto‘kkichlarni hisoblashdan asosiy maqsad, suv sarfini muayyan sharoitga qarab tanlash va rostlashdan iborat bo‘libgina qolmasdan, zaruriy gidroinshootlarni qurishni to‘g‘ri tashkil qilish orqali iqtisodiy samaraga erishishdir. Bunda eng sodda masalalarni hisoblash usullariga kerakli matematik formulalarni keltirish bilan cheklanamiz.

Agar suvto‘kkichdan oqib tushayotgan oqimning tirik kesimini S , tezligini ϑ , suvto‘kkich kengligini b , suv sarfini Q , yuqori va quyi byeflardagi suv sathi balandliklarini s_{yub} va s_{qb} , o‘zan kengligini V_o , suvto‘kkich cho‘qqisidan yuqorida joylash-

gan suv qatlami qalinligini H , suvto'kkich devor qalinligini δ va sh.k. parametrlarni belgilasak, unda suv sarfini quyidagicha yozish mumkin:

$$Q = S\vartheta = bH\vartheta. \quad (3.29)$$

Oqim tezligi ortgan sayin sarf kattalashadi. Shuning uchun tezlik $4g^2H^2$ ga mutanosib bo'lishini va sarf, o'z navbatida, S bog'liqligini e'tirof etilsa, unda (3.29) qayta yozish mumkin bo'ladi:

$$Q = mbH = \sqrt{2gH}, \quad (3.30)$$

bu yerda, m — mutanosiblik (yoki suvto'kkichning sarf koeffitsiyenti. Amaliyotda ishlatiladigan holdagi ko'rinishga kel-tirish maqsadida (3.30) quyidagi shaklda yoziladi:

$$Q = mbH\sqrt{2gH} = mb\sqrt{2gH^3}. \quad (3.31)$$

O'rganilayotgan suvto'kkichning geometrik dami oqimning to'la damiga teng bo'lganida (3.31) formuladagi H o'rniga H_0 qo'yib yozilsa, suv oqimining suvto'kkichgacha oqib kelish tezligi ham e'tiborga olingan bo'ladi.

(3.31) formula suvto'kkichning geometrik shakli va uning joylashuviga qarab, turlicha yozilishi mumkin. Bu formulalardagi mutanosiblik koeffitsiyenti turlicha shakllarda yoziladi. Masalan, tik joylashgan cho'ktirilmagan suvto'kkich uchun (shvey-sariyalik muhandislar Bazen va Rebok natijalariga ko'ra):

$$m_{oqb} = 0,402 + 0,054H / c_{yub} \approx 0,4 + 0,1 \frac{0,5P}{c_{yub}}. \quad (3.32)$$

O'lchov suvto'kkichlari yoni (biqini)dan siqilgan yoki siqilmagan bo'lishiga qarab, *Egle* formulasiga muvofiq $m_0 = A_1A_2$ ga teng. Bunda:

$$A_1 = 0,405 + (27 \cdot 10^{-4} / H) - 30 \cdot 10^{-3}(1 - b / B_0); \quad (3.33)$$

$$A_2 = 1 + 0,55 \left(\frac{bH}{B_0} \frac{1}{(H + c_{yub})} \right)^2. \quad (3.34)$$

Tik joylashgan qalin bo'lmagan **cho'ktirilgan suvto'kkich** uchun:

$$m_0 = \sigma_{sch} m_{oqb} = m_{oqb} \left[1,05 \left(1 + 0,2 \frac{h_{sch}}{c} \right) \sqrt[3]{Z / H} \right]. \quad (3.35)$$

Trapetsiya shaklidagi tik joylashgan va sharshara tagiga atmosfera havosi erkin kira oladigan **suvto'kkich** uchun sarf formulasi quyidagi shaklda yoziladi:

$$Q = mb_{o'rt} \sqrt{2gH_0^{3/2}} = m\varepsilon (b_0 + 0,8nH) \sqrt{2gH^{3/2}}, \quad (3.36)$$

bu yerda, $b_{o'rt}$ va b_0 — suvto'kkichning o'rtacha eni va trapetsiya shaklidagi kesik ostining kengligi, $n = ctg\varphi$; ε — biqinidan siqish koeffitsiyenti.

Keng ostonali cho'ktirilgan suvto'kkich uchun suv sarfini hisoblash usullarini Belanje va Baxmetevlar asoslab bergan. Suv oqimi suvto'kkichga juda yaqin qolganida (ostonada), ya'ni yuqori va quyi byeflar teng ($h=h_{sch}$) bo'lganida, sarf formulasini, H va b ma'lum bo'lgan holat uchun, quyidagicha (**Belanje usuli** bo'yicha) yozish mumkin:

$$Q = \phi b_{sch} \sqrt{2g(H - b_{sch})} = \phi b b_{sch} \sqrt{2g(Z_{t.p.})_0}, \quad (3.37)$$

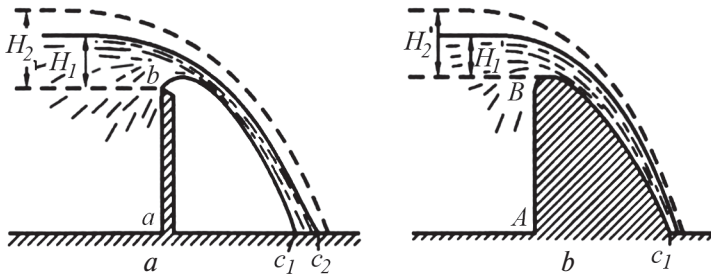
bu yerda, $Z_{t.p.}$ — to'la yuqori pasayish bo'lib, (3.31) ifodadan topiladi.

Belanje usulidan Baxmetov usuli faqat suvto'kkich uchun topilgan cho'ktirilish kriteriyasi bilan farq qiladi. Belanjeda $k = h/H_0$ bo'lsa, Baxmetovda $k = h_{kr}/H_0$ ga teng. Suvto'kkichning sarf koeffitsiyentlari Belanje va Baxmetovda bir xil qiymatlarda.

10.3. To'g'ri to'rtburchak devorli qulay shakldagi suvto'kkichlar

To'rtburchak shakldagi qulay devorli suvto'kkichlar vakuumli, vakuumsiz normal ko'rinishda va keng qirrali (butun devori) bo'ladi. Vakuumli suvto'kkichlar devori bilan sharshara ostida vakuum hosil bo'ladi (3.30-rasm).

Vakuumsiz normal ko'rinishdagi suvto'kkichlarda esa sharshara tagidagi bosim normal atmosfera bosimiga yaqin bo'ladi. Aksincha, keng qirrali suvto'kkichda sharsharagacha bo'lgan suv damining kattaligiga qarab, vakuumli yoki vakuumsiz bo'lishi mumkin. Suvto'kkichgacha bo'lgan suv oqimini dami normal bo'lganida sharsharaning quyi byefga quyilish uchi devordan katta masofaga uzoqlashmaydi va uning tagidagi bosim atmosfera bosimiga taqriban teng bo'ladi.



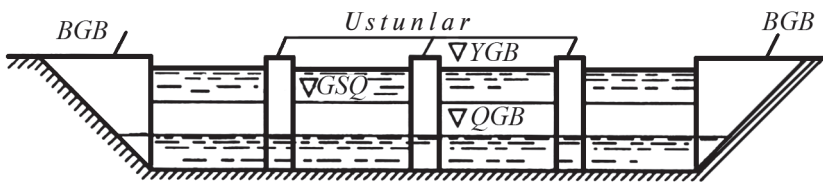
3.30-rasm. To'g'ri burchakli qulay vakuumli (a) va vakuumsiz suvto'kkichlar (b).

Suvto'kkichgacha bo'lgan suv oqimining dami normalga nisbatan ortganida esa sharsharaning quyilish uchi c_1 nuqtadan c_2 nuqttagacha ko'tariladi (3.30-a rasm). Natijada bu ko'tarilish hisobiga uning tagida vakuum hosil bo'ladi va bu esa sarfning ortishiga olib keladi. Agarda chizmadagi ABC_1 (3.30-b rasm) qulay devor shaklidagi oqim shakllantirilsa, sharshara tagida vakuum paydo bo'lmaydi va sharshara shakli **vakuumsiz normal** ko'rinishga keladi.

Keng o'zanli suvto'kkichning eng qulay devori shaklini topish zarurati to'g'onlarni loyihalash va qurishda kerak bo'ladi. Bunda o'zan kengligi bo'ylab bir necha darvozali yoki darvozasiz bo'laklarga yaxlit quyma temir-beton ustun (ko'priklar) bilan ajratiladi. O'zan tagi kenglik bo'ylab va uning qirg'oqlari yaxlit quriladi (3.31-rasm).

Keng o'zanli suvto'kkichning eng qulay devori orqali o'tgan suv sarfi **suvto'kkich formulasi** bilan hisoblanadi:

$$Q = \sigma_{ch} \epsilon m B \sqrt{2g} H_0^{3/2}, \quad (3.38)$$



3.31-rasm. Keng o'zanli suvto'kkich:

YGB va QGB — yuqori va quyi gidravlik byeflar; GSQ — gidravlik sath qirrasasi; BGB — barqaror gidravlik byef.

bu yerda, $B = \sum b$ — suvto'kkich fronti; b — ustunlar oraliqlari kengligi; $\sigma_{ch} = 1$ — cho'ktirish koeffitsiyenti (cho'ktirilmagan suvto'kkich uchun) bo'lib, tajribada topilgan natijalar asosida qurilgan $\sigma_{ch} = f(h_{ch}/H_0)$ bog'lanish grafidan uning qiymatlari topiladi; $\varepsilon = B_{ek}/B$ — yon tomoni (biqin)dan siqish koeffitsiyenti. Bu koeffitsiyent suvto'kkichning geometrik shakliga qarab uning qiymatlari o'zgaradi. Amaliyotda (bitta suvto'kkich uchun) uning qiymati $\varepsilon = 1 - 0,2\xi_y \frac{H_0}{b}$ dan va $\varepsilon = 1 - 0,2 \frac{\xi_y + (m-1)}{n} \xi_{kk} \frac{H_0}{b}$ dan (bir necha bir xil suvto'kkichlar uchun) topiladi. $B_{ek} = \sum b_{ck}$ — suvto'kkich frontining effektiv kengligi; b_{ck} — suv nayining siqilish kengligi; m — suvto'kkichning sarf koeffitsiyenti.

Qiyshiq to'g'ri burchakli suvto'kkichlardagi suv sarfi quyidagi formuladan topiladi:

$$Q = \sigma_{tk} \sigma_{ch} \sigma_{0kb} b \sqrt{2gH^3/2}, \quad (3.39)$$

bu yerda, $\sigma_{tk} = 1 - \psi H/c_{0yub}$ — suv tutami uchun tuzatma koeffitsiyenti (M.D. Chernousov formulasi); ψ — qiymati maxsus (Ayxel) jadvalidan olinadi.

Biqinli suvto'kkichlar orqali o'tgan suv sarfini topishda quyidagi formuladan foydalaniladi (3.24- d rasm):

$$Q = 0,4b\sqrt{2gH_{o'rt}^3/2} \quad (3.40)$$

bu yerda, $H_{o'rt}$ — suvto'kkichdagi o'rtacha dam.

Siniq sirtli suvto'kkich orqali o'tgan suv miqdori quyida keltirilgan taqribiy formuladan foydalanib hisoblanadi (3.24- e rasm):

$$Q = m [\sum b_{ch} + \sigma_{tk} \sum b_{tk}] \sqrt{2gH_0^3/2}, \quad (3.41)$$

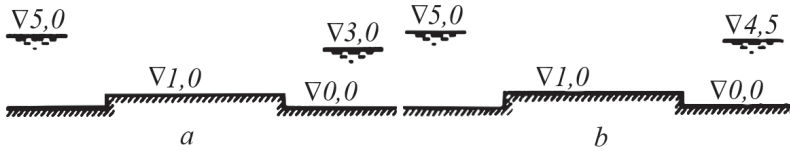
bu yerda, $\sum b_{ch}$ va $\sum b_{tk}$ — suvto'kkichning to'g'ri va qiyshiq qismlaridagi jami qirralar uzunliklari.

Demak, yuqorida qisqagina keltirilgan nazariy ma'lumotlar amaliyotda goho to'g'ri kelmasligi mumkin. Masalan, suvto'kkichgacha bo'lgan suv dami vaqt davomida o'zgarib turadi. Natijada suvto'kkichdan o'tgan suv sarfi ham o'zgaradi. Xususan, katta va keng suvto'kkichlarning (to'g'on va ko'prikdagi)

suv oʻtkazuvchi kesik va teshiklari hamda ular orasidagi ustunlar shakliga qarab sarf parametrlari oʻzgaradi. Chunki katta va uzun koʻpriklarning ostidagi suvtoʻkklarni choʻktirilmagan deb olinsa-da, amalda ular choʻktirilgan suvtoʻkklarga mansubdir.

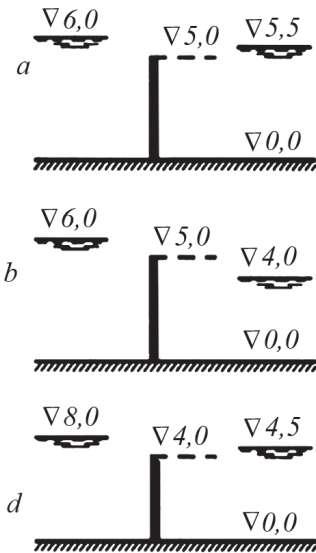
Masalalar

10.1-masala. Keng ostonali suvtoʻkkich chizmalari 3.32-rasmda keltirilgan. Belanje kriteriyasidan foydalanib, ularning qanday turdagi suvtoʻkkichga mansubligini aniqlang.



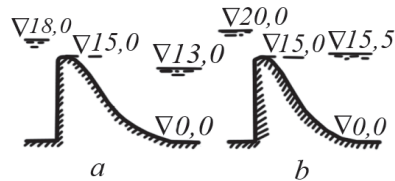
3.32-rasm. Keng ostonali suvtoʻkkichlar:

a—gidravlik byefi 3,0 m boʻlgan suvtoʻkkich; *b*—gidravlik byefi 3,0 m boʻlgan keng ostonali suvtoʻkkich.



3.33-rasm. Yupqa devorli suvtoʻkkich:

a va *d*—choʻktirilgan suvtoʻkkichlar;
b—choʻktirilmagan suvtoʻkkich.



3.34-rasm. Qalin devorli suvtoʻkkichlar:

a—choʻktirilmagan vakuum hosil qiluvchi suvtoʻkkich;
b—choʻktirilgan vakuum hosil boʻlmaydigan suvtoʻkkich

Yupqa devorli suvto'kkich (3.33-rasm)dan foydalanib, ularning qaysi biri cho'ktirilgan yoki cho'ktirilmaganligini aniqlang.

10.2-masala. 3.34-rasmda eng qulay devorli vakuumli va vakuumsiz suvto'kkichlar chizmalari berilgan. Bu suvto'kkichlarning qaysi biri cho'ktirilgan yoki cho'ktirilmaganligini aniqlang.

Nazorat savollari

1. Suvto'kkich deb nimaga aytiladi?
2. Suvto'kkich turlarini sanab o'ting va ularning ayrim chizmalarini keltiring.
3. Suvto'kkich devor deb nimaga aytiladi? Geometrik dam nima?
4. To'la sarf va pasayish deb nimaga aytiladi?
5. Suvto'kkichlarning tasniflarini sanab o'ting va tushuntiring.
6. Bukilgan gidravlik sakrash (sapchish) qanday holatda paydo bo'ladi?
7. Suvto'kkichlar xillari uchun sarf formulalarini va koeffitsiyentlarini yozing hamda ularning ma'nosini tushuntiring.
8. O'lchov suvto'kkichlar uchun *Egle* formulasini yozing.
9. Keng ostonali suvto'kkichlar qayerlarda qo'llaniladi?
10. Vakuumli va vakuumsiz suvto'kkich sharsharalari qanday ishlaydi?
11. Suvto'kkich formulasini yozing. Keng ostonali suvto'kkichlar uchun Belanje va Baxmetov formulalarini yozing va farqini tushuntiring.

