

XVIII BOB

QUYQANING HARAKATI

18. 1. Umumiy tushunchalar

Xozirgi davrda daryo va kanallarning tublarini nanoslardan iborat choʻkindilardan tozalashda gidromexanizatsiyadan keng qoʻllanilmoqda. Bundan tashqari, Gidromexanizatsiya togʻ jinslarini qayta ishlashda, koʻmir sanoatida qoʻllanilishi bilan birga gidrotexnik inshootlar qurilishda keng qoʻllaniladi.

Toʻgʻonlar qurilishida toʻgʻon jismini grunt massasini yaratishda yoki yuqorida taʼkidlaganimizdek, sugʻorish kanallarini nanos zarrachalaridan iborat choʻkindi qatlamlaridan tozalashda keng qoʻllaniladi.

Gidromexanizatsiyada grunt lotok orqali transportirovka kilinishi mumkin. Bu *naporsiz gidrotransport* deyiladi. Agar quvurlar orqali transportirovka kilinsa, *naporli gidrotransport* deb yuritiladi.

Suv oqimi tarkibida nihoyatda koʻpmiqdorda nanos zarrachalari boʻlsa, bunday oqim *quyqa* deb yuritiladi. Umuman quyqaoʻz tarkibidagi suv ogʻirligiga nisbatan nanos zarrachalari ogʻirligining % miqdori bilan xarakterlanadi. Bu qattiqmassaning birlik xajmdagi suyuqlikdagi miqdori quyqa konsistensiyasi deb ataladi. Quyqa konsistensiyasi oqimning nanoslar miqdoriga oʻxshash miqdoridir. Quyqa konsistensiyasining quyqa tarkibidagi nanos zarrachalarini birlik xajmdagi suyuqlik miqdoriga nisbatan % miqdori xarakterlaydi. Bu miqdor nanos zarrachalarining geometrik va gidravlik kattaliklari bilan xarakterlanadi. Uning tarkibidagi nanos zarrachalari miqdori va turli jinslilik darajasi transportirovka qilish uchun ishlov beriladigan grungga qarab aniqlanadi.

Yuqoridagi mavzularda oʻrganilganidek, quyqa tarkibidagi nanos zarrachalari, nanos zarrachalari kabi muallaqlashgan holda yoki qisman tub

bo‘ylab goh tubga urilib, goh o‘zan tubidan uzilib, ma’lum bir masofaga ko‘tarilib, ayrim hollarda tub bo‘ylab harakatlanishi mumkin.

Quyqadagi qattiq massa harakati shakli materik kattaligiga, quyqaharakat tezligiga va konsistensiyasiga bog‘liq.

Tajribalar natijasi bir o‘zanda aniq bir tarkibli quyqaharakati shaklining o‘zgarishi uning tezligi o‘zgarishiga bog‘liqligini ko‘rsatgan. Quyqa tarkibidagi nanoslarning muallaqlashishi boshlanishiga mos keluvchi tezligi *muallaqlashtiruvchi tezlik* deb ataladi.

Muallaqlashtiruvchi tezlik kattaligi zarracha kattaligiga, quyqaqattiq materialining solishtirma og‘irligiga, uning konsistensiyasiga va quyqaharakatlanayotgan sistema (pulpovod)ning gidravlik elementlariga bog‘liq muallaqlashtiruvchi tezlikning eng kichik qiymati deb, oqimo‘rtacha tezligining quyqa tarkibidagi nanos zarrachalarining cho‘ka boshlashdan oldingi holatdagi miqdoriga aytiladi – bu taxminan nanos bosmas tezlikka mos keladi. Bu kattalik eksperimental tadqiqotlardan olingan ma’lumotlarni o‘rganish natijasida aniqlanadi. Albatta, quyqaning pulpovoddagi harakati shakli muhim ahamiyatga ega.

Quyqaning o‘rtacha tezligi muallaqlashtiruvchi tezlikdan kichik bo‘lishi, pulpovodda nanos zarrachalarining cho‘kishiga olib kelib, bu o‘z navbatida pulpovodning o‘tkazuvchanligini kamayishi yoki ochiq pulpovodlarning qo‘shilib qolishiga olib keladi.

Nanoszarrachalarining o‘zan tubiga cho‘kishi dastlab ko‘ndalang gryadlarni paydo kilsa, keyin qum to‘lqinlarini shakllantiradi, bu esa pulpovod tubi devorining o‘zgarishiga olib keladi.

Quyqaning tub bo‘ylab harakatidagi energiyaning sarf etilishi, uning muallaq holatdagi harakatidagiga nisbatan ancha yuqoridir.

Bunday vaziyatda oqimnanos zarrachalarini muallaqholatda transportirovka qilganda qanchamiqdorda qo‘shimcha miqdorda energiya sarflashi mumkin, degan savolga javob topish muhim masala hisoblanadi.

N. I. Levi fikriga asosan, oqimqo‘shimcha energiya sarflamaydi, ya’ni quyqa tarkibidagi muallaqnanoszarrachalari napor yo‘qolishiga ta’sir ko‘rsatmaydi, degan xulosa kilingan.

M. A. Velikanov esa qarama-qarshi fikr bildirgan. Suyuqlik oqimi zichligi suyuqlik zichligidan yuqoribo‘lgan nanos zarrachalarini o‘z tarkibida muallaqholatda ushlab turishi uchun qo‘shimcha energiya sarflaydi, degan xulosaga kelgan. Bu qo‘shimcha sarflangan energiya yoki bajarilgan ish qarshilik kuchlariga qo‘shiladi. Muallaq zarrachalaridan to‘yingan oqimning tekis harakatida og‘irlik kuchi qiymat jixatdan qarshilik va qo‘shimcha kuchlar yig‘indisiga teng bo‘ladi va shuning uchun bunday oqimning bir xil chuqurlik va tub nishablikdan o‘rtacha tezligi toza suv oqimi tezligidan kichik bo‘ladi.

V. S. Knoroz tajribalari natijalari naporsiz va naporli muallaqnanoslar bilan to‘yingan quyqalar harakatida, harakatga to‘sqinlik qiluvchi kuchlarni engishgacha quyqa energiyasining kamayishi quyqa konsistensiyasiga bog‘liqbo‘lmay, xuddi shu sharoitdagi toza suvning harakatidagi napor yo‘qolishlariga teng bo‘lishini ko‘rsatgan.

Demak, agar quyqa tarkibidagi nanos zarrachalari muallaqholatda harakatlansa, oqimo‘zani ma’lum masofaga tashiyotganida qo‘shimcha energiya sarflamaydi. Demak, pulpovodlarning gidravlik hisobida quvurlar sistemasining gidravlik hisobini bajarishda ko‘llaniladigan formulalar o‘rinli deb hisoblash mumkin.

Shu sababli, quyqa oqimining muallaqlashtiruvchi tezligini eng kichik qiymati kritik tezlik deb atash qabul kilingan. Agar pulpovoddagi oqimning tezligi kritik tezlikdan kichik bo‘lsa, pulpovodni nanos bosib, qarshilik oshadi va bu qarshilikni engishga sarf bo‘ladigan napor yo‘qolishi ham oshadi.

Bunday pulpovodlarning gidravlik hisobini bajarishda toza suv oqimlari uchun ko‘llaniladigan gidravlik formulalarni qo‘llash mumkin emas.

Lekin V. S. Knoroz va boshka tadqiqotchilarning tajribalari gidrotexnika amaliyoti uchun muhim ahamiyatga egaligini e’tirof etgan holda oqim tarkibida

muallaqholatda harakatlanayotgan nanos zarrachalarining borligi oqim energiyasining yo'qolishiga ta'sir ko'rsatmaydi deb asoslash mumkin emasligini e'tirof etish zarur.

Oqim tarkibida u bilan birga harakatlanayotgan qattiq jism zarrachalari oqimning kinematik strukturasi ta'sir etadi.

V. S. Knoroz tajribalari quyqaning kritik tezlikka teng bo'lgan o'rtacha tezlikdagi harakatida oqimning pastki qismidagi to'yinganlik darajasi ustki qismidagidan ancha yuqoribo'lishini ko'rsatgan. Nanos zarrachalarining bunday taqsimlanishi quyqaning o'rtacha tezligining chuqurlik bo'ylabtaqsimlanishi epyurasiga ta'sir ko'rsatadi. Toz suv oqimi epyurasiga nisbatanquyqa tezligi epyurasining ustki qismi pastga nisbatan oldinga cho'zilgan bo'lib, nosimmetrik shaklda bo'ladi. Oqimning turbulent tartibdagi harakatida napor yo'qolishi turbulent aralashishga bog'liqligi bizga ma'lum. Turbulent aralashishning jadalligiga albatta, quyqa tarkibidagi muallaqholatdagi nanoslar ta'sir ko'rsatadi. Bu o'z navbatida oqim naporining yo'qolishiga ta'sir ko'rsatmasligi mumkin emas.

Pulpovodda harakatlanayotgan quyqaga turbulentning bog'liqlik darajasi aniqo'rganilmagan. Quyqa konsistensiyasining kritik chuqurlikka bog'liqligi, nanoslarning turbulentlikka bog'liqligini ifodalovchi ko'rsatkich bo'lishi mumkin. Konsistensiya qancha yuqoribo'lsa, kritik chuqurlik shuncha katta bo'lishi mumkin.

Nanosni muallaq holatda ushlab turish uchun ma'lum bir darajadagi turbulentlik mavjud bo'lishi kerak.

Nanoslar bilan oqim to'yingan holatda turbulentlikni oshirish uchun albatta, bu zarrachaning ma'lum masofaga uzatilishida oqimo'zining qo'shimcha energiyasini sarflaydi.

