

QARSHI MUHANDISLIK-IQTISODIYOT INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.04./30.04.2021.T.111.04 RAQAMLI ILMIY KENGASH

QARSHI MUHANDISLIK- IQTISODIYOT INSTITUTI

RAJABOV ULUG‘BEK MAMASHOYEVICH

GIDRAVLIK ZARBA SO‘NDIRGICHNING HISOBINI
TAKOMILLASHTIRISH

05.09.07 – Gidravlika va muhandislik gidrologiyasi

Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI

Qarshi – 2023

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)
dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата доктора философии (PhD)
по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Rajabov Ulug‘bek Mamashoyevich Gidravlik zarba so‘ndirgichning hisobini takomillashtirish.....	3
Ражабов Улугбек Мамашоевич Совершенствование метода расчета гасителя гидравлического удара.....	21
Razhabov Ulugbek Mamashoevich Improving the method for calculating the hydraulic shock absorber.....	39
E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati Список опубликованных работ List of published works.....	42

QARSHI MUHANDISLIK-IQTISODIYOT INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.04./30.04.2021.T.111.04 RAQAMLI ILMIY KENGASH

QARSHI MUHANDISLIK-IQTISODIYOT INSTITUTI

RAJABOV ULUG‘BEK MAMASHOYEVICH

GIDRAVLIK ZARBA SO‘NDIRGICHNING HISOBINI
TAKOMILLASHTIRISH

05.09.07 – Gidravlika va muhandislik gidrologiyasi

Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI

Qarshi – 2023

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2023.1.PhD/T3526 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Qarshi muhandislik - iqtisodiyot institutida bajarilgan.
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) ilmiy kengash veb-sahafasida (www.qmii.uz) va «Ziynet» Axborot-ta'lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Jonqobilov Ulug'murad Umbarovich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Xo'jayev Ismatilla Qo'shayevich
texnika fanlari doktori, professor

Uralov Baxtiyor Raxmatullayevich
texnika fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

Toshkent arxitektura-qurilish universiteti

Dissertatsiya himoyasi Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti huzuridagi PhD 04/30.04.2021.T.111.04 raqamli ilmiy kengashning «06» «07» 2023 y. soat 16⁰⁰ daqiqa majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 180100, Qashqadaryo viloyati, Qarshi shahri, Mustaqillik shoh ko'chasi, 225 uy. Tel: (+99875)-221-09-23, faks: (75) 221-09-23, e-mail: qmii@qmii.uz).

Dissertatsiya bilan Qarshi muhandislik-iqtisodiyot institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (63 raqam bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 180100, Qashqadaryo viloyati, Qarshi shahri, Mustaqillik shoh ko'chasi, 225 uy. Tel: (+99875)-221-09-23.

Dissertatsiya avtoreferati 2023 yil «01» «06» kuni tarqatildi
(2023 yil «01» «06» daqiqa 1422 raqamli reyestr bayonnomasi).



S.S.Eshv

Ilmiy darajalar beruvchi
kengash raisi, I.F.d., professor

A.N.Xazratov

Ilmiy darajalar beruvchi
kengash kotibi, I.F.d., dotsent

R.Xo'jayev

Ilmiy darajalar beruvchi
kengash huzuridagi ilmiy
seminar raisi, I.F.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) Dissertatsiyasi annotasiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda suv uzatish va texnologiyalaridan oqilona foydalanish, nasos stansiyalari va uzun naporli quvurlardan ishonchli foydalanishni ta'minlovchi ishlanmalarni yaratish, naporli quvurlarning gidravlik samaradorligini oshirish masalalariga alohida ahamiyat berilmoqda. Hozirgi kunda rivojlangan mamlakatlarda «...naporli quvurlardagi gidravlik zarba jarayonining matematik modelini takomillashtirishda oqim bilan quvurning o'zaro ta'sirini asoslash zarurati belgilangan»¹. Bu borada, jumladan foydalanayotgan nasos stansiyalarining samarali ishlashi, xavfsizligi va ishonchliligini ta'minlashda nasos stansiyalarining naporli quvurlarida gidravlik zarba jarayonlari tadqiqotida resurs va energiya tejashga qaratilgan ishlanmalarni yoritishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda nasos stansiyalari naporli quvurlarining samarali ishlash rejimini ta'minlashda oqimning beqaror harakatiga bag'ishlangan tadqiqotlar gidravlik zarba so'ndirgichlar optimal o'lchamlarini so'ndirgich ichidagi ishchi jism (havo+suv)lar hajmlari o'zgarishining optimal qiymatlarini asoslab aniqlashga bag'ishlangan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu yo'nalishda, jumladan, nasos stansiyalarining naporli quvurlarida gidravlik zarba so'ndirgichlar parametrlarini hisoblash usulini takomillashtirish va ishonchli foydalanishni ta'minlashga qaratilgan tadqiqotlar ustivor hisoblanmoqda. Shu bilan birga, naporli quvurlar tizimini gidravlik zarbaga hisoblashda so'ndirgichlar ichidagi havo hajmi o'zgarishini va uning siqilish - kengayish jarayonlarini inobatga olib so'ndirgichdagi napor o'zgarishining maksimal va minimal qiymatlarini hisoblashda politropa ko'rsatkichining tajribada asoslangan qiymatini inobatga olib matematik modelini takomillashtirish dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

Respublikamizda nasos stansiyalaridan samarali va xavfsiz foydalanish, samaradorligini oshirishga qaratilgan yangi texnologiyalarni yaratish bo'yicha keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. 2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan «Suv resurslarini boshqarish tizimini tubdan isloh qilish va suvni iqtisod qilish bo'yicha alohida davlat dasturini amalga oshirish»² bo'yicha vazifalari belgilangan. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda, xususan, sug'orish nasos stansiyalarining ishonchli ishlashi, gidromexanik qurilmalarning konstruksiyalarini takomillashtirish, ulardan oqilona foydalanish mexanizmlarini ishlab chiqishga yo'naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlarini olib borish muhim hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son «2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida», 2021 yil 29 iyuldagi PF-5201-son «O'zbekiston Respublikasining Qashqadaryo va Surxondaryo viloyatlarida sug'oriladigan yerlarni stabil suv bilan ta'minlaydigan 29 ta nasos stansiyalarni modernizatsiya qilish to'g'risida», 2020 yil 10 iyuldagi PF-6024-son «O'zbekiston Respublikasi suv xo'jaligini

¹ <https://doi.org/10.1016/j.jfluidstructs.2017.10.005>.

² O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son «2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida»gi Farmoni.

rivojlantirishning 2020-2030 yillarga mo'ljallangan konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida»gi Farmonlari va 2017 yil 25 sentabrdagi PQ-3286-son «Suv obyektlarini muhofaza qilish tizimini yanada takomillashtirish chora tadbirlari to'g'risida»gi Qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa meyoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining asosiy ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Bu tadqiqot respublikada fan va texnikani rivojlantirishning ustuvor yo'nalishi V. "Qishloq xo'jaligi, biotexnologiya, ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish"ga muvofiq holda bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Naporli quvurlarda gidravlik zarbaning nazariy asoslari va hisoblash usullarini ishlab chiqishda bir qator taniqli xorijiy olimlar katta hissa qo'shganlar, jumladan Jukovskiy N.YE., Surin A.A., Kutateladze S.S., Moshnin L.F., Lyamayev B.F., Popov D.N., Smirnov D.N., Djvarsheyshvili A.G., Dikarevskiy V.S., Alishev V.M., Andriyashev M.M., A.M.Al-Khomairi, G.Evangelisti D.Ludewig va boshqalar.

Naporli quvurlar tizimida va nasos stansiyalarining uzun naporli quvurlarida gidravlik zarbani hisoblashning samarali usullarini ishlab chiqish va takomillashtirishga O'zbekistonning taniqli olimlari Raxmatullin X.A., Latipov Q.SH., Umarov A.I., Xamidov A., Xo'jayev I.Q., Muxammadiyev M., Arifjanov A.M., Xudayqulov S.I., Glovatskiy O.Ya., Urishev B., Jonqobilov U.U., Mirxamidova X.B. larning ilmiy ishlari bag'ishlangan. Olib borilgan ilmiy tadqiqotlar natijasida naporli quvurlar tizimida gidravlik zarbaning salbiy oqibatlari oldini olishga oid masalalarni yechishda salmoqli natijalarga erishildi.

Bugungi kunda nasos stansiyalari quvurlarida oqimning beqaror harakati bilan bog'liq jarayonlar bo'yicha tadqiqotlar olib borilishiga qaramasdan, uzun naporli quvurlar tizimida foydalaniladigan gidravlik zarba so'ndirgichlar konstruktiv parametrlarini asoslash va so'ndirgich ichida ishchi jism(havo)ning harakat qonuniyatini napor o'zgarishining ekstremal qiymatlarini inobatga olish kabi masalalar yetarli darajada o'rganilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Qarshi muhandislik – iqtisodiyot instituti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining 5/2016-“Gidrotexnika inshootlari va nasos stansiyalarining ilmiy-texnikasalarini yechimining samarasini oshirish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqish” va Qarshi muhandislik-iqtisodiyot institutida bajarilgan № GvaGI/40-20-sonli “Nasos stansiyalari bosim quvurlarini gidravlik hisoblash usullarini takomillashtirish” (2021) mavzusidagi xo'jalik shartnomasi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi nasos stansiyalarining naporli gidravlik tizimlarida so'ndirgichlardagi havo parametrlarining o'zgarish qonuniyatini inobatga olgan holda gidravlik zarba so'ndirgichi hisobini takomillashtirishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

salbiy (bosim kamayishidan) va ijobiy (bosim ortishidan) gidravlik zarba jarayonlarida so'ndirgichlar uchun politropik jarayonni eksperimental asoslash;

quvurdagi suyuqlik barqaror harakati boshlang'ich parametrlarining o'zgarishlarini hisobga olib naporli quvurlarda bosimning pasayishidan gidravlik zarba jarayoni ish rejimida so'ndirgich ichidagi gidrodinamik jarayonning matematik modelini ishlab chiqish;

gidravlik zarba so'ndirgichdagi politropik jarayonni hisobga olgan holda naporli tizimlarda bosim oshishidan matematik modelini ishlab chiqish;

naporli quvurlarda yuzaga keladigan salbiy va ijobiy gidravlik zarba jarayonlarida so'ndirgichlarni hisoblash usulini takomillashtirish.

Tadqiqot obyekti sifatida Qashqadaryo viloyatidagi Qo'ng'irtog', Varganza-2 nasos stansiyalari olingan.

Tadqiqotning predmetini naporli quvurga o'rnatilgan gidravlik zarba so'ndirgichdagi jarayonlar tashkil etadi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida analitik, sonli usullar, tizimli tahlil, real obyektlarda va laboratoriyada olingan ma'lumotlarni matematik statistika usullari bilan qayta ishlash, shuningdek, matematik modellashtirish usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

quvurda salbiy va ijobiy gidravlik zarba jarayonlarida so'ndirgichlarda havo bosimi va hajmining o'zgarishlarini inobatga olgan holda so'ndirgich ichida politropik jarayonning politropa ko'rsatkichi qiymatining 1,2 ga tengligi eksperimental asoslandi;

naporli quvurda barqaror oqim boshlang'ich parametrlarining keng intervaldagi o'zgarishlarini va so'ndirgichdagi politropik jarayonni inobatga olib salbiy gidravlik zarba ish rejimida so'ndirgichni hisoblashning matematik modeli takomillashtirilgan;

gidravlik zarba so'ndirgichi ichida politropik jarayonni inobatga olgan holda naporli tizimlarda ijobiy gidravlik zarba jarayonida so'ndirgichni hisoblashning matematik modeli takomillashtirilgan;

naporli quvurda yuzaga keladigan salbiy va ijobiy gidravlik zarba so'ndirgichlarida politropik jarayonni inobatga olib so'ndirgichni hisoblash usullari takomillashtirilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

nasos stansiyalarining naporli quvurlariga gidravlik zarba so'ndirgichlarning tavsiya etilgan konstruksiyalarini o'rnatish gidravlik zarba kuchini pasaytirishning asosiy va samarali usullari ekanligi eksperimental tarzda tasdiqlangan;

tavsiya etilgan gidravlik zarba so'ndirgichlar uchun to'liq tenglamalarining sonli va analitik yechimlari olingan;

taklif etilayotgan so'ndirgichlarning parametrlarini hisoblash uchun olingan formulalar muhandislik hisoblarining aniqligini oshirish va ushbu gidravlik so'ndirgichlarni yasashga sarflanadigan metall sarfini va narxini kamaytirish imkonini beradi.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi nazariy yechimlarni ishlab chiqishda umum qabul qilingan mexanika qonunlari va matematik usullarga asoslanganligi, olingan natijalarni o'tkazilgan dala

tadqiqotlari natijalari bilan solishtirilganligi, ma'lumotlarni tahlil qilishda matematik statistika uslublaridan foydalanganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati salbiy va ijobiy gidravlik zarba jarayonlarida zarba so'ndirgichlar matematik modellarini sonli va analitik hisoblashlarda politropa ko'rsatkichini inobatga olib takomillashtirilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati gidravlik zarba so'ndirgichi maksimal va minimal naporlarini hisoblash usuli politropa ko'rsatkichi optimal qiymatini inobatga olib takomillashtirilganligi, gidravlik zarba so'ndirgichi iqtisodiy parametrlarini hisoblash usuli gidravlik zarba paytida oqimning gidrodinamik parametrlarini inobatga olib takomillashtirilganligi, bosim kamayishidan va bosim ortishidan sodir bo'ladigan gidravlik zarba vaqtida politropa ko'rsatkichining aniq qiymati ($n = 1,2$) asoslanganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Olingan tadqiqot natijalari asosida so'ndirgich ichidagi havoning siqilish va kengayish qonuniyatini hisobga olgan holda bosimning pasayishi va ortishi bilan sodir bo'ladigan gidravlik zarba jarayonlarida so'ndirgichlarni hisoblash usullarini takomillashtirish asosida:

nasos stansiyalarining naporli quvurlarida va naporli tizimlarida bosimning pasayishi va bosimining oshishi bilan sodir bo'ladigan gidravlik zarba jarayonlarida so'ndirgichlarni hisoblash usullari natijalari havoning siqish va kengayish qonunini takomillashtirishni hisobga olgan holda O'zbekiston suv xo'jaligi vazirligiga qarashli Amu-Qashqadaryo irrigatsiya tizimlari havza boshqarmasiga qarashli Qarshi tumanidagi Qo'ng'irtog' nasos stansiyasiga so'ndirgichlarning taklif etilayotgan konstruksiyalari joriy etildi (Suv xo'jaligi vazirligining 2023 yil 31 martdagi 03/37-974-son ma'lumotnomasi). Qo'ng'irtog' nasos stansiyasining talofatsiz normal ishlashini ta'minlash natijasida resurs tejashning 6-9 foizga oshishi aniqlandi;

O'zbekiston suv xo'jaligi vazirligiga qarashli Amu-Qashqadaryo irrigatsiya tizimlari havza boshqarmasiga qarashli Kitob tumanidagi Varganza-2 nasos stansiyasi bosimli quvurlarini suv zarbiga hisoblash usullari natijalari (Suv xo'jaligi vazirligining 2023 yil 31 martdagi 03/37-974-son ma'lumotnomasi) joriy etildi. Varganza-2 nasos stansiyasining muammosiz normal ishlashini ta'minlash natijasida resurslarni tejashning 7-10% ga oshishi aniqlandi. Natijada kutilgan iqtisodiy samaradorlik 40 000 000 (qirq million) so'mni tashkil etgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Tadqiqot natijalari 5 ta xalqaro va 3 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha 22 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan 1 ta monografiya, Scopus bazasida indeksasiyalangan konferensiyalarda 4 ta, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining dissertatsiyalarning asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 10 ta maqola, jumladan 6 tasi respublika va 4 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan. Shu bilan bir qatorda 4 ta EHM dasturlari uchun guvohnomalar olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya ishi kirish, to'rtta bob, xulosa, adabiyotlar ro'yxati va ilovadan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 120 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Dissertatsiyaning **kirish** qismida olib borilgan tadqiqot ishining zarurligi va mavzusining dolzarbligi asoslangan, tadqiqot maqsadi va vazifalari hamda tadqiqot obyekti va predmeti shakllantirilgan, O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan. Tadqiqotning ilmiy yangiligi, olingan natijalarning nazariy va amaliy ahamiyatlari bayon etilgan, tadqiqot natijalarini joriy qilinganligi, ishonchliligi asoslangan, nashr etilgan ishlar, Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Gidravlik zarba so'ndirgichlarning tadqiqotlari bo'yicha ishlar tahlili”** deb nomlangan birinchi bobida naporli quvurlarda salbiy (bosimning kamayishidan) va ijobiy (bosimning ortishidan) gidravlik zarba jarayonlarida qo'llaniladigan zarba so'ndirgicharning nazariy asoslari va gidravlik parametrlarini hisoblash usullari bo'yicha amalga oshirilgan izlanishlarning tahlili keltirilgan.