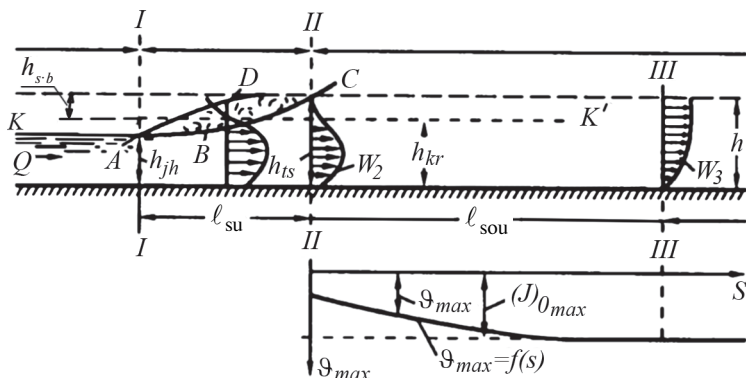
11-bob. GIDRAVLIK SAPCHISH VA GIDROTEXNIK INSHOOTLAR BYEFLARINING TUTASHISHI

11.1. Gidravlik sapchishning tushuncha va ta'riflari. Prizmasimon o'zarlarda tutash chuqurliklar

Oqim sathining kritik chuqurligi h_{kr} normal chuqurligi h_n dan katta bo'lganida, jo'shqin oqim tezligining ortishi hisobiga sokin oqim chuqurligi darajasigacha keskin ko'tarilish hodisasiga **gidravlik sapchish** deyiladi.

Gidravlik sapchish hodisasida $h_{jh} < h_{kr} < h_{t.s}$ shart o'rinli bo'ladi (3.35-rasm). Sakrash balandligi ($h_{t.s} - h_{kr} = h_{s.b}$)ning qiymati jo'shqin oqim tezligiga bog'liq. Oqimning tezligiga mos holda sapchish uzunligi o'zgarib turadi. Jo'shqin oqim oxiri bilan sokin oqim boshlanishigacha bo'lgan masofani **gidravlik sapchish uzunligi** l_c deyiladi. Shuning uchun oqimning kritik sath chizig'ini erkin sokin sath (tinch harakat) chizig'i kesib o'tganida, doim gidravlik sapchish sodir bo'ladi. Faqat o'zan tagining nishabligi uning kritik nishabligiga teng ($h = h_{kr}$) bo'lganida, sapchish sodir bo'lmasligi mumkin (bu hodisa novariqlar qurilishida hisobga olinadi).

Gidravlik sapchish uzunligidagi ABC sirt chegarasidan yuqorida sapchish kuzatilsa-da, uning ostida esa o'tkinchi suv

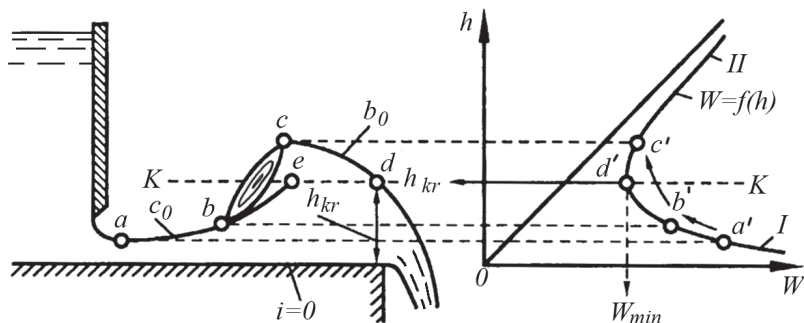


3.35-rasm. Gidravlik sapchishga oid chizma.

oqimi harakatlanadi. O‘tkinchi oqimdagi suv keskin kengayib, o‘z qalinligini sokin harakat darajasiga yetganiga qadar orttiradi. *ABC* chiziqdan yuqorida suv sirti uyurma (juva) shakliga kiradi. Uyurma taqriban o‘pqon shaklida bo‘lib, suv ko‘piklari bilan qoplanadi va o‘zining tiniqligini yo‘qotadi hamda harakati turg‘un bo‘lmaganligidan goho oqimga qarshi yoki oqim bo‘ylab siljish jarayonida o‘tkinchi oqimdan suv massasini o‘ziga so‘rib olib turadi. Sapchishdagi suv massasi o‘z energiyasini yo‘qotish davrida bosimsiz harakat turiga o‘tadi. Sapchishning oxirida (*C* nuqta) oqim zarralarining harakat tezligi nolga intilsa-da, uning ichkarisida turbulent harakat ustuvor bo‘ladi. Oqimning harakat tezligi $v_{\max} = f(S)$ bog‘lanishi bo‘yicha o‘zgarib boradi va keyin sokin harakat turiga o‘tadi. Sapchishdan keyin turbulent oqim ustuvorligi tufayli o‘zan qirg‘og‘i kuchli yemiriladi. Sapchish boshlanishidan sokin harakatgacha bo‘lgan masofa, ya‘ni **sokin oqim uzunligi**, tajribada olingan natijalarga tayangan holda quyidagi empirik ifodadan topiladi:

$$\ell_{\text{sou}} = (10 \div 30)h, \quad (3.42)$$

bu yerda, h — sokin oqim chuqurligi.



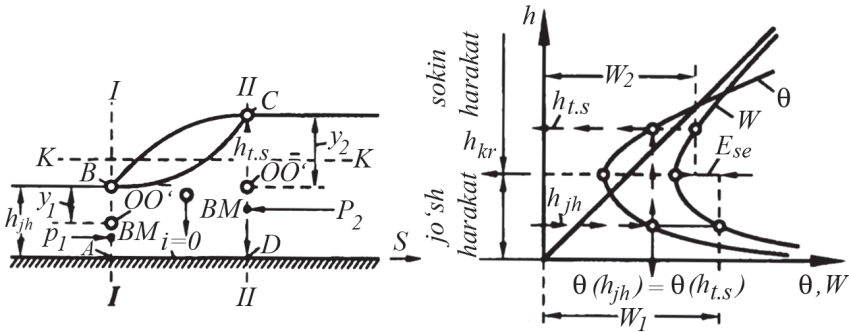
3.36-rasm. Tutash chuqurliklar va sapchishning joylashish chizmasi.

Sapchish qonuniyatlarini XIX asrda Belanje va Bussinelar energetik nuqtayi nazardan o‘rgangan va tutash (o‘zaro bog‘langan) qatlamlar h_{jh} va $h_{t,s}$ bog‘lanishini topgan. Bu bog‘lanishni **sapchishning asosiy tenglamasi** deb yuritiladi va quyidagicha yoziladi:

$$\alpha_0 \frac{Q^2}{gS_2} + S_2 y_2 = \alpha_0 \frac{Q^2}{gS_1} + S_1 y_1, \quad (3.43)$$

bu yerda, Q_1 va Q_2 — sapchish sohasining kirishi va chiqishidagi sarf miqdori; S_1 va S_2 — jadal va sokin oqimlar ko'ndalang kesimlari yuzalari; y_1 va y_2 — jadal va sokin oqimlar chuqurligi o'rtasi (markazi)gacha bo'lgan qatlam.

Sapchish hodisasi muayyan bog'lanishga mansub bo'lganligi uchun (3.43) tenglamaning chap tomoni h_{jh} chuqurligiga, o'ng tomoni esa $h_{t.s.}$ ga bog'liq bo'lgan tutash qatlamlar funksiyasi ekanligini tasavvur etish qiyin emas. Shuning uchun bu funktsiya qiymatining bittasi berilganida ikkinchisi topiladi. Amaliyotda bu funksiyalarning bog'lanish grafiklari quriladi va ulardan foydalanib, h_{jh} yoki h_t topiladi (3.37-rasm).



3.37-rasm. Sapchish energiyasi va funksiyasining tutash chuqurliklarga bog'liqlik grafiklari.

Trapetsiyasimon (to'g'ri to'rtburchak) prizmatik shaklidagi o'zanlar uchun tajribada olingan natijalar asosida tuzilgan A.N. Raxmanovning empirik formulasidan foydalanib, tutash chuqurliklarning taqribiy qiymati quyidagidan hisoblanadi:

$$\xi_{jh} = \frac{1,2}{\xi_{t.s.}} - \frac{1}{5}; \quad \xi_{t.s.} = \frac{1}{(0,167 + 0,834\xi_{jh})}, \quad (3.44)$$

bu yerda, $\xi_{jh} = h_{jh}/h_{kr}$ va $\xi_{t.s.} = h_{t.s.}/h_{kr}$ — tutash qatlamlarning nisbiy chuqurliklari.

Empirik formulalardan tashqari, to'g'ri burchakli silindrsimon o'zanlar uchun gidravlik sapchishning asosiy tenglamasi (3.43)ni ayrim belgilashlar orqali soddalashtirib, quyidagi shaklga keltirish mumkin:

$$S = bh; \quad h = 2y; \quad Q = bq, \quad (3.45)$$

bu yerda, q — solishtirma sarf.

(3.45) qiymatlarini (3.43) ga qo'yib, funksiya shakliga keltirib, soddalashtirib, quyidagi hosil qilinadi:

$$h_{jk} h_{t.s} (h_{jh} + h_{t.s}) = 2h_{kr}^3. \quad (3.46)$$

(3.5)ni h_{jh} va $h_{t.s}$ nisbatan yechib, hosil qilinadi:

$$h_{jk} = \frac{h_{t.s.}}{2} \left[1 + 8 \left(\frac{h_{kr}}{h_{t.s}} \right)^3 - 1 \right]$$

yoki

$$h_{ts} = \frac{h_{jk}}{2} \left[\sqrt{1 + 8 \left(\frac{h_{kr}}{h_{t.s}} \right)^3} - 1 \right]. \quad (3.47)$$

Demak, (3.47) bilan h_{jh} yoki $h_{t.s}$ ni ularning biri berilganida ikkinchisini hisoblab topish mumkin ekan.

Tutash chuqurliklar qiymatlarini aniqlashda sapchish funksiyasidan foydalanib $\theta=f(h)$ yoki oqim energiyasining chuqurlikka bog'liqlik grafigi quriladi (3.37-rasm). Sapchish funksiyasi har ikkala tutash chuqurliklar uchun bir xil qiymatga ega. Funksiyaning shu xossasidan foydalanib, qurilgan grafikdan chuqurliklarning biri berilganida ularning ikkinchisi aniqlanadi.

Adabiyotlarda keltirilgan maxsus jadval va grafiklardan foydalanib, tutash chuqurliklardan birining qiymati berilganda ikkinchisini topiladi.

11.2. Gidravlik sapchish uzunligini aniqlash

Gidravlik sapchish hodisasi ancha murakkab jarayon bo'lgani uchun uning mukammal nazariyasi to'liq emas. Shuning uchun adabiyotlarda turli ko'rinishdagi formulalar uchraydi, ularning aniqliklari bir-biriga mos kelmaydi.

Amaliyotda topilgan natijalar asosida hosil qilingan N.N. Pavlovskiy (1937- y.), Safranest (1927—30-y.), B.A. Baxmetov va Matske (1936-y.) larning empirik formulalari ishlatiladi:

$$\ell_{t.s} = 2,5(1,9h_s - h_{jh}); \quad (3.48)$$

$$\ell_{t.s} = 4,5h_s; \quad (3.49)$$

$$\ell_{t.s} = 5a_s = 5(h_{t.s} - h_{jh}). \quad (3.50)$$

Sapchish jarayonida hosil bo'lgan suv yuzasidagi uyurma oqim energiyasi tez kamayish davrida uning dami kamayib boradi. Buning ta'sirida o'tkinchi oqimning solishtirma energiyasi, o'zan bo'ylab oqim chuqurligi ortishi natijasida, keskin kamayadi. Solishtirma energiyaning o'zan bo'ylab o'zgarishi (o'zan nishabligi $i=0$ bo'lganida) quyidagicha ifodalanadi:

$$E_{se} = \left(h_{jh} - \alpha \frac{(\bar{v}_1)^2}{2g} \right) - \left(h_{t.s} + \alpha \frac{(\bar{v}_2)^2}{2g} \right), \quad (3.51)$$

bu yerda, h_{jh} va $h_{t.s}$ — suv oqimining jo'shqin va tinch (sokin) tutash chuqurliklari; \bar{v}_{jh} va $\bar{v}_{t.s}$ — jo'shqin va tinch (sokin) tutash chuqurliklaridagi suv oqimining tirik kesimidagi o'rtacha tezliklari.

To'g'ri burchakli o'zandagi sapchish uchun 3.37-rasmda keltirilgan grafikdan ayrim kattaliklar qiymati topilsa, unda sapchishning solishtirma energiyasini, ya'ni (3.51) formulani yana ham soddaroq shaklda yozish mumkin:

$$E_{se} = \frac{(h_{t.s} - h_{t.r})^3}{4h_{jh}h_{t.s}}. \quad (3.52)$$

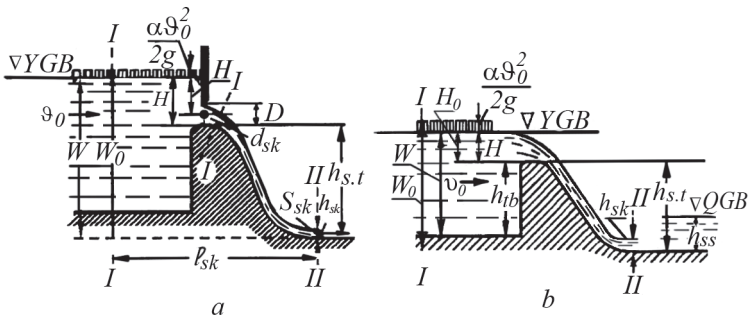
Demak, sapchishning solishtirma energiyasi sapchish chuqurligining kubiga mutanosib o'zgarar ekan.

11.3. Gidrotexnik inshootlar. Gidrotexnik inshootlar byeflari va ularni aniqlash

Gidrotexnik inshoot bu suv zaxiralaridan foydalanish va suv keltirish uchun sun'iy barpo qilinadigan muhandislik obyektidir. Gidrotexnik inshoot yordamida suv sarfi; tezligi va sath balandligi rostlanadi, suv havzalaridan zarur bo'lganida, iste'molchilar talabiga mos holda suv miqdori uzatiladi.

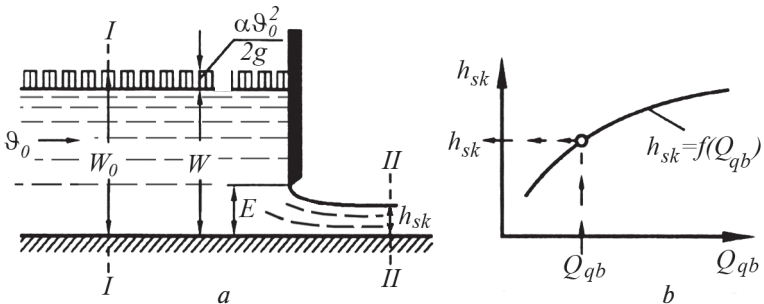
Gidrotexnik inshootlarga sun'iy barpo etilgan ulkan suv havzasi, to'g'on, suv tashlama, akveduk, novariq, duker, sharshara, suv o'tkazuvchi shluz, melioratsiya uchun mo'ljallangan kanallar, suv tindirgichlar, baliq urchitish havzachalari va boshqalar kiradi. Bu gidroinshootlardan suv yuqori byefdan quyi byefga oqib tushishida turli xil usullardan foydalaniladi. Masalan, to'g'onning yuqori byefidan quyi byefiga suvni oqizishda to'g'on tanasida joylashtirilgan bosimli va bosimsiz teshiklar, to'g'on tambasi, tamba teshik qo'llaniladi. Bu suv o'tkazuvchi gidrosistemalar bir-biridan tuzilishi, joylashishi, suv safri va tezligi va h.k. bilan farq qiladi (3.38-rasm).

To'g'on oldidagi suv damini, ya'ni potensial energiyasini kattalashtirish uchun suv sathining balandligi orttiriladi. Shunda yuqori va quyi byeflar orqali farqi ortadi. To'g'on oldida damlangan suv maxsus teshik va quvurlar orqali gidroelektrostansiya turbinalariga yoki kanallarga yo'naltiriladi.



3.38-rasm. Suvning to'g'on darvozasi (a) va suvto'kkich to'g'on (b) orqali oqib chiqishida siqilgan kesimning o'zgarishi:

YGB va QGB — yuqori va quyi gidrotexnik byeflar.



3.39-rasm. Dam orqali suvning oqib chiqishida siqilgan kesimning o'zgarishi (a) va uning chuqurligini aniqlash grafigi (b).

Suvning to'g'onga oqib kelish tezligi v_1 ham e'tiborga olinganda, yuqori byefning quyi byef tubiga nisbatan to'la solishtirma energiyasi quyidagicha ifodalanadi:

$$E_0 = E + \alpha \frac{v_0^2}{2g}, \quad (3.53)$$

bu yerda, E — gorizontga nisbatan yuqori byef balandligi farqiga mos keluvchi energiya.