Bu Velikanov gipotezasini to'g'riligini ko'rsatadi.

Agar turbulentlikning kamayishi hisobiga qarshilikning kamayishi energiyani ma'lum miqdorini saqlab kolsa va bu miqdor quyqa tarkibidagi

nanosni ma'lum masofaga uzatishdagi toza suvning qarshiligi etarli bo'lsa, unda quyqaga qo'shimcha energiya kerak emas. Albatta, energiyaning quyqa tarkibidagi nanoslarni ma'lum masofaga uzatishdagi sarflanadigan miqdori tabiati to'g'risidagi I. I. Agroskin mulohazalari gipoteza xarakteriga eg'adir.

Gipoteza xarakteridagi bu mulohazalardan asosli nazariy fikrlarga kelishimiz uchun suyuqlik oqimi bilan nanoszarachalar o'rtasidagi munosabatlarni chuqurroq o'rganishimiz kerak. Buning uchun asosiy etiborni dala tadqiqotlariga qaratish maqsadga muvofiqdir. Masalan, Amu Buxoro Mashina va Qarshi Magistral kanallarining mos ravishda boshlanish va kirish uchastkalarida olib borilayotgan gidromexanizatsiya ishlari bunga ancha real imkoniyat beradi. Mukammal o'tkazilgan tadqiqot ishlarigina nanoslar bilan to'yingan oqim harakatining nazariy asosini yaratishga asos beradi. Bu nazariy asoslardan gidravlik hisoblarni bajarishda ko'llaniladigan aniq echim beradigan amaliy ifodalarni olish mumkin.

Shu sababli, hozirgi davrda pulpovodning gidravlik hisobini bajarishda taqribiy xarakterdagi usullar haqida fikr yuritishimiz mumkin.

Bunda gidrotexnika amaliyotida qo'llaniladigan shunday uslublar haqida fikrlar yuritamiz.

18. 2. NAPORSIZ PULPOVODLARNING GIDRAVLIK HISOBI

Naporsiz pulpovodlarning gidravlik hisobini bajarishda quyqaning o'rtacha tezligi kritik chuqurlikdan katta yoki teng qiymatlarida toza suv oqimining ochiqo'zanlardagi harakatiga ta'luqli formulalardan foydalanish o'rinli ekanligini inobatga olib, buning uchun kritik chuqurlikni aniqlaymiz.

Tajriba ma'lumotlariga asosan naporsiz pulpovodlarda harakatlanayotgan quyqaoqimning kritik chuqurligi quyidagi formula asosida aniqlanishi mumkin:

$$\frac{v_{kp} - v_{\partial}}{W_{\dot{y}p}} = f\left(p, \frac{D_{\dot{y}p}}{R}\right) \quad (18.1)$$

bunda v_{∂} – nanosning qo‘zg‘alish tezligi; $W_{o‘r}$ – qattiq materialning o‘rtacha gidravlik kattaligi; $D_{o‘p}$ – qattiq material zarrachalarining o‘rtacha diametri; R – gidravlik radius; p – quyqa konsistensiyasi – qaralayotgan gidrokorishma tarkibidagi qattiq material massasining shu gidroaralashmadagi suv massasiga nisbati,

$$p\% = \frac{K}{C} \cdot 100 \quad (18.2)$$

K – qattiq massa, S – quyqa birlik xajmidagi suv massasi,

Bu ifodada berilgan nanosning muallaqlashtiruvchi tezligi uning o‘zan tubidan ko‘zg‘alish tezligiga nisbatan yuqori deb faraz kilib, keltirib chiqarilgan I. I. Levining yuvilish tezligi formulasiga tajriba ma’lumotlari asosida V. S. Knoroz o‘zgartirish kiritib, quyidagi formulani olgan:

$$v_{\partial} = 3,5\sqrt{gD} \lg \frac{R}{4D_{\dot{y}p}} \quad (18.3)$$

Unga asosan kritik tezlikni quyidagicha aniqlash mumkin:

$$v_{kp} = 3,5\sqrt{gD_{\dot{y}p}} \lg \frac{R}{4D_{\dot{y}p}} + W_{\dot{y}p} f\left(p_1 \frac{D_{\dot{y}p}}{R}\right) \quad (18.4)$$

Quyqa konsistensiyasining 72,8% ko‘rsatkichi bo‘lganda trapetsiya shaklli lotoklarda o‘tkazilgan tajribalar asosida kritik tezlikni quyidagi formula asosida aniqlash mumkinligini taklif etgan:

$$v_{kp} = 3 \left[\sqrt{gD_{\dot{y}p}} \lg \frac{R}{4D_{\dot{y}p}} + W_{\dot{y}p} p^{0,25} \left(\frac{R}{D_{\dot{y}p}}\right)^{0,4} \right] \quad (18.5)$$

Agar quyqato‘g‘ri turtburchak shaklidagi lotoklarda harakatlanayotgan bo‘lsa, bunday holatda uning kritik tezligi G. N. Roer formulasiga asosan aniqlanishi mumkin:

$$v_{kp} = 11,2 \frac{h_k^{0,473} [(\gamma_k - \gamma) W_{\dot{y}p}]^{0,326}}{(1 - 2\eta)^{0,147}} \frac{\gamma_{III}}{\Delta^{0,17}} \left(\frac{D_{\dot{y}p}}{D_{max}} \right)^{0,2} \quad (18.6)$$

bunda h_k – oqimning tezligi $v = v_{kr}$ bo‘lgan holat uchun lotokdagi oqim chuqurligi;

$\eta = h_k/b$; b – lotok kengligi, m;

$\left(\frac{D_{\dot{y}p}}{D_{max}} \right)^{0,2}$ – quyqani tashkil etuvchi qattiq massaning kattaligi bo‘yicha

bir bosqichni hisobga oluvchi tuzatish koeffitsienti;

D_{max} – grunt mexanik tarkibidagi fraksiyaning maksimal diametri, m;

Δ – g‘adir-budirlikning absolyut kattaligi, m;

γ_k – quyqaning xajmiy og‘irligi;

γ_{III} – quyqa tarkibida qattiq tarkibning xajmiy og‘irligi;

W – o‘rtacha muallaqlashgan zarracha diametriga asosan aniqlanadigan o‘rtacha gidravlik kattalik, m/s;

1) agar o‘rtacha muallaqlashgan zarracha diametri $D_{\dot{y}p} < 1,5\text{mm}$ bo‘lsa, Roer formuladagi $W_{\dot{y}p}$ kattalik 18. 1-jadvaldan aniqlanadi;

2) agar $D_{\dot{y}p} > 1,5\text{mm}$ bo‘lsa, bu kattalik quyidagi ko‘rinishga ega bo‘lsa, V. N. Goncharov formulasiga asosan aniqlanishi mumkin:

$$W = 33,1 \sqrt{\frac{\gamma_{III} - \gamma}{\gamma}} D, \text{ sm/sek} \quad (18.7)$$

bunda γ – suvning xajmiy og‘irligi.

D, mm	$W, sm/sek$	D, mm	$W, sm/sek$	D, mm	$W, sm/sek$	D, mm	$W, sm/sek$
0,01	0,007	0,35	3,78	0,90	8,75	3,25	20,10
0,03	0,062	0,40	4,32	0,95	9,06	3,50	20,85
0,05	0,178	0,45	4,86	1,00	9,44	3,75	21,55
0,08	0,443	0,50	5,40	1,24	11,50	4,00	22,25
0,10	0,692	0,55	5,94	1,50	12,56	4,25	22,95
0,13	1,160	0,60	6,48	1,75	13,92	4,50	23,65
0,15	1,557	0,65	7,02	2,00	15,29	4,75	24,30
0,18	1,740	0,70	7,32	2,25	16,62	5,00	24,90
0,20	2,16	0,75	7,70	2,50	17,65		
0,25	2,70	0,80	8,07	2,75	18,50		
0,30	3,24	0,85	8,40	3,00	19,25		

Quyqaning xajmiy og'irligini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$\gamma_{\kappa} = \frac{K + C}{\frac{K}{\gamma_{\text{III}}} + \frac{C}{\gamma}} \quad (18. 8)$$

bunda $\frac{K}{C} = p$ ekanligini inobatga olib,

$$\gamma_{\kappa} = \frac{p+1}{\frac{p}{\gamma_{\text{III}}} + \frac{1}{\gamma}} \quad (18. 9)$$

Bunga asosan quyqa konsistensiyasi uchun

$$p\% = 100 \frac{\gamma_{\kappa} - \gamma}{\gamma_{\text{III}} - \gamma_{\kappa}} \frac{\gamma_{\text{III}}}{\gamma} \quad (18. 10)$$

Bu keltirilgan ifodalar (18. 6) G. N. Roer formulasi quyqa konsistensiyasini to'liq hisobga olishini ko'rsatadi.

V. S. Knoroz formulasida esa nisbiy g'adir-budirlikni kritik tezlik kattaligiga ta'siri D_{yp}/R nisbat orqali hisobga olinadi, bunda g'adir-budirlikning absolyut kattaligi $\Delta = D_{yp}$ deb olinadi.

G. N. Roer formulasida Δ ixtiyoriy kattalikka ega bo'lgan harakat sifatida qatnashgan.

Albatta, shuni ta'kidlash kerakki, g'adir-budirlik tepachalarining balandliklari, turbulent aralashish darajasini oshiradi, bu o'z navbatida nanoslarning muallaqlashishini ta'minlaydi. Bu g'adir-budirlik tepachalarining kattalashishi kritik chuqurlikni kamayishiga olib keladi.

V.S.Knoroz va G. N. Roer formulalaridan foydalanib, **nanos** zarrachalarini muallaqlashgan holda tashuvchi naporsiz pulpovodning gidravlik hisobini bajarishimiz mumkin.

