

**«ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ» МИЛЛИЙ
ТАДҚИҚОТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР
БЕРУВЧИ DSc 03/30.12.2019.Т.10.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**«ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ» МИЛЛИЙ
ТАДҚИҚОТ УНИВЕРСИТЕТИ**

ЖОНҚОБИЛОВ СОБИР УЛУҒМУРОДОВИЧ

**ИККИ КОМПОНЕНТЛИ НАПОРЛИ ОҚИМДА ЗАРЪ ТЎЛҚИНИ
ТЕЗЛИГИНИ ҲИСОБЛАШ УСУЛИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

05.09.07 – Гидравлика ва муҳандислик гидрологияси

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2022

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)
диссертацияси автореферати мундарижаси**

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

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

Жонқобиллов Собир Улугмуродович

Икки компонентли напорли оқимда зарб тўлқини тезлигини ҳисоблаш
усулини такомиллаштириш..... 3

Жонқобиллов Собир Улугмуродович

Совершенствование метода расчета скорости ударной волны в
двухкомпонентном напорном потоке 21

Jonkobilov Sobir Ulugmurodovich

Improvement of the method for calculating the shock wave velocity in a two-
component pressure flow..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 43

**«ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ» МИЛЛИЙ
ТАДҚИҚОТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР
БЕРУВЧИ DSc 03/30.12.2019.Т.10.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**«ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ» МИЛЛИЙ
ТАДҚИҚОТ УНИВЕРСИТЕТИ**

ЖОНҚОБИЛОВ СОБИР УЛУҒМУРОДОВИЧ

**ИККИ КОМПОНЕНТЛИ НАПОРЛИ ОҚИМДА ЗАРБ ТЎЛҚИНИ
ТЕЗЛИГИНИ ҲИСОБЛАШ УСУЛИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

05.09.07 – Гидравлика ва муҳандислик гидрологияси

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2022

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси **Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.1.PhD/T2158** рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация "Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти" Миллий тадқиқот университетиде бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tiame.uz) ва «ZiyoNet» ахборот-таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Арифжанов Айбек Мухамеджанович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Шакиров Бахтияр Махмудович
техника фанлари доктори, профессор

Хўжаев Исмаилла Қўшаевич
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Тошкент архитектура-қурилиш институти

Диссертация ҳимояси "Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти" Миллий тадқиқот университети ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.10.02 рақамли илмий кенгашнинг «26» август 2022 й. соат 9⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтди. Манзил: 100000, Тошкент ш., Қори Ниязий кўчаси, 39 уй. Тел. (+99871)-237-22-67, факс: 237-54-79, e-mail: admin@tiame.uz.

Диссертация билан "Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти" Миллий тадқиқот университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (223 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил 100000, Тошкент ш., Қори Ниязий кўчаси, 39 уй. Тел. (+99871)-237-19-45. e-mail: admin@tiame.uz.

Диссертация автореферати 2022 йил «4» август куни тарқатилди.
(2022 йил «4» август даги № 223 рақамли реестр баённомаси).



Т.З.Султанов

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

Ф.А.Ганнаров

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д., доцент

Д.Р.Базаров

Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш ҳузуридаги илмий семинар раиси Уринбосари, т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда сув узатиш техника ва технологияларидан оқилона фойдаланиш, насос станциялари ва узун напорли қувурлардан ишончли фойдаланишни таъминловчи ишланмаларни яратиш, напорли қувурларнинг гидравлик самарадорлигини ошириш масалаларига алоҳида аҳамият берилмоқда. Ҳозирги кунда ривожланган мамлакатларда «...напорли қувурлардаги гидравлик зарба жараёнининг математик моделини такомиллаштиришда оқим билан қувурнинг ўзаро таъсирини асослаш зарурати белгиланган»¹. Бу борада, жумладан фойдаланаётган насос станцияларининг самарали ишлаши, хавфсизлиги ва ишончилигини таъминлашда насос станцияларининг напорли қувурларида гидравлик зарба жараёнлари тадқиқотида ресурс ва энергия тежашга қаратилган ишланмаларни ёритишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда насос станциялари напорли қувурларининг самарали ишлашини таъминлашда оқимнинг беқарор ҳаракатига бағишланган тадқиқотлар зарба тўлқини тезлиги ва гидравлик қаршиликлар ҳисобига энергия йўқолишининг оптимал қийматларини асослаб аниқлашга бағишланган илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан, насос станцияларининг напорли қувурларида гидравлик зарба параметрларини ҳисоблаш усулини такомиллаштириш ва ишончли фойдаланишни таъминлашга қаратилган тадқиқотлар устивор ҳисобланмоқда. Шу билан бирга, напорли қувурлар тизимини гидравлик зарбага ҳисоблашда сув таркибидаги ҳаво миқдорини ва унинг сиқилиш - кенгайиш жараёнларини инобатга олиб зарба тўлқини тезлигини аниқлаш ҳамда зарба жараёнида напор йўқолишини аниқлашнинг математик моделини такомиллаштириш долзарб вазифалардан ҳисобланмоқда.

Республикамизда насос станцияларидан самарали ва хавфсиз фойдаланиш, самарадорлигини оширишга қаратилган янги технологияларни яратиш бўйича кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида, жумладан «Сув ресурсларини бошқариш тизимини тубдан ислоҳ қилиш ва сувни иқтисод қилиш бўйича алоҳида давлат дастурини амалга ошириш»² бўйича вазифалари белгиланган. Ушбу вазифаларни амалга оширишда, хусусан, суғориш насос станцияларининг ишончли ишлаши, гидромеханик қурилмаларнинг конструкцияларини такомиллаштириш, улардан оқилона фойдаланиш механизмларини ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишларини олиб бориш муҳим ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт

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

² Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги Фармони.

стратегияси тўғрисида», 2021 йил 29 июлдаги ПФ-5201-сон «Ўзбекистон Республикасининг Қашқадарё ва Сурхондарё вилоятларида суғориладиган ерларни стабил сув билан таъминлайдиган 29 та насос станцияларни модернизация қилиш тўғрисида», 2020 йил 10 июлдаги ПФ-6024-сон «Ўзбекистон Республикаси сув хўжалигини ривожлантиришнинг 2020-2030 йилларга мўлжалланган концепциясини тасдиқлаш тўғрисида»ги Фармонлари ва 2017 йил 25 сентябрдаги ПҚ-3286-сон «Сув объектларини муҳофаза қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора тадбирлари тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация иши муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг асосий устувор йўналишларига мослиги. Бу тадқиқот республикада фан ва техникани ривожлантиришнинг устувор йўналиши V. “Қишлоқ хўжалиги, биотехнология, экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш”га мувофиқ ҳолда бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Напорли қувурларда гидравлик зарбанинг назарий асослари ва ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқишда бир қатор таниқли хорижий олимлар катта ҳисса қўшганлар, жумладан Жуковский Н.Е., Суринов А.А., Кутателадзе С.С., Мошин Л.Ф., Лямаев Б.Ф., Попов Д.Н., Смирнов Д.Н., Джваршейшвили А.Г., Дикаревский В.С., Мелконян Г.И., Алышев В.М., Усаковский В.М., Андрияшев М.М., A. Adamkowski, M. Lewandowski, M.S. Ghidaoui, L.L. Guo ва бошқалар.

Икки компонентли (сув+ҳаво) напорли оқимда икки ва уч фазали беқарор оқимларда зарб тўлқини тезлигини ҳисоблашнинг самарали усулларини ишлаб чиқиш ва такомиллаштиришга Ўзбекистоннинг таниқли олимларининг илмий ишлари бағишланган. Булардан: Рахматуллин Х.А., Латипов Қ.Ш., Умаров А.И., Хамидов А., Хўжаев И.Қ., Гловацкий О.Я., Арифжанов А.М., Худайкулов С.И., Мухаммадиев М., Мирхамидова Х.Б. Олиб борилган илмий тадқиқотлар натижасида напорли қувурлар тизимида гидравлик зарбанинг салбий оқибатлари олдини олишга оид масалаларни ечишда салмоқли натижаларга эришилди.

Бугунги кунда насос станциялари қувурларида оқимнинг беқарор ҳаракати билан боғлиқ жараёнлар бўйича тадқиқотлар олиб борилишига қарамадан, насос станцияси напорли қувурларида икки компонентли оқимларда зарб тўлқини тезлиги ва унга таъсир этувчи омилларни ҳамда гидравлик зарба жараёнида гидравлик ишқаланиш ҳисобига напор йўқолишини инобатга олиш каби масалалар етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг № 1.25-сонли “Ирригация тизимлари, гидротехника иншоотлари ва сув омборларидан фойдаланишнинг гидравлик ва гидрологик асосларини

ишлаб чиқиш” (2016-2020) мавзусидаги илмий лойиҳаси, Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институтида бажарилган № ГваГИ/40-20-сонли “Насос станциялари босим қувурларини гидравлик ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш” (2021) мавзусидаги ҳўжалик шартномаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади насос станциялари напорли қувурларида икки компонентли оқимда ҳаво миқдори ўзгаришини ҳамда гидравлик қаршиликларни инобатга олиб зарба тўлқини тезлигини ҳисоблаш усулини такомиллаштиришдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

насос станцияси напорли қувурларида икки компонентли оқимда зарба тўлқини тезлигини ҳисоблаш назарияси ва усулларининг таҳлили;

суғориш насос станцияси напорли қувурларида зарба таъсирида юзага келадиган жараёнларни баҳолашда политропа кўрсаткичини ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш;

суғориш насос станцияси напорли қувурларида гидравлик зарба жараёнларининг реал объектларда ва лаборатория шароитида тадқиқоти;

гидравлик зарба жараёнида икки компонентли оқимнинг параметрларини ва зарба тўлқини тезлигини ҳисоблаш усулини такомиллаштириш бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш.

Тадқиқот объекти сифатида Қашқадарё вилоятидаги Бустон, Варганза-2, Қўнғиртоғ насос станциялари олинган.