Byeflar tutashishini hisoblashda, quyi byefdagi suv chuqurligi bilan sarf miqdori orasidagi bog'lanish $h_{kb} = f(Q_{kb})$ grafidan foydalaniladi (3.39-rasm). Amaliyotda tutash byeflarni hisoblashda, yuqori byef suv sathi balandligi (gorizonti), to'g'ondagi suv o'tkazuvchi teshik va ostonasi o'lchamlari, joylashish belgilari berilgan bo'ladi (qarang: 10-bob, 3.31-rasm).

To'g'onni loyihalashda quyidagi asosiy masalalar aniqlanadi:

a) yuqori byefdagi teshik, tamba darvozasi va sh.k. orqali quyi byefga oqib tushayotgan suv oqimining erkin sirt shakli; b) quyi byefdagi betonli, temir-betonli gidrotexnik qurilishlar, xarsangtoshlar va suv oqimining ta'sirlashish jarayonida energiyaning kamayishida sun'iy to'siqlarning ahamiyati; d) suv oqimining gidrotexnik inshootdan keyingi sun'iy o'zanni yuvib ketish xususiyatlari va ekologik ta'sirlarni aniqlash.

Gidrotexnik inshootlarni ishlatish davrida ulardan oqib tushadigan suv miqdori va uning tezligi (goho 40—50 m/s), iste'molchi talabiga mos holda: o'zgartirilib turilishida, xususan, to'g'on baland bo'lganida, suv kuchli ko'piklanib, shiddatli oqim bilan quyi byefga oqib tushadi. Bu ta'sirlar to'g'ondagi gidromoslama va qurilishlarning tez yemirilishiga olib kelishi mumkin. Suvning oqib tushish jarayonida, quyi byefda jo'shqin oqim hosil qilishi natijasida, sapchish hodisasi va oqimning kengayib oqishi kuzatilishi mumkin.

Tutash byeflarni hisoblashda muhim masalalardan biri bu jo'shqin oqim paydo bo'lish oldidagi **siqilgan qatlam** chuqurligi qiymatini aniqlashdir (qarang: 3.38 va 3.40-rasmlar).

To'g'on ortidagi suv tushiruvchi tananing nishabligi gorizontga nisbatan katta burchak ostida va egri chiziqli qilib qurilgani uchun quyi byef chuqurligini Bernulli tenglamasidan foydalanib hisoblash mumkin. Agar suv oqimi kesimlarini, mos ravishda, to'g'on yuqorisidagisini I—I va quyidagisini esa II—II

deb belgilasak, unda kesimlar oralig'idagi bosim isrofi $h_{b.i}$ quyidagicha yoziladi:

$$h_{b.i} = \xi \frac{(\bar{v}_{sk.})^2}{2g}, \quad (3.54)$$

bu yerda, ξ — qarshilik koeffitsiyenti; \bar{v}_{sk} — siqilgan kesimdagi suv oqimining o'rtacha tezligi.

Bernulli tenglamasini I—I va II—II kesimlardagi oqim tenglamalari bilan birlashtirib, undan siqilgan kesimdagi suv tezligi topiladi:

$$v_{sk} = \varphi_{tk} \sqrt{2g(E_0 - h_{sr})}, \quad (3.55)$$

bu yerda, $\varphi_{tk} = \frac{1}{\sqrt{1+\xi}}$ bu I—I va II—II kesimlar oralig'ida bosimning pasayishini hisobga oluvchi tezlik koeffitsiyenti.

Siqilgan kesimdagi tezlikni suv sarfi va siqilgan oqim kesimi orqali bog'lab, quyidagicha yoziladi:

$$v_{sk} = Q/S_{sk}. \quad (3.56)$$

Demak, siqilgan oqim kesimi ko'ndalang kesimining yuzasi siqilgan oqim chuqurligining funksiyasi bo'lar ekan. Unda, yuqorida keltirilgan natijalarga asosan yozish mumkin:

$$S_{sk} = f(h_{sk}). \quad (3.57)$$

Demak, (3.55) va (3.56) tenglamalarni birgalikda yechib, undan chiqqan oqim chuqurligi h_{sk} , II—II kesim uchun topilishi mumkin (3.55) va (3.56) tenglamalarni istalgan damli yoki damsiz to'g'onlar uchun qo'llab, ularning quyi byefidagi siqilgan kesim chuqurligi topiladi.

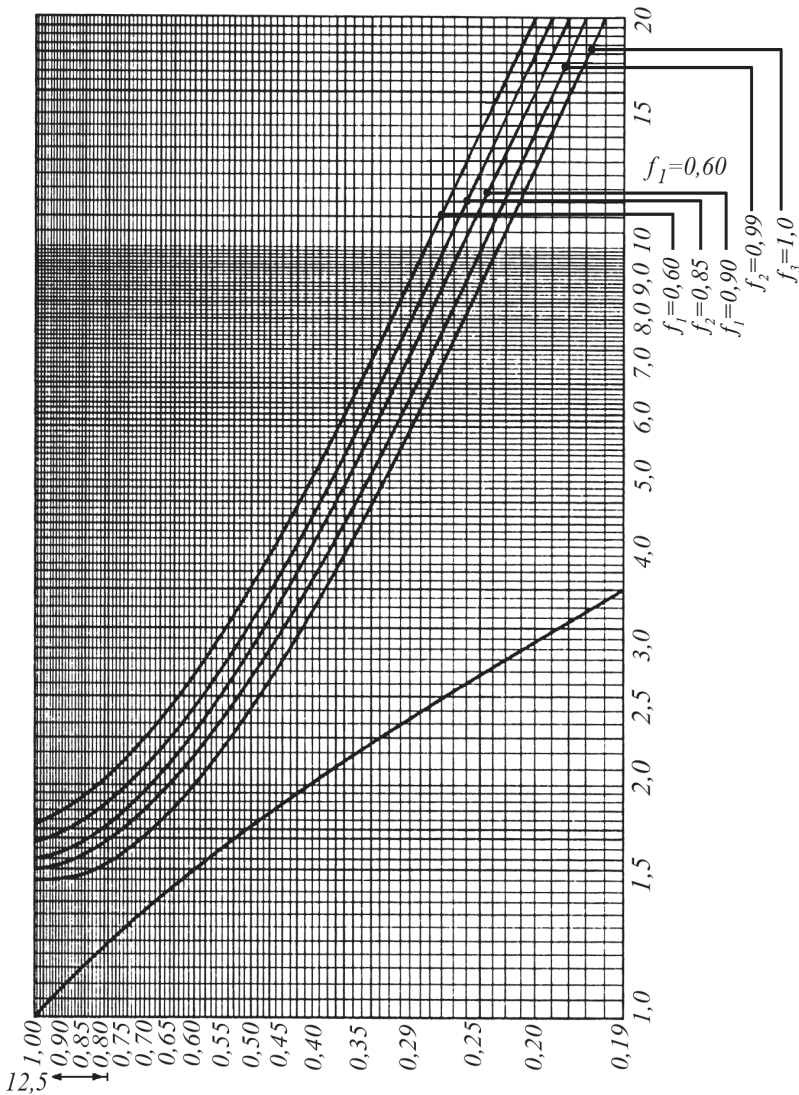
Quyi byefi trapetsiyasimon bo'lgan o'zanlar uchun siqilgan kesim yuzasi va sarfi quyidagicha ifodalanadi:

$$S_{sk} = h_{sk}(b + mh_{sk}), \quad (3.58)$$

bu yerda, m — o'zanning nishablik koeffitsiyenti; b — o'zan tubining eni.

$$Q = \varphi_{sk} h_{sk}(b + mh_{sk})\sqrt{2g(E_0 - h_{sk})}. \quad (3.59)$$

A.N. Raxmanov (3.59) tenglama asosida amalda qo'llaniladigan hisoblash grafigini qurgan va undan siqilgan kesim chuqurligi osongina topilgan.



3.40-rasm. Siqilgan kesim va tutash chuqurliklarni aniqlash grafigi.

Quyida byefi to‘g‘ri to‘rtburchakli bo‘lgan o‘zamlardagi sarf va siqilgan kesimdagi tezlik orqali h_{sk} ni topish mumkin:

$$Q = qb; \quad S_{sk} = bh_{sk}. \quad (3.60)$$

(3.60)ga muvofiq (3.56) tenglikni to‘g‘ri to‘rtburchakli o‘zan uchun qayta yoziladi:

$$v_{sk} = q/h_{sk}. \quad (3.61)$$

Unda, (3.55) va (3.61)ni qo‘yib, soddalashtirib, yuqori byefdagi solishtirma to‘la energiya topiladi, ya‘ni

$$E_0 = h_{sk} + (q^2 / 2gh_{sk}^2 \varphi_{sk}^2). \quad (3.62)$$

Agar to‘g‘on baland bo‘lganida, (3.55)dagi ayriluvchi h_{sk} qiymatini e‘tiborga olmaslik mumkin. Unda, (3.55) ni (3.61)ga, asosan, qayta yozib, siqilgan kesim chuqurligi hisoblanadigan quyidagi tenglama hosil qilinadi:

$$h_{sk} = \frac{q}{v_{sk}} = \frac{q}{\varphi_{sk} \sqrt{2gE_0}}. \quad (3.63)$$

Bu tenglama yuqori aniqlikni amalda ta‘minlaydi. Shu usulda N.N. Pavlovskiy siqilgan kesim chuqurligi topiladigan grafik qurgan (3.40-rasm).

11.4. Surilma quduqlar va devorlar

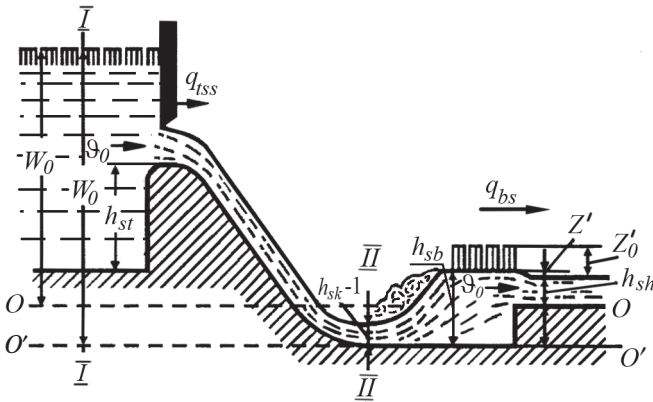
Surilma quduq bu to‘g‘on tanasi ortidagi quyi byef tubidagi maxsus chuqurlik bo‘lib, yuqori byef balandligini va quyi byef chuqurligini orttirish hamda oqib tushgan suv oqimining sapchish energiyasini pasaytirish maqsadida quriladigan gidro-inshootdir.

Surilma quduq hisobini A.A. Uginchus va A.N. Raxmanov ko‘rsatmalariga tayangan holda N.M. Bobin tomonidan berilgan bo‘lsa-da, keyinroq N.N. Pavlovskiy va M.D. Chertousov tomonidan mukammal o‘rganilgan. Hozirgi kunda ham bu yo‘nalishda izlanishlar davom etmoqda.

Surilma quduqlar qurilganida oqib tushayotgan suvning kinetik energiyasi quyi byef yaqinida eng katta qiymatga erishganligi sababli siqilgan kesim chuqurligi kamayadi. Ammo gidravlik sapchish balandligi ortsa-da, uning energiyasi keskin pasayadi va quyi byefdagi suv oqimining tezda sokin harakatga o‘tishiga olib keladi (3.41-rasm).

Cho‘ktirilgan sapchishga mos keluvchi surilma quduqning cho‘ktirilish darajasi $A = (10,5-1,10)$ atrofida bo‘lganida, uning eng qulay chuqurligi d ni quyidagi formuladan topiladi:

$$d = (1,05 \div 1,10)d_0 + (0,05 \div 0,10)h_{ss}, \quad (3.64)$$



3.41-rasm. Surilma pog'onadagi sapchish chuqurligini aniqlashga doir chizma:

q_{tss} va q_{bs} — to'g'on va surilma quduqning solishtirma suv sarfi;
 h_{sk} va h_{sb} — siqilgan kesim chuqurligi va sapchish balandligi; h_{sk} — sokin harakat chuqurligi; d_0 — surilma quduqning nazariy chuqurligi;
 Z'_0 — pog'onada surilmaning pasayishi; Z' — sokin sathning pasayish qiymati.

bu yerda, d_0 — surilma quduqning nazariy chuqurligi; h_{ss} — surilma quduq ustidagi sokin sath chuqurligi.

Amaliyotda d_0 ni surilma quduqning **qulay chuqurligi** deb yuritiladi. Surilma quduq chuqurligini topishda nazariy hisob va grafik usullari qo'llaniladi. Nazariy hisobda, avval to'g'ondan oqib tushayotgan suv sarfi topiladi:

$$Q = q_{tss} B, \quad (3.65)$$

bu yerda, B — to'g'onning suvto'kkich qismining kengligi; q_{tss} — to'g'ondan o'tayotgan suvning solishtirma sarfi.

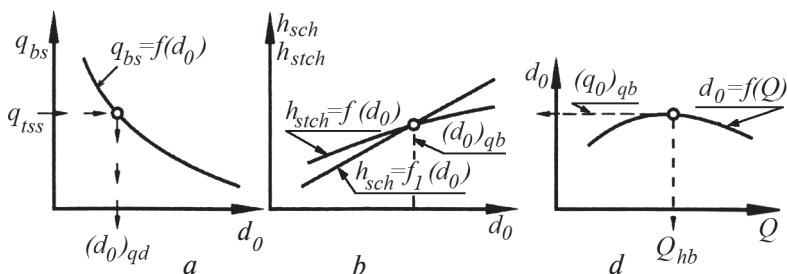
Suvto'kkich formulasidan yoki boshqa usullardan foydalanib, suv sarfi topiladi. Faraz qilaylik, surilma quduqning ixtiyoriy d_0 qiymati avvaldan berilgan bo'lsin. Unda, to'la solishtirma energiyaning yangi qiymati E_0^1 quyidagicha ifodalanadi:

$$W'_0 = W_0 + d_0. \quad (3.66)$$

(3.66)dan foydalanib, siqilgan kesimdagi jo'shqin harakat chuqurligining yangi qiymati h_{sq} topiladi. So'ngra bu h_{sq} aniqlanib, keyin esa sapchishning tutashgan chuqurligining yangi qiymati h_{stch} aniqlanadi.

Cho'ktirilgan suvto'kkich sifatida ishlaydigan keng surilma pog'ona (zinapoya) bilan suv oqimi ta'sirlashib, o'z harakatini susaytiradi va suvning erkin sathi Z' qiymatigacha pasayadi. Shunda sapchishning to'liq chuqurligi h_{stch} ni o'lchab, uni sapchish chuqurligiga teng deb olinsa, unda sapchish balandligining pasayish qiymati (ya'ni sokin sath chuqurligining pasayishi)ni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$Z' = h_{stch} - d_0 - h_{sq}. \quad (3.67)$$



3.42-rasm. Siqilgan kesim chuqurligini aniqlash grafiklari:

a — belgilangan solishtirma sarf bilan surilma quduq chuqurligi orasidagi bog'lanish grafigi; b — sapchish to'la chuqurligi bilan surilma quduq chuqurligi orasidagi bog'lanish grafigi; d — surilma quduq chuqurligi bilan umumiy sarf orasidagi bog'lanish grafigi; q_{tss} — to'g'onidan o'tadigan suv solishtirma sarfi; q_{bs} — belgilangan solishtirma sarf; $(d_0)_{qb}$ — qidirilgan chuqurlik; h_{sch} — sapchish chuqurligi; h_{stch} — sapchishning to'la chuqurligi; Q_{hb} — hisoblangan sarf.