Bunda berilgan boshlang'ich ma'lumotlarning xarakteriga qarab, quyidagilarni aniqlashimiz mumkin:

- pulpovod nishabligini i ;
- pulpovod ko'ndalang kesimi o'lchamlaridan birini va inishablikni;
- pulpovod ko'ndalang kesimining o'lchamlarini;
- quyqa konsistensiyasini;

Kritik tezlik V. S. Knoroz va P. N. Roer formulalari yordamida hisoblanishi mumkin.

Agar pulpovoddagi quyqa tezligi $v \geq v_{kp}$ bo'lsa, nishablik Shezi formulasi yordamida aniqlanadi:

$$i = \frac{v^2}{C^2 R} \quad (18.11)$$

1-masala.

Agar quyqa sarfi Q_k berilgan bo'lib, pulpovod ko'ndalang kesimi o'lchamlari berilmagan bo'lsa, masalada h yoki b kattalikni hisoblashga to'g'ri

kelmaydi. Buning uchun oqimning tekis harakati uchun kanallarni gidravlik loyixalashtirishdagi kabi ish tutiladi. $v = v_{kp}$ deb qabul qilinadi, yuqoridagi keltirilgan formulalardan foydalanib, kritik tezlik hisoblanadi.

$$Q_k = \omega v_{kp} = 3\omega \left[\sqrt{gD_{\dot{y}p}} \lg \frac{R}{4D_{\dot{y}p}} + W_{\dot{y}p} p^{0,25} \left(\frac{R}{D_{\dot{y}p}} \right)^{0,4} \right] \quad (18.12)$$

Ma'lum $D_{\dot{y}p}$, $W_{\dot{y}p}$, p, b va m kattaliklar uchun, lotok pulpovodning $Q_k = f(h)$ ishchi xarakteristikasini tuzamiz.

Bu bog'liqlikka asosan egrilikni quramiz, $h = h_k$ va v_{kp} , nihoyat nishablik (i)ni aniqlaymiz.

2-masala.

Pulpovodning nishabligi, geometrik o'lchamlari berilgan holat. Bunday holatda gidravlik hisoblashni gidravlik radiusning ma'lum qiymatlari ko'rinishiga keltirib, keyin boshlaymiz:

$v = v_{kp}$ deb qabul kilib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$i = \frac{v_{kp}^2}{C^2 R} = \frac{9}{C^2 R} = \left[\sqrt{gD_{\dot{y}p}} \lg \frac{R}{4D_{\dot{y}p}} + W_{\dot{y}p} p^{0,25} \left(\frac{R}{D_{\dot{y}p}} \right)^{0,4} \right]^2 \quad (18.13)$$

Ma'lum, R uchun geometrik o'lchamlar aniqlanadi. Bundan tashkari quyqani ma'lum bir masofaga chiqarib tashlash masalasi ham gidrotexnika amaliyotida asosiy dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Chunki, bu masofa shunday kattalikka ega bo'lishi kerakki, shart bajarilganda yig'iladigan massaning suv olish ishlari bajarilayotgan daryoning shu soxasidagi gidravlik, gidrologik jarayonlariga ta'siri kam bo'lishi kerak. Masalan, deformatsion jarayonlar deyarli o'zgarmasligiga erishish zarur.

Buning uchun quyqaning ma'lum konsistensiyasi va qattiq zarrachani muallaqlashtiruvchi gidravlik kattaligi uchun u katta nishablikdagi pulpovoddan

yuqori tezlikda harakatlanishi kerak. Bunday holatda berilgan pulpovodning geometrik o'lchamlari, nishabligi va quyqa tezligiga qarab, quyqa konsistensiyasini aniqlash masalasi paydo bo'ladi.

Yana V. S. Knoroz formulasiga murojaat kilamiz, undan quyidagini aniqlaymiz:

$$p = \left[\frac{1}{W_{\dot{y}p}} \left(\frac{v_{kp}}{3} - \sqrt{gD_{\dot{y}p}} \lg \frac{R}{4D_{\dot{y}p}} \left(\frac{R}{D_{\dot{y}p}} \right)^{0,4} \right) \right]^4 \quad (18.14)$$

Shu formula asosida aniqlangan qattiq massa miqdori muallaqlashgan holda ma'lum masofaga tashab olib borilishi mumkin. Bu formula r ning $\frac{v_{kp}}{v_{\partial}} = 3 \div 4$ munosabatga mos keluvchi qiymatlari uchun konikarli natija berishi mumkin. Bundan tashkari quyqaning ma'lum tezligi va chuqurligi qiymatlari uchun P. N. Roer formulasidan foydalanib quyqa xajmiy og'irligini hisoblash mumkin va (18. 4) formula yordamida quyqa konsistensiyasini aniqlash mumkin.

18. 3. NAPORLI PULPOVODLARNING GIDRAVLIK HISOBI

Quyqaning naporli pulpovodlardagi harakati, oqimning ochiqo'zanlardagi harakatiga ancha o'xshash. Quyqa tarkibidagi qattiq massa tubiga cho'kmasdan muallaqholatda va tubgacho'kib, tub bo'ylab surilib harakatlanishi mumkin. Bunday holatda hamnanosning muallaqlashishiga mos keluvchi eng kichik tezlik *kritik tezlik* deb ataladi. Bu tezlikka mos keluvchi sarf *quyqaning kritik sarfi*— Q_k deb ataladi.

Bu ikkala kattaliklar qiymatlarining miqdori gidrotexnika amaliyotida muhim ahamiyatga ega. V. S. Knoroz, G. N. Roer, A. P. Yufin tadqiqotlari natijalari nanoslar quyqa tarkibida muallaqholatda harakatlanganda, quyqa ularni tashiyotganda qo'shimcha energiya sarflanmasligini ko'rsatgan. SHu

sababli, ayrim hollarda quyqa gidravlik qarshiligini ko'rsatuvchi ustun balandligiga mos keluvchi tezlikning kritik qiymati, toza suv harakatidagi gidravlik qarshilikni ko'rsatuvchi ustun balandligiga mos keluvchi eng kichik tezlik kabi aniqlanadi.

Bunga asosan, naporli pulpovod $v \geq v_{kp}$ holat uchun hisoblanadi. Lekin, tezlikning oshishi truboprovoddagi qarshilikni engish uchun sarflanadigan napor miqdorini keskin oshishiga olib keladi. SHuning uchun pulpovodlar hisobida $v = v_{kp}$ shart bajarilib, hisoblash yuritiladi.

Kritik sarf va tezlikning son qiymatlarini aniqlash uchun bir necha empirik formulalar taklif etilgan. Masalan, V. S. Knoroz formulasi:

$$v_{kp} = 3 \left[\sqrt{gD_{\dot{y}p}} \lg \frac{d}{16D_{\dot{y}p}} + W_{\dot{y}p} p^{0,25} \left(\frac{d}{4D_{\dot{y}p}} \right)^{0,4} \right] \quad (18. 15)$$

$$Q_k = 2,36d^2 \left[\sqrt{gD_{\dot{y}p}} \lg \frac{d}{16D_{\dot{y}p}} + W_{\dot{y}p} p^{0,25} \left(\frac{d}{D_{\dot{y}p}} \right)^{0,4} \right] \quad (18. 16)$$

bunda d – sarf Q_k bo'lgandagi oqim tezligi v_{kp} mos keluvchi pulpovod diametri.

Naporli pulpovodlarni hisoblashda G. N. Roer formulalaridan ham foydalanishimiz mumkin. Keltirilgan formulalar bizga v_{kp} yoki Q_k kattaliklarni aniqlash imkoniyatini beradi. $Q_k = Q_{kp}$ holat uchun (18. 16) formula yordamida d_{kp} – pulpovodning kritik sarfini o'tkazuvchi diametri tanlab olish usuli yordamida aniqlanadi. Pulpovodning ma'lum Q_k sarfiga mos keluvchi d_{kp} diametri aniqlangandan so'ng pulpovodning gidravlik hisobi naporning yo'qolishini aniqlash formulalari yordamida olib boriladi yoki

$$h_{\dot{u}} = \frac{Q_k^2 l}{K^2} \quad (18. 17)$$

$$I = \frac{\lambda l v_{kp}^2}{d 2g} \quad (18.18)$$

Agar pulpovod diametric ma'lum bo'lsa, $Q_k = Q_{kp}$ sarf yuqoridagi formulalar yordamida aniqlanib, keyin $h_{\bar{u}}$ aniqlanadi.

A. P. Yufinesa quvurning tubiga quyqaning tarkibidagi nanoslarning cho'kaboshlshiga mos keluvchi tezlikni *kritik tezlik* deb nomlagan. Demak, bu tezlik **nanos bosish** tezligiga mos keladi. Uning tajribalari natijasi aniq bir konsistensiyali quyqaning ishtezligida napor yo'qolishi eng kichik qiymatga mos kelganligini ko'rsatgan. O'z tajribalari natijalariga asoslanib quyqaning naporli po'lat quvurlarda harakati uchun kritik tezlikni aniqlash formulalarini taklif etgan.

$$v'_{kp} = 0,2d^{0,54} e^{\alpha\sqrt{\bar{\gamma}_c}} \frac{D_{yp}^{0,65}}{\delta^{0,125}}, \quad (d \leq 200 \text{ mm holat uchun}) \quad (18.19)$$

$$v'_{kp} = 9,8 \sqrt[3]{\frac{\omega_{yp}^{0,25}}{\delta^{0,125}}} \left(\frac{\lambda_c}{\lambda} - 0,4 \right), \quad (d > 200 \text{ mm holat uchun}) \quad (18.20)$$

bundan

$$Q'_{kp} = 0,157 d_{kp}^{2,54} e^{\alpha\sqrt{\bar{\gamma}_c}} \frac{D_{yp}^{0,65}}{\delta^{0,125}}, \quad (d \leq 200 \text{ mm holat uchun}) \quad (18.21)$$

bunda $\alpha = \frac{2,86}{D_{yp}^{0,13}}$

D_{ur} – nanoslarning o'rtacha diametri, *mm*;

$\bar{\gamma}_c$ – gidroaralashma (quyqa)ning sarfiy solishtirma og'irligi;

d – quvur diametri, *m*;

e – natural logarifmning asosi;

δ – bir jinslilik emaslik koeffitsienti; $\delta = \frac{D_{90}}{D_{10}}$;

D_{90} – 0 dan 90 % gacha bo'lgan zarachalarning og'irligiga mos keluvchi zarrachalardiametri;

D_{10} – 10% ga mos keluvchi zarralar diametri.