Тадқиқотнинг предмети напорли қувурдаги икки компонентли оқимда гидравлик зарба жараёни ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида аналитик, сонли усуллар, тизимли таҳлил, реал объектларда ва лабораторияда олинган маълумотларни математик статистика усуллари билан қайта ишлаш, шунингдек, математик моделлаштириш усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

насос станцияси напорли қувурларида икки компонентли оқимда гидравлик зарба тўлқини тезлигини оқимда ҳаво миқдорини ўзгариши асосида такомиллаштирилган;

гидравлик зарбада босимнинг кескин ошиши политропик жараёнлиги асосида политропа кўрсаткичини аниқлаш усули ишлаб чиқилган;

насос станцияси напорли қувурларида гидравлик зарба параметрларига қувурнинг қаршилигини баҳолаш асосида гидравлик ишқаланиш коэффициентини аниқлаш усули такомиллаштирилган;

тўғри гидравлик зарба жараёнида юзага келадиган максимал напор ва зарба тўлқини тезлигига оқимнинг барқарор ҳаракатдаги параметрлари таъсирини ифодаловчи математик боғланиш ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

икки компонентли оқимда насос станцияларининг напорли узун қувурларида зарба тўлқини тезлигини ҳисоблаш усули гидравлик зарба

пайтида оқимнинг гидродинамик параметрларини инобатга олиб такомиллаштирилган;

икки компонентли оқимдаги зарба тўлқини тезлигининг оқимнинг бошланғич параметрларига боғлиқлиги аниқланган;

икки компонентли оқимдаги гидравлик зарба учун политропа коэффициентининг адекват қиймати ($n = 1,2$) асосланган;

гидравлик зарба жараёнида гидравлик ишқаланиш коэффициентини аниқлаш усули тавсия этилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги назарий ечимларни ишлаб чиқишда умум қабул қилинган механика қонунлари ва математик усулларга асосланганлиги, олинган натижаларни ўтказилган дала тадқиқотлари натижалари билан солиштирилганлиги, маълумотларни таҳлил қилишда математик статистика услубларидан фойдаланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти икки компонентли оқимда зарба тўлқини тарқалиши тезлигини ҳисоблашнинг математик моделини такомиллаштирилганлиги, насос станцияларининг напорли қувурларида гидравлик зарба жараёнида ҳаво миқдори ўзгаришининг политропа коэффициентининг қийматига ҳамда тўлқин тарқалиш тезлигига таъсирини аниқланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти икки компонентли оқимда насос станцияларининг напорли узун қувурларида зарба тўлқини тезлигини ҳисоблаш усули гидравлик зарба пайтида оқимнинг гидродинамик параметрларини инобатга олиб такомиллаштирилганлиги, икки компонентли оқимдаги зарба тўлқини тезлиги оқимнинг бошланғич параметрларига боғлиқлиги аниқланганлиги, икки компонентли оқимдаги гидравлик зарба учун политропа коэффициентининг аниқ қиймати ($n = 1,2$) асосланганлиги ҳамда гидравлик зарба жараёнида гидравлик ишқаланиш коэффициентини аниқлаш усули тавсия этилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Икки компонентли напорли оқимда зарб тўлқини тезлигини ҳисоблаш усулини такомиллаштириш бўйича олинган натижалар асосида:

насос станциясининг напорли қувурларида электр таъминоти тўсатдан узилганда содир бўладиган гидравлик зарбанинг асосий параметри зарба тўлқини тарқалиш тезлигини ҳисоблаш усули Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Қашқадарё вилояти насос станциялари ва энергетика бошқармасига жорий этишга тавсия этилган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2021 йил 23 декабрдаги ZD33250384-сон маълумотномаси). Натижада насос станциясининг напорли қувурида гидравлик зарба оқибатини камайтириш ҳисобига насос станциясидан хавфсиз фойдаланиш имконияти яратилган;

насос станциясида гидравлик зарба жараёнида тўлқин тарқалиш тезлиги ва босимни ҳисоблаш усули Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Қашқадарё вилояти насос станциялари ва энергетика бошқармасига жорий

этишга тавсия этилган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2021 йил 23 декабрдаги ZD33250384-сон маълумотномаси). Натижада гидравлик зарба жараёнида насос станцияси напорли қувурларини ҳимоялаш чора-тадбирларини ишлаб чиқиш имконияти яратилган;

насос станциясининг напорли қувурларида гидравлик зарба параметрларини ҳисоблаш усули Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Қашқадарё вилояти насос станциялари ва энергетика бошқармасига жорий этишга тавсия этилган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2021 йил 23 декабрдаги ZD33250384-сон маълумотномаси). Натижада кутилган иқтисодий самарадорлик 37 000 000 (ўттиз етти миллион) сўмни ташкил этган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 6 та халқаро ва 4 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича 27 та илмий иш чоп этилган, шулардан 2 та монография, Scopus базасида индексацияланган конференцияларда 4 та, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертацияларнинг асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий нашрларда 11 та мақола, жумладан 6 таси республика ва 5 таси хорижий журналларда нашр этилган. Шу билан бир қаторда 4 та ЭҲМ дастурлари учун гувоҳномалар олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация иши кириш, бешта боб, хулоса, адабиётлар рўйхати ва иловадан иборат. Диссертациянинг ҳажми 105 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Диссертациянинг **Кириш** қисмида олиб борилган тадқиқот ишининг зарурлиги ва мавзусининг долзарблиги асосланган, тадқиқот мақсади ва вазифалари ҳамда тадқиқот объекти ва предмети шакллантирилган, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган. Тадқиқотнинг илмий янгилиги, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамиятлари баён этилган, тадқиқот натижаларини жорий қилинганлиги, ишончлилиги асосланган, нашр этилган ишлар, диссертациянинг тузилиши ва ҳажми бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Напорли қувурларда гидравлик зарба жараёни тадқиқотлари таҳлили”** деб номланган биринчи бобида напорли қувурларда гидравлик зарбанинг назарий асослари ва гидравлик параметрларини ҳисоблаш усуллари бўйича амалга оширилган изланишларнинг таҳлили келтирилган.

Напорли қувурларда гидравлик зарбанинг назарий асослари ва математик моделини ишлаб чиқиш масалалари Н.Е.Жуковский, А.А.Сурин, Х.А.Рахматулин, С.С.Кутателадзе, Л.Ф.Мошнин, Г.В.Аронович,

Н.А.Картвелишвили, Д.Н.Смирнов, Л.Бержерон, Г.К.Бетчеллор, А.Г.Джваршейшвили, В.С.Дикаревский, К.Ш.Латипов, А.Хамидов, А.Adamkowski, M.Lewandowski, G.Evangelisti ва бошқаларнинг ишларида баён этилган бўлиб, бу тадқиқотларнинг асосий қисми бир жинсли идеал суюқликлар учун амалга оширилган ва кўп компонентли оқимларнинг тадқиқотида улардан фойдаланишда маълум чекланишлар мавжуд.

Гидравлик зарба параметрларини ҳисоблаш усуллари қатор олимларнинг В.М.Алышев, Г.И.Мелконян, О.Я.Гловацкий, И.Қ.Хўжаев, А.М.Арифжанов, С.И.Худайкулов, М.М.Мухаммадиев, М.М.Андрियाшев, Х.Б.Мирхамидова ва бошқалар ишларида келтирилган бўлиб, бу ишланмаларда гидравлик зарба жараёнининг алоҳида масалалари тадқиқоти берилган ва олинган натижалар гидравлик зарба жараёнининг хусусий ҳолларини ифодалайди. Гидравлик зарба жараёнида оқимнинг параметрларини тўлиқ ифода этишда суюқлик ва қувур деворларининг эластиклиги билан бир қаторда, сувдаги ҳаво микдорининг таъсирини ҳисобга олиш лозимлиги қайд этилган. Напорли оқимда (сув+ҳаво) иккита компонентнинг мавжудлиги ҳар доим уларнинг ўзаро таъсирига олиб келади ва бу ўзаро таъсирнинг микдорий қийматларни аниқлаш уларнинг мутлақ ва нисбий тезлиги, физик хусусиятлари, қувурнинг геометрик ўлчамлари ва бошқаларга боғлиқлигини баҳолаш баён этилган.

Назарий ва экспериментал тадқиқот натижалари таҳлили шуни кўрсатадики, оқимдаги ҳавонинг мавжудлиги зарба тўлқинларининг тарқалиш қонуниятларига сезиларли даражада таъсир қилади, улар бир жинсли суюқликларда пайдо бўладиганларидан фарқ қилади. Хусусан, юқорида айтиб ўтилганидек, зарба тўлқини тезлигининг пасайиши ва зарба тўлқинининг таъсирининг ўзгаришига сабаб бўлади. Зарба тўлқини тезлигининг аниқ қиймати политропа коэффициенти n нинг сон қийматига боғлиқ бўлиб, у икки компонентли напорли оқимларда ҳавонинг сиқилиш-кенгайиш қонунини ифодалайди.

Политропа коэффициентининг микдорий ва сифат хусусиятларини, зарба тўлқинининг тезлигини аниқлаш, икки компонентли напорли оқимда қувур узунлиги бўйлаб гидравлик зарба пайтида қаршилиқларни инобатга олиб напорнинг йўқолишини аниқлаш масалалари тадқиқоти заруратини тақозо қилиши баён этилган. Амалга оширилган таҳлиллар асосида ишнинг мақсад ва вазифалари белгиланган.

Диссертациянинг **“Икки компонентли напорли оқимда зарба тўлқини тезлигининг ҳисоби”** деб номланган иккинчи бобида икки компонентли оқимда гидравлик зарба тарқалиши жараёнида оқим параметрларининг ўзгаришига таъсир этувчи омиллар ва зарба тўлқини тезлигини ҳисоблашнинг назарий асослари баён этилган.

Икки компонентли оқимда тўғри гидравлик зарба жараёнида зарба тўлқини тезлигини аниқлашда А.Г.Джваршейшвили ва Г.И.Кирмелашвилиларнинг математик моделини ривожлантириш асосида қуйидаги ифода келтирилган:

$$c = \frac{\sqrt{\frac{E_c}{\rho_c}}}{\sqrt{(1-\varepsilon) \left[1 + (1-\mu^2) \frac{D}{e} \frac{E_c}{E_\kappa} \right] + \varepsilon \frac{\rho_{ap.}}{\rho_c} A \frac{E_c}{\Delta p}}}, \quad (1)$$

бу ерда: E_κ – қувурнинг эластик модули; $\rho_{ap.} = \rho_c \varepsilon_c + \rho_z \varepsilon$ – суюқ аралашманинг зичлиги; ε_c ва ε – сув ва ҳавонинг концентрацияси; ρ_z – ҳаво зичлиги; ε – ҳавонинг ҳажмий концентрацияси;

$$A = 1 - \left(\frac{p_0}{p_0 + \Delta p} \right)^{1/n} = 1 - \left(\frac{1}{1+a} \right)^{1/n}, \quad (2)$$

бу ерда: n – политропа кўрсаткичи; $a = \Delta p/p_0$.

Келтирилган (1) ифоданинг ўзига хос томони шундан иборатки, бу ерда икки компонентли оқимнинг параметрларини баҳолашда катор омиллар инобатга олинган, жумладан оқимда ҳаво миқдори, қувурнинг эластиклиги ҳамда оқимнинг гидравлик зарбада сиқилиши билан боғлиқ политропа коэффициентлари. Аммо келтирилган ифодадан гидравлик зарба жараёнида тўлқин тезлигини аниқлашда маълум қийинчиликлар мавжуд. Келтирилган ифодани тажриба натижалари билан солиштиришга қулай кўринишга келтириш лозим бўлади.