Surilma quduq chuqurligi hisobiga to'g'on balandligi sababli jo'shqin tezligi v_0^1 siqilgan kesimda ortadi.

v_0^1 ning qiymatini to'g'onning solishtirma sarfi va sapchishning to'liq chuqurligi orqali quyidagicha yoziladi:

$$v_0' = \frac{q_{tss}}{h_{stch}}. \quad (3.68)$$

Unda, sapchish balandligining sokin sath qiymatigacha pasayishini oqimning surilmaga yaqinlashib kelish tezligi v_0' qiymati va suvning kinetik energiyasidan foydalanib, quyidagi shaklda ifodalanadi:

$$Z'_0 = Z' + \alpha \frac{(v'_0)^2}{2g}. \quad (3.69)$$

Keng o'zanli cho'ktirilgan suvto'kkichga mansub formuladan foydalanib, surilma zinapoya uchun solishtirma sarf ifodasini yozish mumkin:

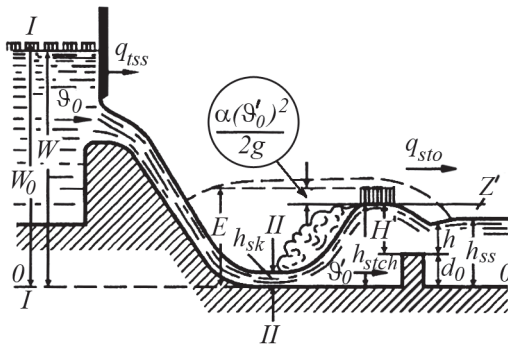
$$q_{zp} = \varphi_{zp} h_{ss} \sqrt{2gZ'_0}, \quad (3.70)$$

bu yerda, $\varphi_{zp} \approx 0,95$ — zinapoya uchun tezlik koeffitsiyenti.

Zinapoya uchun solishtirma sarf miqdorini topishda, uning balandligi bilan sarfi orasidagi bog'lanish funksiya shaklida ifodalansa, unda $q_{zp} = f(d_0)$, $h = f(d_0)$ va $d_0 = f(Q)$ bog'lanish grafiklarini (3.42-rasm) qurish yo'li bilan siqilgan kesim chuqurligini grafikdan aniqlash mumkin. Amalda to'g'onning solishtirma sarfi zinapoyanikiga teng bo'lishi kerak, ya'ni $q_{tss} = q_{zp}$. Chunki to'g'on qancha suv oqib chiqsa, unga teng miqdor, albatta, zinapoyaga uriladi. Bog'lanish grafigidan qurilsa va undan foydalanilsa, hisob ishlari yengillashadi.

Surilma devor bu to'g'onning quyi byefida sapchishni so'n-dirish maqsadida quriladigan gidroinshootdir.

Surilma devor cho'ktirilgan va cho'ktirilmagan bo'ladi va ular endi qulay suvto'kkichday ishlaydi. Sokin sath balandligi noldan katta ($h_{ss} > 0$) bo'lganida cho'ktirilgan va ($h_{ss} < 0$) bo'lganida esa cho'ktirilmagan suvto'kkichday ishlaydi (3.43-rasm).



3.43-rasm. Cho'ktirilgan surilma devor:

q_{tss} va q_{sto} — to'g'on va devorning solishtirma sarfi; h_{sk} va h_{sch} — siqilgan kesim va sapchishning to'liq chuqurligi; h_{ss} — sokin sath chuqurligi; H — surilma devordagi geometrik dam; h — sapchishning devordan keyingi pasayishi; Z' — sapchishning pasayish qiymati; d_0 — devorning nazariy balandligi.

Ularning amaldagi balandligini topish uchun, eng avvalo, nazariy qiymati hisoblanadi. Surilma devorning amaldagi balandligi quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$c_a = c_0 + (0,05 \div 0,10)h_{\text{stch}}. \quad (3.71)$$

Surilma devor uchun solishtirma sarf quyidagi formuladan topiladi:

$$q_{\text{sd}} = \sigma'_{\text{ss}} m' \sqrt{2g} (H'_0)^{3/2}, \quad (3.72)$$

bunda

$$\sigma_{\text{ss}} = f \left(\frac{h_{\text{ss}}}{H'_0} \right); \quad H'_0 = H + \alpha \frac{(v'_0)^2}{2g}.$$

11.5. Surilma quduq chuqurligi va devor balandligini hisoblashning grafik usuli

Surilma quduq chuqurligi yoki devor balandligini hisoblash muhim gidrotexnik amaliyotlardan biri bo'lib, gidroinshootning yaxshi ishlashini ta'minlashda asosiy ko'rsatkich hisoblanadi. Ularning nazariy va amaliy hisoblari haqida yuqorida ma'lumotlar keltirganmiz.

Surilma quduq chuqurligini yoki devor balandligini hisoblashda grafik usul oson va soddaligi tufayli amaliyotda keng qo'llaniladi.

Surilma quduq chuqurligini grafik usul bilan hisoblashda, ko'proq N.N. Pavlovskiy grafigi ishlatiladi.

Suvning yuqori byefdan sapchish cho'qqisigacha mos keluvchi dam (yoki energiya)ning o'nli logarifmda ifodalangan qiymati bilan surilma quduq tubigacha bo'lgan energiyalar orasidagi bog'lanish grafigi tajribada topilgan natijalarga tayanib quriladi. Buning uchun surilma quduq chuqurligi tubiga va uning sathiga mos keluvchi chuqurliklar o'lchanadi hamda to'la energiyalar hisoblanadi. Siqilgan kesim va sokin harakat chuqurliklari, sapchish va kritik balandliklar aniqlanadi. Topilgan natijalardan solishtirma energiya qiymatlari va mos koeffitsiyentlar hisoblanadi.

$$\begin{aligned} \xi_0 &= E_0 / h_{\text{kr}}; \quad \xi'_0 = E'_0 / h_{\text{kr}}; \\ \zeta_0 &= Z'_0 / h_{\text{kr}}; \end{aligned} \quad (3.73)$$

$$\xi_{\text{ss}} = h_{\text{ss}} / h_{\text{kr}}; \quad (3.74)$$

Bu qiymatlar aniqlangandan so'ng, gidroinshootda isrof bo'lgan dam (energiya) η' aniqlanadi:

$$\eta' = \xi_0 - \xi_{ss} - \zeta'_0, \quad (3.75)$$

bu yerda, ζ'_0 — surilmadagi to'la nisbiy pasayish qiymati (uni suvto'kkich formulasidan topish mumkin).

Berilgan E , Q va h_{ss} qiymatlari asosida η hisoblab topiladi va N.N. Pavlovskiy grafigidan foydalanib surilma quduq chuqurligi aniqlanadi (3.44-rasm).

η topilgandan so'ng damning pasayish koeffitsiyenti φ_{sk} qiymati tanlanadi va surilma quduq tubiga mos keluvchi W_0^1 energiya topiladi. Topilganlar asosida surilma quduq chuqurligi d_0 quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$d_0 = (\eta + W_1 - \xi_0)h_{kr} = \left(W' - \xi_{ss} - \frac{1}{2\xi_{ss}^2} \right) h_{kr}.$$

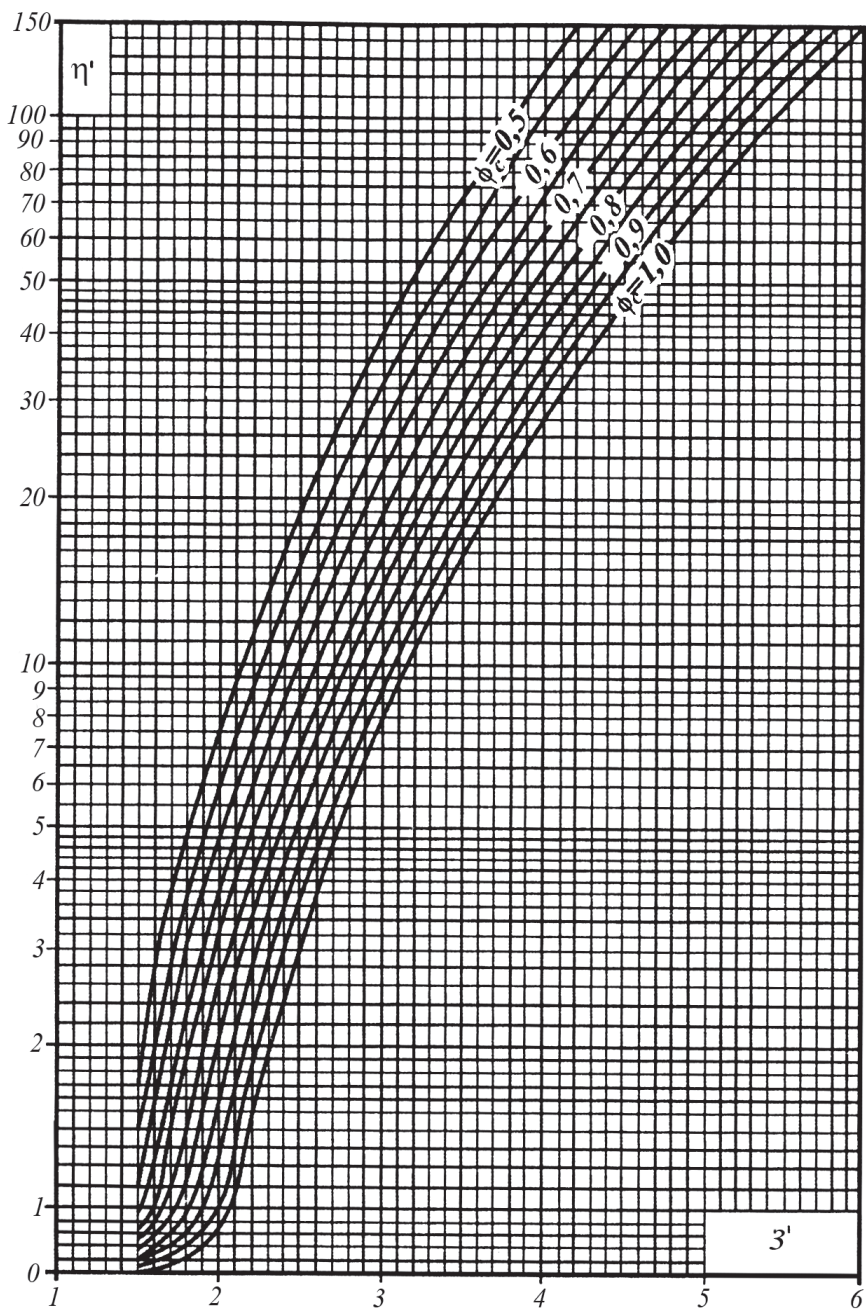
Surilma quduqning nazariy chuqurligi aniq bo'lganidan so'ng uning amaldagi qiymati yuqorida keltirilgan usul bilan topiladi. Keltirilgan qiymatlarning hammasi nisbiy qiymatlar hisoblanadi. Shuning uchun hisoblashlarda bu e'tibordan chetda qolmasligi kerak.

Surilma quduqlar cho'ktirilgan va cho'ktirilmagan bo'ladi. Ularning qanday turi uchun hisoblashlar olib borilganligi unutilmasligi shart. Chunki sapchish chuqurligi unga mos ravishda o'zgaradi va sapchishni so'ndirish hisobi noto'g'ri bo'lganida gidrotexnik inshootning ishlash muddati qisqaradi.

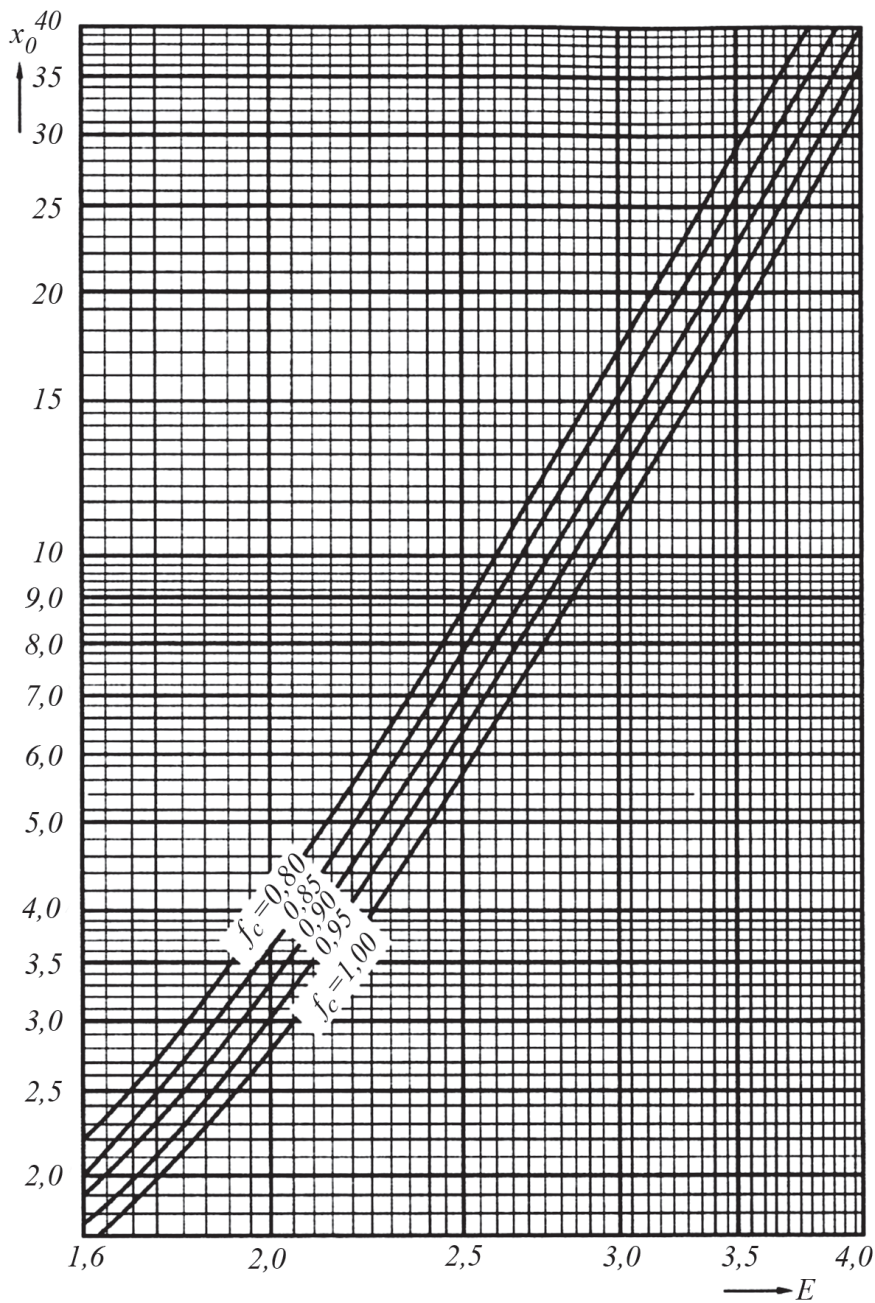
Cho'ktirilmagan surilma devor balandligini grafik usulda hisoblash (3.45-rasm) uchun N.N. Pavlovskiy quyidagi formulani bergan:

$$c_0 = h_{kr} = \left(W - \frac{1}{\sqrt[3]{2(m')^2}} \right), \quad (3.76)$$

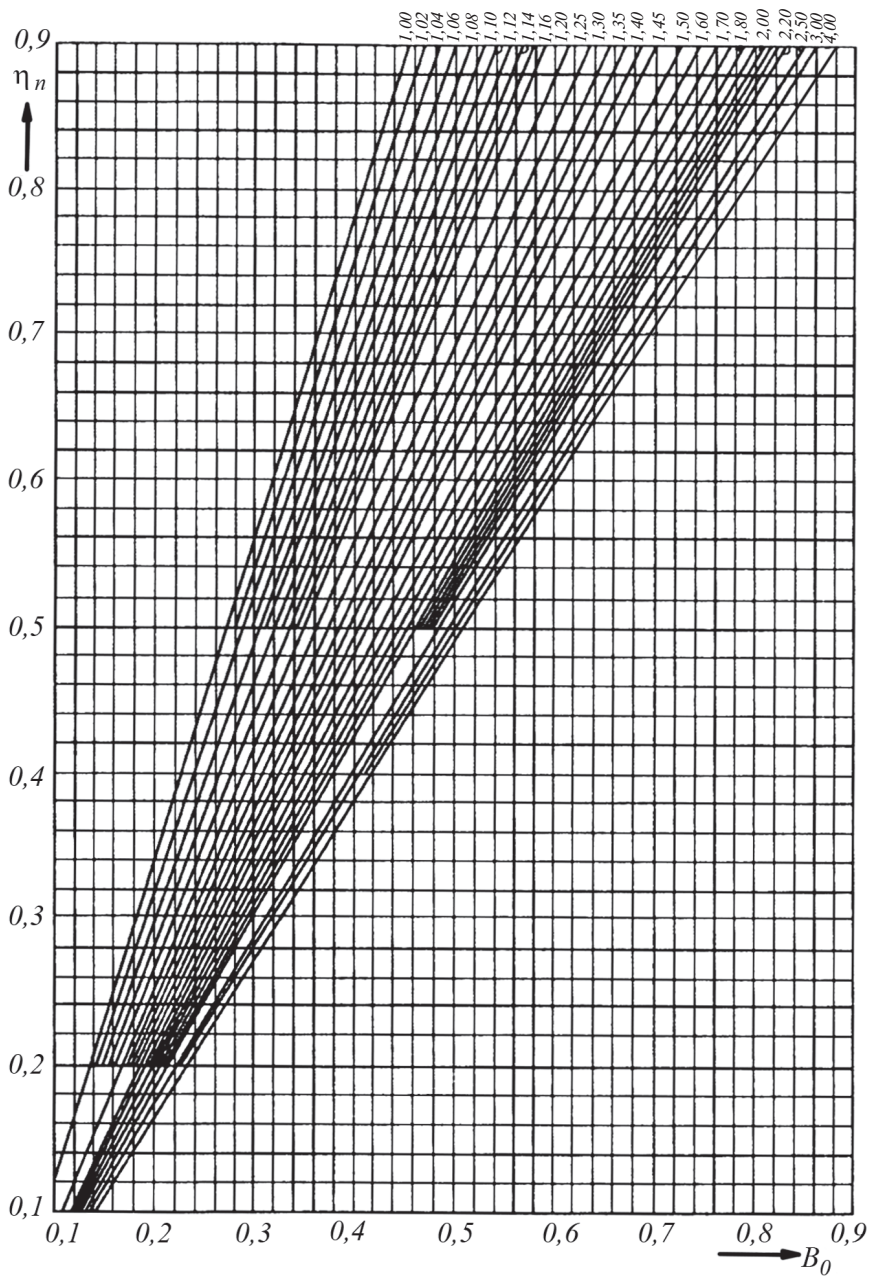
bu yerda, m' — surilma devorning sarf koeffitsiyenti; W — grafikdan topiladigan energiya (3.45-rasmga qarang).