Bir jinslilik mosligi koeffitsienti bu formulaga $\delta > 3$ bo'lganda kiritiladi. $\delta > 3$ bo'lganda gruntlar bir jinsli deb hisoblanib, $\delta = 1$ deb qabulqilinadi.

A. P. Yufin gidroaralashmaning sarfiy solishtirma og'irligi deb, **gidroslivning** quvur ichidagi solishtirma og'irligidan farqqiluvchi chiqishdagi solishtirma og'irligini atagan. Bu farq suyuqlik bilan **nanoslar** tezligi o'rtasidagi tafovut hamda harakatdagi kesim bo'ylab nanoslar taqsimlanishini notekisligi hisobiga paydo bo'lishligi e'tirof etgan.

Sarfiy solishtirma og'irlik va quyqaning xajmiy konsistensiyasi o'rtasidagi farq

$$\bar{\gamma}_c = \frac{U}{Q}(\bar{\gamma}_{\text{тн}} - \bar{\gamma}) + \bar{\gamma} \quad (18.22)$$

bunda U – quyqa tarkibidagi nanoslarning xajmiy sarfi;

Q – suyuqlik sarfi

O'z navbatida quyqaning og'irlik konsistensiyasini $p = \frac{K}{C} = \frac{p\%}{100}$

quyidagicha ifodalash mumkin:

$$p = \frac{\bar{\gamma}_{\text{тн}} U}{\bar{\gamma} Q} \quad (18.23)$$

Bundan

$$\bar{\gamma}_c = p(\bar{\gamma}_{\text{тн}} - \bar{\gamma}) \frac{\bar{\gamma}}{\bar{\gamma}_{\text{тн}}} + \bar{\gamma} \quad (18.24)$$

U holda (18. 19) va (18. 20) formulalar $D=0,1 \div 10$ m o'lchamli zarrachalar tanlanayotgan holat uchun o'rinalidir. Quyqaning v'_{kp} tezlikdagi harakatida napor yo'qolishi toza suv holatidagi yo'qolishdan farqqilganligi sababli, A. P. Yufin napor yo'qolishi uchun quyidagi formulani taklif etgan:

$$I_{kp} = \bar{\gamma}_c \beta_{kp} I \quad (18.25)$$

bunda I formula (18. 18) ifoda yordamida aniqlanadigan gidravlik nishablik;

β_{kp} – quyidagi tajribaviy qiymatga teng deb isbotlangan.

$$\beta_{kp} = 1 + \left(3,5 + 2d + 0,5\sqrt{D_{yp}} \right) \left(\frac{\bar{\gamma}_c - \bar{\gamma}}{\bar{\gamma}} \right)^{0,8} \quad (18. 26)$$

Quyqaning $v > v'_{kp}$ tezlikdagi harakatida napor yo'qolishi toza suv oqimining harakatida napor yo'qolishi kabi bo'lib, u (18. 17) va (18. 18) formula kabi aniqlanadi.

Yuqorida keltirilgan v'_{kp} va v_k kattaliklarni aniqlash formulalari tajribada kuzatilgan holatga mos keluvchi miqdorlarni beruvchi taqribiy xarakterga egadir.

Bu formulalar tarkibi ko'p zarrachalardan iborat qumli quyqalar bilan o'tkazilgan tajribalar uchun olingan. Amaliyotda quyqa tarkibida muallaklashishi boshqacha ifodalar bilan aniqlanadigan tuproq zarrachalari ham uchrashi mumkin. Tuproq zarrachalari qanchako'pbo'lsa, yuqoridagi formula bilan aniqlanuvchi tezlik shuncha miqdorga haqiqiy tezlikdan farqqilishi mumkin.

Bu barcha formulalar tarkibiga qattiq massasini xarakterlovchi kattalik W_{yp} o'rtacha gidravlik kattalik kiritiladi. Bu taqriban hisoblanganligi bois, formulalarning taqribiylik darajasi oshadi. Gidravlik kattalikka quyqa tashiyotgan nanosning turli jinlilik xarakteri ta'sir qiladi. Turli xarakterdagi bir necha jinsli gruntlar bir xil o'rtacha gidravlik kattalikka ega bo'lib, turli kritik tezlikka ega bo'lishi mumkin. Bu holatni (18. 5) formulada hisobga olib bo'lmaydi.

Yana tajribaviy empirik formulalarning aniqlik darajasi tajriba o'tkazilishining aniqlik darajasiga bog'liq. Ochiq yoki naporli pulpovodlarda zarrachaning chiqishiga mos keluvchi eng kichik – kritik tezlikni aniqlashning yuqori darajasini ta'minlash og'ir masala. Shu sababli, napor yo'qolishi toza suvnikidagi kabi qabul qilinib, shu tezlik qiymati aniqlanadi. Bu ham takribiy xarakterga ega.

Bu formulalardan gidrotexnika amaliyotida foydalanishda quyqa tarkibidagi qattiq massani pulpovodda tiqilib qolmasligi uchun formulalar yordamida hisoblangan kritik tezlik 15÷20%ga oshirib qabulqilinadi.

Namunaviy gidravlik hisob. Diametri 300 mm, uzunligi $L=140$ m bo'lgan po'lat quvurdan yasalgan pulpovoddagi napor yo'qolishi aniqlansin. Quyqa konsistensiyasi $p = 28\%$. Tanlanayotgan gruntning mexaniktarkibi 18. 2-jadvalda keltirilgan.

18. 2-jadval

D, mm	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05
$m, \%$	4,21	7,34	16,25	35,27	24,13	9,32	3,48

Pulpovoddagi oqim tezligini $v = v_{kp}$ deb qabul kilamiz.

v_{kp} – Knoroz (18. 16) formuladan foydalanib aniqlanadi. Buning uchun

D_{ur} kattalikni aniqlaymiz;

$$D_{yp} = \frac{\sum D_i m_i}{100} = \frac{97}{100} = 0,97 \text{ mm}$$

bunda D_i – fraksiya zarrachasining o'rtacha diametri;

m_i – shu fraksiyaning % miqdori.

W_{yp} – kattalikni hisoblaymiz:

$$D_{yp} = \frac{\sum W_i m_i}{100}$$

bunda W_i – berilgan fraksiyaning o'rtacha gidravlik kattaligi.

Zarrachaning gidravlik kattaligi 18. 2-jadvaldan, W_i kattalikni fraksiyalar uchun 18. 3-jadvaldan foydalanib aniqlanadi

18. 3-jadval

$m_i, \%$	4,21	7,34	16,25	35,27	24,13	9,32	3,48
$W_i, sm/sek$	22,07	17,27	12,36	7,42	4,05	1,696	0,435

Sonli qiymatlarni qo'yib, hisoblaymiz:

$$D_{yp} = \frac{\sum W_i m_i}{100} = \frac{702}{100} = 7,02 \text{ sm/sek}$$

Endi (18. 16) formuladan foydalanib, kritik tezlikni vaquyqa sarfini hisoblaymiz:

$$v_{kp} = 3 \left[\sqrt{9,81 \cdot 0,00097} \lg \frac{0,30}{16 \cdot 0,00097} + 0,0702 \sqrt[4]{28} \left(\frac{0,30}{4 \cdot 0,00097} \right)^{0,4} \right] = 3,15 \text{ m/sek}$$

$$Q_k = v_{kp} \omega = 3,15 \frac{3,14}{4} 0,3^2 = 0,224 \text{ m}^3/\text{sek}$$

$v = v_{kp}$ bo'lganligi sababli, (18. 19) formula yordamida napor yo'qolishini aniqlaymiz:

$$h_{\ddot{u}} = \frac{Q_k^2}{K^2} l$$

Normal quvurlar uchun sarf xarakteristikasini qabul qilib, quyidagini hosil qilamiz

$$h_{\ddot{u}} = \frac{Q_k^2}{K^2} l = \frac{224^2}{1161,4^2} \cdot 1400 = 51,2 \text{ m}$$

XVIII bobga doir nazorat savollari

1. Hidrotransport tushunchasini izohlang.
2. Naporli va naporsiz gidrotransport nima?
3. Quyqani izohlang.
4. Quyqa konsistensiyasi nima?
5. Naporli pulpoprovodlarning gidravlik hisobi nima uchun bajariladi?
6. Naporsiz pulpoprovodlarning gidravlik hisobidan asosiy maqsadni tushuntiring.