Олиб борилган назарий тадқиқотлар асосида (1) ифода кубик тенглама кўринишига келтирилади:

$$z^3 + Rz + q = 0, \quad (3)$$

бу ерда:

$$z = \frac{c}{\sqrt{\frac{E_c}{\rho_c}}} - \frac{b_1}{3}; \quad R = -\frac{b_1^2}{3} + b_2; \quad q = \frac{2}{27} b_1^3 - \frac{b_1 b_2}{3} + b_3,$$

$$b_1 = \frac{Bnp_0 + \varepsilon E_c m_1}{Bn\rho_{ap.} \mathcal{G}_0 \sqrt{\frac{E_c}{\rho_c}} + \varepsilon E_c \frac{m_2 \rho_{ap.} \mathcal{G}_0}{p_0} \sqrt{\frac{E_c}{\rho_c}}}; \quad b_2 = \frac{n\rho_{ap.} \mathcal{G}_0 \sqrt{\frac{E_c}{\rho_c}}}{Bn\rho_{ap.} \mathcal{G}_0 \sqrt{\frac{E_c}{\rho_c}} + \varepsilon E_c \frac{m_2 \rho_{ap.} \mathcal{G}_0}{p_0} \sqrt{\frac{E_c}{\rho_c}}};$$

$$b_3 = \frac{np_0}{Bn\rho_{ap.} \mathcal{G}_0 \sqrt{\frac{E_c}{\rho_c}} + \varepsilon E_c \frac{m_2 \rho_{ap.} \mathcal{G}_0}{p_0} \sqrt{\frac{E_c}{\rho_c}}},$$

$$B = 1 - \varepsilon_\kappa + m \frac{D}{e} \frac{E_c}{E_\kappa} + \varepsilon_\kappa \frac{E_c}{E_{\kappa.ж.}} + \varepsilon_\kappa m \frac{D}{e} \frac{E_c}{E_\kappa}. \quad (4)$$

Тенглама (3) Кардано усулидан фойдаланиб зарба тўлқини тезлиги учун қуйидаги ифода олинган:

$$c = c_0 \left(z - \frac{b_1}{3} \right), \quad (5)$$

бу ерда: c_0 – суюқликда товушнинг тарқалиш тезлиги; тенгламада келтирилган параметрларнинг z , b_1 қиймати тажрибалар асосида аниқланади.

Тўғри гидравлик зарбада насос қурилмалари тесқари клапаннинг бир зумда ёпилиши натижасида содир бўладиган зарба жараёнида босим миқдори $\Delta p = \rho_{ap} c \vartheta_0$ боғланиш асосида аниқланади, бу ерда: ϑ_0 – барқарор ҳаракатдаги оқим тезлиги.

Икки компонентли напорли оқимнинг ҳаракатида ишқаланиш кучининг гидравлик зарба катталигига ва табиатига таъсири алоҳида эътиборга эга. Ишқаланиш кучини ҳисобга олган ҳолда гидравлик зарбанинг дифференциал тенгламаларини қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dh}{dx} &= \frac{1}{g} \frac{d\vartheta}{dt} + \frac{\lambda}{D} \frac{\vartheta_0^2}{2g}, \\ \frac{d\vartheta}{dx} &= \frac{g}{c^2} \frac{dh}{dt}. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Тенгламалар системаси маълум математик шакл алмаштиришлардан сўнг қуйидаги битта тенглама шаклга келтирилди:

$$\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} = b \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial t^2} + s \frac{\partial \vartheta}{\partial t}, \quad (7)$$

бу ерда:

$$b = \frac{1}{c^2}; \quad s = \frac{\vartheta_0 \lambda}{2Dc^2}. \quad (8)$$

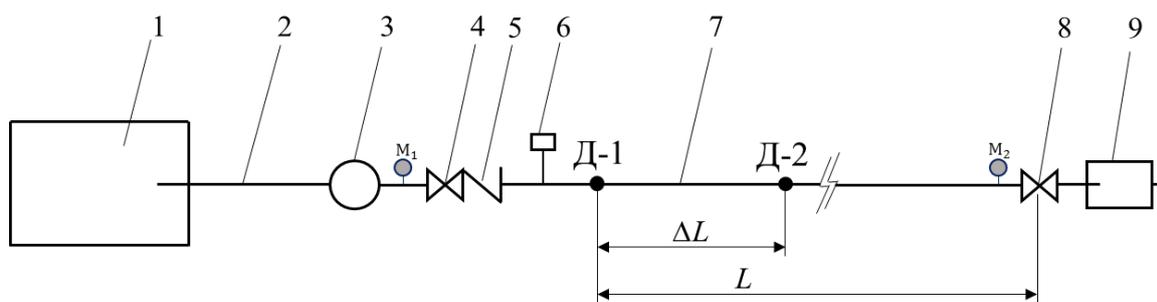
Тенгламанинг ечимидан гидравлик зарба жараёнида насос станцияларининг напорли қувурларида гидравлик ишқаланиш коэффициентини аниқлаш учун қуйидаги ифода келтирилган:

$$\lambda = \frac{8r_0}{\vartheta_0} \kappa, \quad (9)$$

бу ерда: r_0 – қувур радиуси; κ – гидравлик зарба жараёнида тўлқин фазаларини ўзгаришини инобатга олувчи тажрибалар асосида аниқланадиган коэффициент.

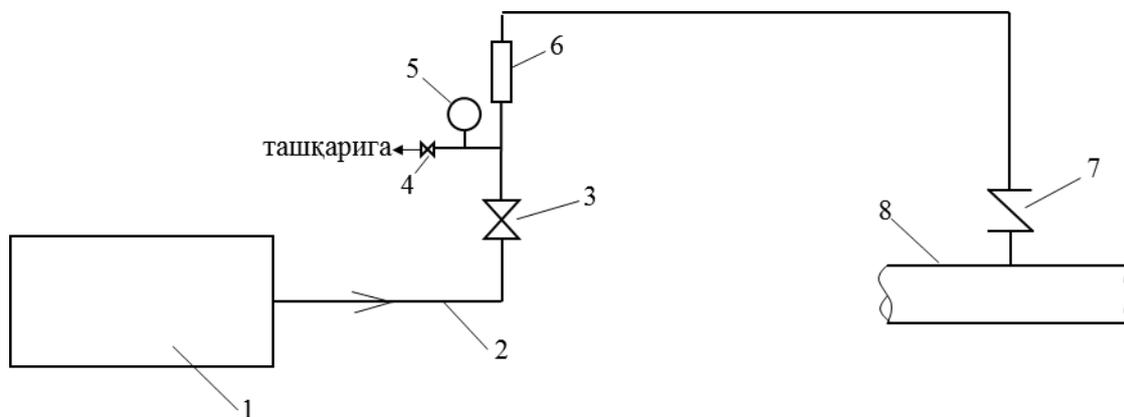
Диссертациянинг “Гидравлик зарба жараёнининг лаборатория ва реал объектдаги тадқиқоти” деб номланган учинчи бобида гидравлик зарба жараёнини лаборатория шароитида ва реал объектдаги тадқиқотлари натижалари келтирилган.

Лаборатория тадқиқотлари махсус қурилмада (1-расм) амалга оширилди, гидравликада қабул қилинган усулларда бажарилди. Қурилма $D_y = 70$ мм диаметри узунлиги $Z = 250,2$ м горизонтал қувурдан иборат. Сув 2К-20/30 маркали насос ёрдамида резервуар (ўлчамлари 2,5, 6 ва 2,5 м) дан напорли қувурга етказиб берилади. Тесқари клапандан гидравлик зарбани ҳосил қилишда фойдаланилиб, ўлчовлар натижалари компьютерда акс эттириш учун махсус мослама билан жиҳозланган. Суюқлик сарфи ҳажмий усулда, ҳаво оқими сарфи эса ротаметрлар ёрдамида аниқланган. Компрессор сиқилган ҳавони напорли қувурга етказиб беради (2-расм).



1 – сув манбаи (резервуар); 2 – сўриш қувури; 3 – насос; 4,8 – қулфаклар; 5 – тесқари клапан; 6 – ҳаво бериш тизими; 7 – напорли қувур; 9 – босимли ҳовуз, Д-1, Д-2 – сенсорли босим ўлчагичлар; M_1 , M_2 – манометрлар

1-расм. Тажриба қурилмасининг схемаси



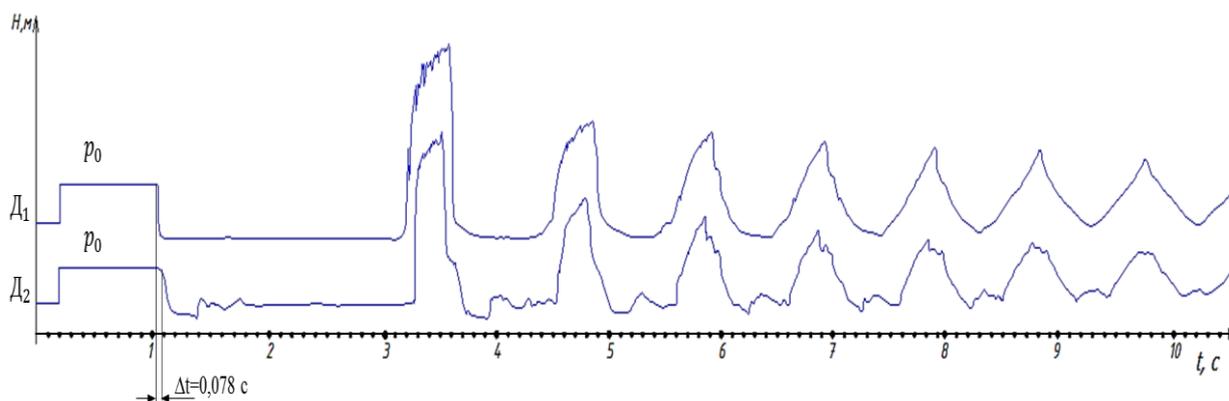
1 – компрессор; 2 – ҳаво қувури; 3,4 – қулфаклар; 5 – манометр; 6 – ҳаво ўлчагич; 7 – тесқари клапан; 8 – напорли қувур.