Naporli quvurlarda gidravlik zarbaning nazariy asoslari va matematik modelini ishlab chiqish masalalari N.YE.Jukovskiy, A.A.Surin, X.A.Raxmatulin, M.A.Mostkov, A.F.Mostovskiy, L.F.Moshnin, V.M.Papin, D.N.Popov, D.N.Smirnov, L.Berjeron, A.G.Djvarsheyshvili, V.S.Dikarevskiy, K.SH.Latipov, A.Xamidov, A.M.Al-Khomairi, G.Evangelisti D.Ludewig va boshqalarning ishlarida bayon etilgan bo'lib, bu tadqiqotlarning asosiy qismi gidravlik zarba so'ndirgichlar parametrlari hisoblarini bajarishda so'ndirgich ichidagi ishchi jism(havo+suv) o'zgarish jarayoni izotermik yoki adiabatik deb olingan bulib unda ma'lum cheklanishlar mavjud.

Gidravlik zarba parametrlarini hisoblash usullari qator olimlarning V.M.Alishiev, B.F.Lyamayev, L.I.Maxaradze, G.I.Kirmelashvili, I.Q.Xo'jayev, A.M.Arifjanov, M.M.Muxammadiyev, O.Y.Glovaskiy, S.I.Xudayqulov, B.Urishev, U.U.Jonkobilov, M.M.Andriyashev, L.B.Zubov va boshqalar ishlarida keltirilgan bo'lib, bu ishlanmalarda gidravlik zarba jarayonida so'ndirgichlarning alohida masalalari tadqiqoti berilgan va olingan natijalar so'ndirgichlardagi jarayonning xususiy hollarini ifodalaydi. Gidravlik zarba jarayonida so'ndirgichning o'lchamlarini aniq hisoblashda so'ndirgich ichidagi havo va suvning ba'zi xossalari bilan bir qatorda, havo hajmi va havo bosimining vaqt davomida o'zgarish ta'sirini hisobga olish lozimligi bayon etilgan.

Nazariy va eksperimental tadqiqot natijalari tahlili shuni ko'rsatadiki, so'ndirgich ichidagi havo parametrlarining o'zgarishi so'ndirgichlarning optimal o'lchamlarini aniqlashga sezilarli darajada ta'sir qiladi, ular faqat suv hisobiga ishlaydigan so'ndirgichlardan farq qiladi. Xususan, yuqorida aytib o'tilganidek, so'ndirgichning o'lchamlarini aniq hisoblash politropa koeffitsiyenti n ning son

qiymatiga bog'liq bo'lib, u so'ndirgich ichidagi havoning kengayish-siqilish qonunini ifodalaydi.

Politropa ko'effitsiyentining miqdoriy va sifat xususiyatlarini, so'ndirgich ichidagi napor maksimal va minimal qiymatlarini inobatga olib so'ndirgichlarning tejamkor o'lchamlarini aniqlash masalalari tadqiqoti zaruratini taqozo qilishi bayon etilgan. Amalga oshirilgan tahlillar asosida ishning maqsad va vazifalari belgilangan.

Dissertatsiyaning **“Naporli gidravlik tizimlarda gidravlik zarba so'ndirgichlarning analitik va sonli tadqiqotlari”** deb nomlangan ikkinchi bobida naporli quvurga o'rnatilgan pnevmogidravlik zarba so'ndirgich ichidagi havo miqdorining o'zgarishini ifodalaydigan politropa ko'effitsiyentining tajribada asoslangan aniq qiymatini hisobga olib salbiy va ijobiy gidravlik zarba jarayonlari to'lqin tenglamalarining analitik va sonli yechimlarini hisoblashning asoslari bayon etilgan.

Gidravlik zarba so'ndirgichlarni hisoblash aniqligi politropa ko'rsatkichining n ning ishonchli qiymatiga bog'liq. Muhandislik amaliyotida gidravlik zarba so'ndirgichda havoning siqish-kengayish qonunini hisobga olib n ning son qiymatini aniqlash masalasi yechimi muammo bo'lib turibdi.

Masalan, N.YE.Jukovskiy gidravlik zarba so'ndirgichni hisoblashda havoning siqish-kengayishining adiabatik qonunini qabul qiladi ($n=1,4$), A.A.Surin, V.S.Dikarevskiy, V.M.Alishevlar havoning siqilishi-kengayishining izotermik qonuniyati ($n=1,0$) ni qo'llashni tavsiya qiladilar. B.F.Lyamayev va D.A.Fokslarning ilmiy ishlarida so'ndirgichda havoning siqilish-kengayish jarayoni politropik qonunga muvofiq borishi aytilgan.

Biroq, oxirgi holat qo'shimcha tadqiqotlar va ilmiy asoslashni talab qiladi. Shu sababli, gidravlik zarba so'ndirgichini hisoblash uchun politropik ko'effitsiyentning qiymatini to'g'ri tanlash mantiqiy asosi juda dolzarb bo'lib so'ndirgichdagi maksimal va minimal naporni va uning asosiy iqtisodiy o'lchamlarni aniqlashning ishonchliligi bunga bog'liq.

So'ndirgichda havo miqdorining o'zgarishi qo'yidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$WH_{0a}^{1/n} = W_1 H_{1a}^{1/n} \quad (1)$$

(1) tenglamadan aniqlaymiz

$$n = \lg \frac{H_{1a}}{H_{0a}} - \lg \frac{W}{W_1}, \quad (2)$$

bunda: H_{0a} va W_1 - gidravlik zarbagacha so'ndirgichdagi havo bosimi va hajmi; H_{1a} va W - zarba jarayonida so'ndirgichda havoning bosimi va hajmi; n - politropa ko'rsatkichi.

Salbiy gidravlik zarba (suv zarbi bosim kamayishidan sodir bo'ladi) da politropik jarayonni inobatga olib naporli quvur boshida diafragmali pnevmogidravlik so'ndirgich o'rnatilganda so'ndirgichda va naporli quvurda naporning maksimal H_{\max} va minimal H_{\min} qiymatlarini aniqlashda A.A.Surin, V.S.Dikarevskiy va V.M.Alishev modellarini rivojlantirish asosida quyidagi tenglamalar keltirilgan:

$$h = 1 + 0,25\sqrt{\sigma} \frac{d\bar{g}}{d\bar{t}} - (\bar{h}_{mp0} + \bar{h}_{\partial 0}) \bar{g} |\bar{g}|; \quad (3)$$

$$d\bar{W} = 8,1\sqrt{\sigma} \bar{g} d\bar{t}; \quad (4)$$

$$\bar{W} = h^{-0,83}, \quad (5)$$

bunda: h - so'ndirgich ichida \bar{t} vaqt momentida o'lchamsiz absolyut napor; \bar{g} - \bar{t} vaqt momentida quvurdagi suvning o'lchamsiz tezligi; \bar{t} - o'lchamsiz vaqt;

$\bar{h}_{\text{tpo}} = \frac{h_{\text{tpo}}}{H_{za}}$ - naporli quvurda barqaror harakatda o'lchamsiz napor yo'qolishi;

$\bar{h}_{\partial 0} = \frac{h_{\partial 0}}{H_{za}}$ - o'lchamsiz tezlik $\bar{g}=1$ da diafragmada o'lchamsiz napor yo'qolishi;

$\bar{W} = \frac{W}{W_0}$ - \bar{t} vaqt momentida so'ndirgich ichida o'lchamsiz havo hajmi; σ -

so'ndirgichning o'lchamsiz xarakteristik parametri.

Tenglamalar sistemasi (3) - (5) quyidagi boshlang'ich shartlarda yechiladi:

$$\left. \begin{aligned} h &= h_0 = 1 + \bar{h}_{mp0} \\ \bar{g} &= \bar{g}_0 = 1 \end{aligned} \right\} \bar{t} = 0 \text{ da.} \quad (6)$$

Keltirilgan (3)-(5) tenglamalarning o'ziga xos tomoni shundan iboratki, bu yerda so'ndirgich o'rnatilgan naporli quvurda gidravlik zarba jarayonida so'ndirgich parametrlarini baholashda qator omillar inobatga olingan, jumladan so'ndirgich ichidagi havo miqdori, naporli quvurning o'lchamlari, naporli quvurda energiya yo'qolishi hamda so'ndirgich ichidagi ishchi jism (havo+suv) hajmining gidravlik zarbada o'zgarishi bilan bog'liq politropa koeffitsiyenti. Ammo keltirilgan tenglamalardan gidravlik zarba jarayonida so'ndirgich parametrlarini aniqlashda ma'lum qiyinchiliklar mavjud. Keltirilgan tenglamalarni tajriba natijalari bilan solishtirishga qulay ko'rinishga keltirish kerak bo'ladi.

Yuqorida keltirilgan (3) - (5) tenglamalar sistemasini chekli farqlar usulida yechish mumkin.

Tenglama (5) dan foydalanib, so'ndirgich ichida \bar{t} dan $\bar{t} + \Delta\bar{t}$ gacha vaqt oralig'ida havo hajmi o'zgarishini tenglama (3) dan foydalanib quyidagini yozish mumkin:

$$\Delta\bar{W} = \bar{W}_{\bar{t}+\Delta\bar{t}} - \bar{W}_{\bar{t}} = \frac{1}{h_{\bar{t}+\Delta\bar{t}}^{0,83}} - \frac{1}{h_{\bar{t}}^{0,83}}. \quad (7)$$

Tenglama (2) ni quyidagicha yozib olamiz:

$$\Delta\bar{W} = 8,1\sqrt{\sigma} \bar{g}_{\bar{t}} \Delta\bar{t}. \quad (8)$$

Tenglama (7) va (8) larni tenglashtirib, ba'zi bir matematik almashtirishlardan keyin quyidagi bog'lanishni hosil qilamiz:

$$h_{\bar{t}+\Delta\bar{t}} = \frac{h_{\bar{t}}}{\left(1 + 8,1\sqrt{\sigma} \bar{g}_{\bar{t}} \Delta\bar{t} h_{\bar{t}}^{0,83}\right)^{0,83}}. \quad (9)$$

Tenglama (3) ni quyidagi ko'rinishda yozib olamiz:

$$\frac{d\bar{g}}{d\bar{t}} = \frac{4}{\sqrt{\sigma}} \left[h - 1 - (\bar{h}_{mp0} + \bar{h}_{\partial 0}) \bar{g} |\bar{g}| \right]. \quad (10)$$

Ba'zi bir matematik almashtirishlardan so'ng (10) ifodadan quyidagini hosil qilamiz:

$$\bar{g}_{t+\Delta t} = \frac{4}{\sqrt{\sigma}} \Delta t \left[h_{t+\Delta t} - 1 - (\bar{h}_{mp0} + \bar{h}_{\partial 0}) \bar{g}_t \right] + \bar{g}_t. \quad (11)$$

Tenglama (7) va (9) larni keltirib chiqarishda quyidagi farazlar qabul qilindi:

1. $\Delta \bar{W}$ ni aniqlashda (2) bog'lanish bo'yicha $\bar{g} = \bar{g}_t$ qabul qilingan.
2. $\bar{g}_{t+\Delta t}$ ni hisoblashda $h = h_{t+\Delta t}$ va $\bar{g}|\bar{g} = \bar{g}_t|\bar{g}_t$ qabul qilingan.

Nasos stansiyalari naporli quvurlari boshlanish qismida teskari klapandan keyin so'ndirgich o'rnatilganda salbiy gidravlik zarba jarayonida so'ndirgich ichidagi maksimal va minimal naporlar (h_{\max} , h_{\min}) ni (7) va (9) bog'lanishlar yordamida EHMda hisoblash mumkin.

Yuqorida keltirilgan tenglamalar (3)-(5) ni salbiy gidravlik zarba jarayonida so'ndirgich naporli quvurga o'rnatilganda so'ndirgichda politropik jarayon uchun naporning ekstremal (maksimal $H_{a\max}$ va minimal $H_{a\min}$) qiymatlarini aniqlashning analitik yechimlari keltirilgan:

$H_{a\min}$ ni politropik jarayon uchun hisoblash

$$\left\{ e^{\zeta_o} \left(\frac{m_1 \sigma + 1}{m_1 \sigma} - \frac{m_1^{n-1}}{\sigma} \right) \left[\frac{\zeta_o^{1-n}}{(1-n)} + \sum_1^N \frac{\zeta_o^{(N+1-n)}}{(N+1-n)N!} + \dots \right] \right\} =$$

$$= \left\{ \frac{e^{\zeta_m}}{m_1 \sigma} - \frac{m_1^{n-1}}{\sigma} \left[\frac{\zeta_m^{1-n}}{(1-n)} + \sum_1^N \frac{\zeta_m^{(N+1-n)}}{(N+1-n)N!} + \dots \right] \right\}, \quad (12)$$

bunda:

$$\zeta_o = \frac{m_1}{h_o^n}; \quad \zeta_m = \frac{m_1}{h_{\min}^n}; \quad m_1 = \frac{\bar{h}_{mp0} + \bar{h}_{\partial 0}}{\sigma}. \quad (13)$$

Tenglama (12) dan m_1 , σ , n va ζ_o ma'lum bo'lgan holda, iteratsiya usuli bilan ζ_t miqdorning qiymatini aniqlash va keyin quyidagini hisoblash mumkin

$$h_{\min} = \left(\frac{m_1}{\zeta_m} \right)^n \quad \text{va} \quad H_{a\min} = h_{\min} H_{ga} \quad (14)$$

ζ_t , h_{\min} va $H_{a\min}$ larni aniqlash masalasi EHMda yechiladi.

$H_{a\max}$ ni politropik jarayon uchun aniqlash

$$\left\{ m_2 \left[\frac{\zeta_m^{(1-n)}}{(1-n)} + \sum_1^N (-1)^N \frac{\zeta_m^{(N-1-n)}}{(N+1-n)N!} + \dots \right] + e^{-\zeta_m} \right\} =$$

$$= \left\{ m_2 \left[\frac{\zeta_{\max}^{(1-n)}}{(1-n)} + \sum_1^N (-1)^N \frac{\zeta_{\max}^{(N+1-n)}}{(N+1-n)N!} + \dots \right] + e^{-\zeta_{\max}} \right\} \quad (15)$$

bunda

$$\zeta_{m_1} = \frac{m_2}{h_{\min}^n}; \quad \zeta_{\max} = \frac{m_2}{h_{\max}^n}; \quad m_2 = \frac{\bar{h}_{mp0} + \bar{h}_{\partial 0}}{\sigma}, \quad (16)$$

$$h_{\max} = \left(\frac{m_2}{\zeta_{\max}} \right)^n \quad \text{va} \quad H_{a\max} = h_{\max} H_{za} \quad (17)$$

ζ_{\max} , h_{\max} va $H_{a\max}$ larni yechish masalasi EHM da bajariladi.

Ijobiy gidravlik zarba (suv zarbi bosim ortishidan sodir bo'ladi)da diafragmali pnevmogidravlik so'ndirgich naporli quvur oxirida o'rnatilganda politropik jarayonni inobatga olib so'ndirgich va naporli quvurning gidrodinamik

parametrlari (so'ndirgich ichida va naporli quvurda maksimal H_{\max} va minimal H_{\min} napor qiymatlari) ni hisoblashda yuqorida keltirilgan tenglamalar sistemasi (18)-(20) ni quyidagi ko'rinishda yozib olamiz:

$$h = 1 - 0,25\sqrt{\sigma} \frac{d\bar{\mathcal{G}}}{d\bar{t}} - (\bar{h}_{mp0} + \bar{h}_{\partial 0}) \bar{\mathcal{G}} |\bar{\mathcal{G}}|; \quad (18)$$

$$d\bar{W} = -8,1\sqrt{\sigma} \bar{\mathcal{G}} d\bar{t}; \quad (19)$$

$$\bar{W} = h^{-0,83}, \quad (20)$$

(18) - (20) tenglamalar sistemasi quyidagi boshlang'ich shartlar asosida yechiladi:

$$\left. \begin{array}{l} h = h_0 = 1 - \bar{h}_{mp0} \\ \bar{\mathcal{G}} = \bar{\mathcal{G}}_0 = 1 \end{array} \right\} \bar{t} = 0 \text{ da.} \quad (21)$$

Tenglamalar sistemasi (18) - (20) ni sonli chekli farqlar usulida EHMda yechish mumkin.