3.44-rasm. Surilma quduq chuqurligini aniqlash grafigi.



3.45-rasm. Cho'ktirilmagan surilma devorning chuqurligini aniqlash grafi.



3.46-rasm. Cho'ktirilgan surilma devorning chuqurligini aniqlash grafigi.

N. Pavlovskiy cho'ktirilgan surilma devor (3.43-rasmga qarang) balandligini nazariy topish uchun quyidagi ifodani bergan:

$$c_0 = h_{kr} \left(\xi_{sb} - \frac{\zeta'}{\eta_{ss}} \right), \quad (3.77)$$

bu yerda, $\xi_{sb} = h_{stt} / h_{kr}$ — nisbiy kattalik.

Unda $\zeta' = \xi_{sb}'' - \xi_{ss}$ bo'lgani uchun $\xi_{ss} = h_{ss} / h_{kr}$ nisbatidan topiladi. N.N. Pavlovskiy grafigi o'rniga M.D. Chertousov tomonidan qayta ishlangan grafik (3.46-rasm)dan η_{ss} qiymati quyida keltirilgan ifodadan foydalanib topiladi:

$$\eta_{ss} = \frac{h_{sb}'' - h_{ss}}{H} = \frac{Z'}{H}. \quad (3.78)$$

Albatta, q , E_0 , φ_{sb} , m qiymatlari esa 3.45-rasmida keltirilgan grafikdan aniqlanishi mumkin. Lekin η_{ss} qiymatini topish uchun, avvalo, A_0 va B_0 qiymatlari quyidagi ifodalardan hisoblanadi:

$$A_0 = \xi_{sb}'' / \sqrt[6]{2(m')^2} \quad \text{va} \quad B_0 = \zeta' \sqrt[3]{2(m')^2}. \quad (3.79)$$

Demak, surilma devor balandligini grafiklar yordamida aniqlash va uni amalda qo'llash yo'li bilan to'g'on ortidagi har xil sapchish chuqurliklarini kamaytirish yoki sapchishlarni so'ndirish mumkin ekan.

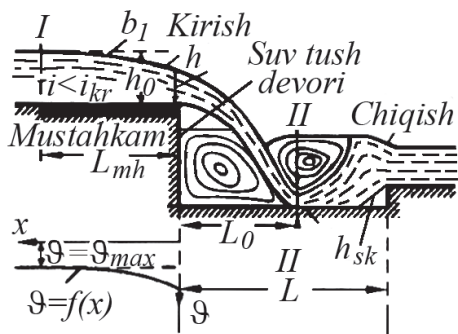
11.6. Sharshara va tezoqarlarning gidravlik hisobi

Sharshara — bu o'zanning keskin pasayib pog'onali holatga o'tishi natijasida undagi suvning jadal oqish hodisasi. Sharshara tabiiy va sun'iy yo'l bilan paydo bo'ladi. Sharshara balandligi va kengligi bir necha metrdan 1054 m (Anxel) va 1800 m (Viktoriya, Zambezi daryosida) bo'lganlari mavjud. Markaziy Osiyo daryolarida ham balandligi bir necha o'n metr bo'lgan sharsharalar uchraydi.

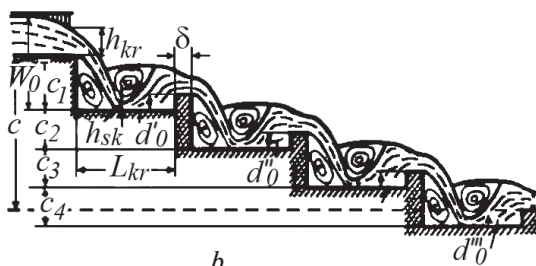
Sun'iy barpo qilinadigan sharshara yoki tezoqarlar kanal va to'g'ondagi ortiqcha suvni tashlab yuborish maqsadida quriladi. **Tezoqar** bu nishablik burchagi katta va mustahkam temir-beton

konstruksiyasidan tayyorlanib qurilgan (yerdə yaxlit quriladigan) uncha katta boʻlmagan qisqa kanaldir.

Sharshara bir pogʻonali va koʻp pogʻonali (3.47-*a*, *b* rasm) qilib, surilma quduqli hamda devorli yoki ularsiz quriladi. Sharshara oxirida surilma quduq boʻlishi yoki boʻlmasligi mumkin. Sharshara toʻrt qismdan tashkil topadi: ostona (mustahkam asos), suv oqib tushuvchi baland devor, surilma va oqimning chiqishi. Sharshara devori mutlaqo tik boʻlishi shart emas, yaʼni muayyan qiyalik burchagi ostida joylashadi. Sharsharaga yaqinlashib kelayotgan oqim tezligi ortib boradi. Natijada oqimning oʻzanni yuvib ketish xususiyati ortadi. Bu salbiy taʼsiri kamaytirish uchun ozanning sharsharagacha boʻlgan muayyan kritik L_{kr} masofasining mustahkamligi maxsus gidrotexnik yoʻllar bilan orttiriladi.



a



b

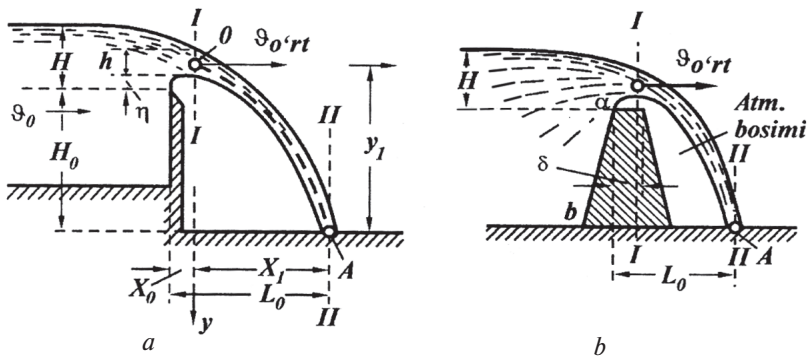
3.47-rasm. Bir (*a*) va koʻp (*b*) pogʻonali sharsharalar:

L_{mh} — sharsharaning mustahkamlangan kirish qismi; L_{kr} — surilma quduqning kritik uzunligi; L_a — sharshara uzunligi; h_{sk} — siqilgan kesim chuqurligi; c — sharshara balandligi; c_{1-4} — sharsharalar balandliklari; d_0-d_0 — devor balandliklari; δ — devor qalinligi.

Yuqori byef nishabligi kritik nishablikdan kichik bo‘lganida, sharshara ostonasida oqim tezligi ortishi sababli, uning chuqurligi kritik qiymatga yaqinlashadi. Shunda suv oqib tushishi oldidan I—II kesimda uning ostki qismi ko‘tariladi, aksincha esa yuqori byefi pasayadi, oqim siqiladi. Sharshara suvining uzoqqa otilish uzunligi L_0 oqimning shakllanishiga ta’sir qiluvchi kuchlar kattaligi va yo‘nalishiga bog‘liq bo‘ladi. Sharshara suvining uzoqqa otilishi, eng avvalo, unga oqib kelayotgan suv oqimi dami H ga, o‘zan tubining gorizontga nisbatan nishabligiga va devor balandligi H_n hamda qalinligi δ ga bog‘liq bo‘ladi (3.48-rasm). Devor qalinligi $\delta \approx (0,5 \div 0,7)H$ shartni qoniqtirganida sharshara oqimi devordan sakrab oqib o‘tadi (3.49-b rasm).

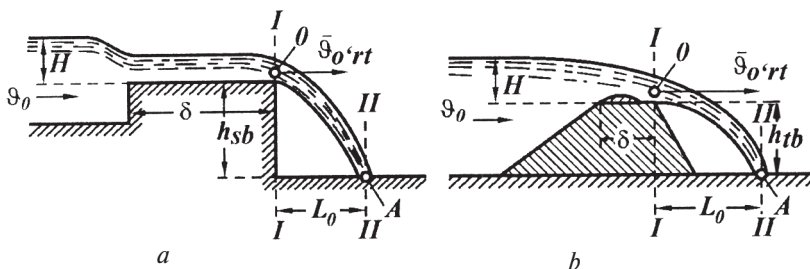
Sharsharaning I—II kesimini chap va o‘ng tomonlaridagi X_1 va X_0 , ya’ni suvto‘kkich qirrasidan to‘kilish nuqtasigacha bo‘lgan X_0 va undan sharshara quyilgan nuqtasigacha X_1 masofalarni e’tiborga olib, suvning otilish uzoqligi L_0 ni quyidagicha yozish mumkin:

$$L_0 = X_0 + X_1. \quad (3.80)$$



3.48-rasm. Sharsharaning uzoqqa otilishini suvto‘kkich devori shakliga bog‘liqligi:

$\eta = H - h$ — suv sakrash balandligi; H_0 — devor (to‘g‘on) balandligi; L_a — sharsharaning sakrash uzunligi; d — devor yuqori qismining eni.



3.49-rasm. Keng (a) va eng qulay (b) ostonali suvto'kkichli sharsharalar:

H — suvto'kkichgacha bo'lgan suv dami; h_{sb} va h_{tb} — keng ostonali va to'g'onli suvto'kkichlar balandligi; L_0 — sharshara uzunligi; δ — suvto'kkichning yuqori qirrasining eni.

Gorizontga otilgan jism harakati qonuniga muvofiq, sharsharadan oqib chiqqan suvning otilish uzoqligi quyidagicha yoziladi:

$$X_1 = v_{o'rt}^2 \sqrt{2y_1 / g} \quad (3.81)$$

bu yerda, $y_1 = c_{db} + \eta + 0,5h$ — sharsharaning boshlang'ich nuqtasining balandligi; $v_{o'rt} = q / h = \frac{m\sqrt{2gH_0^{3/2}}}{h}$ — sharsharaning boshlang'ich nuqtasidagi suvning o'rtacha oqib chiqish tezligi.

Tajribada, (3.81) formulaga kirgan kattaliklar qiymatlarini hisoblash uchun taqribiy ifodalari topilgan:

$$L_0 \approx 0,3H_0; \quad \eta = 0,11H_0; \quad h = 0,64H_0; \quad m \approx 0,42. \quad (3.82)$$

(3.82) ifodani keng ostonali suvto'kkichli sharsharalar (3.49-a rasm) va eng qulay suvto'kkich devorlar (3.49-b rasm) uchun quyidagi ifodalardan hisoblanishi mumkin:

$$X_0 = 0; \quad \eta = 0; \quad h \approx 0,50H_0; \quad m \approx 0,32 - 0,35$$

va

$$X'_0 = 0; \quad \eta' = 0; \quad h \approx 0,6H_0; \quad m \approx 0,40.$$

Tajribada olingan natijalar asosida topilgan formulalar shartidan ko'rinadiki, sharshara keng ostonali suvto'kkichlar qir-

rasidan to'kilish oldidan ko'tarilmasdan harakatlanib, sharshara hosil qilgan holda oqib tushar ekan. Shuning uchun sharsharani loyihalashda uning ayrim parametrlari avvaldan berilganida, uni gidrotexnik talablarga mos holda qurish mumkin bo'ladi.

MASALALAR

11.1-masala. Chizmada berilgan o'zan uchun (3.38-rasm) sokin sath sxemasini tasvirlang va uni topish formulasini yozing.

11.2-masala. 3.42-rasmda keltirilgan grafikni masshtabli qog'ozga chizing va uni birorta ixtiyoriy suv oqimi uchun quring. Grafikdan foydalanib, surilma quduq chuqurligini aniqlang.

Nazorat savollari

1. Gidrotexnik inshoot deb nimaga aytiladi?
2. Gidrotexnik inshoot turlarini ayting.
3. Gidrotexnik inshootlar nima maqsadlarda quriladi?
4. Gidrotexnik inshootlarda surilma quduq, devor, keng va tor ostonalar nima uchun quriladi?
5. Siqilgan kesim chuqurligi suv oqimining qanday qiymatlariga bog'liq bo'ladi?
6. Cho'ktirilgan va cho'ktirilmagan surilma devor deb nimaga aytiladi va ular nima uchun quriladi?
7. Cho'ktirilgan va cho'ktirilmagan surilma quduq chuqurligi va devor balandligi grafik usulda qanday topiladi?
8. Cho'ktirilgan va cho'ktirilmagan surilma quduq chuqurligi va devor balandligini grafik usulda topishni qanday olimlar isbotlagan?
9. Sharshara deb nimaga aytiladi va ular nima uchun suv oqimi o'zanlarida sun'iy hosil qilinadi?
10. Sharshara tagida qanday holatlarda vakuum hosil bo'lishi mumkin va u nima sababga ko'ra paydo bo'ladi?
11. Sharsharalar nima sababdan ko'p pog'onali qilib quriladi?
12. Sharsharaning uzoqqa otilish uzunligi nima va u qanday hisoblanadi?

12-bob. YEROSTI SUVLARI

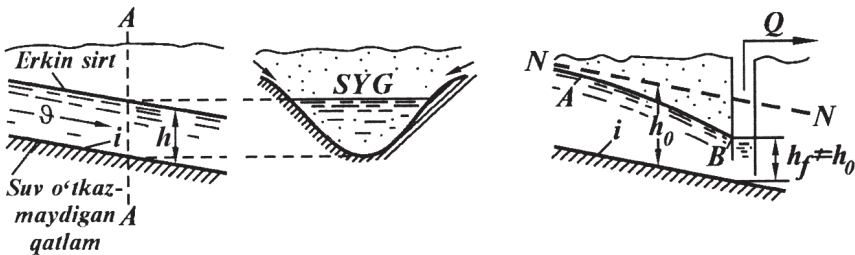
12.1. Yerosti suvlari va ularning harakati to'g'risida tushunchalar

Yer sirtidan turli xil chuqurlikdagi tog' jinslari, g'ovaklari, g'orlarda yig'iladigan muz, bug' va suyuq holatlardagi suvni **yerosti suvi** deyiladi. Bu suvlar oqimlar, havzalar va yer sirtida buloqlar hosil qiladi. Yer ostidagi suv saqlovchi jinslardagi yoriqlarning xususiyatiga ko'ra **g'ovak, yoriq** va **g'or suvlariga** bo'linadi. O'ta tor yoriqlarda harakatlanuvchi suvlarni **kapillar** suvlar, yer sirti gorizonti bilan tutashgan suvlarni **tuproq suvi gorizonti** deyiladi. Yer sirtidagi muayyan chuqurliklarda yerning suv o'tkazmaydigan qatlami — **gil tuproq** ustida yerosti suvlari yig'iladi. Bu qatlamdan pastda bosimli **artezian suvlari** joylashadi.