2-расм. Ҳаво бериш тизими

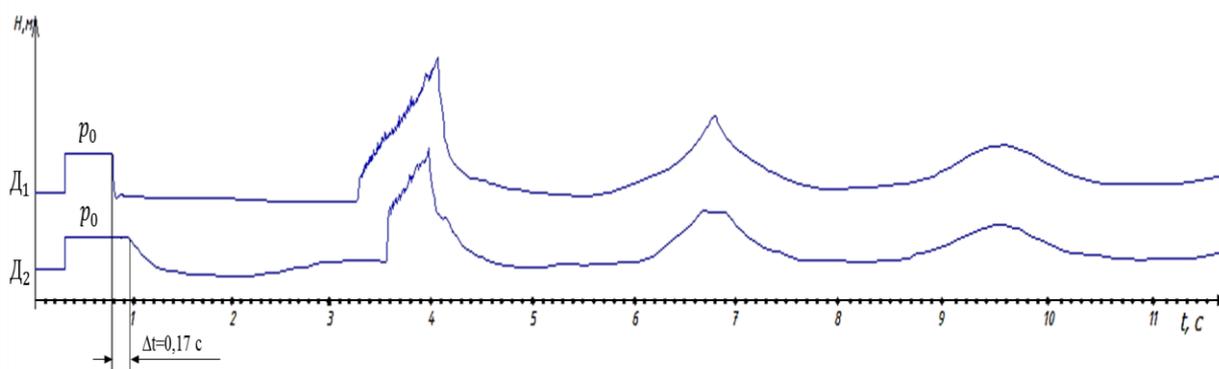
Лаборатория қурилмасида зарба тўлқинининг тарқалиш тезлиги асосида напорли қувурда беқарор ҳаракат вақтида гидродинамик босимнинг ўзгаришини аниқлаш бўйича тажрибалар ўтказилди.

Тажрибалар зарба тўлқини тезлигини суюқликнинг зичлиги ва эластиклигига, қувурнинг қаттиқлигига ва оқимнинг ҳаво таркибига боғлиқ равишда ўтказилди. Лаборатория тадқиқотларида дастлабки тезлик 0,2 м/с қадам билан 0,8 м/с дан 2,2 м/с гача оралиқда ўзгарди. Шундай қилиб, $\rho_0 = \text{idem}$ да 10 та тажриба ўтказилди. Зарбадан олдин гидродинамик босим p_0 мос равишда 200 кПа дан 400 кПа гача ўзгарди. Тажрибалар бир ва икки компонентли оқимлар учун ўтказилди. Икки компонентли оқимда ҳаво миқдори қуйидагича $\varphi = 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5$ % ташкил этилди. Умумий ҳолда 3-4 такрорлашлар билан тажрибалар ўтказилди (4,6-расмлар).

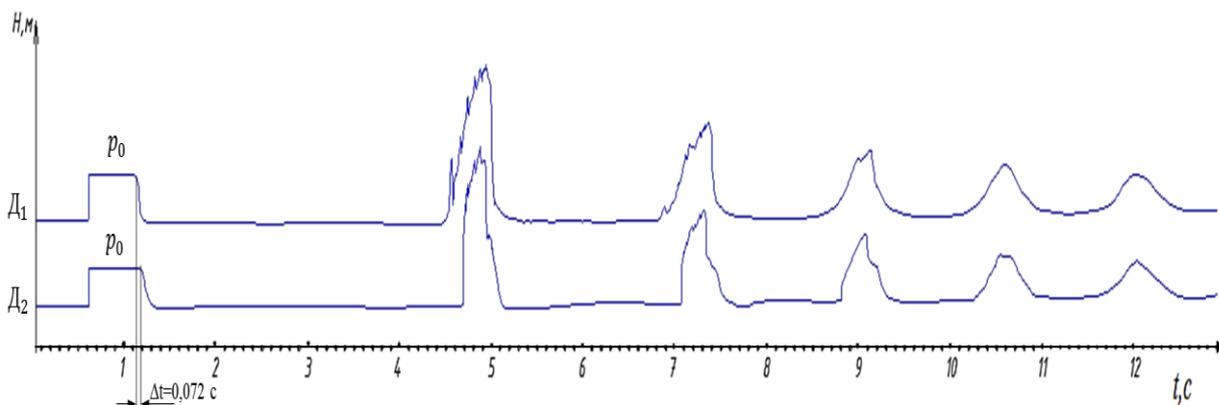
Дала тажрибалари Қашқадарё вилояти Қўнғиртоғ насос станциясида ўтказилди.



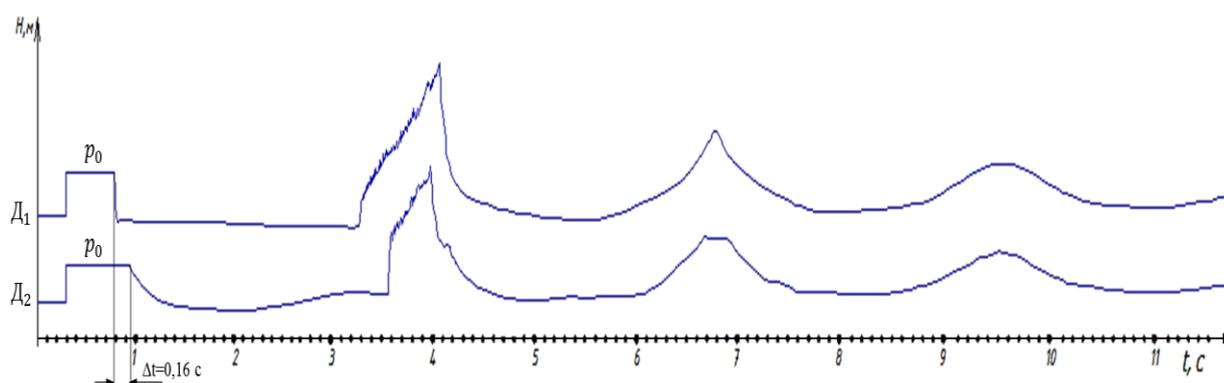
3-расм. Гидравлик зарба жараёнида гидродинамик напорнинг ўзгариш диаграммаси (9-тажриба): $p_0=250$ кПа, $Q_0=1,2$ м/с, $\Delta L=75$ м, $c_{таж}=962$ м/с



4-расм. Гидравлик зарба жараёнида гидродинамик напорнинг ўзгариш диаграммаси (19-тажриба): $p_0=270$ кПа, $Q_0=1,8$ м/с, $\varphi=0,5\%$, $\Delta L=75$ м, $c_{таж}=431,3$ м/с



5-расм. Гидравлик зарба жараёнида гидродинамик напорнинг ўзгариш диаграммаси (28-тажриба): $p_0=300$ кПа, $Q_0=1,2$ м/с, $\Delta L=75$ м, $c_{таж}=1042$ м/с



6-расм. Гидравлик зарба жараёнида гидродинамик напорнинг ўзгариш диаграммаси (35-тажриба): $p_0=255$ кПа, $q_0=2$ м/с, $\varphi=0,5\%$, $\Delta L=75$ м, $c_{\text{таж}}=454,1$ м/с

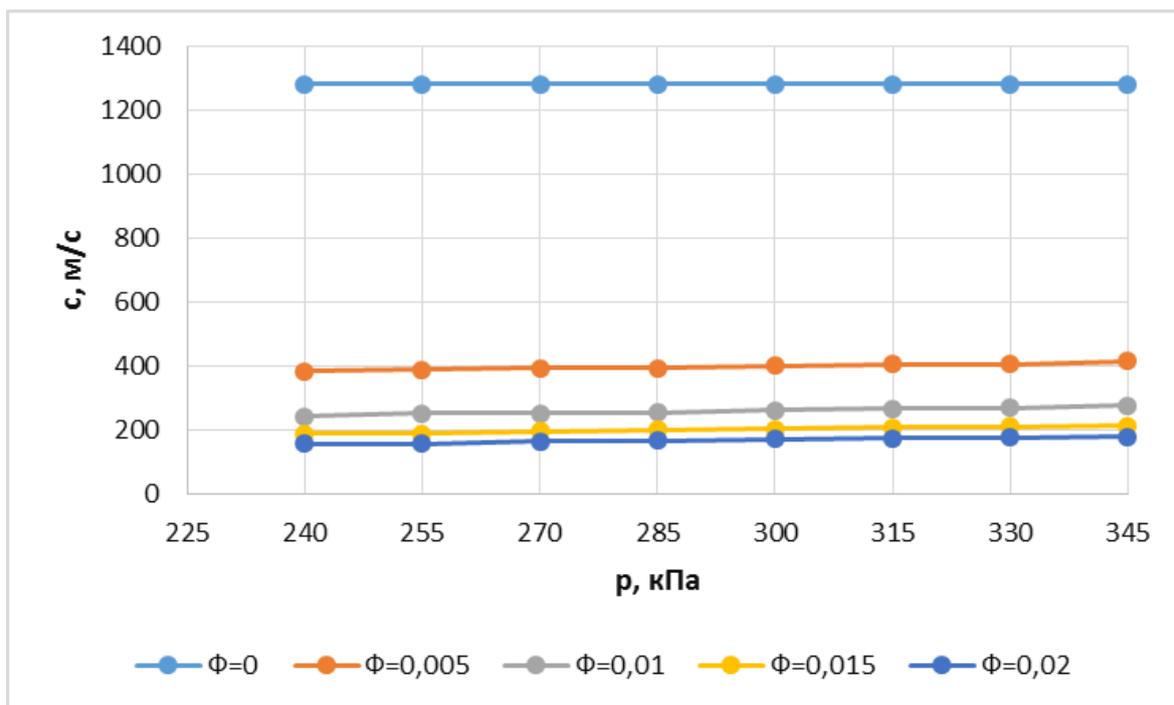
Турли хил ҳаво миқдори ($\varphi = 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5$ %) берилганда ва $q_0=idem$, $p_c=idem$ бўлганда газ миқдорининг ошиши билан зарба тўлқини тезлигининг пасайишини кузатилди (4,6-расмлар).

Таҳлиллардан маълум бўлдики, ҳаво миқдори φ нинг ортиши билан зарба тўлқини тезлиги камайган. Напорли оқимга ҳаво киритиш аралашманинг эластиклигини ҳам, унинг зичлигини ҳам ўзгартиради. Аммо кичик ҳаво миқдорида напорли оқим зичлиги бир оз ўзгаргани ҳолида оқимнинг эластиклиги сезиларли даражада ўзгариши кузатилган. Ҳаво концентрациясининг янада ортиши билан оқимнинг эластиклиги ва зичлигининг ўзгаришлари тобора мутаносиб бўлиб боради ва бунинг натижасида дастлаб интенсив равишда пасайиб кетган тўлқин тарқалиш тезлиги кейинчалик деярли ўзгармаганлиги тажрибалар асосида баён этилган.

Диссертациянинг “**Икки компонентли напорли оқимда гидравлик зарбанинг параметрларини аниқлаш**” деб номланган тўртинчи бобида назарий ва лаборатория тадқиқотлари натижалари таҳлили асосида зарб тўлқини тезлигини қийматига таъсир этувчи омилларга боғлиқлигини белгиловчи ифодалар келтирилган.