Tenglama (20) ni quyidagicha yozib olamiz:

$$\bar{W}_i = h_i^{-0,83} \text{ va } \bar{W}_{i+\Delta i} = h_{i+\Delta i}^{-0,83}. \quad (22)$$

Tenglama (22) dan aniqlaymiz

$$\Delta \bar{W} = \bar{W}_{i+\Delta i} - \bar{W}_i = h_{i+\Delta i}^{-0,83} - h_i^{-0,83}. \quad (23)$$

Tenglama (19) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$\Delta \bar{W} = -8,1\sqrt{\sigma} \bar{\mathcal{G}}_i \Delta \bar{t}. \quad (24)$$

(23) va (24) ifodalarni tenglashtirib yozib olamiz:

$$\frac{1}{h_{i+\Delta i}^{0,83}} - \frac{1}{h_i^{0,83}} = -8,1\sqrt{\sigma} \bar{\mathcal{G}}_i \Delta \bar{t}. \quad (25)$$

(25) ifodani ba'zi bir matematik almashtirishlardan so'ng quyidagi ifodani keltiramiz:

$$h_{i+\Delta i} = \frac{h_i}{\left(1 - 8,1\sqrt{\sigma} \bar{\mathcal{G}}_i \Delta \bar{t} h_i^{0,83}\right)^{0,83}}. \quad (26)$$

(24) tenglamani quyidagicha yozib olamiz:

$$\frac{d\bar{\mathcal{G}}}{d\bar{t}} = \frac{1-h - (\bar{h}_{mp0} + \bar{h}_{\partial 0}) \bar{\mathcal{G}} |\bar{\mathcal{G}}|}{0,25\sqrt{\sigma}}. \quad (27)$$

(27) ifodani ba'zi bir matematik almashtirishlardan so'ng quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\bar{\mathcal{G}}_{i+\Delta i} = \bar{\mathcal{G}}_i + \frac{4}{\sqrt{\sigma}} \Delta \bar{t} \left[1 - h_{i+\Delta i} - (\bar{h}_{mp0} + \bar{h}_{\partial 0}) \bar{\mathcal{G}}_i |\bar{\mathcal{G}}_i| \right]. \quad (28)$$

Naporli quvur oxirida teskari klapan (tez yopiluvchi kran)dan oldin diafragmali so'ndirgich o'rnatilganda ijobiy gidravlik zarbaning birinchi fazasida so'ndirgich ichidagi maksimal H_{\max} va minimal H_{\min} napor qiymatlarini (26) va (28) bog'lanishlardan foydalanib EHMda aniqlash mumkin bo'ladi. Yuqorida qabul qilingan farazlar (26) va (28) bog'lanishlar uchun ham o'rinli hisoblanadi.

Yuqorida keltirilgan tenglamalar (18)-(20) ni ijobiy gidravlik zarba jarayonida so'ndirgich naporli quvurlarga o'rnatilganda so'ndirgichda politropik jarayon uchun naporning maksimal h_{\max} va minimal h_{\min} qiymatlarini aniqlashning analitik yechimlari keltirilgan:

h_{\max} ni politropik jarayon uchun aniqlash

$$\left\{ e^{-\zeta_0} (1 - \aleph \sigma) + \aleph^n \left[\frac{\zeta_0^{1-n}}{1-n} - \frac{\zeta_0^{2-n}}{(2-n)!} + \frac{\zeta_0^{3-n}}{(3-n)2!} - \frac{\zeta_0^{4-n}}{(4-n)3!} + \dots + \frac{\zeta_0^{(N+1)-n}}{((N+1)-n)N!} - \dots \right] \right\} = \quad (29)$$

$$= \left\{ e^{-\zeta_m} + \aleph^n \left[\frac{\zeta_m^{1-n}}{1-n} - \frac{\zeta_m^{2-n}}{(2-n)!} + \frac{\zeta_m^{3-n}}{(3-n)2!} - \frac{\zeta_m^{4-n}}{(4-n)3!} + \dots + \frac{\zeta_m^{(N+1)-n}}{((N+1)-n)N!} - \dots \right] \right\}.$$

bunda $\zeta_0 = \frac{\aleph}{h_0^n}$; $\aleph = \frac{\bar{h}_{mp0} + \bar{h}_{d0}}{\sigma}$, $\zeta_m = \frac{\aleph}{h_{\max}^n}$.

h_{\min} politropik jarayon uchun quyidagi ifodadan aniqlanadi

$$\left\{ \aleph^n \left[\frac{\zeta_m^{1-n}}{1-n} + \frac{\zeta_m^{2-n}}{(2-n)!} + \frac{\zeta_m^{3-n}}{(3-n)2!} + \frac{\zeta_m^{4-n}}{(4-n)3!} + \dots + \frac{\zeta_m^{(N+1)-n}}{((N+1)-n)N!} + \dots \right] - e^{\zeta_m} \right\} = \quad (30)$$

$$= \left\{ \aleph^n \left[\frac{\zeta_{\max}^{1-n}}{1-n} + \frac{\zeta_{\max}^{2-n}}{(2-n)!} + \frac{\zeta_{\max}^{3-n}}{(3-n)2!} + \frac{\zeta_{\max}^{4-n}}{(4-n)3!} + \dots + \frac{\zeta_{\max}^{(N+1)-n}}{((N+1)-n)N!} + \dots \right] - e^{\zeta_{\max}} \right\}.$$

bunda $\zeta_{\max} = \frac{\aleph}{h_{\min}^n}$.

\aleph , σ , n va ζ_0 lar berilganda (29) yoki (30) tenglamalardan ketma-ket yaqinlashish usuli bilan ζ_m ning qiymatini aniqlashimiz, keyin esa quyidagi formulalar yordamida h_{\max} va $H_{a\max}$ lar hisoblanadi:

$$h_{\max} = \left(\frac{m_2}{\zeta_{\max}} \right)^n \quad \text{va} \quad H_{a\max} = h_{\max} H_{ga}. \quad (31)$$

(29) yoki (30) tenglamadan \aleph , σ , n va ζ_m (h_{\max}) ma'lum bo'lgan holda ketma-ket yaqinlashish usuli bilan ζ_{\max} qiymati aniqlanadi, keyin esa quyidagi formulalar yordamida h_{\min} va $H_{a\min}$ ni hisoblash mumkin bo'ladi:

$$h_{\min} = \left(\frac{m_1}{\zeta_{\min}} \right)^n \quad \text{va} \quad H_{a\min} = h_{\min} H_{ga}. \quad (32)$$

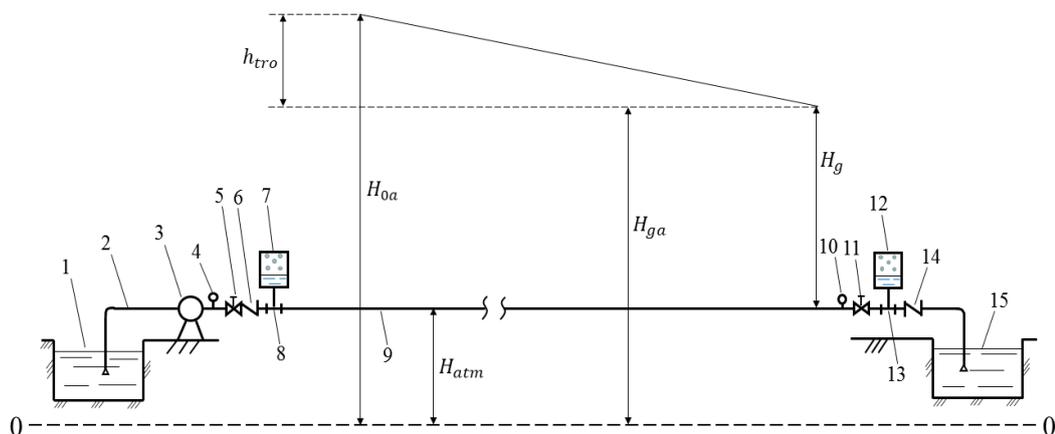
(29) - (30) tenglamalar bo'yicha h_{\min} va h_{\max} ni hisoblash kompyuterda amalga oshiriladi.

Dissertatsiyaning **“Naporli gidravlik tizimlarda gidravlik zarba so'ndirgichlarning eksperimental tadqiqotlari va hisoblash usuli”** deb nomlangan uchinchi bobida gidravlik zarba so'ndirgichlarning laboratoriya sharoitida va real obyektidagi tadqiqotlari natijalari keltirilgan.

Laboratoriya tadqiqotlari tajriba qurilmasida amalga oshirildi (1-rasm). Qurilma $D = 70$ mm diametrli uzunligi $Z = 250,2$ m gorizonta quvurdan iborat. Suv 2K-20/30 markali nasos yordamida rezervuar (o'lchamlari 2,5, 6 va 2,5 m) dan naporli quvurga yetkazib beriladi. Teskari klapandan gidravlik zarbani hosil qilishda foydalanilib, o'lchovlar natijalari kompyuterda aks ettirish uchun maxsus moslama bilan jhozlangan. Tajribalarda suyuqlik sarfi hajmiy usulda aniqlangan.

Laboratoriya qurilmasi (1-rasm) da naporli quvurda beqaror harakat vaqtida so'ndirgich ichida havo hajmi o'zgarish jarayonini ifodalaydigan politropa ko'rsatkichini va so'ndirgichda naporning o'zgarishini aniqlash bo'yicha tajribalar o'tkazildi.

So'ndirgichlarda (diafragmali va diafragmasiz) politropa ko'rsatkichi bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlar natijasida bir qator diagrammalar olingan (2-rasm, 3-rasm).



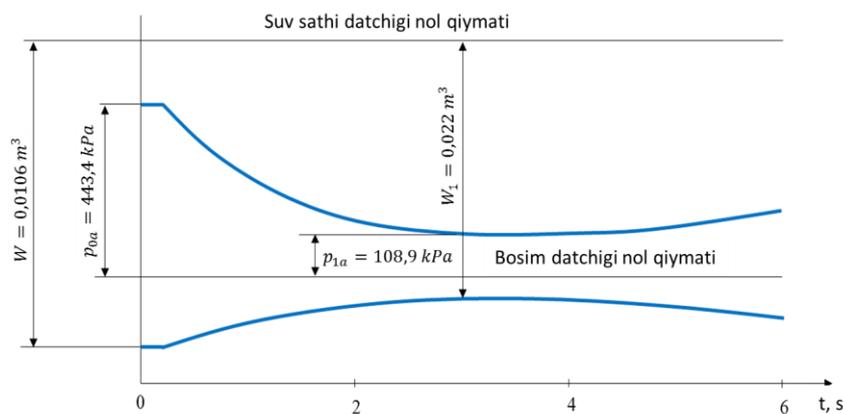
1-suv manbai; 2-so'rish quvuri; 3-nasos; 4,10-manometrlar 5,11-qulfaklar; 6,14-tez yopiluvchi probkali kranlar; 7,12-zarba so'ndirgichlar; 8,13-yig'ish quvurchalari; 9-naporli quvur; 15-rezervuar

1-rasm. Tajriba qurilmasining sxemasi

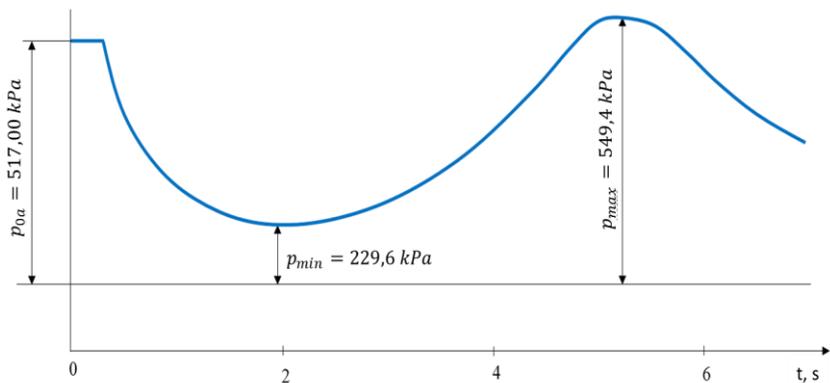
Olingan diagrammalarni qayta ishlash natijalari 4-rasmda ko'rsatilgan. Tajribalarda olingan politropa ko'rsatkichining o'rtacha qiymati $n=1,179$ ga teng. Hisoblarda ma'lum zahira bilan $n=1,2$ ni olish tavsiya yetiladi.

Tajribalar so'ndirgich ichidagi ishchi jism (havo+suv) parametrlari o'zgarishini quvurning uzunligi va diametriga, quvur uzunligi bo'yicha gidravlik qarshiliklar hisobiga napor yo'qolishiga va so'ndirgichni naporli quvur bilan o'lash quvurchasidagi diafragmada energiya yo'qolishiga bog'liq ravishda o'tkazildi. So'ndirgichlarning laboratoriya tadqiqotlarida dastlabki tezlik 0,2 m/s qadam bilan 0,7 m/s dan 2,5 m/s gacha oraliqda o'zgardi. Zarbadan oldin gidrodinamik napor H_0 mos ravishda 25 m dan 45 m gacha o'zgardi. Tajribalar salbiy va ijobiy gidravlik zarba jarayonlari uchun o'tkazildi (1-rasm). Tajribalardan namunalar keltirildi umumiy holda 3-4 takrorlashlar bilan bajarildi (5,6,11,12-rasmlar).

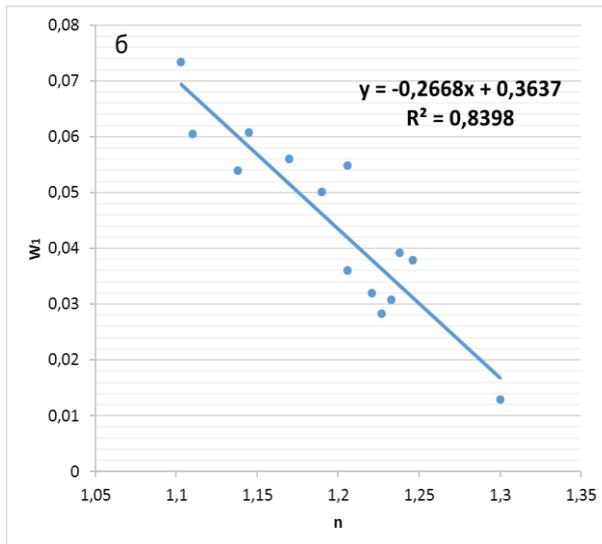
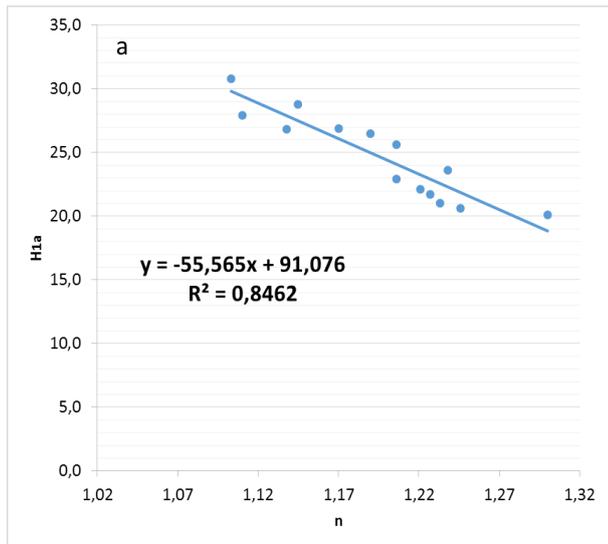
Dala tajribalari Qashqadaryo viloyati Qo'ng'irtog' nasos stansiyasida o'tkazildi.



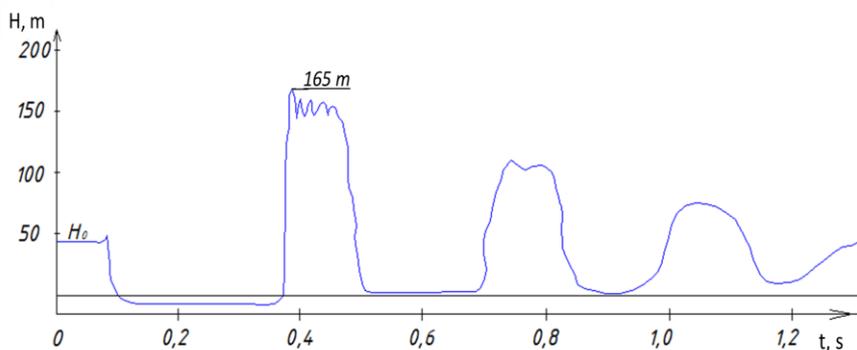
2-rasm. So'ndirgich ichida napor va havo hajmi o'zgarish diagrammasi: 28-tajriba, $\vartheta_0=2,18$ m/s; $H_g=20,0$ m.



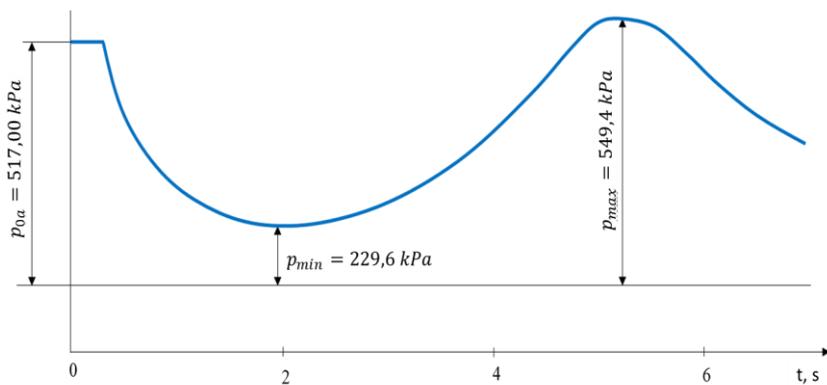
3-rasm. So‘ndirgich ichida napor o‘zgarishi diagrammasi: 35-tajriba, $\vartheta_0=1,51$ m/s; $H_g=30,0$ m; $W_0=0,0074$ m³; $\bar{h}_{\partial o}=0,442$.