Yog'in-sochin, daryo va ko'llar suvlarining yer qatlamida shimilishi natijasida paydo bo'ladigan yerosti suvlarini **filtratsiya suvlari** deyiladi. Havodagi suv bug'larining yer po'stlog'i bilan ta'sirlashish jarayonida kondensatsiyalanib va yerga shimilishidan hosil bo'ladigan suvlarni **kondensatsiya suvlari** deb yuritiladi. Cho'kindi tog' jinslarining cho'kishi va magmadan ajralib chiqqan suvlarni **sedimentatsiya suvlari** deyiladi.

Yerosti suvlarining paydo bo'lish jarayonida suv molekullari tog' jinslari va tuproq qatlami zarralari bilan ta'sirlashib, zarralar oraliqlaridan og'irlik kuchi ta'sirida o'tib, yer markazi tomon harakatlanadi va muayyan chuqurliklardagi suv o'tkazmaydigan qatlam ustida yig'iladi (3.50-rasm). Ular miqdori ortganidan so'ng, bo'sh va qiya hajmlar bo'ylab og'irlik kuchi ta'sirida harakatlanib, **bosimsiz oqimlarni** hosil qiladi. Suvni yaxshi o'tkazuvchi qum va qum-tuproqli yer qatlamlarida yerosti suvlari laminar harakat qiladi. Shag'al, mayda toshlar, tosh to'shalmalari, yorilgan qoyatoshlar orqali suv oqib o'tganida turbulent oqim hosil qilib harakatlanadi.

Yerosti suvlarining, aksariyati tekis va bosimsiz harakatlanadi. Ayrim holatlardagina ular bosimli harakat bilan bir sohadan boshqaga o'tadi. Masalan, vertikal drenaj quvuri orqali



3.50-rasm. Yerosti suvlarining joylashish chizmasi.

suv tashqariga nasos bilan haydalganida, yerosti suvining oqimi nasos tomonga bir tekis harakatlanadi. Filtratsiya yo‘li bilan hosil bo‘lgan yerosti suvining sathini *depressiya sirti* (uning egri chizig‘ini *depressiya chizig‘i*) deyiladi.

Filtrovchi qatlamlardan o‘tadigan suv oqimlari diametri kapillarlar o‘lchamida bo‘ladi. Shuning uchun suvning solishtirma filtrlanuvchi sarfini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$q = Q/b, \quad (3.83)$$

bu yerda, b — yerosti suvi o‘zanining kengligi.

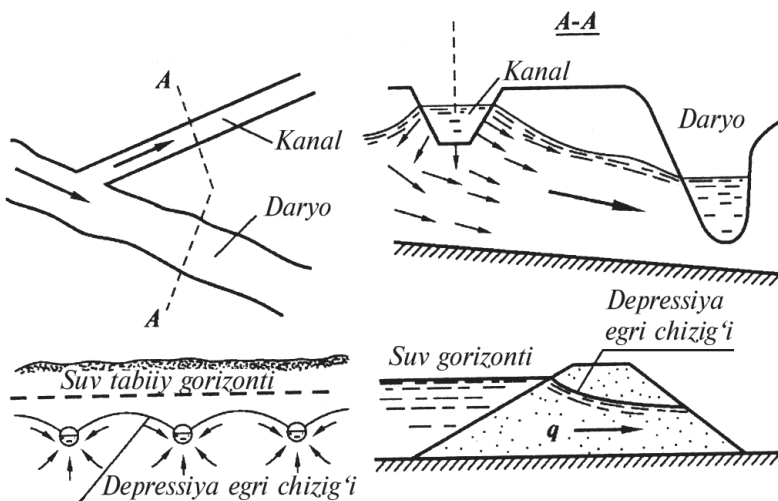
Yerosti suvlarining dinamik dami kichik bo‘lgani uchun hisoblashlarda u hisobga olinmaydi. Chunki dam chizig‘i pyezometrik chiziq bilan ustma-ust tushadi. Shunda gidravlik va pyezometrik nishabliklar bir xil bo‘ladi:

$$H_g = H = h + P/\rho g. \quad (3.84)$$

Yerosti suvlarining kritik sathi past bo‘lgani uchun uning qiymatini nolga tenglab olinadi. Amalda uning qiymati noldan farqli bo‘ladi. Chunki suv har doim o‘zidan past sathlarda joylashgan oqimlar tomon laminar tartibda harakatlanadi (3.51-rasm). Qatlamlar zarralararo suvning **filtrlanish tezligi** zarralar oralig‘idagi bo‘shliq S ga va zarralar diametri D ga bog‘liq bo‘ladi.

$$v_{ft} = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{Q}{S_z + S'_{bsh}}, \quad (3.85)$$

bu yerda, S_z va S'_{bsh} — zarralar va bo‘shliq kesimlari yuzi.



3.51-rasm. Yerosti suvining harakat chizmalari.

Suvning filtrlanish tezligi — bu tasavvuriy tushuncha bo‘lib, suv zarralarga tegmasdan, faqat bo‘shliq bo‘ylab harakatlanadi deb olinadi. Amalda suv zarralar sirtlarini ho‘llab, ularga ishqalanib harakatlanadi. Shuning uchun amaliyotda suvning filtrlanish tezligini topishda, faqat zarralar oralig‘idagi bo‘shliqni e‘tiborga oladi va uni **haqiqiy tezlik** deb yuritiladi:

$$v_{hl} = \frac{Q}{S_{bsh}}. \quad (3.86)$$

Yer qatlamining g‘ovaklik darajasi suvning filtrlanishida muhim ko‘rsatkichlardan biri hisoblangani uchun uni topishda tuproq (qatlam)dagi jami g‘ovaklar hajmining umumiy geometrik hajmga nisbati bilan aniqlanadigan kattalik olinadi:

$$n = \frac{V_z}{V_{geo}} = \frac{V_{bsh}}{V_{bsh} + V_z} < 1, 0. \quad (3.87)$$

Buni yuzalar nisbati shaklida quyidagicha yozish mumkin:

$$\alpha = \frac{S'_{bsh}}{S_{geo}}. \quad (3.88)$$

Demak, bir jinsli yer qatlami uchun $\alpha = n$ bo‘ladi. Unda, tezliklar nisbatidan suvning filtrlanish tezligi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$v_{ft} = m v_{ht}. \quad (3.89)$$

XIX asr o'rtalarida Darsi qum va tuproq qatlamlarida suvning filtrlanish tezligini aniqlash bo'yicha ko'p sonli tajribalar o'tkazgan va ulardan olingan natijalari asosida turg'un oqim uchun quyidagi formulani bergan:

$$\vartheta_{ff} = kJ, \quad (3.90)$$

bu yerda, k — haroratga mos ravishda o'zgaruvchining filtrlanish koeffitsiyenti, m/s; J — o'lchovsiz kattalik.

Suvning filtrlanish tezligi bilan uning sarfi orasidagi bog'lanishni ifodalovchi **Darsi formulasini**, yuqoridagilar asosida, quyidagicha yozish mumkin:

$$Q = kS_{geo}J. \quad (3.91)$$

Suvning filtrlanish koeffitsiyenti laboratoriya, nazariy hisob va dala usullari bilan topiladi. Laboratoriya usulida Darsi qurilmasidan foydalanib, filtratsiya koeffitsiyenti topiladi.

Nazariy usulda ko'p sonli mualliflar empirik formulalarni bergan. Masalan, Xezen bergan formula $k = A\tau d_{ef}$ va sh.k.

Dala usuli bilan filtratsiya koeffitsiyenti aniqlanishi uchun dala sharoitida birorta muayyan quduq suvi chiqarib tashlanadi, so'ngra unga suvning oqib kelishi o'rganiladi.

Suvning filtratsiya koeffitsiyenti $k = 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-8}$ m/s atrofida (12.1-jadval) va u tuproq turiga qarab o'zgaradi.

12.1-jadval

T/r	Tuproq turlari	Filtratsiya koeffitsiyenti $k \cdot 10^{-4}$, m/s
1.	Katta donali qum	1—5
2.	Mayda donali qum	0,1—0,5
3.	Zichlangan qumli tuproq	0,01—0,05
4.	Qumli tuproq	0,001—0,005
5.	Gil tuproq	0,0001—0,0005

12.2. Yerosti suvining tekis harakati

Yerosti suvi damsiz va tekis harakatlangani sababli dam hamda pyezometrik chiziqlari ustma-ust bir chiziqqa tushadi (3.52-rasm). Chunki yerosti suvi oqimining erkin sathi o'zan tubining nishabligiday bo'lgani uchun PP , EE va DD chiziqlari o'zaro parallel bo'ladi (3.52- rasmga qarang).

Unda bu chiziqlarning nishabliklari ham o'zaro teng bo'ladi:

$$J = J_n = i. \quad (3.92)$$

(3.92) ga asosan, Darsi tenglamasi (3.91) ni qayta yozamiz:

$$Q = kS_{geo}i. \quad (3.93)$$

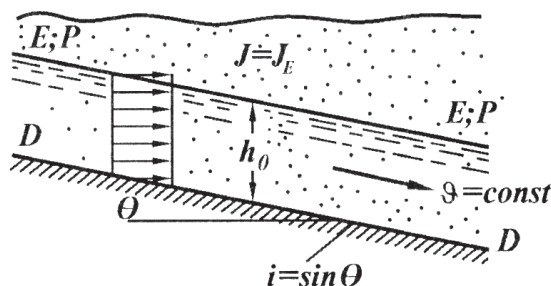
Demak, yuqorida keltirilgan tenglamalar asosida solishtirma sarfni quyidagi shaklga keltiriladi:

$$q = Q/b = h_0ki. \quad (3.94)$$

Unda, damsiz va tekis oqimli o'zan chuqurligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$h_0 = q/ki. \quad (3.95)$$

Demak, yerosti suvi oqimlarini o'rganish yo'li bilan yer o'zlashtirish va qo'riq ochish, yerning meliorativ holatini yaxshilash masalalari yechim va muammolari osonroq hal etiladi. Shuning uchun ham yerosti suvi oqimlarini o'rganish Davlat ahamiyatiga molik bo'lgani uchun bu ishlarga katta mablag' sarflanadi. Masalan, O'zbekistonda yerosti suvlari sathining ko'tarilmasligi uchun Sirdaryo, Jizzax, Qashqadaryo va boshqa



3.52-rasm. Yerosti suvining tekis harakati.

viloyatlarda ko'p sonli zovur, vertikal va gorizontal drenajlar ishlamoqda.

Nazorat savollari

1. Yerosti suvi deganda nima tushuniladi va bu suvlar qanday paydo bo'ladi?
2. Yerosti suvi oqimlari qanday ta'sirlar hisobiga o'z yo'nalishlarini o'zgartiradi?
3. Yerosti suvining filtratsiyasi deganda nimani tushunasiz?
4. Yerosti suvining depressiya chizig'i nima va u qanday topiladi?
5. Yerosti suvining sarfi va solishtirma sarfi qanday formulalar bilan hisoblab topiladi?
6. Filtratsiya koeffitsiyenti nima va u qanday ta'sirlarga bog'liq?
7. Yerosti suvining filtrlanish tezligi nimalarga bog'liq?
8. Yerosti suvi sathini bir tekis tutib turish uchun qanday usullar (qurilmalar) qo'llaniladi?

MANOMETRLARNING TUZILISHI, ISHLATILISHINI O'RGANISH

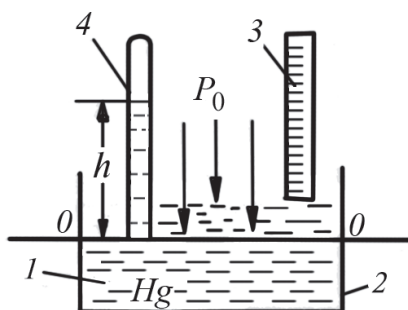
Ishning maqsadi. Manometrlarning ishlash prinsipi, tuzilishi, qo'llanish sohalari, turlari va amalda ishlatishni o'rganish.

Asbob-uskunalar: barometr, manometr, vakuummetr, differensial manometr, suyuqlik quyiladigan og'zi keng idish, kapillar shisha naycha, chizg'ich va suv.

Nazariy muqaddima.

Yuza birligiga ta'sir etuvchi zarralar uyg'otgan kuchning qiymatini bosim kuchini o'lchovchi asboblarda yordamida o'lchanadi. Zarralar bu gaz (havo, bug') va suyuqlik (suv, neft mahsulotlari) va sh.k. moddalar molekularidir. Yer yuzidan uzoqlashgan sayin, atmosfera havosi siyraklashadi, ya'ni hajm birligidagi havo molekularining soni kamayadi.

Jismlarning yuza birligiga ($S = 1 \text{ m}^2$) ta'sir etuvchi kuch kattaligini bosimlarda o'lchanadi ($P = F/S$). Bosim kattaligini turli-tuman asboblarda bilan o'lchash mumkin. Masalan, atmosfera bosimini barometr bilan o'lchanadi. Barometrik bosim deyilganda atmosfera bosimi tushuniladi. Eng sodda barometr — suyuqlik to'ldirilgan idishga vertikal tushirilgan, yuqori tomoni berk kapillar shisha naycha va shkalali taxtadan iborat (1-rasm.) Suyuqlik barometri idish (1), o'rnatilayotgan suyuqlik (2), su-



1-rasm. Suyuqlik barometrining kesimi:

P_0 —suyuqlikning erkin sirtidagi normal bosim; h —simobning kapillarda ko'tarilgan balandligi; 0-0—idishdagi simobning erkin sirti chiziq; 1—suyuqlik (simob); 2—simob quyilgan idish; 3—shkala; 4—ochiq tomoni simobga tushirilgan kapillar naycha ichida hosil bo'lgan vakuum.

yuqlikni kapillar shisha naycha (4) dagi balandligini o'lovchi shkalali taxtacha (3) dan tashkil topgan.

O'rganilayotgan suyuqlik kapillar naychada $h = P_{atm}/\rho g$ balandlikka ko'tariladi va bu h balandlik qiymati turli xil suyuqliklarda turlicha bo'ladi. Chunki, atmosfera havosi zarralarining suyuqlikni erkin sirtiga beradigan ta'sir kuchi o'zgarmas bo'lsada (o'rganilayotgan vaqt va temperatura uchun), suyuqliklar zichligi ($Q = m/V$) turlicha. Shuning uchun ham h turlicha qiymatlarga ega bo'ladi.

Normal atmosfera bosimi $P_{atm} = 98100 \text{ Pa}$ (Paskal) =
 98100 N/m^2 , chunki $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$.

Turli suyuqliklar uchun h qiymatini topishda quyidagi nisbatdan foydalaniladi: masalan, a) simob uchun $S = 1358,9 \text{ kg/m}^3$ bo'lganligidan

$h = P_{atm}/\rho g = 98100/1358,9 \cdot 9,81 = 98100/133300 = 0,736 \text{ m.sim.ust.} = 736 \text{ mm.sim.ust.};$

b) suv uchun $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ bo'lganligidan $h = P_{atm}/\rho g = 98100/1000 \cdot 9,81 = 10 \text{ m.suv.ust.}$

Suyuqlik ko'tarilgan h balandlikni texnik atmosfera bosimi (P_{atm}) orqali ifodalashda quyidagi munosabatdan foydalaniladi:

1 texnik atmosfera bosimi (P_{atm}) = $1 \text{ kgs/sm}^2 = 10^4 \text{ kgs/m}^2 =$
 $= 10^5 \text{ N/m}^2 = 10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ bar} = 736 \text{ mm.sim.ust.} =$
 $10.000 \text{ mm.suv ust.} = 10 \text{ m. suv.ust.}$

Gidrostatik bosimni o'lchashda mexanik va suyuqlik manometrlari ishlatiladi. Gidrostatik bosim suyuqlik zichligini erkin tushish tezlanishi bilan o'rganilayotgan nuqtani chuqurligi ko'paytmasiga teng, ya'ni $P = \rho hg$. Suyuqlikning idish devorlariga bosimi manometr bilan o'lchanadi. Shuning uchun $P = \rho hg$ ni goho gidromonometrik bosim deb yuritiladi.

Suyuqliklarning gidrostatik bosimini ($P = 0,5 \text{ Pa}$) o'tganda eng sodda asbob — pyezometr ishlatiladi. Pyezometr — bir uchi suyuqlik quyilgan idishga ulangan, ikkinchi uchi ochiq, atmosferaga tik chiqarilgan ingichka shisha naychadir (2-rasm).