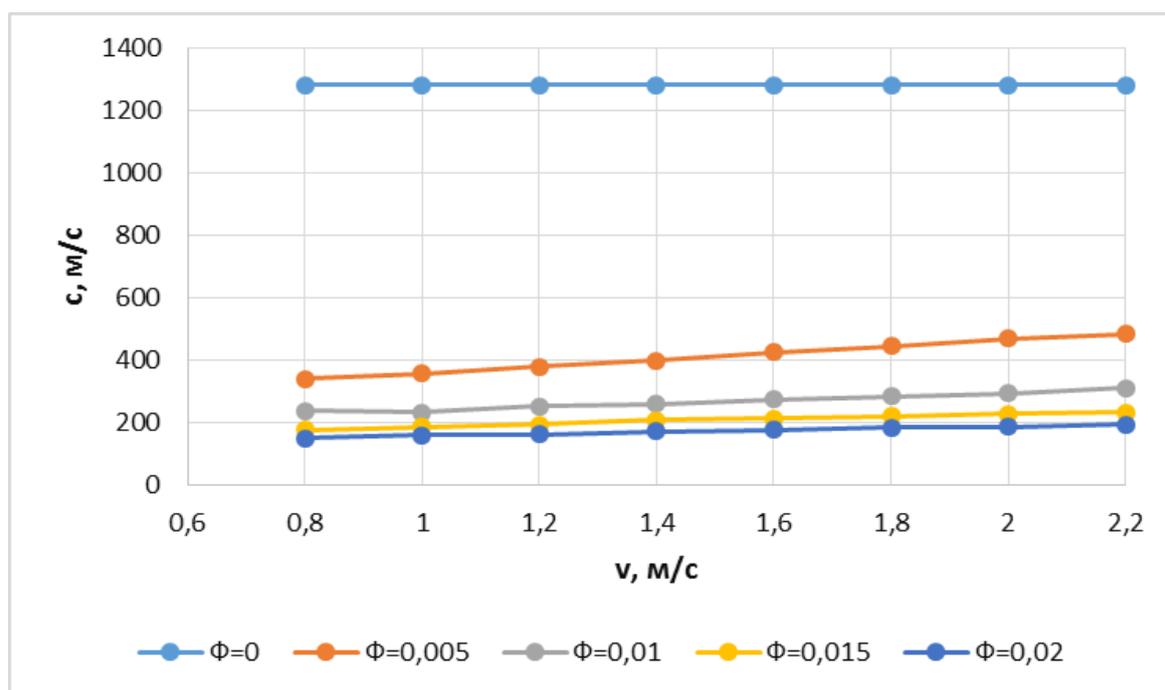
Икки компонентли (сув+ҳаво) напорли оқимида гидравлик зарбани ҳисоблашнинг аниқлиги политропа кўрсаткичи n нинг аниқлигига боғлиқ. Муҳандислик амалиётида икки компонентли напорли оқимда ҳавонинг сиқилиш-кенгайиш қонунини ҳисобга оладиган политропа кўрсаткичининг қиймати энг кичик квадратлар усулидан фойдаланиб аниқланган. Тадқиқот натижалари бўйича политропа кўрсаткичининг ўртача қиймати $n=1,20$ тенглиги асосланган.

Лаборатория тадқиқотларида олинган маълумотларни қайта ишлаш натижасида зарба тўлқини тезлигининг бошланғич оқим тезлигига ва бошланғич босимга боғлиқлигини ифодаладиган натижалар олинган (7,8-расмлар).



1 – $\varphi = 0,0 \%$; 2 – $\varphi = 0,5 \%$; 3 – $\varphi = 1,0 \%$; 4 – $\varphi = 1,5 \%$; 5 – $\varphi = 2,0 \%$

7-расм. Зарба тўлқини тезлигининг бошланғич босимга боғлиқлиги графиги ($\vartheta_0 = 1,4$ м/с)

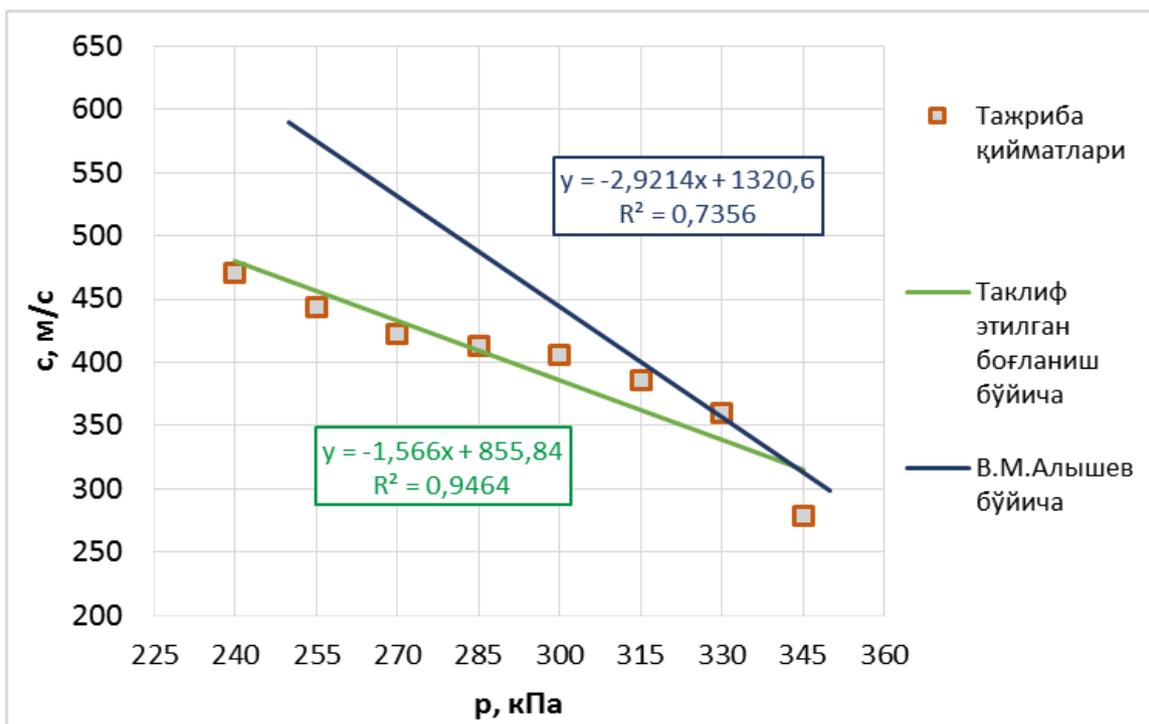


1 – $\varphi = 0,0 \%$; 2 – $\varphi = 0,5 \%$; 3 – $\varphi = 1,0 \%$; 4 – $\varphi = 1,5 \%$; 5 – $\varphi = 2,0 \%$

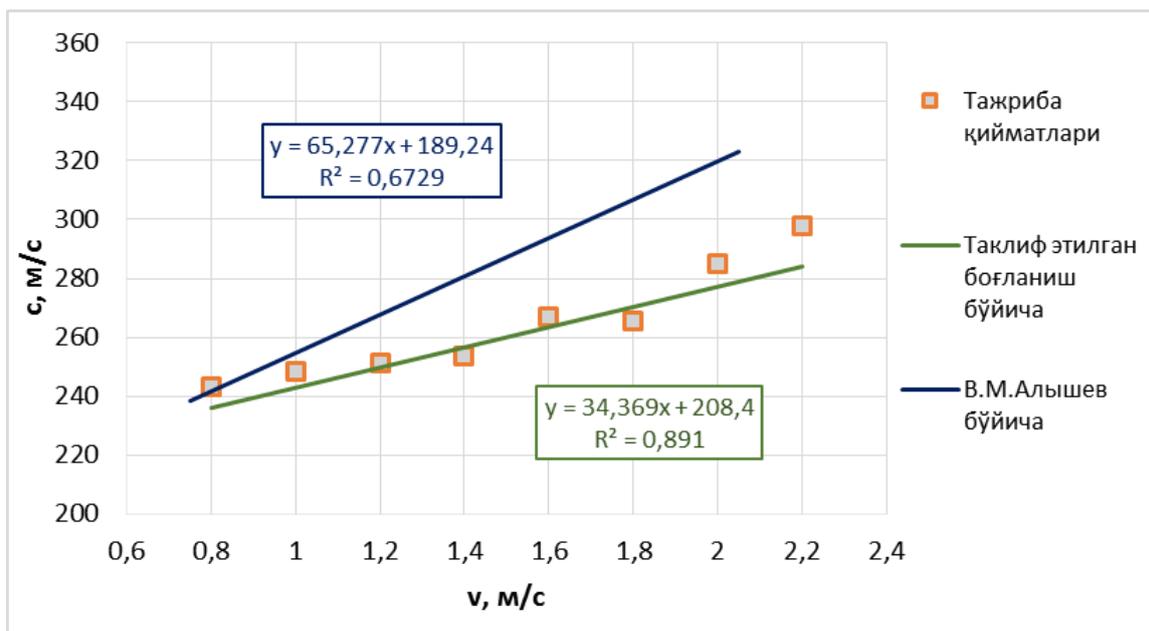
8-расм. Зарба тўлқини тезлигининг бошланғич тезликга боғлиқлиги графиги ($p_c = 300$ кПа)

Тажрибада олинган маълумотлар асосида зарба тўлқини тезлигини қиёсий солиштириш ҳаво миқдорининг турли қийматларида амалга оширилди (9,10-расмлар). Солиштиришлар натижасидан икки компонентли оқимда зарба тўлқинининг тезлиги катталиги қувур диаметри, қувур

қалинлиги ва қувурнинг эластиклик модули ўзгармас сақланганда барқарор ҳолат режимининг параметрлари: ҳавонинг миқдори (фоизда), босим ва бошланғич тезликка боғлиқ равишда аниқланган. Тўпланган маълумотларни математик статистика усуллари асосида таҳлили қилинган (корреляция коэффициентини 0,96). Қиёсий баҳолашлардан кўринадики, зарба тўлқини тезлигини ҳисоблаш учун тавсия этилган формула амалий масалаларни ечиш учун қониқарли натижаларни кўрсатмоқда.