ILOVA

Grek alfaviti

α - alfa	θ - teta	ρ - ro	Γ - gamma
β - beta	\aleph - kappa	σ - sigma	Δ - delta
γ - gamma	λ - lambda	τ - tau	Θ - teta
δ - delta	μ - myu (mi)	φ - fi	Λ - lambda
ε - epsilon	θ - nyu (ni)	χ - xi	Σ - sigma
ζ - dzeta	ξ - ksi	ψ - psi	Φ - fi
η - eta	π - pi	ω - omega	Ψ - psi
			Ω - omega

$U_0 = U_{xuc}$ – «Qurilish me'yorlari va qoidalari» (QMQ) 2. 06. 03-97 ga asosan
gidravlik radius $R = 1$ m bo'lganda, oqimning yuvmaydigan o'rtacha tezligi
($U_0, \mathcal{M}/\mathcal{C}$) ning qiymatlari

1-jadval

Grunt turi	O'rtacha tezliklar, m/s
A. Qumli tuproqlar uchun	
1. Mayda qum	0,45-0,50
2. O'rtacha kattalikdagi qum	0,50-0,60
3. Yirik kattalikdagi qum	0,60-0,75
4. Shag'al	0,75-0,90
B. Gil tuproq	0,45-0,75

QMQ 2. 06. 03-97 bo'yichasuv sarfi va grunt turiga asosan g'adir-budurlik ko'effitsienti n quyidagi jadvallardan aniqlanadi.

2-jadval

Kanalda suvning sarfi, m ³ /s	Gruntli sug'orish kanallarining "n" g'adir-budirlik koeffitsienti	
	Yopishqoq va qumlik zamin tuproqda	Shag'al-qum aralashmali va shag'al,asosi tuproq bo'lganda
25 dan yuqori	0,0200	0,0225
1-25	0,0225	0,0250
1 dan kam	0,0250	
Doimiy shaxobcha kanallari, notekis harakatli vaqtma-vaqt (notekis ishlaydigan) doimiy ishlaydigan kanallar shaxobchasi	0,0275	
Sug'orgichlar	0,0300	
Eslatma:		
1. Sug'orish kanallari uchun belgilangan g'adir-budirlik koeffitsientining ahamiyatiga nisbatan suv yig'uvchi – suv tashlagich kanallar uchun g'adir-budirlik koeffitsientining ahamiyati 10 % ga oshiriladi va jadvalda ko'rsatilgan ahamiyatga keltirib, qabul qilinadi		
2. Mavsumiy ravishda bajariladigan kanallar uchun va kanalning ko'ndalang kesimi ishlar hajmini oxiriga etkazishga bog'liqlikda g'adir-budirlik koeffitsientining ahamiyati 10-20% ga oshirilib qabul qilinadi		

3-jadval

Kanal o'zan sirtining xarakteristikasi (xususiyati)	Skal gruntli kanallarning "n" g'adir-budirlik koeffitsienti
Yaxshi ishlab chiqarilgan er sirti (er yuzasi)	0,0200-0,0250
O'rtacha tekis ishlangan sirt	0,0300-0,0350
O'rtacha notekis ishlangan sirt	0,0400-0,0450

4-jadval

Qoplamalar	Qoplamali kanallarning “n” g‘adir-budirlik koeffitsienti
Betonli yaxshi ishlangan	0,012-0,014
Betonli sifatsiz	0,015-0,017
Yig‘ma temirbeton tarnovlar	0,012-0,015
Asfalt-bitum qoplamalar	0,013-0,016
Chimlantirilgan o‘zan	0,030-0,035

5-jadval

O‘zanning xarakteristikasi	Tabiiy o‘zanlarning “n” g‘adir-budirlik koeffitsienti	O‘zanning xarakteristikasi	Tabiiy o‘zanlarning g‘adir-budirlik koeffitsienti
Tabiiy o‘zanda oqimning loyqali sharoitda toza, iloslanmagan erkin oqishi	0,025-0,033	Daryolar bo‘limlari o‘simlik bilan qoplangan, sekin oqimli va chuqur yuvilgan joylari bilan	0,050-0,080
“-” tosh bilan ham	0,030-0,040	Daryolarning bo‘limlari botqoqlik turdagi o‘simliklar bilan qoplangan	0,075-0,150
Davriy o‘zgaruchan oqim (katta va kichik), sirti va shakli yaxshi holatda	0,033	Katta va kichik daryolar o‘simlik bilan qoplangan (o‘tlar va butalar)	0,050
Tuproqli quruq katta jarliklar normal sharoitda	0,040	Pastki sohilni qalin o‘simlik bosgan, sekin oqim bilan va chuqur yuvilish bilan	0,080
O‘zgaruvchan oqim o‘zanlari (ma'lum vaqtda ishlaydigan), toshqin davrida ko‘p miqdorda cho‘kindilarni keltiruvchi, ya’ni yirik shag‘altosh yoki o‘simlik bilan	0,050	Pastki sohilni qalin o‘simlik bosgan, sekin oqim bilan va chuqur yuvilish bilan egri o‘zanli oqim, katta suv tarqalish bilan (aylanma	0,100

O'zanning xarakteristikasi	Tabiiy o'zanlarning "n" g'adirbudirlik koeffitsienti	O'zanning xarakteristikasi	Tabiiy o'zanlarning g'adirbudirlik koeffitsienti
qoplanganlarni. O'zgaruvchan oqimlaro'ta ifloslangan va egri		oqimlar)	
Toza egri o'zan, yuvilishlik darajasi past bo'lgan, katta chuqurliklar bilan	0,033-0,045	O'rmonli qayirlar, mahalliy chuqurliklar bilan	0,133
Shuning o'zi, faqat qisman o'simlik qoplangan va toshlar bilan	0,035-0,050	Yopiq qayirlar, butunlay o'simlik bilan qoplangan (o'rmonliklar)	0,200

Yirik, tuproqsimon va qum grunlar uchun yo'l qo'yiladigan oqimning o'rtacha yuvmas tezliklari

6-jadval

Grunt zarrachasining o'rtacha kattaligi d_{or} , mm	Oqimning o'rtacha chuqurligi (m) uchun yo'l qo'yiladigan yuvmas U_0 o'rtacha tezliklar, (m/s)			
	$h = 0,5m$	$h = 1,0m$	$h = 3,0m$	$h = 5,0m$
A. Yirik va qum zarrachali grunlar				
0,25	0,37	0,39	0,41	0,45
0,37	0,38	0,41	0,46	0,48
0,5	0,41	0,44	0,5	0,52
0,75	0,47	0,51	0,57	0,59
1,0	0,51	0,55	0,62	0,65
2,0	0,64	0,7	0,79	0,83
2,5	0,69	0,75	0,86	0,90
3,0	0,73	0,8	0,91	0,96
5,0	0,87	0,96	1,10	1,17
10,0	1,1	1,23	1,42	1,51
15,0	1,26	1,42	1,65	1,76
20,0	1,37	1,55	1,84	1,96
25,0	1,48	1,65	1,98	2,12
30,0	1,56	1,76	2,10	2,26
40,0	1,68	1,93	2,32	2,50
75,0	2,01	2,35	2,89	3,14
100,0	2,15	2,54	3,14	3,46
150,0	2,35	2,84	3,62	3,96
200,0	2,47	3,03	3,92	4,31

300,0	2,9	3,32	4,4	4,94
-------	-----	------	-----	------

7-jadval

Gruntning hisobiy solishtirma yopishqoqligi «S», Pa	Oqimning oʻrtacha chuqurligi (m) uchun yoʻl qoʻyiladigan yuvmas U_0 oʻrtacha tezliklar, (m/s)			
	$h = 0,5m$	$h = 1,0m$	$h = 3,0m$	$h = 5,0m$
B. Tuproqsimon gruntlar				
0,005	0,39	0,43	0,49	0,52
0,01	0,44	0,48	0,55	0,58
0,02	0,52	0,57	0,65	0,69
0,03	0,59	0,64	0,74	0,78
0,04	0,65	0,71	0,81	0,86
0,05	0,71	0,77	0,89	0,98
0,075	0,83	0,91	1,04	1,10
0,10	0,96	1,04	1,20	1,27
0,125	1,03	1,13	1,30	1,37
0,15	1,13	1,23	1,41	1,49
0,175	1,21	1,33	1,52	1,60
0,20	1,28	1,40	1,60	1,69
0,225	1,36	1,48	1,70	1,80
0,25	1,42	1,55	1,78	1,88
0,30	1,54	1,69	1,94	2,04
0,35	1,67	1,83	2,09	2,21
0,40	1,79	1,96	2,25	2,38
0,45	1,88	2,06	2,35	2,49
0,50	1,99	2,17	2,50	2,63
0,60	2,16	2,38	2,72	2,88

Izoh: Gruntning oʻrtacha diametri oʻrta oʻlchangan usulda quyidagi formula yordamida

aniqlanadi: $d_{yp} = \frac{\sum d_i p_i}{\sum p_i}$, bunda d_i , p_i - zarrachalar diametri va ogʻirlik boʻyicha

miqdori

Qiyalikbalandligi $H \leq 10$ m bo'lganda m qiyalikkoeffitsientiqiyamatlari

Qoplama turi va tuproq kategoriyasi	Qiyalik koeffitsienti m
Mayda donali qumli tuproqlar	3,0 - 3,5
Sayoz tuproqlar yoki qumloq tuproqlar	2,0 - 2,5
Zich qumoq va engil qumlok	1,5 - 2,0
Shag'al va qum-shag'alli tuproqlar	1,5
Og'ir qumoklar, zich soz tuproqlar va oddiy gil	1,0 - 1,5
Og'ir zich gil	1,0
Emirilish darajasiga bog'liq har xil qoyali tog' jinslari	0,5 - 0,10

Izoh: 1. asfaltbeton va beton qoplamalarda suv usti kiyaligi yirikroq qabul qilinadi.....