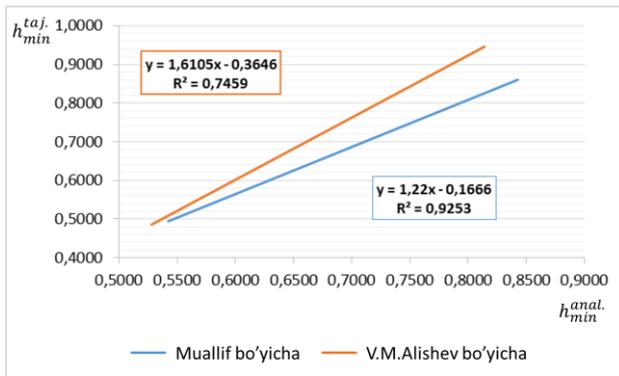
4-rasm. So‘ndirgich ichidagi napor va havo hajmining politropa ko‘rsatkichi n ga bog‘liqligi



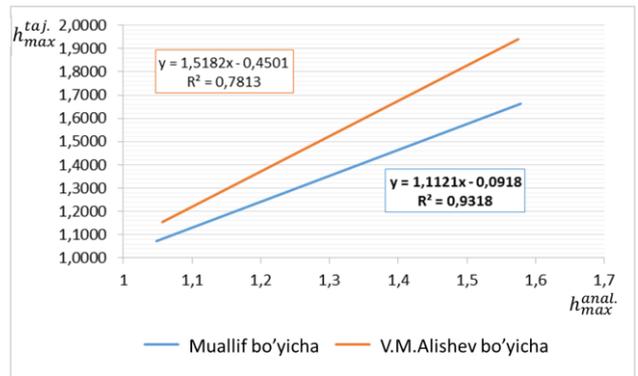
5-rasm. Salbiy gidravlik zarbada naporning o‘zgarish diagrammasi: №5-tajriba, $\vartheta_0 = 0,8$ m/s; $H_0 = 44,1$ m; $\bar{h}_{\partial o}=0,085$.



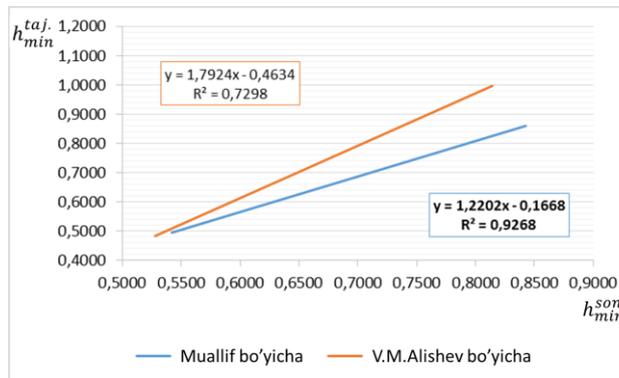
6-rasm. Salbiy gidravlik zarbada so‘ndirgich ichida naporning o‘zgarish diagrammasi: 12-tajriba, $\vartheta_0 = 0,82$ m/s; $H_0 = 44,0$ m; $W_0 = 0,0074$ m³; $\bar{h}_{\partial o}=0,085$.



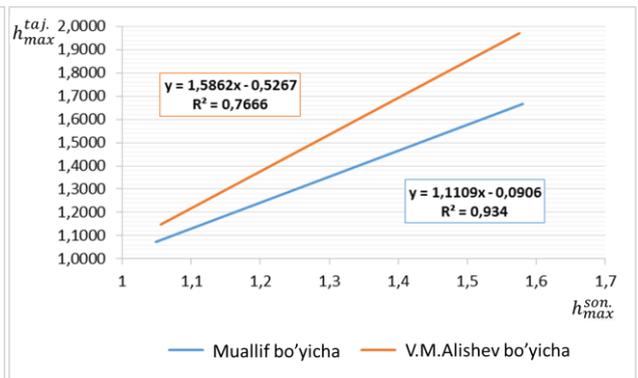
7-rasm. Tajriba natijalari (h_{\min}^{taj}) ning analitik (h_{\min}^{anal}) tadqiqotlar bilan qiyoslanishi



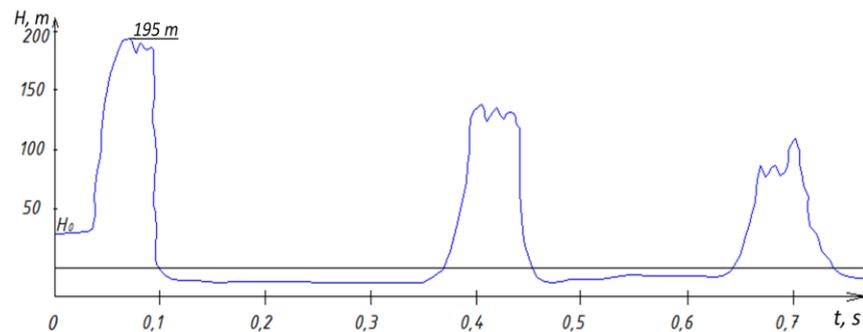
8-rasm. Tajriba natijalari (h_{\max}^{taj}) ning analitik (h_{\max}^{anal}) tadqiqotlar bilan qiyoslanishi



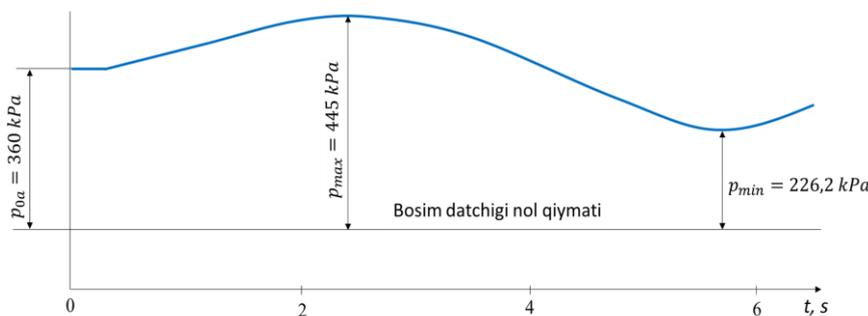
9-rasm. Tajriba natijalari (h_{\min}^{taj}) ning sonli (h_{\min}^{sonli}) tadqiqotlar bilan qiyoslanishi



10-rasm. Tajriba natijalari (h_{\max}^{taj}) ning sonli (h_{\max}^{sonli}) tadqiqotlar bilan qiyoslanishi

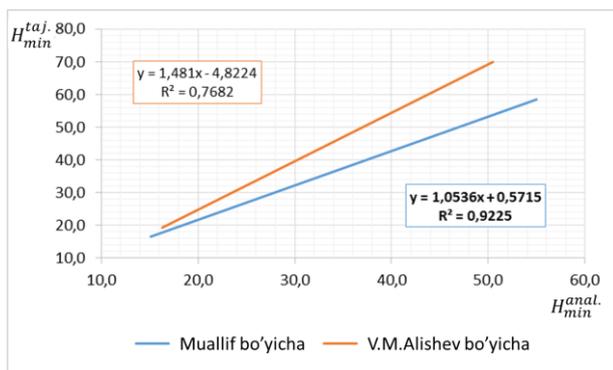


11-rasm. Ijobiy gidravlik zarbada naporning o'zgarish diagrammasi: 15-tajriba, $H_0=26,1$ m, $v_0=0,75$ m/s.

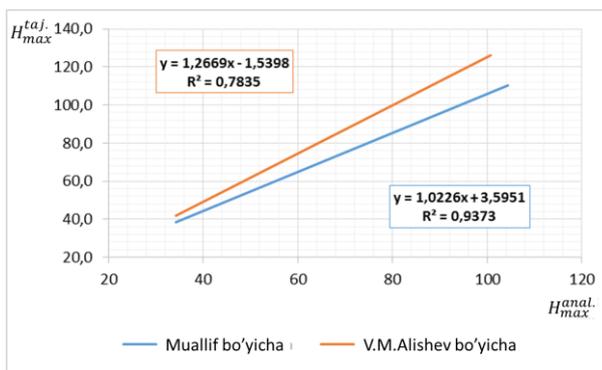


12-rasm. Ijobiy gidravlik zarbada so'ndirgich ichida naporning o'zgarish diagrammasi: 10-tajriba, $H_0=26,0$ m, $W_0'=0,00848$ m³, $v_0=0,74$ m/s).

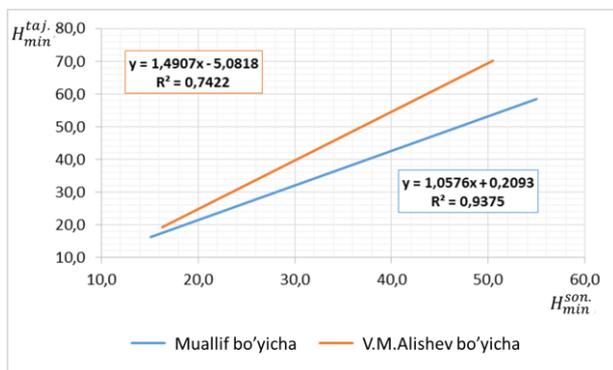
PGSning tadqiqoti bo'yicha formulalar (10), (15), (16), (19), (22), (23) yordamida sonli va analitik hisoblar natijalari eksperimental tadqiqotlar natijalari bilan taqqoslandi (7-10,13-16-rasmlar).



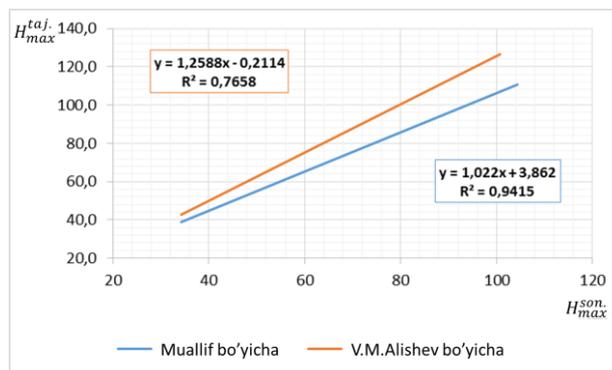
13-rasm. Tajriba natijalari (H_{\min}^{max}) ning analitik (H_{\min}^{anal}) tadqiqotlar bilan qiyoslanishi



14-rasm. Tajriba natijalari (H_{\max}^{max}) ning analitik (H_{\max}^{anal}) tadqiqotlar bilan qiyoslanishi



15-rasm. Tajriba natijalari (H_{\min}^{max}) ning sonli (H_{\min}^{anal}) tadqiqotlar bilan qiyoslanishi



16-rasm. Tajriba natijalari (H_{\max}^{max}) ning sonli (H_{\max}^{anal}) tadqiqotlar bilan qiyoslanishi

Qiyoslash natijalari tahlillari (7-10,13-16-rasmlar) dan ma'lum bo'ldiki, politropik jarayon (muallif tadqiqotlari, $n=1,2$) da so'ndirgich ichidagi napor o'zgarishlarining tajriba va hisobiy qiymatlari bo'yicha mos kelishi izotermik jarayon (V.M.Alishiev ma'lumotlari, $n=1,0$) ga nisbatan ishonchli ekanligi isbotlandi. So'ndirgichda ishchi jismning politropik qonuniyatga bo'ysinishing to'g'ri ekanligini tajriba ma'lumotlari va analitik hamda sonli tadqiqot natijalari isbotlaydi

Dissertatsiyaning **“Tadqiqot natijalarini amaliyotda qo'llash bo'yicha tavsiyalar”** deb nomlangan to'rtinchi bobida ish natijalarini amaliyotda qo'llash bo'yicha tavsiyalar va tadqiqot natijalarining iqtisodiy samaradorligi keltirilgan.

Nasos stansiyasi naporli quvuri uzunligi bo'yicha gidravlik qarshilikni va so'ndirgich bilan naporli quvurni ulash quvurchasida dempfer mahalliy qarshiligi o'zgarishini hisobga olgan holda zarba bosimining ekstremal qiymatlarini zarbaning birinchi fazasida qiymatini aniqlashni hisoblash usuli bo'yicha amalga oshirilgan hisoblar keltirilgan.

Sugʻorish nasos stansiyalarida iqtisodiy samaradorlik uzun naporli quvurlarning boshlanishida va oxirida soʻndirgich oʻrnatilganligini va ular ichidagi havo kengayish-siqilish qonuniyatini ifodalovchi politropa koeffitsiyentining tajribaga asoslangan aniq qiymatini inobatga olib, zarba soʻndirgichida naporning maksimal va minimal qiymatlarini hisoblash bilan asoslandi.

Nasos stansiyasiga elektr taʼminoti toʻsatdan uzilganda naporli quvurlarda sodir boʻladigan gidravlik zarba kuchini soʻndirgichlar parametrlarini hisoblash usullari Suv xoʻjaligi vazirligi tasarrufidagi Qashqadaryo viloyati nasos stansiyalari va energetika boshqarmasiga joriy etishga tavsiya etilgan. Natijada nasos stansiyasining naporli quvurlarida bosim oʻzgarishini aniq baholash natijasida quvur materiali qalinligini aniq tanlash va resurs tejamkorligini kamaytirish hisobiga iqtisodiy samaradorlikka erishish imkoniyati yaratilgan.

XULOSA

“Gidravlik zarba soʻndirgichning hisobini takomillashtirish” mavzusidagi falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi boʻyicha olib borilgan tadqiqotlar asosida quyidagi xulosalar taqdim etildi:

1. Salbiy va ijobiy gidravlik zarba jarayonlarida soʻndirgichlarda havo bosimi va hajmining oʻzgarishlarini inobatga olgan holda naporli quvurda oʻtkazilgan tajribalarda soʻndirgich ichidagi jarayon-politropik jarayon ekanligi va uning politropa koʻrsatkichi qiymati $n=1,2$ ga tengligi tajribada asoslandi.

2. Zarba soʻndirgichi ichidagi havo hajmi va suv naporining barqaror oqim parametrlari (absolyut gidrodinamik napor H_0 , oqim tezligi \mathcal{D}_0 va quvur uzunligi boʻyicha gidravlik ishqalanish qarshiligi hisobiga napor yoʻqolishi) bilan bir qatorda gidravlik zarba jarayonida taʼsiri kuchli namoyon boʻladigan politropa koʻrsatkichi bilan bogʻliqligini aniqlash imkoniyatini beradi.

3. Soʻndirgichlarda naporning maksimal va minimal qiymatlarini aniqlash boʻyicha laboratoriya qurilmasida va nasos stansiyasi naporli quvurida oʻtkazilgan tajribalarda olingan natijalarning toʻlqin tenglamalarini sonli va analitik usullarda yechish asosida olingan natijalari bilan mos kelishi matematik statistika qoidalari yordamida olingan bogʻlanishlarning ishonchli ekanligini asoslash imkoniyatini beradi.

4. Laboratoriya sharoitida va real obyektida olib borilgan tadqiqotlar tahlili asosida soʻndirgich parametrlarini soʻndirgich ichidagi havoning siqilish va kengayish qonuniyatini hisobga oladigan politropa koʻrsatkichi n qiymatiga bogʻliqligi asoslandi. Bu holat esa soʻndirgich oʻrnatilgan naporli quvurda sodir boʻladigan gidravlik zarba mohiyatini aniq ifodalash imkonini beradi.

5. Tadqiqotlarda toʻplangan maʼlumotlar tahlili hamda boshqa mualliflarning (V.S.Dikarevskiy, V.M.Alishhev) bu yoʻnalishda olib borilgan ishlarining tahlili va qiyosiy baholash asosida naporli quvurga oʻrnatilgan soʻndirgich ichidagi xavoning politropik qonuniyatga boʻysinishi ($n=1,2$) ni asoslash imkoniyati yaratiladi.

6. Naporli beqaror oqimda soʻndirgichda naporning optimal parametrlarini hisoblash usuli gidravlik zarbada yuzaga keladigan bosimning oʻzgarishlari,

boshlang'ich napor va oqim tezligini inobatga olib takomillashtirildi. Taklif etilgan usulda so'ndirgich ichidagi havo miqdorining tajribada aniqlangan optimal qiymati so'ndirgich o'lchamlarining kamayishiga olib kelishini asoslash imkonini beradi.