9 – расм. Зарба тўлқини тезлигини қиёсий баҳолаш графиги ($\phi=0,5\%$)

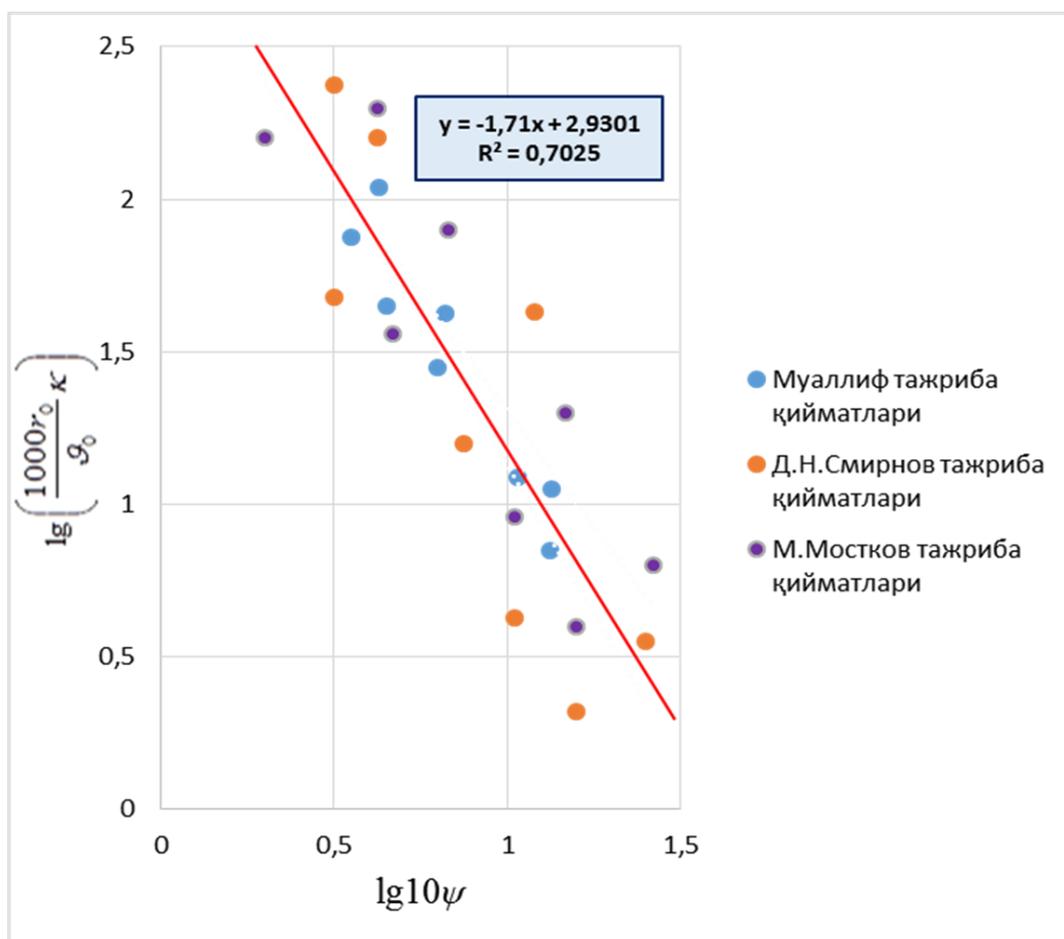


10 – расм. Зарба тўлқини тезлигини қиёсий баҳолаш графиги ($\phi=1\%$)

Оқимнинг беқарор ҳаракатида гидравлик ишқаланиш коэффициентини аниқлаш бўйича ўтказилган тажрибалар таҳлили асосида гидравлик ишқаланиш коэффициентининг қувур характеристикасига боғлиқлиги аниқланган (11-расм):

$$\kappa = 0,02 \frac{1}{\psi^{1,7}} \frac{g_0}{r_0}, \quad (10)$$

бу ерда: ψ - қувур характеристикаси.



11-расм. Гидравлик зарбада напор йўқолишини аниқлашга доир график

Тажрибалар асосида олинган (8) ва (7) формулалардан фойдаланиб гидравлик ишқаланиш коэффициентини аниқлаш учун боғланиш тавсия этилган. Олинган натижаларнинг таҳлили шуни кўрсатадики, напорли беқарор режимда гидравлик ишқаланиш коэффициентининг қиймати барқарор режимдаги қийматидан анча юқори экан.

Диссертациянинг “Тадқиқот натижаларини амалиётда қўллаш бўйича тавсиялар” деб номланган бешинчи бобида иш натижаларини амалиётда қўллаш бўйича тавсиялар ва тадқиқот натижаларининг иқтисодий самарадорлиги келтирилган.

Насос станцияси напорли қувури узунлиги бўйлаб гидравлик қаршилиқни ҳисобга олган ҳолда зарба босимининг қийматини, босимнинг биринчи даврининг давомийлигини аниқлашни ҳисоблаш усули бўйича амалга оширилган ҳисоблар келтирилган.

Суғориш насос станцияларида иқтисодий самарадорлик узун напорли қувурларнинг бошланишида қўшимча киритилган ҳавони (3,0% гача) инобатга олиб, зарба тўлқини тезлигининг ҳақиқий қийматини ҳисоблаш билан асосланди.

Насос станциясининг напорли қувурларида электр таъминоти тўсатдан узилганда содир бўладиган гидравлик зарба тарқалиш ҳолида оқимнинг параметрларини ҳисоблаш усуллари Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Қашқадарё вилояти насос станциялари ва энергетика бошқармасига жорий этишга тавсия этилган. Натижада насос станциясининг напорли қувурларида босим ўзгаришини аниқ баҳолаш натижасида қувур қалинлигини танлаш ва энергия йўқотилишини камайтириш ҳисобига иқтисодий самарадорликка эришиш имконияти яратилган.

ХУЛОСА

“Икки компонентли напорли оқимда зарб тўлқини тезлигини ҳисоблаш усулини такомиллаштириш” мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Зарба тўлқини тезлигини баҳолашга доир тадқиқотларнинг аналитик таҳлилидан ҳамда насос станцияларининг напорли қувурларидаги зарба жараёнларининг таҳлилидан маълум бўлдики икки компонентли оқимларда зарба тўлқинининг тезлигини аниқлашда гидравлик зарба жараёнида ҳаво оқимининг миқдор кўрсаткичларини инобатга олиш лозимлиги асосланди.

2. Зарба тўлқинининг тезлиги икки компонентли (сув ва ҳаво) напорли оқимда барқарор ҳаракат параметрлари абсолют гидродинамик напор H_0 , оқим тезлиги U_0 ва оқимдаги ҳаво миқдори φ билан бир қаторда гидравлик зарба жараёнида кескин намоён бўладиган политропа кўрсаткичини ўзгарувчанлиги билан боғлиқлиги асосланди.

3. Лаборатория шароитида махсус қурилмада ҳамда насос станцияси напорли қувурларда ўтказилган тадқиқотларда олинган маълумотларнинг математик статистика усулларида фойдаланиб таҳлили асосида икки компонентли оқимларда зарба тўлқининг тезлигини оқимнинг барқарор ҳаракатдаги параметрлари таъсирини ифодаловчи боғланишлар (корреляция коэффиценти $R = 0,94$ тенг) олинди.

4. Лаборатория шароитида ва реал объектда олиб борилган тадқиқотлар таҳлили асосида зарба тўлқини тезлигини напорли оқим таркибидаги ҳавонинг сиқилиш ва кенгайиш қонуниятини ҳисобга оладиган политропа кўрсаткичи n қийматига боғлиқлиги асосланди. Бу эса икки компонентли оқимларда гидравлик зарба моҳиятини аниқ ифодалаш имконини беради.

5. Тадқиқотларда тўпланган маълумотлар таҳлили ҳамда бошқа муаллифларнинг (В.С.Дикаревский, А.Г.Джваршейшвили, Г.И.Кирмелашвили, В.М.Алышев) бу йуналишда олиб борилган ишларининг таҳлили ва қиёсий баҳолаш асосида икки компонентли оқимларда политропа кўрсаткичи қиймати $n=1,2$ га тенглиги аниқланди.

6. Икки компонентли напорли беқарор оқимда зарба тўлқини тезлигини ҳисоблаш усули гидравлик зарба жараёнида юзага келадиган босимнинг кескин ўзгаришлари, бошланғич напор ва оқим тезлигини инобатга олиб такомиллаштирилди. Таклиф этилган усулда беқарор напорли икки компонентли оқимда сув таркибидаги ҳаво миқдорининг ортиши зарба тўлқини тезлигини камайишига олиб келишини ифодалаш имконини беради.

7. Назарий изланишлар, лаборатория ва реал объектдаги тадқиқотлар асосида суюқликларнинг напорли беқарор оқимида гидравлик ишқаланиш коэффициентини аниқлаш усули таклиф этилди.

8. Тадқиқотлар асосида ишлаб чиқилган тавсиялар Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Қашқадарё вилояти насос станцияларидан фойдаланиш бошқармасига жорий этишга топширилди. Натижада насос станциялари напор қувурларида содир бўладиган гидравлик зарба параметрларини аниқ баҳолаш асосида иқтисодий самарага эришилади. Бу эса насос станцияларининг хавфсизлигини таъминлаш ҳамда иқтисодий самарадор напор қувурларини лойиҳалаш имкониятини яратади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03.30.12.2019.Т.10.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАЦИОНАЛЬНОМ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ «ТАШКЕНТСКИЙ
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И
МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»**

ЖОНКОБИЛОВ СОБИР УЛУГМУРОДОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА СКОРОСТИ
УДАРНОЙ ВОЛНЫ В ДВУХКОМПОНЕНТНОМ НАПОРНОМ
ПОТОКЕ**

05.09.07 – Гидравлика и инженерная гидрология

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

Ташкент – 2022

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2021.1. PhD/T2158

Диссертация выполнена в Национальном исследовательском университете «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства».

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу (www.tiiame.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу www.ziyounet.uz.

Научный руководитель: Арифжанов Айбек Мухамеджанович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Шакиров Бахтияр Махмудович
доктор технических наук, профессор
Хужаев Исматилла Кушаевич
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: Ташкентский архитектурно-строительный институт

Защита диссертации состоится «26» августа 2022 г. 9⁰⁰ часов на заседании научного совета DSc.03/30.12.2019.T.10.02 Национальном исследовательском университете «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» по адресу: 100000, г.Ташкент, ул. Кары-Ниязий, д.39. Тел. (+99871)-237-22-67, факс: 237-54-79, e-mail: admin@tiiame.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Национальном исследовательском университете «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» (зарегистрировано № 223). Адрес: 100000, г.Ташкент, ул. Кары-Ниязий, д.39.Тел.(+99871)-237-19-45. e-mail: admin@tiiame.uz.

Автореферат диссертации разослан «4» августа 2022 года.

(протокол рассылки № 223 «4» августа 2022 г.).



Т.З. Султанов
Председатель научного совета по
присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

Ф.А. Гапбаров
Учёный секретарь научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., доцент

Д.Р. Базаров
Заместитель председателя научного
семинара при научном совете по
присуждению ученых степеней,
д.т.н., профессор

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое внимание уделяется вопросам рационального использования техники и технологий водоподачи, создания разработок, обеспечивающих надежную эксплуатацию насосных станций и длинных напорных трубопроводов, повышения гидравлической эффективности напорных трубопроводов. В настоящее время в развитых странах «...намечена необходимость обоснования взаимодействия потока и трубы при совершенствовании математической модели процесса гидравлического удара в напорных трубопроводах»¹. В этой связи в том числе при обеспечении эффективной работы, безопасности и надежности действующих насосных станций особое внимание уделяется освещению ресурсо- и энергосберегающих разработок при исследовании процессов гидравлического удара в напорных трубопроводах насосных станций.