..... $\geq 1,25$

yirik qum sepilmasi va tosh tashlamidan qoplamalarda $\geq 1,50$

plastik materiallardan (gilli va qumoq) qoplamalarda) $\geq 2,5$

2. Qiyalik balandligi ≥ 5 m bo'lganda qiyalik turg'unligi maxsus xisob bo'yicha teshiriladi texnik loyixada – uch sinf kanallar uchun, loyixali topshiriqda esa faqat birinchi sinf kanallar uchun

G'adir-budirlik koeffitsienti(n)ning qiymatlari

Daraja	Devorlar turi	n	$1/n$
I	O'ta silliq sirtlar; emal bilan qoplangan sirtlar	0,009	111
II	Yqaxshi o'rnatilgan, o'tao'tkirtaxta. Toza sementdan yaxshi suvoq	0,010	100
III	Yaxshi tsementli suvoq (1/3 qumdan). Yaxshi yotqizilgan yoki ulangan yangi sopol, cho'yan va temir quvurlar. Qirrali	0,011	90,9

Daraja	Devorlar turi	<i>n</i>	1/ <i>n</i>
	taxta		
IV	Yaxshioʻrnatilgan qirrasiz taxta. Oʻrtacha sharoitdagi suv oʻtkazgich quvur juda yaxshi betonlangan; Sezilarsiz inkrustatsiyalangan, juda toza suv oquvchi quvurlar, juda yaxshi betonlangan	0,012	83,3
V	Yaxshi gʻishtli, yaxshi sharoitdagi yupqa taxtali terish. Oʻrta sharoitdagi tarnov quvurlar, bir necha ifloslangan suv oʻtkazgich quvurlar	0,013	76,9
VI	Ifloslangan quvurlar (suv oʻtkazgich va tarnovli) oʻrta sharoitda betonlangan quvurlar	0,014	71,4
VII	Oʻrtacha gʻishtli terish, oʻrta sharoitdagi yupqa toshdan qoplash. Sezilarli ifloslangan tarnovlar. Yogʻoch reykalalar boʻyicha brezent	0,015	66,7
VIII	Yaxshi tosh devor, eski (harob) gʻisht terish; nisbatan qoʻpol betonlangan. Juda silliq judayaxshi ishlov berilgan qoyatosh	0,017	58,8
IX	Qalin mustaxkam gil qavat bilan qoplangan kanallar, zich sogʻtuproqli kanallar va zich mayda shagʻalli, gil bilan qoplangan.	0,018	55,6
X	Oʻrtacha (qoniqarli) tosh devor. Tosh yotqizilgan yoʻl. Qoyada juda toza yuvilgan kanallar. Gil qoplangan zich yerdagi, zich shagʻalli, toshli kanallar (oʻrtacha xolda)	0,020	50,0
XI	Zich loyli kanallar. Bir tekis boʻlmagan (uzlukli) gil qoplangan yerda, shagʻal, toshli kanallar. Oʻrtadan yuqori sharoitda tamirli va saqlangan, katta tuproq kanallar	0,0225	44,4
XII	Yaxshi quruq terish. Yaxshi dan kamroq oʻrtacha sharoitda saqlangan va remontli katta tuproq kanallar. Juda yaxshi sharoitdagi daryolar (chuqur yuvilishlarsiz va oʻyilishsiz, erkin oqimli toza toʻgʻri oʻzan)	0,025	40,0
XIII	Tamir va saqlash sharoiti oʻrta meyordan past –katta; oʻrta sharoitda – kichik tuproq kanallar	0,0275	36,4
XIV	Nisbatan yomon sharoitdagi tuproq kanallar; sezilarli oʻtlar	0,030	33,3

Daraja	Devorlar turi	n	$1/n$
	o‘sgan; mahalliy o‘yilgan chuqurchalar		
XV	Juda yomon sharoitdagi kanallar. Nisbatan yaxshi sharoitdagi daryolar, lekin bazi miqdorda tosh va suv o‘tlari bilan	0,035	28,6
XVI	Sezilarli yomon sharoitdagi kanallar (o‘zan bo‘ylab o‘pirilgan va yuvilgan; kam ishlar o‘sgan quyuc ildizlar; yirik toshlar va x.) bora-bora daryo oqimi sharoiti yomonlashadi (boshqa punktlarga nisbatan)	0,040 va ko‘p	25 va kam

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yhati

1. **Agroskin I. I. ,Dmitreev G. T. , Pikalov F. I.** Hidravlika. - M. -L. :Gosenergoizdat,483 s. ,1954.
2. **Agroskin I. I. ,Dmitriev G. T. , Pikalov F. I.** Hidravlika - M. : Gosenergoizdat, 352s. , 1964.
3. **Altshul A. D.** Hidravlicheskie soprotivleniya. -M. : Nedra, 1970.
4. **Altshul A. D. ,Kiselyov P. G.** Hidravlika i aerodinamika - L. : Stroyizdat, 1975.
5. **Andriyashev M. M.** Hidravlicheskiy raschyot vodoprovodnix setey - M. : Stroyizdat, 1964.
6. **Baymanov K. I.** Issledovanie ustoychivost i deformiruemosti rusel rek i kanalov// Gidrotexnicheskoe stroitelstvo. -M. ,2005,№3,s. 38-41
7. **Baxmetov B.A.**Mexanika turbulentnogo potoka - M. -L. : Stroyizdat, 1939.
8. **Barishnikov N. E.** Ruslovie protsessi. Uchebnik. -Sankt-Peterburg. RGGMU,2008. -439 s. ;
9. **Barishnikov N. E.** **Dinamika ruslovix potokov.** Uchebnik. -Sankt-Peterburg. RGGMU, 2007. -349 s. ;
- 10.**Bernar Le Meote.** Vvedenie v gidravliku i teoriyu voln na vode. - L. : Gidrometeoizdat, 1974.
- 11.**Bogomolov A. I. , Mixaylov K. A.** Hidravlika. -M. : Stroyizdat, 1973.
- 12.**Bozorov D. R. , Karimov R. M. , Kazbekov J. S.** Hidravlika asoslari. T. ,RFAAK. 2001.
- 13.**Bozorov D. R. , Karimov R. M. , Kazbekov J. S. , Xidirov S. Q.** Ochiq o‘zanlar gidravlikasi. T. , RFAAK. 2001.
- 14.**Bozorov D. R. Karimov R. M. , Kazbekov J. S. , Xidirov S. Q.** Hidravlika. T. Bilim. 2003.

15. **Bozorov D. R. , Obidov B. M. , Xidirov S. Q.** Gidravlika (amaliy va tajriba mashg'ulotlari). T. TIMI. 2009.
16. **Bazarov D. R. , Militeev A. N. .** Matematicheskaya model dlya rascheta dvuxmernix (v plane) deformatsiy rusek «Soobsheniya po prikladnoy matematike», Moskva, Iz-vo VS RAN, 1997g.
17. **Bazarov D. R. , Militeev A. N.** Trexmernaya matematicheskaya model dvijeniya nanosov v allyuvialnix ruslax. «Soobsheniya po prikladnoy matematike», Moskva, Iz-vo VS RAN, 1997g. ,
18. **Bashta T. M. , Rudnyov S. S. , Nekrasov B. B. i dr.** Gidravlika, gidromashini, gidroprivodi. -M. : Mashinostroenie, 1970.
19. **Davidova M. A.** Leksii po gidrodinamike. M. : Fizmatlit, 2011. 21 s.
20. **Emsev B. T.** Texnicheskaya gidromexanika. -M. : Sroyizdat, 1978.
21. **Zegjda A. P.** Gidravlicheskie poteri na trenie v kanalax i truboprovodax. - M. -L. : Sroyizdat, 1957.
22. **Idelchik I. E.** Gidravlicheskie soprotivleniya - M. -L. : Gosenergoizdat, 1954.
23. **Idelchik I. E.** Spravochnik po gidravlicheskim soprotivleniyam - M. : Mashinostroenie, 1975.
24. **Izbash M. V.** Osnovi gidravliki. -M. : Gosstroyizdat, 1952.
25. **Kiselyov P. G.** Gidravlika. -M. -L. : Gosenergoizdat, 1963.
26. **Kornfeld M.** Uprugost i prochnost jidkostey. -M. -L. : GITTL, 1951.
27. **Laboratorniy kurs gidravliki, nasosov i gidroperedach.** /Pod red. S. S. Rudnyova i L. G. Podvidza. -M. : Mashinostroenie, 1974.
28. **Loysyanskiy L. G.** Mexanika jidkosti i gaza. - M. : Nauka, 1972.
29. **Lyatxer V. M. , Prudovskiyy A. M.** Gidravlichesкое modelirovanie. - M. Energoatomizdat, 1984.
30. **Materiali yubileynoy mejdunarodnoy konferensii «Gidroaeromexanika i kosmicheskie issledovaniya», posvyashennoy 100 letiyu so dnya**

- rojdeniya akademika G. I. Petrova** /Pod red. Professora V. B. Baranova, M. : Izdatelstvo Moskovskogo Gosudarstvennogo Universiteta, 2012. 300 s.
- 31.**Mixaylov A. V.** Vnutrennie vodnie puti. - M. : Stroyizdat, 1973.
- 32.**Moshnin L. F.** Metodi texniko-ekonomicheskogo raschyota vodoprovodnix setey - M. : Gosstroyizdat, 1950.
- 33.**Nekrasov B. B.** Gidravlika i eyo primenenie v letatelnix apparatax. -M. : Mashinostroenie, 1967.
- 34.**Nigmatulin R. I. , Solovev A. A.** Osnovi gidromexaniki M. : Literatura, 2012, 400 s.
- 35.**Ogloblin A. P.** Osnovi gidromexaniki. -M. : Oborongiz, 1945.
- 36.**Pavlovskiy N. N.** Sobranie sochineniy, t. I. -M. -L. : Izdatelstvo AN SSSR, 1955.
- 37.**Patrashev A. N.** Gidromexanika. -M. : Voenno-morskoe izdatelstvo, 1953.
- 38.**Polbarinova-Kochina P. Y.** Teoriya dvijeniya gruntovix vod. -M. ,Nauka,1977.
- 39.**Petkevich V. V.** Osnovi mexaniki sploshnix sred. M. : Editorial. URSS, 2001. 400 s.
- 40.**Pobedrya B. E. , Georgievskiy D. V.** Osnovi mexaniki sploshnoy srediKurs leksii. M. : Fizmatlit, 2006. 272 s.
- 41.**Primeri gidravlicheskix raschyotov.** Pod red. A. I. Bogomolova. - M. : Transport, 1977.
- 42.**Prandtl L.** Gidraerodinamika. Ijevsk. NITS: «Regulyarnaya i xaoticheskaya dinamika», 2006. 575 s.
- 43.**Rasskazov L. N. i dr.** Gidrotexnicheskie soorujeniya,chast 1,2. M. Izdatelstvo Assosatsii stroitelnix Vuzov,2008
- 44.**Rasskazov L. N. i dr.** Filtratsiya v gruntovix plotinax v ploskoy i v prostranstvennoy postanovke//Gidrotexnicheskoe stroitelstvo, 1989, №11. -S. 26-32.