Agar suyuqlik ustunining erkin sirtiga P_0 bosim ta'sir etayotgan bo'lsa, o'rganilayotgan A va B nuqtalaridagi kichik hajmgacha qo'shimcha suyuqlik ustunining balandligi ham ta'sir ko'rsatadi, u esa gidrostatik bosimni hosil qiladi. P_0 — yopiq idishning ichidagi havo bosimi. Idish ichidagi bosim $P_A = P + \rho gh_t$ bo'lsa, pyezometrda bosim $P_A = P_{atm} + \rho gh$ ga teng. Bularni o'zaro tengligi asosida yozib, uni yechamiz:

$$P + \rho gh = P_{atm} + \rho gh;$$

$$P + \rho gh_t = P_{atm} + \rho gh(h_1 + h_2);$$

$$P + \rho gh_t = P_{atm} + \rho gh_1 + \rho gh_2;$$

$$P = P_{atm} + \rho gh_2.$$

Hosil qilingan (1) tenglikni gidrostatikaning asosiy tenglamasi deyiladi. Bunda h_2 — pyezometrning balandligi bo'lib, suyuqlikni erkin sathi bilan shisha naychadagi suyuqlik yuzalari oralig'idagi balandlik. Pyezometr ko'rsatgan ρgh_2 — suyuqlik ustunining gidrostatik bosimi bo'lib, uni goho monometrik bosim ham deb yuritiladi. Demak, pyezometr suyuqlik manometridir.

Shuning uchun atmosfera (barometrik) bosimi bilan manometrik bosimlar yig'indisini absolut bosim deyiladi:

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{man}.$$

Suyuqlik bosimi 0,5 Pa katta bo'lganida pyezometrlar o'rniga simobli manometr ishlatiladi.

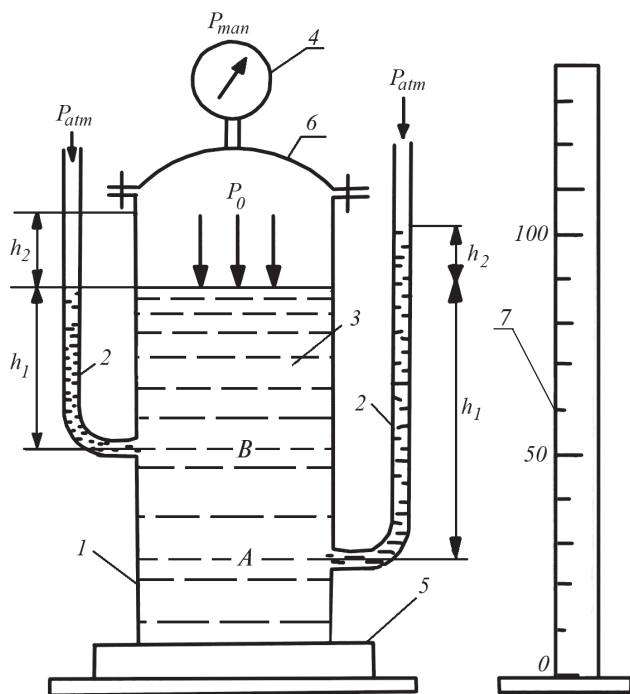
Quvur yoki idishdagi bosim atmosfera bosimidan kichik bo'lganida ($P < P_{atm}$), ularni o'lchashda simobli vakuummetrlar ishlatiladi. Idish yoki quvurlardagi bosimlar bir-biridan farqli bo'lsa, ularni farqini o'lchashda simobli differensial monometrlar ishlatiladi.

Laboratoriya ishinin qurilmasi

Suyuqlik bosimini pyezometrik usulda o'lchash mo'ljallangan qurilma bo'lib, u quyidagi qismlardan tashkil topgan (2-rasm): yog'och poydevor (5) ustiga hajmi 5—10 litr

bo'lgan shisha ballon (1) o'rnatilgan. Shu ballon yonlaridan shisha naycha (2) ulanadi, ballonning ustki qismida qopqog' (6) qo'ndirilgan bo'lib, unga manometr (4) mahkamlangan.

Qurilmaning qopqog'i gips yopiladi. Laboratoriya ishini bajarishdan avval ballonga o'rganiladigan suyuqlik (3) quyiladi va uning harorati o'lchanadi.



2-rasm. Suyuqlik bosimini pyezometr bilan o'lchash qurilmasining kesimi:

P_{man} —mexanik manometr; P_{atm} —atmosfera bosimi; P_0 —berk idish ichidagi suyuqlik ustuni sirtidagi bosim; A va B—pyezometr ulangan suyuqlik ustunlarining nuqtalari; h_1 —suyuqlik ustuniga ulangan pyezometrda suyuqlik balandliklari; h_2 —idishdagi suyuqlik ustuni bilan pyezometrda suyuqlik balandliklari farqi; 1—suyuqlik ustuni; 2—pyezometr; 3—suyuqlik; 4—mexanik manometr; 5—taglik supacha; 6—berk idish qopqog'i; 7—shkala (chigich).

ILOVALAR

1-ilova

XALQARO SI SISTEMASINING ASOSIY VA HOSILAVIY BIRLIKLARI

Kattalikning nomi	Belgisi	O'lchov birligining nomi	O'lchov birligining belgisi	Hosilaviy birlikning o'lchamlari
1	2	3	4	5
Uzunlik	ℓ	metr	m	—
Massa	m	kilogramm	kg	—
Vaqt	t	sekund	s	—
Termodinamik harorat	T	Kalvin	K	—
Elektr tokining kuchi	J	Amper	A	—
Yorug'lik kuchi	J	Sham (kandela)	kd	—
Modda miqdori	ν	Mol	mol	—
Yassi burchak	$^{\circ}$	Radian	rad	—
Fazoviy burchak	—	steradian	ster.	—
Zichlik	ρ	metr kubga kilogramm	kg. m ⁻³	1 kg. 1 m ⁻³
Tezlik	v	sekundiga metr	m. s ⁻¹	1 m. 1 s ⁻¹
Tezlanish	a	kvadrat sekundiga metr	m. s ⁻²	1 m. 1 s ⁻²
Burchak tezligi	ω	sekundiga radian	rad.s ⁻¹	1 rad. 1 s ⁻¹
Kuch, F (og'irlik P)	F	Nyuton	N	1 kg 1 m 1 s ⁻²
Chastota	n	Gers	Gs	1 s ⁻¹

1	2	3	4	5
Yuza	S	kvadrat metr	m^2	$1 m^2$
Hajm	V	kub metr	m^3	$1 m^3$
Bosim (mexanikaviy kuchlanish)	P	Paskal	Pa	$1 N \cdot 1 m^{-2}$
Ish (energiya, issiqlik miqdori)	$A = W = Q$	Joul	J	$1 H. \cdot 1 m$
Quvvat	W	Vatt	W	$1 J. \cdot 1 s$
Inersiya momenti	I	kilogramm metr kvadrat	$kg \cdot m^2$	$1 kg \cdot 1 m^2$
Elektr zaryadi	$Q = q$	Kulon	C	$1 A. \cdot 1 s$
Potensiallar ayirmasi, kuchlanish, elektr yurituvchi kuch	$\Delta\phi, u, \varepsilon$	Volt	V	$1 A. \cdot 1 Om$
Elektr qarshiligi	R	Om	Om	$1 V/1 A$
Elektr sig'imi	C	Farada	F	$1 C/1 V$
Elektr zaryadining chiziqli zichligi	τ	metrga kulon	C.m.	$1 C. \cdot 1 m$
Elektr zaryadining sirt zichligi	σ	kvadrat metrga kulon	$C \cdot m^{-2}$	$1 C. \cdot 1 m^{-2}$
Elektr zaryadining hajmiy zichligi	δ	kub metrga kulon	$C \cdot m^{-3}$	$1 C. \cdot 1 m^{-3}$
Elektr maydonning kuchlanganligi	E	metrga volt	$V \cdot m^{-1}$	$\frac{1 V}{1 m^{-1}}$
Solishtirma elektr qarshiligi	ρ	metrga Om	Om.m	$1 Om. \cdot 1 m$
Tok zichligi	j	kvadrat metrga amper	$A \cdot m^{-2}$	$1 A. \cdot 1 m^{-2}$

**O'ZGARMAS ASOSIY FIZIKAVIY
KATTALIKLAR**

Nomi	Belgisi	Qiymati
Erkin tushishning normal tezlanishi	g	$9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
Gravitatsiya doimiysi	γ	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
Avogadro doimiysi	N_A	$6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Universal gaz doimiysi	R	$8,31 \text{ joule mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Ideal gazning molyar hajmi (normal sharoitda)	V_μ	$22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$
Bolsman doimiysi	k	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$
Elementar zaryad	e	$1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Stefan-Bolsman doimiysi	σ	$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$
Vodorod atomini ionlashtirish energiyasi	—	$2,18 \cdot 10^{-18} \text{ J} / (13,6 \text{ eV})$
Elektr doimiysi	E_0	$8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$

AYRIM ASTRONOMIK KATTALIKLAR

Nomi, belgisi	Qiymati	Nomi	Qiymati
Yer radiusi, R	$6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$	Yer markazidan Quyosh markazigacha bo'lgan masofa	$1,49 \cdot 10^{11} \text{ m}$
Yer massasi, M_0	$5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$		
Quyosh radiusi	$6,95 \cdot 10^8 \text{ m}$		
Quyosh massasi	$1,98 \cdot 10^{30} \text{ kg}$	Yer markazidan Oy markazigacha bo'lgan masofa	$3,84 \cdot 10^8 \text{ m}$
Oy radiusi	$1,74 \cdot 10^6 \text{ m}$		
Oy massasi	$7,33 \cdot 10^{22} \text{ kg}$		

AYRIM SUYUQLIKLARNING ZICHLIGI

Nomi	Zichligi, kg.m ⁻³	Nomi	Zichligi, kg.m ⁻³
Suv (4°C)	1,00·10 ³	Vodorod sulfidi	1,26·10 ³
Glitserin	1,26·10 ³	Spirt	0,80·10 ³
Simob	13,6·10 ³	—	—

**AYRIM GAZLARNING ZICHLIGI
(Normal sharoitda)**

Nomi	Zichligi, kg.m ⁻³	Nomi	Zichligi, kg.m ⁻³
Vodorod	0,09	Galiy	0,18
Havo	1,29	Kislorod	1,43

**AYRIM SUYUQLIKLARNING SIRT TARANGLIK
KOEFFITSIYENTI**

Nomi	Koeffitsiyent, N.m ⁻¹	Nomi	Koeffitsiyent, N.m ⁻¹
Suv	72·10 ⁻³	Simob	500·10 ⁻³
Sovunli suv	40·10 ⁻³	Spirt	22·10 ⁻³

**AYRIM GAZ MOLEKULALARINING
EFFEKTIV DIAMETRI**

Nomi	d,m · 10 ⁻¹⁰	Nomi	d,m · 10 ⁻¹⁰
Azot	3,0	Geliy	1,9
Vodorod	2,3	Kislorod	2,7












AYRIM GAZLARDA IONLARNING HARAKATCHANLIGI



















W, m². V⁻¹. S⁻¹.

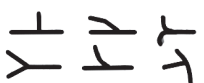


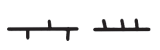



Gaz	Musbat ion, 10 ⁻⁴	Manfiy ion, 10 ⁻⁴
Azot	1,27	1,81
Havo	1,4	1,9
Vodorod	5,4	7,9

2-ilova




DAVLAT STANDARTI (DS) 2.784–70 BO‘YICHA QUVUR (aloqa) LINIYALARINING GRAFIKA (chizma)DA SHARTLI BELGILANISHI va ULARNING ELEMENTLARI















T/r	Nomi	Shartli belgisi
1	2	3
1.	Quvur (aloqa) liniyasi: a) so‘ruvchi, chiqaruvchi va bosimli	
	b) boshqaruvchi	
	d) drenaj	
2.	Ulanadigan aloqa liniyasi	
3.	Ulanmay kesib o‘tuvchi quvur (aloqa) liniyasi	
4.	Egiluvchan quvur (shlang)	
5.	Suyuqlikni bosim ostida uzatuvchi nay (manba ko‘rsatilmagan)	
6.	Sistemadan suyuqlikni chiqarish	
7.	Gaz (havo)ni bosim ostida uzatuvchi nay (manba ko‘rsatilmagan)	
8.	Havo (gaz)ni atmosferaga chiqarish	
9.	Gidrotarmoqdan havoni chiqarish	

1	2	3
10.	Vertikal quvur tirsagi	
11.	G'iloqli (ichkima-ichki) quvur	
12.	Salnikli quvur	
13.	Bo'linma quvur elementlari:	
	a) umumiy belgisi	
	b) flanesli	
	d) rezbali-shtutserli	
	e) rezbali-muftali	
	f) elastik muftali	
	g) bir liniyalı sharnirli	
	h) uch liniyalı sharnirli	
14.	Oxiri razyom (uzib-ulovchi) orqali ulanadigan quvur :	
	a) umumiy belgisi	
	b) flanesli	
	d) rezbali-shtutserli	
	e) rezbali muftali	
	f) elastik muftali	
15.	Oxiri tiqin (probka)li quvur :	
	a) umumiy belgisi	
	b) flanesli	
	d) rezbali	







1	2	3
16.	Quvur ulanishlarining turlari: a) turlicha uchlangan (troynik) truba	
	b) turlicha to'rt yo'nalishli (krestovina) shakldagi nay	
	d) tirsakli, turli burchak ostida tarmoqlangan	
	e) tarmoqlantirgich, kollektor, tarmoq	
17.	Gidrozatvorlar (turli xil sifonlar)	
18.	O'tish, o'tkazish, katta nay o'tkazish: a) umumiy belgisi	
	b) flanesli	
	d) shtutserli	

DAVLAT STANDARTI (DS) 3925–59 BO‘YICHA BOSIMNI, MODDA SARFINI, TARKIBINI va sh.k. O‘LCHAB, ULARNI ELEKTR, MEXANIK, TOVUSH va sh.k. SIGNALGA AYLAN TIRUVCHI BIRLAMCHI O‘LCHOV ASBOBLARINING CHIZMADAGI SHARTLI BELGISI





T/r	Nomi	Shartli belgisi
1	2	3
1.	Bosimni, suyuqlik sathining balandligini, suyuqlik va gaz tarkibini saralovchi moslama	
2.	Uchlik tomoniga kichrayuvchi-modda sarfi bosimning tushishidan aniqlovchi (diafragma, soplo, Benturi, Dola naychalari va sh.k.) moslama	
3.	Pnevmetrik quvur	

1	2	3
4.	Qabul qiluvchi moslama turlari: a) oqim o'lchovchi b) ultratovushli d) elektromagnitli e) ultraqisqa to'lqinli f) qalqovchi (poplavok) g) radioaktivli h) sig'imli	      
5.	Namligni o'lchovchi moslama (vlagomer)	
6.	Moddanning fizikaviy va kimyoviy tarkibini hamda sifatini (pH miqdorini, qovushqoqligini, changlanganligini, konsentratsiyasini va sh.k.) o'lchovchi moslama	
7.	Aylanishlar sonini o'lchovchi moslama (taxometr)	
8.	Dinamometrik (tenzometr, pyezometr va sh.k.) moslama	
9.	Fotometrik (sath balandligini o'lchovchi va sh.k.) moslama	
10.	Suyuqlik va gaz hisoblagich	
11.	Suyuqlik va gazning o'zgarmas sarfini o'lchovchi (raskodommer) moslama	






**DAVLAT STANDARTI (DS) 3925–59 BO‘YICHA BAJARUVCHI
MEXANIZMLARNING CHIZMA (grafika)DAGI SHARTLI
BELGISI**

T/r	Nomi	Shartli belgisi
1.	Bajaruvchi mexanizm turlari: a) porshenli	
	b) membranali	
	d) elektromagnitli (solenoidli)	
	e) elektr dvigatelli: • o‘zgaruvchan tokli	
	• o‘zgarmas tokli	
2.	Mexanikaviy uzatma (qo‘l kuchi orqali)	



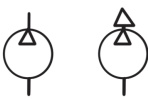
**DAVLAT STANDARTI (DS) 3925–59 BO‘YICHA BAJARUVCHI
MEXANIZMLARNING CHIZMADAGI SHARTLI
BELGISI**






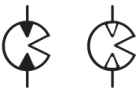
T/r	Uzatma turlarining nomi	Shartli belgisi
1.	Elektrik	
2.	Gidravlik	
3.	Pnevmatik	
4.	Mexanikaviy	