7. Tadqiqotlar asosida zarba so'ndirgichlari bo'yicha ishlab chiqilgan tavsiyalar Suv xo'jaligi vazirligi tasarrufidagi Qashqadaryo viloyati nasos stansiyalaridan foydalanish boshqarmasiga joriy etishga topshirildi. Natijada nasos stansiyalari naporli quvurlarida sodir bo'ladigan gidravlik zarba parametrlarini aniq baholash asosida iqtisodiy samaraga erishiladi. Bu esa nasos stansiyalarining xavfsizligini ta'minlash hamda iqtisodiy samarador naporli quvurlarni loyihalash imkoniyatini yaratadi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.04./30.04.2021.Т.111.04 ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ КАРШИНСКОМ
ИНЖЕНЕРНО - ЭКОНОМИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

КАРШИНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО – ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

РАЖАБОВ УЛУГБЕК МАМАШОЕВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ГАСИТЕЛЯ
ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА**

05.09.07 – Гидравлика и инженерная гидрология

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Карши – 2023

Тема диссертации доктора философии по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2023.1.PhD/T3526.

Диссертация выполнена в Каршинском инженерно – экономическом институте.
Автореферат диссертация на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещён на веб странице Научного совета по адресу qmii@qmii.uz и на информационном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:	Жонқобилов Улутмурад Умбарович доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Хўжаев Исматилла Кушаевич доктор технических наук, профессор Уралов Бахтияр Рахматуллаевич доктор технических наук, профессор
Ведущая организация:	Ташкентский архитектурно-строительный университет

Защита диссертации состоится « _____ » _____ 2023 г. в « _____ » часов на заседании научного совета PhD.04/30.04.2021.T.111.04 при Каршинском инженерно-экономическом институте по адресу: 180100, г. Карши, пр. Мустакиллик, дом 225 Тел.: (+99875)-221-09-23, e-mail: qmii@qmii.uz

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Каршинского инженерно-экономического института (зарегистрировано № 68) по адресу: 180100, г. Карши, пр. Мустакиллик, дом 225. Тел.: (+99875)-221-03-77 e-mail: arm.qmii.uz.

Автореферат диссертации разослан « _____ » _____ 2023 года
(реестр протокол рассылки № _____ от _____ 2023 года).



С.С.Эшев

председатель научного совета по
присуждению ученых степеней,
д.т.н., профессор

А.Н.Хазратов

член научного совета по
присуждению ученых степеней, д.ф.т.н (PhD), доцент

Р.Хўжакулов

председатель научного семинара
при научном совете по присуждению
ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое значение придается вопросам рационального использования техники и технологий перекачки воды, создания разработок, обеспечивающих надежную эксплуатацию насосных станций и длинных напорных трубопроводов, повышения гидравлической эффективности напорных трубопроводов. В настоящее время в развитых странах «...при совершенствовании математической модели гидроударного процесса в напорных трубах необходимо обосновать взаимодействие потока и трубы»¹. В связи с этим особое внимание следует уделить разработкам, направленным на экономию ресурсов и энергии при исследовании гидроударных процессов в напорных трубопроводах насосных станций, в том числе по обеспечению эффективной работы, безопасности и надежности насосных станций в эксплуатации.

В мире проводятся исследования нестационарного движения потока при обеспечении эффективной работы трубопроводов насосных станций, научные исследования по определению оптимальных размеров гасителей на основе оптимальных значений изменения объема рабочего тела (воздух+вода) внутри гасителя. В частности, в этом направлении приоритетными считаются исследования, направленные на совершенствование методики расчета параметров гасителей в напорных трубопроводах насосных станций и обеспечение их надежного использования. При этом усовершенствование математической модели с учетом экспериментально обоснованного значения показателя политропии с учетом изменения объема воздуха внутри гасителей и процессов его сжатия-расширения с учетом максимального и минимального значения изменения давления в гасителе при расчете напорной трубопроводной системы на гидроудар считается актуальной задачей.

В нашей республике реализуются комплексные меры по созданию новых технологий, направленных на эффективное и безопасное использование насосных станций и повышение их эффективности. В стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы определены задачи по «коренному реформированию системы управления водными ресурсами и реализации отдельной государственной программы по водному хозяйству»². В реализации этих задач важное значение имеет проведение научно-исследовательских работ, направленных на надежную работу насосных станций, совершенствование конструкций гидромеханических устройств, разработку механизмов их рационального использования.

Данная диссертационная работа в определенной мере служит решению задач, намеченных в указах Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы», от 29 июля 2021 года № УП-5201 «О модернизации 29 насосных

¹ <https://doi.org/10.1016/j.jfluidstructs.2017.10.005>.

² Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года УП-60 «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы».

станций, обеспечивающих стабильно водой орошаемые земли Сурхандарьинского и Кашкадарьинского вилоятов Республики Узбекистан», от 10 июля 2020 года № УП-6024 «Об утверждении концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы» и в постановлении от 25 сентября 2017 года № ПП-3286 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы охраны водных объектов» и других нормативно-правовых актах, относящихся к данной деятельности.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в рамках приоритетного направления развития науки и технологии республики V. «Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды».

Степень изученности проблемы. Значительный вклад в разработку теоретических основ и методов расчета гидроудара в напорных трубопроводах внесли ряд известных зарубежных ученых, в том числе Жуковский Н.Ю., Сурин А.А., С.С., Мошнин Л.Ф., Лямаев Б.Ф., Попов Д.Н., Смирнов Д.Н., Джваршейшвили А.Г., Дикаревский В.С., Алишев В.М., Андрияшев М.М., А.М.Аl-Khomairi, G.Evangelisti, D.Ludewig и другие.

Научные работы известных ученых Узбекистана Рахматуллина К.А., Латыпова К.Ш., Умарова А.И., Хамидова А., Ходжаева И.К., Мухаммадиева М., Арифжанова А.М., Худайкулова С.И., Гловацкого О.Ю., Уришева Б., Жонкобилова У.У., Мирхамидовой Х.Б. посвящены разработке эффективных способов и усовершенствованию расчета длинных напорных трубопроводов насосных станций и напорных гидравлических систем. В результате проведенных научных исследований достигнуты значительные результаты в решении проблем, связанных с предотвращением негативных последствий гидравлического удара в трубопроводной системе.

Несмотря на то, что в настоящее время проводятся исследования процессов, связанных с нестационарным движением потока в трубопроводах насосных станций, необходимо установить конструктивные параметры гасителей гидравлического удара, применяемых в системе длинных напорных трубопроводов и изучить законы движения воздуха внутри гасителя. Такие вопросы, как учет экстремальных значений изменения напора, изучены недостаточно.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.

Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Каршинского инженерно-экономического института 5/2016-«Разработка рекомендаций по повышению эффективности решения научно-технических задач гидротехнических сооружений и насосных станций» (2020-2022) и хозяйственного договора Каршинского инженерно-экономического института № G GI/40-20 «Совершенствование методов гидравлического расчета напорных трубопроводов» (2021-2023).

Цель исследования заключается в совершенствовании расчета гасителя гидравлического удара в напорных гидравлических системах насосных станций с учетом закона изменения параметров воздуха.

Задачи исследования:

экспериментальное обоснование политропического процесса для гасителей при отрицательном (от падения давления) и положительном (от повышения давления) процессах гидравлического удара;

разработка математической модели гидродинамического процесса в гасителе в рабочем режиме процесса гидроудара за счет снижения давления в напорных трубопроводах с учетом изменения исходных параметров устойчивого движения жидкости в трубопроводе;

разработка математической модели повышения давления в системах под давлением с учетом политропного процесса в гасителе;

усовершенствование методики расчета гасителей при отрицательных и положительных гидроударных процессах, происходящих в трубопроводах под давлением.

Объектами исследования являются насосные станции Варганза-2, Кунгиртог, расположенные в Кашкадарьинской области.

Предмет исследования составляет процессы в гасителе гидравлического удара, установленном в напорном трубопроводе.

Методы исследования В процессе исследования использовались аналитические, численные методы, систематический анализ, обработка данных, полученных на реальных объектах и в лаборатории, методами математической статистики, а также методы математического моделирования.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

расчет гасителя гидравлического удара за счет снижения и повышения давления обоснован экспериментально с учетом политропного процесса;

усовершенствована математическая модель гидродинамического процесса внутри гасителя в режиме работы гидроудара, вызванного перепадом давления в напорных трубопроводах, с учетом широкого диапазона изменения исходных параметров устойчивого движения жидкости в трубопроводе;

разработана математическая модель повышения давления в напорных системах с учетом политропического процесса внутри гидроамортизатора;

усовершенствована методика расчета гасителей отрицательных и положительных гидроударных процессов, происходящих в напорных трубопроводных системах.

Практические результаты исследования состоят в следующем:

экспериментально подтверждено, что установка рекомендуемых конструкций гасителей на напорных трубопроводах насосных станций является основным и эффективным способом снижения силы гидравлического удара;

получены численные и аналитические решения волновых уравнений для предлагаемых гидравлических гасителей;

полученные формулы расчета параметров предлагаемых гасителей позволяют повысить точность инженерных расчетов и снизить металлоемкость и стоимость изготовления этих гидравлических гасителей.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследований объясняется тем, что разработка теоретических решений осуществляется на основе общепринятых законов механики и математических методов, полученные результаты сопоставляются с результатами проведенных полевых исследований, а использование методов математической статистики в анализ данных.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследований заключается в совершенствовании математической модели отрицательного и положительного гидравлических ударов при решении численными и аналитическими способами для расчета основных параметров гасителей гидравлического удара с учетом показателя политропы.

Практическая значимость результатов исследования заключается в совершенствовании метода расчета максимального и минимального напоров в гасителях гидравлического удара с учетом показателя политропы, в получении зависимости для расчета экономичных параметров гасителя гидравлического удара от начальных параметров потока, в обосновании оптимального значения показателя политропы для гасителя гидравлического удара как с понижения, так и с повышения давления ($n=1,2$).

Внедрение результатов исследования. На основе результатов исследований, совершенствования методов расчета гасителей при гидроударных процессах, происходящих при понижении и повышении давления, с учетом закона сжатия и расширения воздуха внутри огнетушителя:

приведены результаты методики расчета гасителей на перепад и повышение давления в напорных трубопроводах и напорных системах насосных станций с учетом уточнения закона сжатия и расширения воздуха гасителей насосной станции Кунгиртог Касанского района, в системе Аму-Кашкадарьинского бассейнового управления ирригации Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан введены проектные сооружения (справка № 03/37-974 Министерства водного хозяйства от 31 марта 2023 года). В результате обеспечения нормальной работы Хартогской насосной станции без повреждений определено увеличение экономии ресурсов на 6-9 процентов;

на насосной станции Варганза-2, принадлежащей Аму-Кашкадарьинскому бассейновому управлению оросительных систем Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан, внедрены результаты методик расчета напорных труб оросительных насосных станций на гидроудары (справка № 974 03/37 Минводхоза от 31 марта 2023 года) Установлено, что ресурсосбережение увеличилось на 7-10 процентов в результате обеспечения непрерывной нормальной работы насосной станции «Варганза-2». В результате ожидаемая экономическая эффективность составила 40 000 000 (сорок миллионов) сумов.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования обсуждались на 5 международных и 3 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 22 научных работы, в том числе 1 монография, 4 статьи на конференциях, индексируемых в базе данных Скопус, 10 статей в научных изданиях, рекомендованных ВАК Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций, в том числе 6 в национальных и 4 зарубежных журналах. Также получены 4 свидетельства на программы ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 120 страницах машинописного текста.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИЯ

Во введении диссертации обосновывается необходимость и актуальность научно-исследовательской работы, формируются цели и задачи исследования, а также объект и предмет исследования, а также ее соответствие приоритетным направлениям развития науки и техники Республика Узбекистан. Представлены научная новизна исследования, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, внедрение результатов исследования, достоверность результатов исследования, опубликованные работы, структура и объем диссертация.

В первой главе диссертации под названием «**Анализ работ по исследованию гидравлических гасителей**» дается анализ проведенных исследований на теоретической основе гасителя, применяемого в отрицательном (от снижения давления) и положительном (от падения давления) повышении давления) гидроударные процессы в трубопроводах под давлением и методы расчета гидравлических параметров.

Теоретические основы и вопросы разработки математической модели гидравлического удара в напорных трубопроводах приведены в научных работах Н.Е.Жуковского, А.А.Сурина, К.А.Рахматулина, М.А.Мосткова, А.Ф.Мостовского, Л.Ф.Мошнина, В.М.Папина, Д.Н.Попова, Д.Н.Смирнова, Л.Бержерона, А.Г. Джваршейшвили, В.С.Дикаревского, К.Ш.Латипова, А.Хамидова, А.М.Al-Khomairi, G.Evangelisti, D.Ludewiga и другие, основной частью этих исследований является процесса изменения рабочего тела (воздух+вода) внутри гасителя при расчете параметров гасителя гидравлического удара предполагается изотермическим или адиабатическим, он имеет определенные ограничения.

Методы расчета параметров гидравлического удара разработаны В. М. Алишевым, Б. Ф. Лямаевым, Л. И. Махарадзе, Г. И. Кирмелашвили, И. К. Ходжаевым, А. М. Арифжановым, М. Мухаммадиевым, О. Ю. Гловацким, С. И. Худайкуловым, Б. Уришевым, У. У. Жонкобиловым, М. М. Андрияшевым, Л. Б. Зубовым и др., представленных в работах, в этих

разработках дается исследование частных задач гасителей в процессе гидравлического удара, а полученные результаты представляют собой частные случаи процесса в гасителях. При точном расчете размеров гасителя в процессе гидравлического удара, наряду с некоторыми свойствами воздуха и воды внутри гасителя, указано, что необходимо учитывать влияние изменения объема и давления воздуха во времени.

Анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований показывает, что изменение параметров воздуха внутри гасителя существенно влияет на определение оптимальных размеров гасителей, которые отличаются от гасителей, работающих только на воде. В частности, как было сказано выше, точный расчет размеров гасителя зависит от численного значения коэффициента политропы n , представляющего собой закон расширения-сжатия воздуха внутри гасителя.

Количественные и качественные показатели коэффициента политропии требуют исследования вопросов определения экономических размеров гасителей с учетом максимального и минимального значений усилия внутри гасителя. На основе анализа определяются цели и задачи работы.

Во второй главе диссертации **«Аналитические и численные исследования гасителей гидравлического удара в напорных системах»** изложены основы расчета аналитических и численных решений волновых уравнений отрицательных и положительных гидроударных процессов с учетом экспериментально обоснованного точного значения коэффициента политропы, представляющего собой изменение количества воздуха внутри пневмогидравлического гасителя, установленного в напорном трубопроводе.

Точность расчета гидравлических гасителей зависит от достоверного значения показателя политропы n . В инженерной практике проблема определения численного значения n с учетом закона сжатия-расширения воздуха в гидравлическом гасителе является проблемой.

Например, Н.Е.Жуковский при расчете гидравлического гасителя принимает адиабатический закон сжатия-расширения воздуха ($n=1,4$), А.А.Сурин, В.С.Дикаревский, В.М.Алышев рекомендуют использовать изотермический закон сжатия-расширения воздуха ($n=1,0$). В научных работах Б.Ф.Лямаева и Д.А.Фокса утверждалось, что процесс сжатия-расширения воздуха в гасителе протекает по закону политропы.

Однако последний случай требует дальнейших исследований и научного обоснования. Поэтому обоснование правильного выбора значения коэффициента политропы для расчета гидроудара гасителя весьма актуально, от него зависит достоверность определения максимального и минимального давления в гасителе и его основных экономических размеров.

Изменение количества воздуха в гасителе выражается следующим уравнением:

$$WH_{0a}^{1/n} = W_1 H_{1a}^{1/n} \quad (1)$$

определяем из уравнения (1).

$$n = \lg \frac{H_{1a}}{H_{0a}} - \lg \frac{W}{W_1}, \quad (2)$$

где: H_{0a} и W_1 - давление и объем воздуха в гасителе перед гидроударом; H_{1a} и W - давление и объем воздуха в гасителе при ударном процессе; n - показатель политропы.

При установке пневмогидравлического гасителя с диафрагмой в головке напорного трубопровода с учетом политропического процесса при отрицательном гидроударе (водяной удар возникает за счет снижения давления), определяя максимальное H_{\max} и минимальное H_{\min} значения давления в гасителе и напорном трубопроводе на основе развития моделей А.А. Сурина, В.С. Дикаревского и В.М. Алышева представлены следующие уравнения:

$$h = 1 + 0,25\sqrt{\sigma} \frac{d\bar{g}}{dt} - (\bar{h}_{mp0} + \bar{h}_{\partial 0}) \bar{g} |\bar{g}|; \quad (3)$$

$$d\bar{W} = 8,1\sqrt{\sigma} \bar{g} dt; \quad (4)$$

$$\bar{W} = h^{-0,83}, \quad (5)$$

где: h – безразмерная абсолютный напор в момент времени внутри гасителя; t -безразмерная скорость воды в трубе в момент времени; t - безразмерное время;

$\bar{h}_{\text{тpo}} = \frac{h_{\text{тpo}}}{H_{\text{ca}}}$ - безразмерные потери давления при установившемся

движении в напорном трубопроводе; $\bar{h}_{\partial 0} = \frac{h_{\partial 0}}{H_{\text{ca}}}$ - безразмерная потеря

давления $\bar{g} = 1$ в диафрагме при безразмерной скорости; $\bar{W} = \frac{W}{W_0}$ -

безразмерный объем воздуха внутри гасителя в момент времени \bar{t} ; σ - безразмерный характеристический параметр гасителя.