45. **Rauz X.** Mexanika jidkosti dlya injenerov gidrotexnikov - M. -L. : Gosenergoizdat, 1958.
46. **Rjanitsin N. A.** Gidravlika struynix techeniy - M. : Izdatelstvo Universiteta drujbi narodov, 1985.
47. **Rossinskiy K. I. Deblolskiy V. K.** Rechnie nanosi. -M. ,Nauka,1980,- 215s.
48. **Semyonov-Tyan-SHanskiy V. V.** Statika i dinamika korablya - L. : Sudostroenie, 1973.
49. **Simakov G. V.** Sifonnie vodosbrosi (posobie k kursovomu i diplomnomu proektirovaniyu). -L. : iz-vo LPI im. M. I. Kalinina, 1974.
50. **Spravochnik po gidravlike.** /Pod red. V. A. Bolshakova. Kiev: Visshaya shkola, 1977.
51. **Spravochnik po gidravlicheskim raschyotam.** /Pod red. P. G. Kiseleva. - M. : Energiya, 1972.
52. **Trusdell K.** Ocherki po istorii mexaniki. M. : Ijevsk, IKI, 2002, 316 s.
53. **Uginchus A. A. , CHugaeva E. A.** Gidravlika. -L. : Stroyizdat, 1971.
54. **Chugaev R. R.** Gidravlika -L. : Energoatomizdat, 1982.
55. **Chernyak V. G. , Suetin P. E.** Mexanika sploshnix sred. M. : Fizmatlit, 2006. 352 s.
56. **Shamov G. I.** Rechnie nanosi. -L. ,Gidrometeoizdat,1959,378s.
57. **Shevelyov F. A.** Tablitsi dlya gidravlicheskogo raschyota stalnix, chugunnix, asbestotsementnix i plastmassovix vodoprovodnix trub. - M. : Stroyizdat, 1970.
58. **Shlixting G.** Vozniknovenie turbulentnosti - M. : Izdatelstvo inostr. lit. , 1962. -204 str.
59. **Shlixting G.** Teoriya pogranichnogo sloya - M. : Izdatelstvo inostr. lit. , 1956.
60. **Shterenlixt D. V.** Gidravlika. I, II, III, IV t. -M. : Energoatomizdat, 1991.

61. **Shterenlixt D. V.** Ocherki istorii gidravliki, vodnix i stroitelnix iskusstv. I, II, III, IV, V, VI t. -M. :Geos, 1999-2006.
62. **Sharp Dj.** Gidravlichesкое modelirovanie. -M,1984.

MUNDARIJA

VIII bob. Suv oqimining ochiq o‘zarlardagi barqaror harakati

8. 1.	Suv oqimining ochiq o‘zarlardagi barqaror harakati va uning ko‘rinishlari. Prizmatik (silindrik) va noprizmatik (notsilindrik) o‘zarlari	5
8. 2.	Suv oqimining ochiq o‘zarlardagi barqaror harakati differensial tenglamasi	7
8. 3.	Barqaror tekis harakatning amalga oshishi shartlari va asosiy formulalar	11
8. 4.	Tabiiy o‘zan va kanalda harakatlanayotgan oqim harakatdagi kesimining asosiy gidravlik elementlari	12
8. 5.	Trapetsiadal kesimli kanalning eng qulay gidravlik profili	15
8. 6.	Kanalar o‘zanini gidravlik loyihalashda foydalaniladigan asosiy formulalar va masalalar	17
Kanallarni loyihalashtirishdagigidravlik hisob bajarishda qo‘llaniladigan r. m. karimov usuli		
8. 7.	Asosiy hisoblash formulalari	28
8. 8.	Solishtirma ho‘llangan perimetr funksiyasi sifatida oqim gidravlik elementlarining nisbiy o‘zgarishi	36
8. 9.	Kanallarni gidravlik eng qulay kesim bilan taqqoslash orqali hisoblash	43
Umumlashtirilgan gidravlik hisoblash usulining aniq ko‘rinishdagi kesimga ega bo‘lgan kanallar uchun qo‘llanilishi		
8. 10.	Trapetsiadal kesimli kanallarninggidravlik hisobi	45
8. 11.	Ko‘ndalang kesimi parabola ko‘rinishidagi o‘zanning gidravlik hisobi	59
VIII bobga doir test-nazorat savollari		78

IX bob. Ochiq o‘zanlarda suv oqimining sekin o‘zgaruvchan beqaror harakati

9. 1.	Asosiy tushunchalar	82
9. 2.	Suv oqimining naporsiz beqaror harakati holatlari	82
9. 3.	Oqimning naporsiz sekin o‘zgaruvchan beqaror harakati uchun Sen-Venan differensial tenglamalari sistemasi va uni echishga doir umumiy ko‘rsatmalar	88
9. 4.	Ochiq o‘zanlarda harakatlanayotgan bir o‘lchamli suv oqimining sekin o‘zgaruvchan beqaror harakati differensial – Sen-Venan tenglamalari sistemasi. Ko‘chishto‘lqinlarining qaytishi	93
9. 5.	Oqimning notinch (shovqinli) va tinch (sokin) harakatlari tushunchalariga aniqlik kiritish. Gidravlik sakrashni to‘lqin ko‘chishining to‘xtagan holati deb qaralishi	98
	IX bobga doir test-nazorat savollari	100

X bob. Ochiq o‘zanlar va kanallarda suv oqimining naporsiz notekis barqaror harakati

10. 1.	Dastlabki tushunchalar	101
10. 2.	Suv oqimi notekis harakatining asosiydifferensial tenglamasi(differensial tenglamaning 1-ko‘rinishi)	105
10. 3.	Oqimning notekis harakati differensial tenglamasining ikkinchi ko‘rinishi	107
A.	Oqimning silindrik o‘zanlardagi notekis harakati	
10. 4.	Silindrik o‘zanlarda oqimning notekis barqaror harakati differensial tenglamasining ikkinchi ko‘rinishi	110
10. 5.	To‘rt asosiy tushuncha. Kesimning solishtirma energiyasi, kritik chuqurlik, normal chuqurlik,kritiknishablik	112
10. 6.	Oqimning tinch (sokin), notinch (shovqinli) va kritik holatdagi harakatlari	124

10. 7.	Silindrik o‘zanlarda oqimning Tekis o‘zgaruvchan notekis harakati uchun erkin sirt egriligini kuzatish	127
10. 8.	Oqimning notekis harakatida sath egriligi o‘rganishda mavjud sinflar va guruhlar	128
10. 9.	To‘g‘ri nishabli o‘zanlar uchun ($i > 0$) suvning notekis harakati differensial tenglamasini integrallash uchun qulay ko‘rinishiga keltirish	136
10.	Tubi teskari nishabli ($i < 0$) o‘zanlarda harakatlanayotgan	
10.	oqimning notekis harakati differensial tenglamasini integrallash uchun qulay ko‘rinishga keltirish	137
10.	Oqimning notekis harakati differensial	
11.	tenglamasini integrallashgacha doiramaliy ko‘rsatmalar	138
10.	Sarf modulining asosiy ko‘rsatkichi. O‘zanning gidravlik	
12.	ko‘rsatkichi	139
10.	Tubi to‘g‘ri nishabli ($i > 0$) o‘zanlarda oqimning notekis harakati	
13.	differensial tenglamasini Baxmetev usulida integrallash	143
10.	Tubi gorizontal bo‘lgan ($i = 0$) o‘zanlardagi oqimning notekis	
14.	harakati differensial tenglamasini Baxmetev usulida integrallash	146
10.	Baxmetev usuli bo‘yicha tubi teskari nishabli ($i < 0$) o‘zanlarda	
15.	oqimning notekis harakati differensial tenglamasini integrallash	147
B. Oqimning notsilindrik o‘zanlardagi notekis harakati		
10.	Yakuniy farq (Charnomskiy) usulida oqimning erkin sirt	
16.	egriligini chizish (notsilindrik o‘zanlar uchun)	157
V. Oqimning tabiiy o‘zanlardagi harakati		
10.		
17.	Dastlabki tushunchalar	160
Tabiiy o‘zanlarda oqimning erkin sirt egriligini qurishdagi 1-usul		