В мире проводятся научные исследования, посвященные определению обоснования оптимальных значений потерь энергии за счет скорости ударной волны и гидравлических сопротивлений с целью обеспечения эффективной работы напорных трубопроводов насосных станций при неустановившемся движении потока. В этом направлении, в том числе, приоритетными являются исследования, направленные на совершенствование метода расчета параметров гидравлического удара в напорных трубопроводах насосных станций и обеспечение их надежного использования. В месте с этим одной из актуальных задач при расчете гидравлического удара системы напорных трубопроводов является определение скорости ударной волны с учетом количества воздуха в воде и процессов его сжатия-расширения, а также совершенствование математической модели определения потерь напора в процессе удара.

В Республике проводятся обширные мероприятия по созданию новых технологий, направленных на эффективное и безопасное использование насосных станций и повышение эффективности их. В стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы намечены задачи, в том числе по «Реализации отдельной государственной программы по коренной реформе системы управления водными ресурсами и экономии воды»². В реализации этих задач, в том числе надежная работа насосных станций, совершенствование конструкций гидромеханических устройств, разработка механизмов рационального их использования, считается важным при проведении научно-исследовательских работ в этом направлении.

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

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».

годы», от 29 июля 2021 года № УП-5201 «О модернизации 29 насосных 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 исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Исследование выполнено в соответствии приоритетным направлением развития науки и техники Республики V. «Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды».

Степень изученности проблемы. Значительный вклад в разработку теоретических основ и методов расчета гидравлического удара в напорных трубопроводах внесли ряд известных зарубежных ученых, в том числе Жуковский Н.Е., Сурин А.А., Кутателадзе С.С., Мошнин Л.Ф., Лямаев Б.Ф., Попов Д.Н., Смирнов Д.Н., Джваршейшвили А.Г., Дикаревский В.С., Мелконян Г.И., Алышев В.М., Усаковский В.М., Андрияшев М.М., A. Adamkowski, M. Lewandowski, M.S. Ghidaoui, L.L. Guo и другие.

Разработке и совершенствованию эффективных методов расчета скорости ударной волны в двух и трехфазном неустановившемся потоке в двухкомпонентном напорном потоке (вода+воздух) посвящены научные работы известных ученых Узбекистана. Их них: Рахматуллин Х.А., Латипов Қ.Ш., Умаров А.И., Хамидов А., Хўжаев И.Қ., Гловацкий О.Я., Арифжанов А.М., Худайкулов С.И., Мухаммадиев М., Мирхамидова Х.Б. В результате научных исследований достигнуты значительные результаты в решении задач, связанных с предотвращением негативных последствий гидравлического удара в системе напорных трубопроводов.

В настоящее время несмотря на проведенные исследования процессов, связанных с неустойчивым движением потока в трубах насосных станций, такие вопросы, как влияние количества воздуха, непосредственно связанного с увеличением скорости ударной волны и повышения ее точности в длинных напорных трубах насосной станции, а также учет потерь напора за счет гидравлического трения в процессе гидравлического удара изучены в недостаточной степени.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства по теме: № 1.25

«Разработка гидравлических и гидрологических основ использования ирригационных систем, гидротехнических сооружений и водохранилищ» (2016-2020), хозяйственного договора по теме: «Совершенствование методов гидравлического расчета напорных трубопроводов насосных станций», выполненном в Каршинском инженерно-экономическом институте № Г и ГИ/40-20 (2021 г.).

Цель исследования состоит в совершенствовании метода расчета скорости ударной волны с учетом изменения количества воздуха в двухкомпонентном потоке в напорных трубопроводах насосных станций, а также гидравлического сопротивления.

Задачи исследования:

анализ теории и методов расчета скорости ударной волны при двухкомпонентном потоке в напорных трубопроводах насосных станций;

разработка метода расчета показателя политропы при оценке процессов, происходящих под действием удара в напорных трубопроводах оросительной насосной станции;

исследование процессов гидравлического удара в напорных трубопроводах оросительной насосной станции на реальных объектах и в лабораторных условиях;

разработка рекомендаций по совершенствованию параметров двухкомпонентного потока и метода расчета скорости ударной волны в процессе гидравлического удара.

Объект исследования в качестве объекта исследования выбраны насосные станции Бустон, Варганза-2 и Кунгиртог Кашкадарьинской области.

Предмет исследования составляет процесс гидравлического удара в напорном трубопроводе в двухкомпонентном потоке.

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

Научная новизна исследования заключается в следующем:

совершенствована скорость волны гидравлического удара в двухкомпонентном потоке в напорных трубопроводах насосной станции на основе изменения количества воздуха в потоке;

разработан метод определения показателя политропы на основе процессе политропы внезапного повышения давления при гидравлическом ударе;

совершенствован метод определения коэффициента гидравлического трения на основе оценка сопротивления трубопровода на параметры гидравлического удара в напорных трубопроводах насосной станции;

разработана математическая зависимость, выражающая влияние параметров установившегося движения потока на максимальный напор и скорость ударной волны, возникающие при прямом процессе гидравлического удара.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

усовершенствован метод расчета скорости ударной волны в напорных длинных трубах насосных станций при двухкомпонентном потоке с учетом гидродинамических параметров потока при гидравлическом ударе;

определены зависимость скорости ударной волны в двухкомпонентном потоке от начальных параметров потока;

обоснована адекватная стоимость коэффициента политропы ($n=1,2$) для гидравлического удара в двухкомпонентном потоке;

рекомендован метод определения коэффициента гидравлического трения в процессе гидравлического удара.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследований основана на общих законах механики и математических способах при разработке теоретических решений, полученные результаты подтверждаются сравнительными проверками с результатами проведенных натурных исследований, при анализе данных использованы методы математической статистики.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в совершенствовании математической модели расчета скорости распространения ударной волны в двухкомпонентном потоке, в определении влияния изменения количества воздуха в процессе гидравлического удара в напорных трубопроводах насосных станций на величину коэффициента политропы, а также на скорость распространения волны.

Практическая значимость результатов исследования заключается в совершенствовании метода расчета скорости ударной волны в напорных длинных трубопроводах насосных станций в двухкомпонентном потоке с учетом гидродинамических параметров потока во время гидравлического удара, в получении зависимости скорости ударной волны в двухкомпонентном потоке от начальных параметров потока, в обосновании оптимального значения коэффициента политропы для гидравлического удара двухкомпонентного потока ($n=1,2$) а также в рекомендациях метода определения коэффициента гидравлического трения в процессе гидравлического удара.

Внедрение результатов исследования. На основании полученных результатов по совершенствованию метода расчета скорости ударной волны в двухкомпонентном напорном потоке:

метод расчета скорости распространения ударной волны, которая считается основным параметром гидравлического удара, возникающей при внезапном отключении подачи электроэнергии в напорных трубах насосной

станции рекомендован к внедрению в Управлении насосных станций и энергетики Кашкадарьинского вилоята при Министерстве водного хозяйства (Справка Министерства водного хозяйства № ZD33250384 от 23 декабря 2021 года). В результате создана возможность безопасного использования насосной станции за счет снижения воздействия гидравлического удара в напорных трубопроводах насосной станции;

метод расчета скорости распространения ударной волны в процессе гидравлического удара в насосной станции рекомендован и внедрению в Управлении насосных станций и энергетики Кашкадарьинского вилоята при Министерстве водного хозяйства (Справка Министерства водного хозяйства № ZD33250384 от 23 декабря 2021 года). В результате создана возможность разработки мероприятий по защите напорных трубопроводов насосных станций в процессе гидравлического удара;

метод расчета параметров гидравлического удара в напорных трубопроводах насосной станции в Управлении насосных станций и энергетики Кашкадарьинского вилоята при Министерстве водного хозяйства (Справка Министерства водного хозяйства № ZD33250384 от 23 декабря 2021 года). В результате ожидаемая экономическая эффективность составила 37 000 000 (тридцать семь миллионов) сумов.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования были обсуждены на 6 международных и 4 Республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 27 научных работ, из них 2 монографии, 4 в конференциях, индексируемых на базе Scopus, 11 статей в научных изданиях, рекомендованных к публикации основных научных результатов диссертаций ВАК Республики Узбекистан, в том числе 6 в республиканских и 5 в зарубежных журналах. Также были получены сертификаты для 4 программ ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложения. Объем диссертации составляет 105 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении диссертации обоснованы необходимость проведения исследовательских работ и актуальность диссертационной темы, сформулированы цель и задачи исследования, объект и предмет исследования, показано соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики Узбекистан. Изложены научная новизна, теоретические и практическое значение результатов исследований внедрение их, обоснована достоверность результатов исследований приведена информация об опубликованных работах, структуре и объеме диссертации.

В первой главе диссертации **«Анализ исследования процесса гидравлического удара в напорных трубопроводах»** приведены теоретические основы гидравлического удара в напорных трубопроводах и анализ проведенных исследований по методам расчета гидравлических параметров.

Теоретические основы гидравлического удара в напорных трубопроводах и разработка математической модели изложены в работах Н.Е.Жуковского, А.А.Сурина, Х.А.Рахматулина, С.С.Кутателадзе, Л.Ф.Мошниина, Г.В.Ароновича, Н.А.Картвелишвили, Д.Н.Смирнова, Л.Бержерона, Г.К.Бетчеллора, А.Г.Джваршейшвили, В.С.Дикаревского, К.Ш.Латипова, А.Хамидова, А.Adamkowski, M.Lewandowski, G.Evangelisti и других, основная часть этих исследований была выполнена для однородных идеальных жидкостей и существуют определенные ограничения в их использовании при исследовании многокомпонентных потоков.

Методы расчета параметров гидравлического удара представлены в работах В.М.Алышева, Г.И.Мелконяна, О.Я.Гловацкого, И.Қ.Хужаева, А.М.Арифжанова, С.И.Худайкулова, М.М.Мухаммадиева, М.М.Андрияшева, Х.Б.Мирхамидова и других, в этих разработках даны исследования отдельных вопросов процесса гидравлического удара, и полученные результаты представляют частные случаи процесса гидравлического удара. Отмечено, что при полном выражении параметров потока в процессе гидравлического удара необходимо учитывать влияние количества воздуха в воде, а также упругости жидкости и стенок трубы. Наличие в напорном потоке двух компонентов (вода+воздух) всегда приводит к их взаимодействию, и определение количественных значений этого взаимодействия оценивается зависимостью их от абсолютной и относительной скорости, физических свойств, геометрических размеров трубопровода и так далее.

Анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований показывает, что наличие воздуха в потоке существенно влияет на законы распространения ударных волн, отличные от тех, которые имеют место в однородных жидкостях. В частности, как было сказано выше, это вызывает уменьшение скорости ударной волны и изменение влияния ударной волны. Определение точного значения скорости ударной волны зависит от численного значения коэффициента политропы n , представляющего собой закон сжатия-расширения воздуха в двухкомпонентном напорном потоке.