Система уравнений (3) - (5) решаеца при следующих начальных условиях:

$$\left. \begin{aligned} h = h_0 = 1 + \bar{h}_{mp0} \\ \bar{g} = \bar{g}_0 = 1 \end{aligned} \right\} \bar{t} = 0. \quad (6)$$

Особенность приведенных уравнений (3)-(5) состоит в том, что здесь учитывался ряд факторов при оценке параметров гасителя в процессе гидроудара в напорном трубопроводе с гасителем, в том числе количество воздуха внутри гасителя, размеры напорного трубопровода, потери энергии в напорном трубопроводе и работника внутри гасителя, коэффициент политропии, связанный с изменением объема тела (воздух+вода) при гидравлическом ударе. Но есть определенные трудности в определении параметров гасителя в процессе гидроудара по приведенным уравнениям. Приведенные уравнения необходимо будет представить в виде, удобном для сравнения с экспериментальными результатами.

Приведенная выше система уравнений (3) - (5) может быть решена методом конечных разностей.

Используя уравнение (5), изменение объема воздуха внутри гасителя в течение интервала времени от \bar{t} до $\bar{t} + \Delta\bar{t}$ можно записать с помощью уравнения (3):

$$\Delta\bar{W} = \bar{W}_{\bar{t}+\Delta\bar{t}} - \bar{W}_{\bar{t}} = \frac{1}{h_{\bar{t}+\Delta\bar{t}}^{0,83}} - \frac{1}{h_{\bar{t}}^{0,83}}. \quad (7)$$

Запишем уравнение (2) следующим образом:

$$\Delta\bar{W} = 8,1\sqrt{\sigma}\bar{g}_i\Delta\bar{t}. \quad (8)$$

Приравнявая уравнения (7) и (8), после математических подстановок получаем следующее соотношение:

$$h_{\bar{t}+\Delta\bar{t}} = \frac{h_{\bar{t}}}{\left(1 + 8,1\sqrt{\sigma}\bar{g}_i\Delta\bar{t}h_{\bar{t}}^{0,83}\right)^{0,83}}. \quad (9)$$

Запишем уравнение (3) в следующем виде:

$$\frac{d\bar{g}}{d\bar{t}} = \frac{4}{\sqrt{\sigma}} \left[h - 1 - (\bar{h}_{mp0} + \bar{h}_{o0})\bar{g}|\bar{g}| \right]. \quad (10)$$

После некоторых математических замен из выражения (10) получаем:

$$\bar{g}_{\bar{t}+\Delta\bar{t}} = \frac{4}{\sqrt{\sigma}} \Delta\bar{t} \left[h_{\bar{t}+\Delta\bar{t}} - 1 - (\bar{h}_{mp0} + \bar{h}_{o0})\bar{g}_i|\bar{g}_i| \right] + \bar{g}_i. \quad (11)$$

При выводе уравнений (7) и (9) были сделаны следующие допущения:

1. В определении $\Delta\bar{W}$ (2) принимаем $\bar{g} = \bar{g}_i$ соединение.
2. $\bar{g}_{\bar{t}+\Delta\bar{t}}$ в расчете $h = h_{\bar{t}+\Delta\bar{t}}$ и принято $\bar{g}|\bar{g}| = \bar{g}_i|\bar{g}_i|$.

Максимальное и минимальное давление (h_{\max} , h_{\min}) в гасителе в процессе отрицательного гидроудара при установке гасителя после обратного клапана в начале напорных трубопроводов насосных станция можно рассчитать в ЭВМ по ссылкам (7) и (9).

Аналитические решения для определения экстремальных (максимального H_{\max} и минимального H_{\min}) значений давления для политропического процесса в гасителе при установке гасителя в напорный трубопровод при отрицательном гидроударном процессе приведенных выше уравнений (3)-(5) представлены:

Расчет H_{\min} для политропического процесса

$$\left\{ e^{\zeta_o} \left(\frac{m_1\sigma + 1}{m_1\sigma} - \frac{m_1^{n-1}}{\sigma} \right) \left[\frac{\zeta_o^{1-n}}{(1-n)} + \sum_1^N \frac{\zeta_o^{(N+1-n)}}{(N+1-n)N!} + \dots \right] \right\} = \left\{ \frac{e^{\zeta_m}}{m_1\sigma} - \frac{m_1^{n-1}}{\sigma} \left[\frac{\zeta_m^{1-n}}{(1-n)} + \sum_1^N \frac{\zeta_m^{(N+1-n)}}{(N+1-n)N!} + \dots \right] \right\}, \quad (12)$$

$$\text{здесь: } \zeta_o = \frac{m_1}{h_o^n}; \quad \zeta_m = \frac{m_1}{h_{\min}^n}; \quad m_1 = \frac{\bar{h}_{mp0} + \bar{h}_{o0}}{\sigma}. \quad (13)$$

Зная m_1 , σ , n и ζ_o из уравнения (12), можно определить значение величины ζ_m итерационным методом, а затем вычислить следующее

$$h_{\min} = \left(\frac{m_1}{\zeta_m} \right)^n \quad \text{ва } H_{\min} = h_{\min} H_{\text{га}} \quad (14)$$

задача определения ζ_m , h_{\min} и H_{\min} решается в ЭВМ.

Определение $H_{a\max}$ для политропического процесса

$$\left\{ m_2 \left[\frac{\zeta_{m_1}^{(1-n)}}{(1-n)} + \sum_1^N (-1)^N \frac{\zeta_{m_1}^{(N-1-n)}}{(N+1-n)N!} + \dots \right] + e^{-\zeta_m} \right\} =$$

$$= \left\{ m_2 \left[\frac{\zeta_{\max}^{(1-n)}}{(1-n)} + \sum_1^N (-1)^N \frac{\zeta_{\max}^{(N+1-n)}}{(N+1-n)N!} + \dots \right] + e^{-\zeta_{\max}} \right\}$$
(15)

здесь:

$$\zeta_{m_1} = \frac{m_2}{\frac{1}{h_{\min}^n}}; \quad \zeta_{\max} = \frac{m_2}{\frac{1}{h_{\max}^n}}; \quad m_2 = \frac{\bar{h}_{mp0} + \bar{h}_{\partial 0}}{\sigma},$$
(16)

$$h_{\max} = \left(\frac{m_2}{\zeta_{\max}} \right)^n \quad \text{ва} \quad H_{a\max} = h_{\max} H_{ca}$$
(17)

решение ζ_{\max} , h_{\max} и $H_{a\max}$ выполняеца в ЭВМ.

При установке пневмогидравлического гасителя с диафрагмой на конце напорного трубопровода при положительном гидроударе (гидроудар возникает из-за повышения давления) для расчета гидродинамических параметров гасителя используеца приведенная выше система уравнений и напорного трубопровода (максимальное H_{\max} и минимальное H_{\min} значения давления внутри гасителя и в напорном трубопроводе) с учетом политропного процесса (18)-(20) можно записать в следующем виде:

$$h = 1 - 0,25\sqrt{\sigma} \frac{d\bar{g}}{dt} - (\bar{h}_{mp0} + \bar{h}_{\partial 0}) \bar{g} |\bar{g}|;$$
(18)

$$d\bar{W} = -8,1\sqrt{\sigma} \bar{g} dt;$$
(19)

$$\bar{W} = h^{-0,83},$$
(20)

система уравнений (18) - (20) решается исходя из следующих начальных условий:

$$\left. \begin{aligned} h &= h_0 = 1 - \bar{h}_{mp0} \\ \bar{g} &= \bar{g}_0 = 1 \end{aligned} \right\} \quad \bar{t} = 0.$$
(21)

Система уравнений (18) - (20) может быть решена в ЭВМ методом конечных разностей.

Запишем уравнение (20) следующим образом:

$$\bar{W}_i = h_i^{-0,83} \quad \text{и} \quad \bar{W}_{i+\Delta t} = h_{i+\Delta t}^{-0,83}.$$
(22)

Определяем из уравнения (22).

$$\Delta \bar{W} = \bar{W}_{i+\Delta t} - \bar{W}_i = h_{i+\Delta t}^{-0,83} - h_i^{-0,83}.$$
(23)

Уравнение (19) можно записать в виде:

$$\Delta \bar{W} = -8,1\sqrt{\sigma} \bar{g}_i \Delta \bar{t}.$$
(24)

Приравнивая выражения (23) и (24), запишем:

$$\frac{1}{h_{i+\Delta t}^{0,83}} - \frac{1}{h_i^{0,83}} = -8,1\sqrt{\sigma} \bar{g}_i \Delta \bar{t}.$$
(25)

После некоторых математических замен выражения (25) получаем следующее выражение:

$$h_{i+\Delta t} = \frac{h_i}{\left(1 - 8,1\sqrt{\sigma} \bar{g}_i \Delta \bar{t} h_i^{0,83} \right)^{0,83}}.$$
(26)

Запишем уравнение (24) следующим образом:

$$\frac{d\bar{g}}{d\bar{t}} = \frac{1-h-(\bar{h}_{mp0} + \bar{h}_{\partial 0})\bar{g}|\bar{g}|}{0,25\sqrt{\sigma}}. \quad (27)$$

После некоторых математических замен выражение (27) можно записать в следующем виде:

$$\bar{g}_{i+\Delta i} = \bar{g}_i + \frac{4}{\sqrt{\sigma}} \Delta \bar{t} \left[1 - h_{i+\Delta i} - (\bar{h}_{mp0} + \bar{h}_{\partial 0}) \bar{g}_i |\bar{g}_i| \right]. \quad (28)$$

При установке диафрагменного гасителя на консе напорного трубопровода перед обратным клапаном (быстрозапорным клапаном) в ЭВМ можно определить максимальное H_{\max} и минимальное H_{\min} значения давления внутри гасителя в течение первой фазы положительного гидроудара. с помощью соединений (26) и (28). Принятые выше предположения (26) и (28) справедливы и для связностей.

Приведенные выше уравнения (18)-(20) являюща аналитическими решениями для определения максимального h_{\max} и минимального h_{\min} значений давления для политропного процесса в гасителе при установке гасителя в напорных трубопроводах в процессе положительного гидравлического удара:

Определение h_{\max} для политропного процесса

$$\left\{ e^{-\zeta_0} (1 - \aleph \sigma) + \aleph^n \left[\frac{\zeta_0^{1-n}}{1-n} - \frac{\zeta_0^{2-n}}{(2-n)!} + \frac{\zeta_0^{3-n}}{(3-n)2!} - \frac{\zeta_0^{4-n}}{(4-n)3!} + \dots + \frac{\zeta_0^{(N+1)-n}}{((N+1)-n)N!} - \dots \right] \right\} = \quad (29)$$

$$= \left\{ e^{-\zeta_m} + \aleph^n \left[\frac{\zeta_m^{1-n}}{1-n} - \frac{\zeta_m^{2-n}}{(2-n)!} + \frac{\zeta_m^{3-n}}{(3-n)2!} - \frac{\zeta_m^{4-n}}{(4-n)3!} + \dots + \frac{\zeta_m^{(N+1)-n}}{((N+1)-n)N!} - \dots \right] \right\}.$$

здесь $\zeta_0 = \frac{\aleph}{h_0^n}$; $\aleph = \frac{\bar{h}_{mp0} + \bar{h}_{\partial 0}}{\sigma}$, $\zeta_m = \frac{\aleph}{h_{\max}^n}$.

h_{\min} определяюща из следующего выражения для политропного процесса

$$\left\{ \aleph^n \left[\frac{\zeta_m^{1-n}}{1-n} + \frac{\zeta_m^{2-n}}{(2-n)!} + \frac{\zeta_m^{3-n}}{(3-n)2!} + \frac{\zeta_m^{4-n}}{(4-n)3!} + \dots + \frac{\zeta_m^{(N+1)-n}}{((N+1)-n)N!} + \dots \right] - e^{\zeta_m} \right\} = \quad (30)$$

$$= \left\{ \aleph^n \left[\frac{\zeta_{\max}^{1-n}}{1-n} + \frac{\zeta_{\max}^{2-n}}{(2-n)!} + \frac{\zeta_{\max}^{3-n}}{(3-n)2!} + \frac{\zeta_{\max}^{4-n}}{(4-n)3!} + \dots + \frac{\zeta_{\max}^{(N+1)-n}}{((N+1)-n)N!} + \dots \right] - e^{\zeta_{\max}} \right\}.$$

здесь $\zeta_{\max} = \frac{\aleph}{h_{\min}^n}$.

\aleph , σ , n и ζ_0 определяем значение ζ_m последовательным приближением из уравнений (29) или (30), а затем вычисляем h_{\max} и H_{\max} по следующим формулам:

$$h_{\max} = \left(\frac{m_2}{\zeta_{\max}} \right)^n \text{ в } H_{\max} = h_{\max} H_{\text{Га}}. \quad (31)$$

Из уравнения (29) или (30) известны \aleph , σ , n в $\zeta_m(h_{\max})$, значение ζ_{\max} определяюща методом последовательных приближений, после чего можно вычислить h_{\min} и H_{\min} по следующим формулам:

$$h_{\min} = \left(\frac{m_1}{\zeta_{\min}} \right)^n \text{ в а } H_{\text{amin}} = h_{\min} H_{\text{га}}. \quad (32)$$

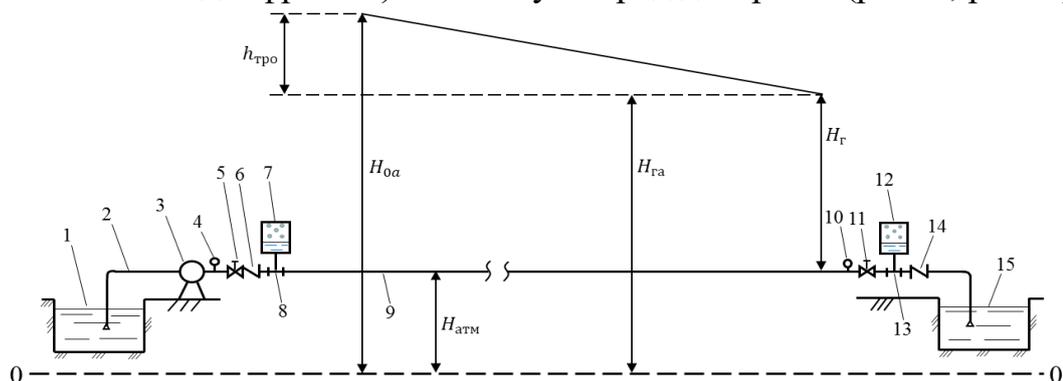
Расчет h_{\min} и h_{\max} по уравнениям (29) - (30) осуществляюща на ЭВМ.

В третьей главе диссертации под названием «**Экспериментальное исследование и методика расчета гасителей гидравлического ударав в напорных системах**» представлены результаты исследований гасителей гидравлического удара в лабораторных условиях и на реальном объекте.

Лабораторные исследования проводились на экспериментальной установке (рис. 1). Устройство состоит из горизонтальной трубы диаметром $D=70$ мм и длиной $Z=250,2$ м. Подача воды из резервуара (размеры 2,5, 6 и 2,5 м) в напорный трубопровод осуществляюща насосом 2К-20/30. Для создания гидроудара использующа обратный клапан, он оснащен спесиальным устройством для отображения результатов измерений на компьютере. В опытах расход жидкости определяли объемным методом.

В лабораторной установке (рис. 1) были проведены эксперименты по определению показателя политропии, отражающа процесс изменения объема воздуха в гасителе и изменения давления в гасителе при неустойчивом движении в напорном трубопроводе.

В результате исследований показателя политропии в гасителях(с диафрагмой и без диафрагмы) был получен ряд диаграмм (рис. 2, рис. 3).



1-источник воды; 2-всасывающа труба; 3-насос; 4,10-манометры, 5,11-задвижки; 6,14- быстросействующа пробковыа краны; 7,12- гаситель гидравлического удара; 8,13-коллекторныа трубы; 9-напорная труба; 15- резервуар

Рис.1. Схема экспериментального устройства

Результаты обработки полученных диаграмм представлены на рис.4. Среднее значение показателя политропии, полученное в экспериментах, составляет $n=1,179$. При расчетах с некоторым запасом рекомендующа принимать $n=1,2$.

В зависимости от длины и диаметра трубы были проведены эксперименты по определению изменения параметров рабочей жидкости (воздух+вода) внутри абсорбера, потерь давления и потерь энергии на гидравлическое сопротивление по длине трубы. При лабораторных

исследованиях гасителей начальная скорость варьировалась от 0,7 м/с до 2,5 м/с и до 0,2 м/с.