10.	Tabiiy o‘zanni faraziy silindrik o‘zan deb qabul qilish yo‘li bilan	
18.	oqimning erkin sirt egriligini qurish	162
Tabiiy o‘zanlarda harakatlanayotgan oqimning erkin sath egriligini qurishninig 2-usuli		
10.		
19.	Asosiy hisoblash formulalari	166
10.	$\frac{1}{\overline{K}^2}$ kattalikninig sonli kiymaini aniqlash. Yordamchi grafiklar	168
20.		
10.		
21.	Erkin sirt egriligini qurishning umumiy usuli	169
10.	Qarshilikmodulining invariantligi xaqidagipostulat. Erkin sirt	
22.	egriligini Raxmanov usulida qurish	170
10.		
23.	Pavlovskiy usulida erkin sirt egriligini qurish	172
	X bobga doir test-nazorat savollari	175
Xlbob. Gidravlik sakrash		
11. 1.	Gidravlik sakrashning fizik mohiyati. Gidravlik sakrashdan keyingi soha	179
11. 2.	Gidravlik sakrashning asosiy tenglamasi	184
11. 3.	Gidravlik sakrash funksiyasi. Tutash chuqurliklar kattaligini biriga asosan ikkinchisini aniqlash	186
11. 4.	To‘g‘ri to‘rtburchakli silindrsimon o‘zanlar uchun gidravlik sakrashning asosiy tenglamasi	187
11. 5.	Gidravlik sakrash uzunligiga ta’sir etuvchi omillar. Sakrash uzunligini aniqlash	189
11. 6.	Gidravlik sakrashda energiyaning yo‘qolishi	192
11. 7.	Gidravlik sakrashning asosiy ko‘rinishlari	194
11. 8.	Silindrsimon kanallar tubining nishabligi keskin o‘zgarganda	198

oqimning erkin sirt egriligi shakllari	
XI bobga doir test-nazorat savollari	201
XII bob. Suv o‘tkazgichlar	
12. 1. Asosiy tushunchalar va suvo‘tkazgichlar tasnifi	204
12. 2. Suv o‘tkazgichlarning sarfini hisoblash formulalari	208
12. 3. Ingichka devorli suv o‘tkazgichlarning tasnifi	210
12. 4. Normal suv o‘tkazgichlardan oqimning erkin oqishi	211
12. 5. Ingichka tik devorli to‘g‘ri to‘rtburchakli suv o‘tkazgichlarning yon tomondan siqilishi va ular ko‘milganda oqimning erkin oqishi	212
12. 6. Sarfni o‘lchashda ishlatiladigan suv o‘tkazgich – o‘lchagichlar	215
To‘g‘ri to‘rtburchakli keng ostonali suvo‘tkazgichlar	
12. 7. Keng ostonali ko‘milmagan suv o‘tkazgichlar	222
12. 8. Keng ostonali suv o‘tkazgichlarning ko‘milish sharti	229
12. 9. Keng ostonali ko‘milgan suv o‘tkazgichni hisoblash formulalari	232
Amaliy profilli devorga ega bo‘lgan to‘g‘ri to‘rtburchakli suvo‘tkazgichlar	
12. 10. Amaliy profilli devorga ega bo‘lgan suvo‘tkazgichlarning qo‘shimcha tasnifi	234
12. 11. Amaliy profilli suvo‘tkazgichlarni hisoblash formulasi	234
12. 12. Amaliy profilli suv o‘tkazgichlarning ko‘milish koeffitsientini aniqlash	235
12. 13. Amaliy profilli suv o‘tkazgichlar uchun yon tomondan siqilish koeffitsientini aniqlash	236
12. 14. Amaliy profilli suv o‘tkazgichlarning sarf koeffitsienti	237
XII bobga doir test-nazorat savollari	240
XIII bob. To‘g‘on qurilganda beflarning tutashishi	
13. 1. Beflarni tutashishidagi mavjud sxemalar va rejimlar	243

13. 2.	Oqimning siqilgan kesimdagi chuqurligini aniqlash	250
13. 3.	To‘g‘ondan pastga oshib tushayotgan oqimchalarning pastki befda tutashishi	254
13. 4.	To‘g‘on pastki befining tuzilishini loyihalashtirish va hisoblashga doir umumiy ko‘rsatmalar	259
13. 5.	Inshoatlarning pastki beflarida oqimning kinetik energiyasini so‘ndirish	261
13. 6.	Pastki bef tubi belgisi va suv urilma hovuzi chuqurligini aniqlashning analitik usuli	264
13. 7.	To‘g‘ondan keyin mustahkamlanishning belgisini aniqlash va suv urilma hovuzi chuqurligini grafiklar yordamida aniqlash	267
13. 8.	Suv uriladigan devorning balandligini hisoblashning analitik usuli	270
13. 9.	Suv uriladigan devor balandligini grafiklar yordamida hisoblash	274
13.	Suv urilma devor qurilishi va o‘zan tubining chuqurlashtirilishi	
10.	natijasida paydo bo‘ladigan suv urilma hovuzlar uzunligini aniqlash	276
13.	To‘g‘onning pastki bef bilan tutashishi baland pog‘ona orqali	
11.	bo‘lganda uni hisoblashga doir umumiy ko‘rsatmalar	279
13.	To‘siq ostidagi loyqa o‘tkazuvchi tirqishdan suv oqimchasi	
12.	chiqqanda beflar tutashishi va unda qo‘llaniladigan energiya so‘ndirgichlar	280
13.	To‘siq ostidagi o‘zan tubiga yaqin tirqishdan suv oqimchasi	
13.	chiqqanda mahalliy yuvilishlar	282
13.	Harakatlanuvchi to‘siq ostidan o‘tayotgan suv oqimchasi erkin	
14.	oqqanda kerakli sarfni o‘tkazish uchun to‘siqning ko‘tarilish balandligini aniqlash	283
13.		
15.	Harakatlanuvchi to‘siqlarning ko‘rinishlari	287

13.	Harakatlanuvchi to'siqlar ostidan oqib chiqayotgan cheklangan	
16.	oqimlar va bunday hollarda to'siqning ko'tarilish balandligini hisoblash	291
XIIIbobga doir test-nazorat savollari		296
XIV bob. Suv tushirgichlar		
14. 1.	Umumiy tushunchalar	298
14. 2.	Suv oqimining suv o'tkazgichdan oshib o'tishda uchish uzunligini aniqlash	299
14. 3.	Bir pog'onali suv tushirgichni hisoblashga doir eslatma	301
14. 4.	G'ovakli suv tushirgichning gidravlik hisobi	302
14. 5.	Ko'p pog'onali hovuzchali suv tushirgichning gidravlik hisobi	305
14. 6.	Ko'p pog'onali hovuzchasiz suv tushirgichlarning gidravlik hisobi	307
XIVbobga doir test-nazorat savollari		309
XVbob. Kanallar bilan beflarni tutashtirish		
15. 1.	Umumiy ko'rsatmalar	312
15. 2.	Tubining nishabligi kritik nishablikdankichik ($i < i_k$) bo'lgan qisqa kanallar hisobi	313
15. 3.	Kritik nishablikdan katta nishablikka ega bo'lgan ($i > i_k$) qisqa kanallarning gidravlik hisobi	316
15. 4.	Tezoqar-sharsharalar	319
15. 5.	SHarsharada harakatlanayotgan oqim aeratsiyalanishi	320
15. 6.	Qisqa kanalning tugash qismining ko'milgan holati uchun gidravlik sakrashning joylashish vaziyatini aniqlash	325
15. 7.	To'g'ri nishablikka ega bo'lgan bir necha sohalardan iborat lotokning gidravlik hisobiga doir amaliy ko'rsatmalar. Natijaviy xulosalar	327
XV bobga doir test-nazorat savollari		331

XVI bob. Gidravlik jarayonlarni modellashtirish		
16. 1.	Modellashtirishga ehtiyoj, uning amaliyotdagi oʻrni va maqsadi	332
16. 2.	Daryo va gidrotexnik inshootlarda roʻy beradigan jarayonlarni matematik modellashtirish	335
16. 3.	Daryo va gidrotexnik inshootlarda roʻy beradigan jarayonlarni fizik modellashtirish	338
16. 4.	Suv oʻtkazgich yoki tushirgichlarni modellashtirish	340
16. 5.	Napor ostida harakatlanayotgan suyuqlik oqimini modellashtirish	341
16. 6.	Ochiq oʻzanlarda harakatlanayotgan oqimni modellashtirishdagi muammolar	342
16. 7.	Gidravlik jarayonlarning oʻxshashlik mezonlari xaqida tushuncha	343
16. 8.	Dinamik oʻxshashlik mezonlari	349
16. 9.	Gidravlik jarayonlarni modellashtirish uchun asosiy koʻrsatmalar	357
	XVI bobga doir nazorat savollari	360
XVII bob. SHamol toʻlqinlari haqida asosiy maʼlumotlar		
17. 1.	Asosiy tushunchalar	361
17. 2.	Gravitatsion shamol toʻlqinlarining asosiy tasniflari. Asosiy tushunchalar	363
17. 3.	Suv havzalari tasnifi	364
17. 4.	Toʻlqinlarning bir-biri bilan qoʻshilishi. Turgʻun toʻlqinlar	366
17. 5.	Chuqur suv havzalaridagi progressiv toʻlqinlar	367
17. 6.	Mayda suv havzalaridagi toʻlqinlar	373
17. 7.	Qirgʻoqlardagi toʻlqinlar	374
	XVII bobga doir nazorat savollari	375
XVIII bob. Quyqaning harakati		
18. 1.	Umumiy tushunchalar	376
18. 2.	Naporsiz pulpovodlarning gidravlik hisobi	379
18. 3.	Naporli pulpovodlarning gidravlik hisobi	385

XVIII bobga doir nazorat savollari	390
Ilova	391
Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yhati	396