**ROSTLANADIGAN ORGANLARNING VA YORDAMCHI
MEXANIZMLARNING CHIZMADAGI SHARTLI BELGISI**


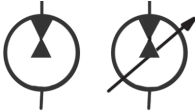
T/r	Nomi	Shartli belgisi	Delta standarti
1.	Rostlanadigan zaslonka (to'siq)		3925-59
2.	Rostlanadigan shiber		3925-59
3.	Rostlanadigan to'g'ri va burchak ostida o'tkazuvchi klapanlar (ventillar, zadvijskalar)		3925-59 va 2. 785-70
4.	Rostlanadigan uch tomonga o'tkazuvchi klapan (ventil)		3925-59 va 2. 785-70
5.	To'kadigan voronka		2-786-70

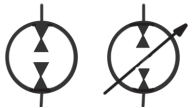




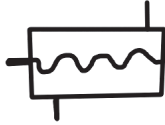
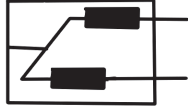
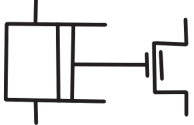
**DAVLAT STANDARTI (DS) 2.872-68 BO'YICHA GIDRAVLIK VA
PNEVMATIK DVIGATELLARNING CHIZMADAGI
SHARTLI BELGISI**


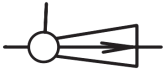
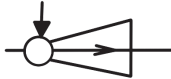



T/r	Nomi	Shartli belgisi
1.	Unumdorligi o'zgartirilmaydigan va o'zgartiriladigan nasoslar: a) oqim yo'nalishi o'zgarmaydigan	
	b) oqim yo'nalishi o'zgaradigan (reversiv)	
2.	Kompressor va vakuum-nasos	

3.	Gidro- va pnevmomotor. Umumiy belgisi	
4.	Rostlanmaydigan gidro- va pnevmomotorlar: a) oqim yo'nalishi o'zgartirilmaydigan	
	b) oqim yo'nalishi o'zgartiriladigan (reversiv)	
5.	Rostlanadigan gidro-va pnevmomotorlar: a) oqim yo'nalishi o'zgartirilmaydigan	
	b) oqim yo'nalishi o'zgartiriladigan (reversiv)	
6.	To'liq aylana olmaydigan gidro- va pnevmomotorlar (gidravlik va pnevmatik kvadrat)	

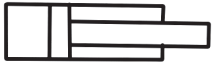

DAVLAT STANDARTI (DS) 2.872–68 BO‘YICHA NASOSLAR VA VENTILATORLARNING CHIZMADAGI SHARTLI BELGISI

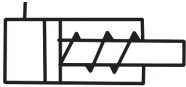
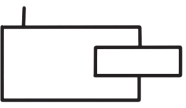

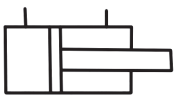
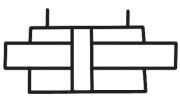
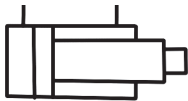
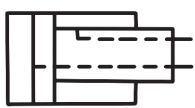

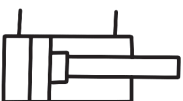
T/r	Nomi	Shartli belgisi
1.	Rostlanmaydigan va rostlanadigan gidronasos — gidromotor (yo nasos, yo motor bo‘lib ishlaydi): a) oqimi faqat birgina yo‘nalishdagi	
	b) oqimi turlicha yo‘nalishdagi	

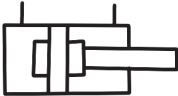
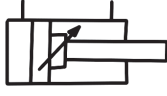


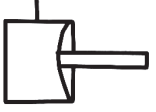
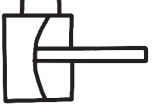

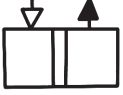

1	2	3
	d) oqimi istalgan yo'nalishdagi	
2.	Qo'l nasosi	
3.	Tishli nasos	
4.	Plastinkali nasos	
5.	Radial — porshenli nasos	
6.	Parmali nasos	
7.	Aksial — porshenli nasos	
8.	Krivoship — porshenli nasos	



1	2	3
9.	Markazdan qochma parrakli nasos	
10.	Purkovchi nasoslar (ejektor, injektor, suv va bug' oqimli elevator): a) umumiy belgi	
	b) suv purkovchi nasos	
	d) bug' purkovchi nasos	
11.	Markazdan qochirma ventilator	
12.	O'q yo'nalishli ventilator	

**DAVLAT STANDARTI (DS) 2.872–68 BO'YICHA GIDROSILINDR va
GIDROKUCHAYTIRGICHLARNING CHIZMADAGI SHARTLI
BELGISI**

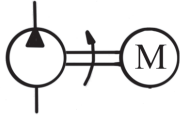

T/r	Nomi	Shartli belgisi
1	2	3
1.	Silindr. Umumiy belgisi	
2.	Bir tomonidan ta'sir uzatuvchi silindr: a) shtokni qaytarish usuli ko'rsatilmagan holatda	

1	2	3
	b) shtokni prujina bilan qaytariladigan holatida	
	d) plunjerli	
	e) teleskopik	
3.	Ikki tomonidan ta'sir uzatuvchi silindr: a) bir tomonlama shtoki bilan	
	b) ikki tomonli shtoki bilan	
4.	Differensial silindr	
5.	Ishchi modda shtok ichidan yuboriladigan ikki tomonidan ta'sir uzatuvchi silindr: a) bir tomonli shtoki bilan	
	b) ikki tomonli shtoki bilan	
6.	Porshenning erkin yo'li oxirida tormozlanishi o'zgarmas (bir xil) bo'lgan silindr: a) tormozlovchi faqat bir tomondan	

1	2	3
	b) tormozlovchi har ikkala tomonida	
7.	Porshenning erkin yo‘li oxiridagi tormozlanishi rostlanadigan silindr: a) faqat bir tomonidan	
	b) har ikkala tomonidan	
8.	Har ikkala tomonidan ta’sir uzatuvchi ikki kamerali silindr	
9.	Membranali kamera: a) faqat bir tomonidan ta’sir uzatuvchi	
	b) har ikkala tomonidan ta’sir uzatuvchi	
10.	Bosimni o‘zgartiruvchi (multiplikator yoki demultiplikator) silindr	
11.	Ikki ishchi muhitini ajratgich (masalan, havo, suv, moy, sh.k.)	
12.	Ikki mexanikaviy qulfli silindr	

1	2	3
13.	Gidrokuchaytirgich (buster): a) bir kamerali	
	b) ikki kamerali	

**NASOSLAR UZATMASINING VA BOSHQARISH TURLARINING
CHIZMADA SHARTLI BELGILANISHIGA OID MISOL.
DAVLAT STANDARTI (DS) 2.781-68**

T/r	Nomi	Shartli belgisi
1.	Unumdorligi o'zgarmas bo'lgan, elektr dvigateli harakatlantiradigan nasos	
2.	Unumdorligi o'zgaruvchan, elektr dvigatelidan harakat oladigan va chiqish kanalidagi bosim kattaligi orqali boshqariladigan nasos	

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kadrlar tayyorlash milliy dasturi. T., «Sharq», 1997.
2. «Ta'lim to'g'risida»gi Qonun. T., «Sharq», 1997.
3. С. И. Алаи, Р. А. Ежеская, Е.И. Антоненко. Практикум по машиноведению. (Под общ. ред. Р.А. Ежеской.) М., «Просвещение», 1985.
4. Н. Н. Аршиневский, Ф.Ф. Губин, М.Ф. Губин и др. Гидро-электрические станции. (Под ред. Ф.Ф. Губина и Г.И. Кривченко.) М., «Энергия», 1980.
5. Т. М. Башта, С. С Руднев, Б.Б. Некрасов и др. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. М., «Машиностроение», 1982.
6. Ф. М. Долгачев, В. С. Лейко. Основы гидравлики и гидропривод. М., «Стройиздат», 1981.
7. В. В. Жабо, В. В. Уваров. Гидравлика и насосы. М., «Энергоатомиздат», 1984.
8. Г. И. Кравченко. Гидравлические машины. М., «Энергоатомиздат», 1983.
9. А. А. Мажевитинов, Г. В. Симаков, А.В. Михайлов и др. Введение в гидротехнику. (Под ред. А.Л. Можевитинова.) М., «Энергоатомиздат», 1984.
10. O'zbekiston Milliy ensiklopediyasi. 1—12-jildlar. T., «O'zbekiston milliy ensiklopediyasi» Davlat ilmiy nashriyoti, 2001—2007.
11. Н. И. Пашков, Ф. М. Долгачев. Гидравлика. Основы гидро-логии. М., «Энергоатомиздат», 1985.
12. Р. Р. Чугаев. Гидравлика. Л., «Энергоиздат», 1982.
13. К. Sh. Latshyuv. Gidravlika, gidromashinalar va gidroyuritmalar. T., «O'qituvchi», 1992.
14. В. Е. Егорушкин, Б.И. Цеплович. Основы гидравлики и теплотехники. М., «Машиностроение», 1981.
15. В. Ф. Дробные. Гидравлика и гидравлические машины. М., «Просвещение», 1987.
16. А. Umarov. Gidravlika. T., «O'zbekiston», 2001.
17. А. В. Чернов, Н.Н. Бессребренников, В. С. Сидецкий. Основы гидравлики и теплотехники. Изд. 2-е, перераб. М., «Энергия», 1975.

MUNDARIJA

Muqaddima.....	3
Kirish	5
1. «Gidravlika» fanining maqsad va vazifalari	5
1.1. Gidravlika taraqqiyotining tarixi	6
1.2. Suyuqlik turlari	10
1.3. Suyuqliklarning fizik xossalari	11
1.3.1. Suyuqlik kengayishining haroratga bog‘liqligi	11
1.3.2. Siqiluvchanlik va elastiklik	12
1.3.3. Bug‘lanuvchanlik va kavitatsiya	14
1.3.4. Qovushqoqlik	15

I bo‘lim. GIDROSTATIKA ASOSLARI

<i>1-bob. Gidrostatik bosim</i>	<i>22</i>
1.1. Suyuqlikka ta’sir etuvchi kuchlar	22
1.2. Gidrostatik bosim va uning xossalari	23
1.3. Gidrostatikaning asosiy tenglamasi	27
1.4. Absolut va manometrik bosim. Vakuum	29
<i>2-bob. Suyuqlik bosimining yuzaga ta’sir kuchi</i>	<i>34</i>
2.1. Tekis sirtga ta’sir qiluvchi bosim kuchi	34
2.2. Qiya devorga suyuqlik uzatgan gidrostatik bosim	35
2.3. Silindrik devorga suyuqlik bosimining ta’siri	38
2.4. Quvur devorlariga suyuqlik uzatgan bosim kuchi	40
<i>3-bob. Jismlarning suzishi</i>	<i>42</i>
3.1. Suyuqliklarda jismlarning suzishi. Arximed qonuni	42
3.2. Jismlarning suyuqlikda suzish shartlari	43
3.3. Gidrostatika qonunlarining texnikadagi tatbiqi	45

II bo‘lim. GIDRODINAMIKA ASOSLARI

<i>4-bob. Suyuqlik harakatining turlari</i>	<i>49</i>
4.1. Gidrodinamika. Asosiy tushuncha va ta’riflar	49
4.2. Suyuqlik sarfi. Suyuqlik oqimining o‘rtacha tezligi va uzluksizlik tenglamasi	52

4.3. Ideal suyuqlikning elementar naychasi uchun Bernulli tenglamasi	54
4.4. Suyuqlikning elementar nayi va real suyuqlik oqimi uchun Bernulli tenglamasi	58
5-bob. Suyuqlik harakatining tartibi	62
5.1. Suyuqlikning harakat turlari	62
5.2. Gidravlik qarshilik	66
6-bob. Suyuqlikning teshik va kalta quvurlardan oqib chiqishi	74
6.1. Suyuqlik oqib chiqishining turlari	74
6.2. Suyuqlikning yupqa devordagi kichik teshikdan oqib chiqishi	77
6.3. Tashqi silindrik oʻrnatma kalta uchli quvurdan suyuqlikning oqib chiqishi	81
6.4. Turli geometrik shakldagi kalta quvurlardan suyuqlikning oqib chiqishi	86
6.5. Teshik va kalta quvurlarning suyuqlikni uzatishda texnikadagi tatbiqi	89
7-bob. Damli quvurlarda suyuqlik harakati	94
7.1. Quvurlarning vazifasi va tavsiflanishi	94
7.2. Quvurlar hisobi va ularni loyihalash	96
7.3. Sodda quvurlarning gidravlik hisobi	99
7.4. Oʻzgaruvchan diametrli sodda quvur hisobi	103
7.5. Murakkab quvurning gidravlik hisobi haqida umumiy tushunchalar	105
7.6. Sifonli quvur haqida tushuncha	107
7.7. Bosimli quvurdagi gidravlik zarb	108
7.8. Gidravlik zarbning amaliyotdagi tatbiqi	111

III boʻlim. GIDROINSHOOTLARDA SUV HARAKATI

8-bob. Suvning ochiq kanal va oʻzarlardagi bosimsiz tekis harakati	114
8.1. Asosiy tushuncha va taʼriflar	114
8.2. Tekis oqimli daryo va kanallar koʻndalang kesimining gidravlik elementlari	114
8.3. Koʻndalang kesimi berk kanallar hisobi	118
8.4. Tabiiy oʻzandagi suvning tekis harakati	120

9-bob. Suvning ochiq kanal va tabiiy o‘zanlardagi bosimsiz notekis harakati	122
9.1. Ochiq o‘zanlarda suvning notekis harakati haqida tushunchalar	122
9.2. Oqimning solishtirma energiyasi, kritik va normal chuqurligi hamda nishabligi	125
9.3. Tinch, tezoqar va kritik oqimli o‘zanlarda suv harakati	130
9.4. Prizmasimon kanallar o‘zanida suvning dimlanish va pasayish hodisalari	131
10-bob. Suvto‘kkichlardan suvning oqib chiqishi	136
10.1. Asosiy tushunchalar va suvto‘kkich tasnifi	136
10.2. Suvto‘kkich uchun suv sarfini hisoblash	140
10.3. To‘g‘ri to‘rtburchak devorli qulay shakldagi suvto‘kkichlar	142
11-bob. Gidravlik sapchish va gidrotexnik inshootlar byeflarining tutashishi	147
11.1. Gidravlik sapchishning tushuncha va ta’riflari. Prizmasimon o‘zanlarda tutash chuqurliklar	147
11.2. Gidravlik sapchish uzunligini aniqlash	150
11.3. Gidrotexnik inshootlar. Gidrotexnik inshootlar byeflari va ularni aniqlash	151
11.4. Surilma quduqlar va devorlar	156
11.5. Surilma quduq chuqurligi va devor balandligini hisoblashning grafik usuli	160
11.6. Sharshara va tezoqarlarning gidravlik hisobi	165
12-bob. Yerosti suvlari	170
12.1. Yerosti suvlari va ularning harakati to‘g‘risida tushunchalar	170
12.2. Yerosti suvining tekis harakati	174
Laboratoriya ishi	176
Ilovalar	180
Foydalanilgan adabiyotlar	196

N94 **JAMOA. GIDRAVLIKA.** Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma. (2-nashri). — T.: «ILM ZIYO», 2013. —200 b.

UO'K: 556.536 (075)

KBK 30.123ya722

ISBN 978-9943-16-144-3

J. NURMATOV, S. UBAYDULLAYEV, R. RUSTAMOV,
B. O'ROZOV, M. YUSUPOV

GIDRAVLIKA

*Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari
uchun o'quv qo'llanma*

2-nashri

Toshkent — «ILM ZIYO» — 2013

Muharrir *I. Usmonov*

Badiiy muharrir *Sh. Odilov*

Texnik muharrir *F. Samadov*

Musahhih *M. Ibrohimova*

Noshirlik litsenziyasi AI № 166, 23.12.2009-y.

2013-yil 16-sentabrda chop etishga ruxsat berildi. Bichimi 60x90^{1/16},
«Tayms» harfida terilib, ofset usulida chop etildi. Bosma tabog'i 12,5.
Nashr tabog'i 11,0. 655 nusxa. Buyurtma №51

Nash.lits. № AI 177, 08.12.2010. «Сано-стандарт» nashriyoti.
Toshkent shahri, Yunusobod-9, 13/54. Telefon/факс: (371) 228-67-73.

Original-maketi «ILM ZIYO» nashriyot uyida tayyorlandi.
Toshkent, Navoiy ko'chasi, 30-uy. Shartnoma № 35—2013.

«Sano-standart» MCHJ bosmaxonasida bosildi. Toshkent shahri,
Shiroq ko'chasi, 100. Telefon: (371) 228-07-94, факс: (371) 228-67-73.