Проведены эксперименты по определению изменения параметров рабочего тела (воздух+вода) внутри огнетушителя в зависимости от длины и диаметра трубы, потерь давления на гидравлическое сопротивление по длине трубы гасителя, потерь энергии в диафрагме.

При лабораторных исследованиях гасителей начальная скорость варьировалась от 0,7 м/с до 2,5 м/с с шагом 0,2 м/с. перед ударом гидродинамическое давление n_0 изменялось от 25 м до 45 м соответственно. эксперименты проводились для отрицательных и положительных процессов гидравлического удара (рис.1.). образцы опытов проводили в общей сложности с 3-4 повторениями (рис. 5, 6, 11, 12).

Полевые опыты проводились на насосной станция Кунгиртог Кашкадарьинской области.

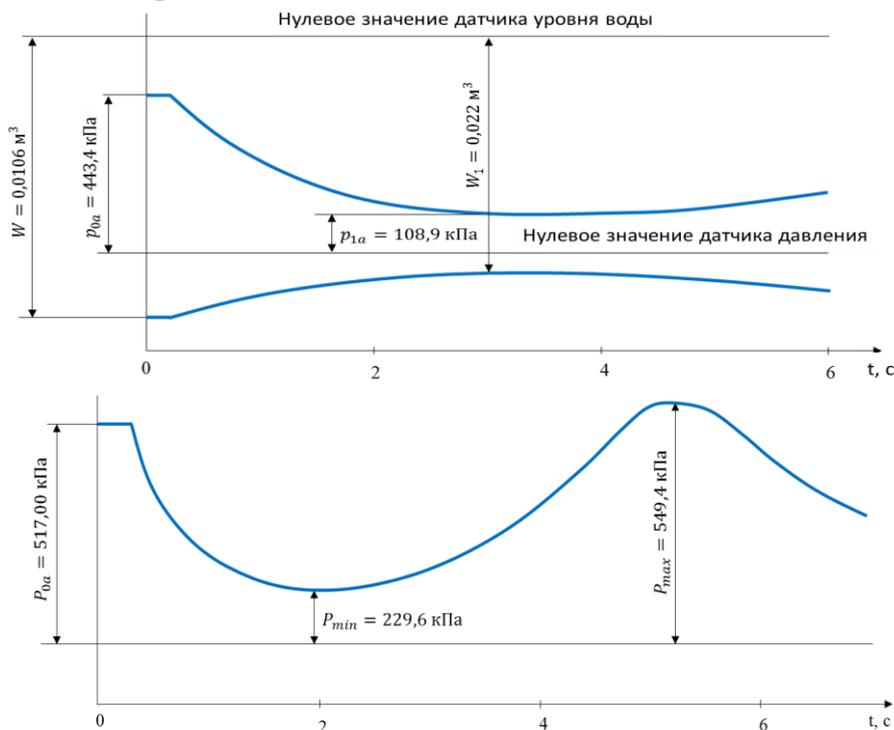


Рис.2. График изменения давления и объема воздуха внутри гасителя: Опыт №28, $\vartheta_0=2,18$ м/с; $H_r=20,0$ м.

Рис. 3. График изменения давления внутри гасителя: Опыт-35, $\vartheta_0=1,51$ м/с; $H_r=30,0$ м; $W_0=0,0074$ м^3 ; $\bar{h}_{00}=0,442$.

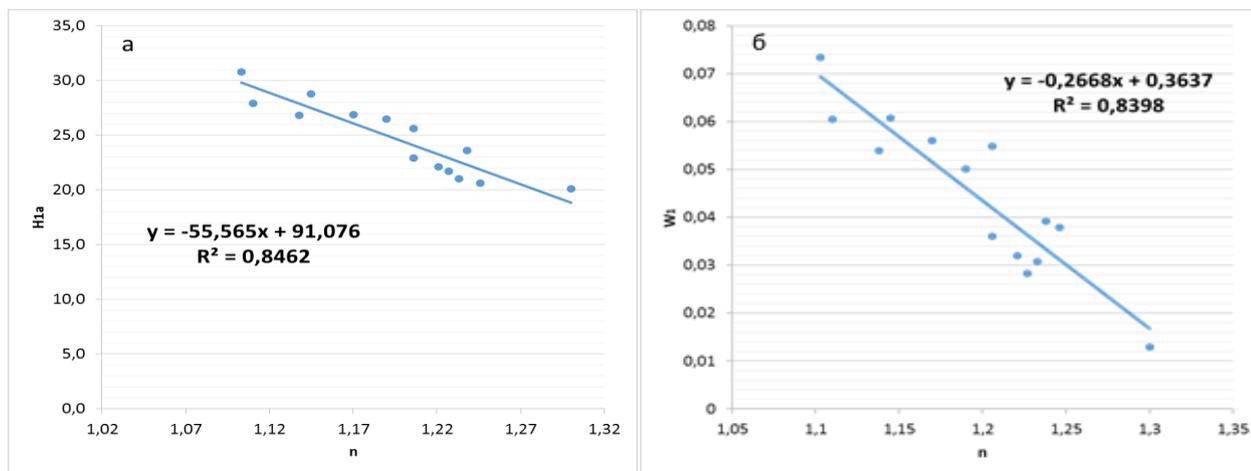


Рис. 4. Зависимость давления и объема воздуха внутри гасителя от показателя политропы n

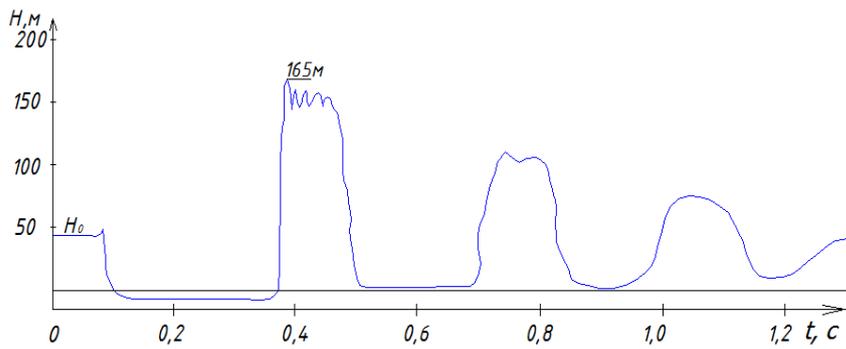


Рис. 5. График изменения давления при отрицательном гидроударе: Опыт №5, $g_0 = 0,8$ м/с; $H_0 = 44,1$ м; $\bar{h}_{\partial 0} = 0,085$.

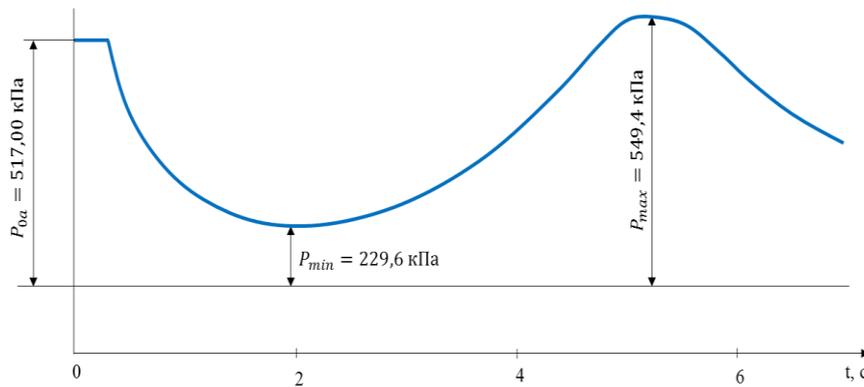


Рис. 6. График изменения давления в гасителе при отрицательном гидроударе: Опыт №12, $g_0 = 0,82$ м/с; $H_0 = 44,0$ м; $W_0 = 0,0074$ м³; $\bar{h}_{\partial 0} = 0,085$.

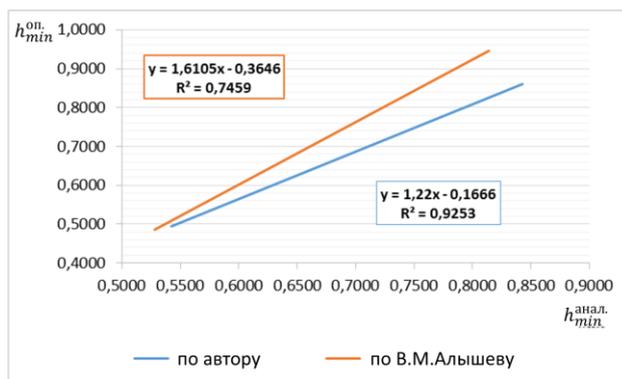


Рис. 7. Сравнение

экспериментальных результатов ($h_{\min}^{on.}$) с аналитическими ($h_{\min}^{anal.}$) исследованиями

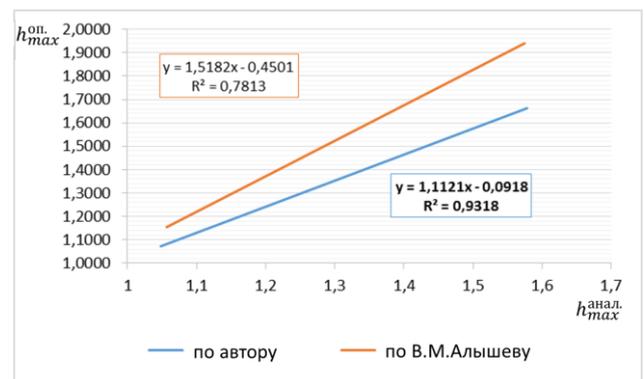


Рис. 8. Сравнение

экспериментальных результатов ($h_{\max}^{on.}$) с аналитическими ($h_{\max}^{anal.}$) исследованиями

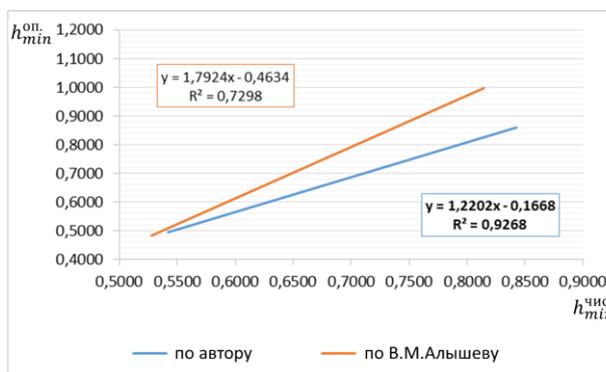


Рис. 9. Сравнение

экспериментальных результатов ($h_{\min}^{on.}$) с численными ($h_{\min}^{чис.}$) исследованиями

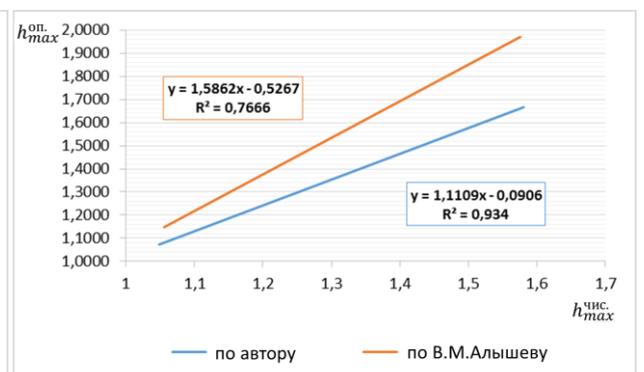


Рис. 10. Сравнение

экспериментальных результатов ($h_{\max}^{on.}$) с численными ($h_{\max}^{чис.}$) исследованиями

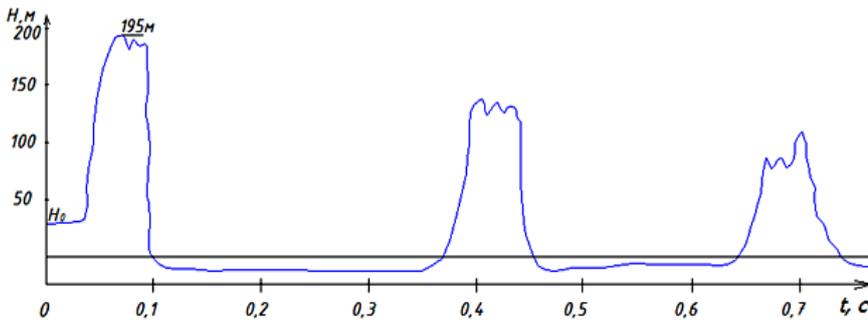


Рис. 11. График изменения давления при положительном гидроударе: Опыт №15, $H_0=26,1$ м, $Q_0=0,75$ м/с.

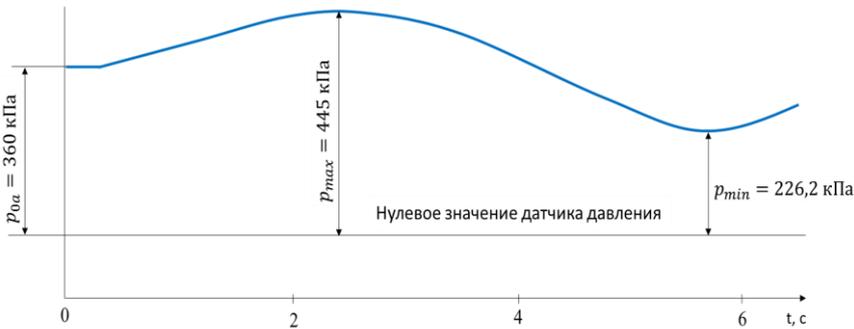


Рис. 12. График изменения давления внутри гасителя при положительном гидроударе: Опыт №10, $H_0=26,0$ м, $W_0'=0,00848$ м³, $Q_0=0,74$ м/с.

Результаты численно-аналитических расчетов по формулам (10), (15), (16), (19), (22), (23) сравнивали с результатами экспериментальных исследований (рис. 7-10, 13-16).

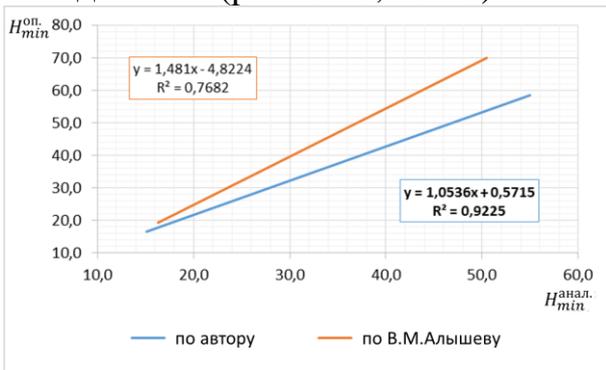


Рис. 13. Сравнение экспериментальных результатов (H_{min}^{on}) с аналитическими ($H_{min}^{анал.}$) исследованиями

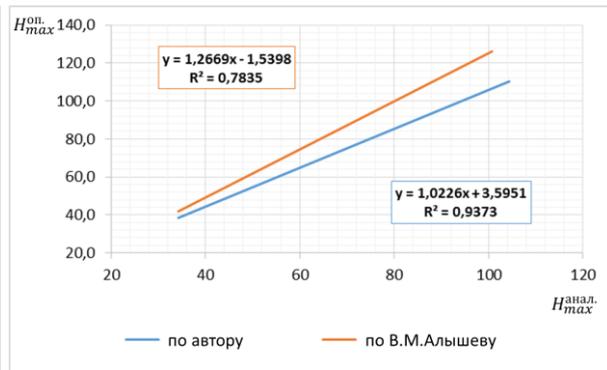


Рис. 14. Сравнение экспериментальных результатов (H_{max}^{on}) с аналитическими ($H_{max}^{анал.}$) исследованиями

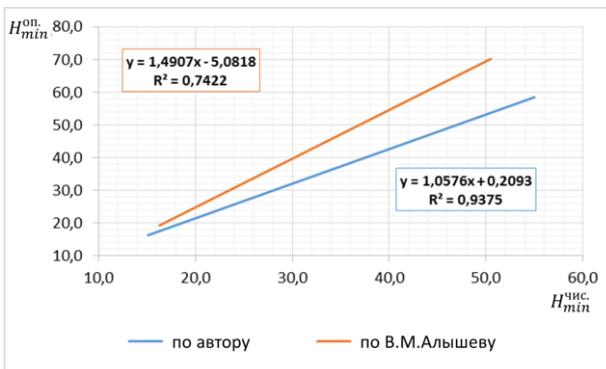


Рис. 15. Сравнение экспериментальных результатов (H_{min}^{on}) с численными ($H_{min}^{чис.}$) исследованиями

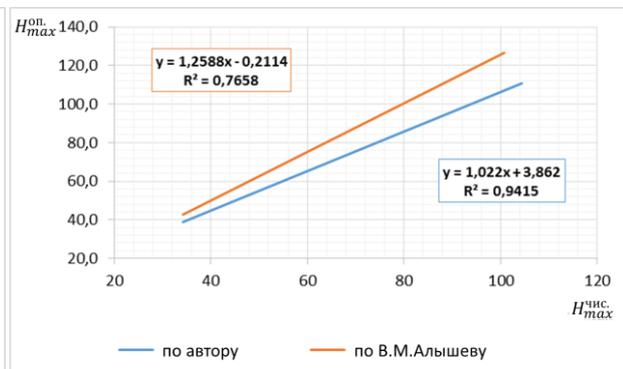


Рис. 16. Сравнение экспериментальных результатов (H_{max}^{on}) с численными ($H_{max}^{чис.}$) исследованиями

Из анализа результатов сравнения (рис. 7-10, 13-16) стало ясно, что соответствие между экспериментальными и расчетными значениями изменения давления в гасителе в политропном процессе (авторские исследования, $n=1,2$) изотермический процесс (данные В.М. Алышева, $n=1,0$) оказался надежным. Экспериментальные данные и результаты аналитических и численных исследований доказывают, что рабочее тело в гасителе подчиняется закону политропы.

В четвертой главе диссертации под названием «**Рекомендации по практическому применению результатов исследований**» представлены рекомендации по практическому применению результатов работы и экономической эффективности результатов исследований.

Расчеты выполнены по методике расчета величины экстремальных значений ударного давления в первой фазе удара с учетом гидравлического сопротивления по длине напорного трубопровода насосной станция и изменения местного сопротивления гасителя в трубопроводе, соединяющем напорный трубопровод с гасителем.

Экономическая эффективность в насосных станциях базировалась на расчете максимальных и минимальных значений давления гасителей с учетом того, что гасители устанавливаются в начале и конце длинных напорных труб и точного значения коэффициента политропы, что представляет собой закон политропии внутри них.

Методику расчета параметров гасителей, возникающих в напорных трубопроводах при внезапном прекращении подачи электроэнергии на насосную станцию, рекомендуется внедрить в насосных станциях Кашкадарьинской области. В результате точной оценки изменения давления в напорных трубопроводах насосной станция можно получить экономической эффективности за счет точного подбора толщины материала труб и снижения ресурсосбережения.

ВЫВОДЫ

На основании исследования, выполненного по диссертации на соискание доктора философии (PhD) на тему «**Совершенствование метода расчета гасителей гидравлического удара**», были представлены следующие выводы:

1. Из аналитического анализа исследований по оценке параметров гасителя при установке гидрогасителя в напорный трубопровод (начало и конец трубы) и из анализа ударных процессов в напорных трубопроводах насосных станция установлено, что при определении предельных значений давления в гасителях оправданно учитывать показатели параметров воздуха внутри гасителя в процессе гидроударного процесса.

2. Установлено, что параметры устойчивого движения рабочего тела (воздуха и воды) в гасителе в турбулентном потоке связаны с абсолютным гидродинамическим давлением H_0 , расходом Q_0 и потерями давления на

гидравлическое сопротивление по длине трубы, а также показатель политропии, оказывающий сильное влияние при гидроударном процессе.

3. Гаситель, установленный в напорном трубопроводе (начальная и конечная части) на основании анализа данных, полученных в специально подготовленном приборе для проведения лабораторных исследований гасителей и в исследованиях, проведенных на напорных трубопроводах насосной станция, и расчетов, выполненных на основе связей, полученных в результате численно-аналитического решения волновых уравнений методами математической статистики, получены зависимости, представляющие собой взаимодействие численно-аналитических расчетов параметров (коэффициент корреляции $R = 0,936$).

4. На основе анализа исследований, проведенных в лабораторных условиях и на реальном объекте, установлена зависимость параметров гасителя от значения показателя политропы n , учитывающего закон сжатия и расширения рабочего тела внутри гасителя, был основан. Эта ситуация позволяет наглядно выразить характер гидравлического удара, возникающего в напорном трубопроводе, где установлен гаситель.

5. На основании анализа собранных в исследованиях данных и анализа и сравнительной оценки работ других авторов (Дикаревский В.С., Алышев В.М.) в этом направлении рабочий орган внутри гасителя, установленного в напорном трубопроводе, подчиняется политропе закон ($n=1,2$).

6. Усовершенствована методика расчета оптимальных параметров давления в гасителе при неустойчивом течении с давлением с учетом резких изменений давления, начального давления и расхода, возникающих в процессе гидравлического удара. Предлагаемый метод позволяет выразить, что экспериментально определенное оптимальное значение количества воздуха внутри гасителя при нестационарном напорном потоке приводит к уменьшению габаритов гасителя.

7. Рекомендации, разработанные на основе исследований по гасителям, переданы в Управление эксплуатации насосных станция Кашкадарьинской области при Министерстве водного хозяйства. В результате экономическая эффективность достигается на основе точной оценки параметров гидравлического удара, возникающего в напорных трубопроводах насосных станция. Это позволяет обеспечить безопасность насосных станция и проектировать экономически эффективные трубопроводы.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING OF THE SCIENTIFIC
DEGREES 04/30.04.2021.T.111.04 AT THE KARSHI
ENGINEERING ECONOMICS INSTITUTE**

KARSHI ENGINEERING ECONOMICS INSTITUTE

RAJABOV ULUGBEK MAMASHOEVICH

**IMPROVING THE METHOD FOR CALCULATING THE
HYDRAULIC SHOCK ABSORBER**

05.09.07 – Hydraulics and engineering hydrology

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
ON TECHNICAL SCIENCES**

Karshi – 2023

The theme of doctoral dissertation (PhD) on technical science was registered at the Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under B2023.1.PhD/T3526.

The dissertation was prepared at the Karshi engineering economics institute.

The abstract of dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian and English (resume)) on the website of Scientific council (www.qmii.uz) and of Information and educational portal «ZiyoNet» at the address (www.ziyo.net).

Scientific advisor:

Jonkobilov Ulugmurad Umbarovich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Khujayev Ismatilla Kushaevich
doctor of technical sciences, professor

Uralov Bakhtiyar Rakhmatullaevich
doctor of technical sciences, professor

Leading organization::

Tashkent University of Architecture and Construction

The defense of the thesis will be « _____ » _____ 2023 at _____ hours at the meeting of the scientific council awarding of the scientific degrees 04/30.04.2021.T.111.04 at the Karshi engineering economics institute (Address: 180100, Karshi, Mustakillik street 225. Tel.: (+99875)-221-09-23, e-mail: qmii@qmii.uz).

The doctoral dissertation can be found at the Information resource centre of the Karshi engineering economics institute (registered with № 68) at the address: 180100, Karshi, Mustakillik street 225. Phone: (+99875) 221-03-77 e-mail: arm.qmii.uz.

Abstract of dissertation was sent « _____ » _____ 2023.
(Register of the distribution protocol № _____ from « _____ » _____ 2023).



S.S.Eshev

Chairman of the scientific council awarding
scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

A.N.Khazratov

Scientific secretary of the scientific council
awarding scientific degrees, doctor of
philosophy in technical sciences (PhD), docent

R.Khuzhakulov

Chairman of the academic seminar under the
scientific council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of the dissertation of doctor of (PhD) philosophy)

The aim of the research is to improve the calculation of the hydraulic shock absorber, taking into account the law of changes of the air parameters in the extinguishers in the pressure hydraulic systems of pumping stations.

The object of research as Varganza-2, Kungirtog pumping stations in Kashkadarya region.

The scientific novelty of the research is as follows:

the calculation of the hydraulic shock absorber by reducing and increasing the pressure is justified experimentally, taking into account the polytropic process;

the mathematical model of the hydrodynamic process inside the damper in the mode of operation of a hydraulic shock caused by a pressure drop in pressure pipelines has been improved, taking into account a wide range of changes in the initial parameters of a stable movement of fluid in the pipeline;

a mathematical model of pressure increase in pressure systems has been developed, taking into account the polytropic process inside the hydraulic shock absorber;

improved method for calculating absorbers of negative and positive hydropercussion processes occurring in pressure pipeline systems.

Implementation of research results. Based on the obtained research results, taking into account the law of compression and expansion of the air inside the extinguisher, on the basis of improving the methods of calculating extinguishers in hydraulic shock processes that occur with a decrease and increase in pressure:

The results of the methods of calculating the dampers in the pressure drop and pressure increase in pressure pipes and pressure systems of pumping stations, taking into account the improvement of the law of compression and expansion of air, Amu-Kashkadarya basin water belonging to the Ministry of Water Management of Uzbekistan the proposed constructions of fire extinguishers at the Kongyrtog pump station of Koson district, belonging to the systems of Orish Department, were introduced (reference number 03/37-974 of the Ministry of Water Management dated March 31, 2023). As a result of ensuring the normal operation of the Kwartog pumping station without damage, it was determined that the resource saving will increase by 6-9%;

The results of the methods of calculating the pressure pipes of irrigation pumping stations for water hammer at the Varganza-2 pumping station of the Amu-Kashkadarya Irrigation Systems Basin Department of the Ministry of Water Economy of Uzbekistan (Decision 03/37- Reference No. 974) was introduced. As a result of ensuring the normal operation of the Varganza-2 pumping station, an increase in resource savings by 7-10% was determined. As a result, the expected economic efficiency was 40,000,000 (forty million) soums.

The structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and an appendix. The volume of the dissertation is 120 pages.

E‘LON QILINGAN ISHLAR RO‘YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo‘lim (I часть; I part)

1. Ражабов У.М. Жонкобилов У.У. Расчет гасителей гидравлического удара в длинных напорных трубопроводах насосных станций. Монография. Тошкент: Интеллект нашриёт. 2022, 130 с.

2. Жонкобилов У.У., Ражабов У.М., Жонкобилов С.У. Исследование коэффициента политропы в гидравлическом ударе при наличии гасителя // "Yong‘in-portlash xavfsizligi" ilmiy-amaliy elektron jurnal, №1 son, Toshkent 2022, 449-456 bet. (05.00.00, №28).

3. Жонкобилов У.У., Ражабов У.М., Жонкобилов С.У. Численный расчет гасителя гидравлического удара, установленным в конце трубопровода // "Yong‘in-portlash xavfsizligi" ilmiy-amaliy elektron jurnal, №1 son, Toshkent 2022, 427-436 bet. (05.00.00, №28).

4. Жонкобилов У.У., Ражабов У.М., Жонкобилов С.У., Хушиев Ш.П. Исследования гасителя гидравлических ударов с диафрагмой и без диафрагмы // Innovatsion texnologiyalar jurnali maxsus son, Qarshi 2022, 78-82 bet. (05.00.00, №38).

5. Жонкобилов У.У., Ражабов У.М., Жонкобилов С.У. Аналитический расчет гидравлического удара при наличии гасителя, установленным в конце трубопровода // "Yong‘in-portlash xavfsizligi" ilmiy-amaliy elektron jurnal, №1 son, Toshkent 2022, 415-422 bet. (05.00.00, №28).

6. Жонкобилов У.У., Жонкобилов С.У., Ражабов У.М., Хушиев Ш.П. Учет влияния коэффициента политропы на гидравлический удар в двухкомпонентном потоке // Innovatsion texnologiyalar jurnali maxsus son, Qarshi 2021, 43-47 bet. (05.00.00, №38).

7. Жонкобилов У.У., Ражабов У.М., Жонкобилов С.У., Хушиев Ш.П., Жонкобилов К.У. Измерение расхода двухкомпонентного потока в нефтегазовых напорных системах // Innovatsion texnologiyalar jurnali №4 son, Qarshi 2021, 49-53 bet. (05.00.00, №38).

8. Jonkobilov U.U., Jonkobilov S.U., Rajabov U.M., Khoshiyev Sh.P. A Hydraulic Impact Theory and Calculation with Breaking Flow Continuity // Published in International Journal of Trend in Scientific Research and Development (ijtsrd), ISSN: 2456-6470, Special Issue | Modern Trends in Scientific Research and Development, Case of Asia, October 2020, pp.122-126, URL: <https://www.ijtsrd.com/papers/ijtsrd37970.pdf> (Journal Impact Factor: 8.125)

9. Bazarov O.Sh., Jonkobilov U.U., Rajabov U.M., Jonkobilov S.U. Theoretical and experimental study of hydraulic impact with reduced pressure // International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT).ISSN: 2509-0119. Vol. 23 No. 2 November 2020, Pp. 348-353, <http://dx.doi.org/10.52155/ijpsat.v23.2.2417>. (Journal Impact Factor: 7.625)

10. Zhonkobilov U.U., Razhabov U.M., Zhonkobilov S.U., Zhonkobilov K.U. Research of oil pipelines on selling the maximum hydraulic impact pressure in a two-component flow // International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT).ISSN: 2509-0119. Vol. 27 No. 2 July 2021, Pp. 25-28, <http://dx.doi.org/10.52155/ijpsat.v27.2.3280>. (Journal Impact Factor: 7.625)

II bo‘lim (II часть; II part)

11. Jonkobilov U.U., Jonkobilov S.U., Rajabov U.M., Bekjonov R.S., Norchayev A.J. Shock wave velocity in two-phase pressure flow // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2021. 1030. Pp. 012129. <https://doi:10.1088/1757-899X/1030/1/012129>.

12. Bazarov O., Jonkobilov U., Rajabov U., Jonkobilov S., Xoshiyev Sh. Numerical substantiation of the parameters of the air-hydraulic hood by a diaphragm // E3S Web of Conferences 264, 03035 (2021), Conmechhydro – 2021, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126403035>.

13. Jonkobilov U., Rajabov U., Jonkobilov S., Egamnazarov T., Xo‘shiyev Sh. Analytical substantiation of the parameters of the directional air-hydraulic hood // E3S Web of Conferences 264, 03034 (2021), Conmechhydro – 2021, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126403034>.

14. Jonkobilov U., Rajabov U., Jonkobilov S. (2022) Hydraulic shock damper with and without diaphragm // Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1112(1), <https://doi:10.1088/1755-1315/1112/1/012133>.

15. Jonkobilov U., Rajabov U., Jonkobilov S. (2022) Experimental study of the polytropic coefficient for hydraulic shock from a decrease in pressure // Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1112(1), <https://doi:10.1088/1755-1315/1112/1/012037>.

16. Жонқобиллов У.У., Ражабов У.М., Жонқобиллов С.У., Хамраев Н.З., Хушиев Ш.П. Влияние коэффициента политропы на гидравлический удар с газожидкостным потоком // “Ўзбекистонда сув ресурсларидан самарали фойдаланишнинг муаммолари ва ечимлари” мавзусида республика миқёсидаги илмий-амалий анжумани материаллари тўплами, Қарши, 2021 йил 26-27 март, С. 81-84.

17. Ражабов У.М. Численный расчет гасителя гидравлического удара, установленным в конце трубопровода // “Suv resurslari va gidrotexnika inshootlaridagi muammolar va ularning yechimlari” mavzusidagi respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy anjumani materiallari to‘plami, Qarshi, 2023 yil 16-18 mart, –819-822 bet.

18. Ражабов У.М., Жонқобиллов С.У., Улугмуродов М.Б. Аналитический расчет пневмогидравлического гасителя, установленным в конце напорного трубопровода // “Suv resurslari va gidrotexnika inshootlaridagi muammolar va ularning yechimlari” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari to‘plami, Qarshi, 2023 yil 16-18 mart, –261-264 bet.

19. Jonqobilov U.U., Rajabov U.M., Jonqobilov S.U., Xamrayev N.Z., Xushiyev SH.P., Jonqobilov Q.U. Nasos stansiyasi naporli quvurlarining iqtisodiy qulay parametrlarini hisoblash // № DGU 10214. O‘zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligi. Tashkent, 17.02.2021 y.

20. Jonqobilov U.U., Rajabov U.M., Jonqobilov S.U., Xamrayev N.Z., Xoliqulov B.J. Jonqobilov Q.U. Suv manбайдan yuqorida joylashgan nasos stansiyasi nasoslarining o‘rnatish balandligini hisoblash // № DGU 10215. O‘zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligi. Tashkent, 17.02.2021 y.

21. Jonqobilov U.U., Rajabov U.M., Egamnazarov T.R., Jonqobilov S.U., Xushiyev SH.P., Jonqobilov Q.U. Nasos stansiyasi binosining maqbul joylashish o‘rnini asoslash hisobi // № DGU 10893. O‘zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligi. Tashkent, 22.04.2021 y.

22. Jonqobilov U.U., Rajabov U.M., Jonqobilov B.U. Diafragmali gidravlik zarba so‘ndirgichni hisoblash // № DGU 16497. O‘zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligi. Tashkent, 28.05.2022 y.

Avtoreferat “Innovatsion texnologiyalar” ilmiy jurnali tahririyatida tahrirdan o'tkazildi va uning o'zbek, rus, ingliz (tezis) tillaridagi matnlari mosligi tekshirildi.

Bosishga ruxsat etildi: _____ yil
Bichimi 60841/8, “Times New Roman”
Garniturida raqamli bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog'i 3,08 Adadi:80
Buyurtma: № 70
QarMII “INTELLEKT” nashriyoti MIUda chop etilgan.
Qarshi shahri, Mustaqillik ko'chasi, 225-uy.