Отмечена необходимость исследований по определению количественной и качественной характеристики коэффициента политропы, скорости ударной волны, потерь напора с учетом сопротивлений во время гидравлического удара по длине трубы в двухкомпонентном напорном потоке. На основе анализа были намечены цели и задачи работы.

Во второй главе диссертации **«Расчет скорости ударной волны в двухкомпонентном напорном потоке»** изложены факторы, влияющие на изменение параметров потока в процессе гидравлического удара в

двухкомпонентном потоке и теоретические основы расчета скорости ударной волны.

На основе развития математической модели А.Г.Джваршейшвили и Г.И.Кирмелашвили для определения скорости ударной волны в процессе прямого гидравлического удара в двухкомпонентном потоке привели к следующему выражению:

$$c = \frac{\sqrt{\frac{E_\epsilon}{\rho_\epsilon}}}{\sqrt{(1-\epsilon)\left[1+(1-\mu^2)\frac{D}{e}\frac{E_\epsilon}{E_m}\right] + \epsilon\frac{\rho_{см.}}{\rho_\epsilon}A\frac{E_\epsilon}{\Delta p}}}, \quad (1)$$

здесь: E_m – модуль упругости трубы; $\rho_{см.} = \rho_\epsilon\epsilon_\epsilon + \rho_\epsilon\epsilon$ – плотность жидкой смеси; ϵ_ϵ и ϵ – концентрация воды и воздуха; ρ_ϵ – плотность воздуха; ϵ – объемная концентрация воздуха.

$$A = 1 - \left(\frac{p_0}{p_0 + \Delta p}\right)^{1/n} = 1 - \left(\frac{1}{1+a}\right)^{1/n}, \quad (2)$$

здесь: n – показатель политропы; $a = \Delta p/p_0$.

Особенность выражения (1) заключается в том, что при оценке параметров двухкомпонентного потока учитывается ряд факторов, в том числе количество воздуха в потоке, упругость трубы, а также коэффициент политропы, связанный со сжатием потока при гидравлическом ударе. Однако из приведенного выражения возникают определенные трудности при определении самого уравнения скорости волны в процессе гидравлического удара. Необходимо привести данное выражение в сопоставимое с результатами эксперимента.

На основании проведенных теоретических исследований выражение (1) сводится к виду кубического уравнения:

$$z^3 + Rz + q = 0, \quad (3)$$

здесь: $z = \frac{c}{\sqrt{\frac{E_\epsilon}{\rho_\epsilon}}} - \frac{b_1}{3}$; $R = -\frac{b_1^2}{3} + b_2$; $q = \frac{2}{27}b_1^3 - \frac{b_1b_2}{3} + b_3$,

$$b_1 = \frac{Bnp_0 + \epsilon \cdot E_\epsilon m_1}{Bn\rho_{см.} \cdot \mathcal{G}_0 \sqrt{\frac{E_\epsilon}{\rho_\epsilon}} + \epsilon E_\epsilon \frac{m_2 \rho_{см.} \mathcal{G}_0}{p_0} \sqrt{\frac{E_\epsilon}{\rho_\epsilon}}}; \quad b_2 = \frac{n\rho_{см.} \mathcal{G}_0 \sqrt{\frac{E_\epsilon}{\rho_\epsilon}}}{Bn\rho_{см.} \mathcal{G}_0 \sqrt{\frac{E_\epsilon}{\rho_\epsilon}} + \epsilon E_\epsilon \frac{m_2 \rho_{см.} \mathcal{G}_0}{p_0} \sqrt{\frac{E_\epsilon}{\rho_\epsilon}}};$$

$$b_3 = \frac{np_0}{Bn\rho_{см.} \mathcal{G}_0 \sqrt{\frac{E_\epsilon}{\rho_\epsilon}} + \epsilon E_\epsilon \frac{m_2 \rho_{см.} \mathcal{G}_0}{p_0} \sqrt{\frac{E_\epsilon}{\rho_\epsilon}}},$$

$$B = 1 - \epsilon_m + m \frac{D}{e} \frac{E_\epsilon}{E_m} + \epsilon_m \frac{E_\epsilon}{E_{m.m.}} + \epsilon_m m \frac{D}{e} \frac{E_\epsilon}{E_m}. \quad (4)$$

Уравнение (3) решается с использованием метода Кардано и получено следующее выражение для скорости ударной волны:

$$c = c_0 \left(z - \frac{b_1}{3} \right), \quad (5)$$

здесь: c_0 – скорость распространения звука в жидкости; значения параметров z , b_1 приведенных в уравнении, определяются экспериментально.

При прямом гидравлическом ударе величина давления в процессе удара, возникающего в результате мгновенного закрытия обратного клапана насосных устройств, определяется по следующей зависимости $\Delta p = \rho_{см} c \mathcal{G}_0$, здесь: \mathcal{G}_0 – скорость потока при установившемся движении.

Особый интерес представляет влияние сил трения на величину и характер гидравлического удара при движении двухкомпонентных напорных потоков. С учетом сил трения дифференциальное уравнение гидравлического удара можно записать следующим образом:

$$\frac{dh}{dx} = \frac{1}{g} \frac{d\mathcal{G}}{dt} + \frac{\lambda}{D} \frac{\mathcal{G}_0^2}{2g}, \quad (6)$$

$$\frac{d\mathcal{G}}{dx} = \frac{g}{c^2} \frac{dh}{dt}.$$

Система уравнений после некоторых математических преобразований записывается в виде следующего уравнения:

$$\frac{\partial^2 \mathcal{G}}{\partial x^2} = b \frac{\partial^2 \mathcal{G}}{\partial t^2} + s \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial t}, \quad (7)$$

здесь:
$$b = \frac{1}{c^2}; \quad s = \frac{\mathcal{G}_0 \lambda}{2Dc^2}. \quad (8)$$

Из решения уравнения для определения коэффициента гидравлического трения в напорных трубопроводах насосных станций в процессе гидравлического удара приводится следующее выражение:

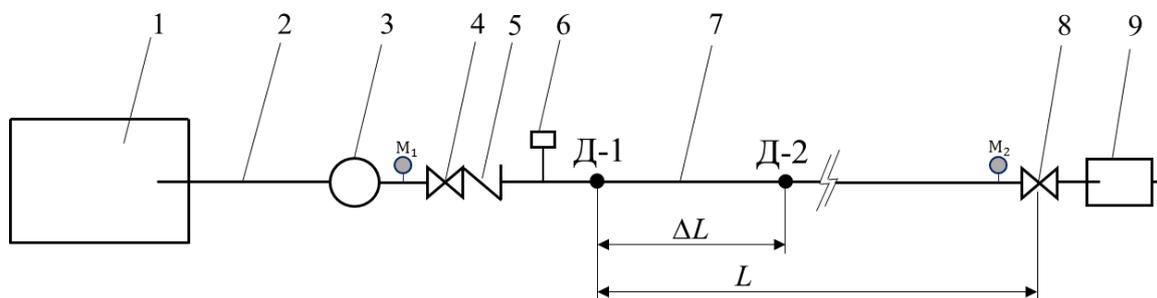
$$\lambda = \frac{8r_0}{\mathcal{G}_0} \kappa, \quad (9)$$

здесь: r_0 – радиус трубы; κ – коэффициент учитывающий смену фаз волн при гидравлическом ударе, определяется на основании экспериментов.

В третьей главе диссертации **«Исследование процесса гидравлического удара в лабораторных условиях и на реальном объекте»** представлены результаты исследования процесса гидравлического удара в лабораторных условиях и на реальном объекте.

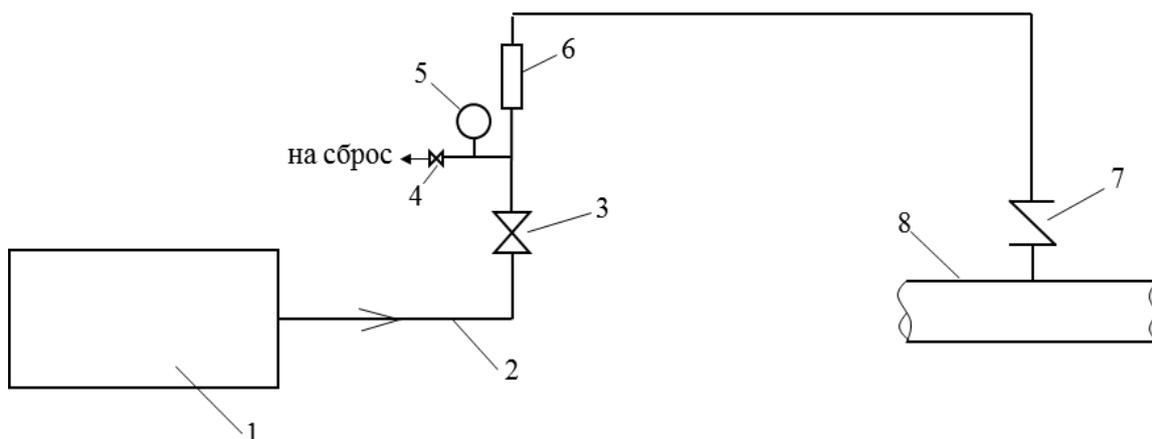
Лабораторные исследования проводились на специально сконструированном устройстве, проводились методами, принятыми в гидравлике (рис.1). Устройство состоит из горизонтальной трубы диаметром $D_y = 70$ мм и длиной $Z = 250,2$ м. Подача воды из резервуара (размеры: 2,5 м, 6 м и 2,5 м) в напорный трубопровод осуществляется насосом марки 2К-20/30. Обратный клапан служит для создания гидравлического удара,

оснащен специальным устройством для вывода результатов измерения на компьютер. Расход жидкости определен объемным методом, а расход воздуха – с помощью ротаметров. Компрессор подает сжатый воздух в напорный трубопровод (рис. 2).



1 – источник воды (резервуар); 2 – всасывающая труба; 3 – насос;
4,8 – задвижки; 5 – обратный клапан; 6 – система подачи воздуха;
7 – напорная труба; 9 – напорный бассейн, Д-1, Д-2 – сенсорные манометры;
 M_1, M_2 – манометры

Рис. 1. Схема экспериментального устройства



1 – компрессор; 2 – воздуховод; 3,4 – задвижки; 5 – манометр;
6 – расходомер воздуха; 7 – обратный клапан; 8 – напорная труба

Рис. 2. Система подачи воздуха

В лабораторных исследованиях проведены эксперименты по определению изменения гидродинамического давления при неустойчивом движении в напорной трубе по скорости распространения ударной волны.

Проведены эксперименты скорости ударной волны в зависимости от плотности и упругости жидкости, жесткости трубы и содержания воздуха в потоке. При лабораторных исследованиях начальная скорость колебалась от 0,8 м/с до 2,2 м/с в пределах 0,2 м/с. Таким образом, при $\vartheta_0 = \text{idem}$ было проведено 10 экспериментов. До удара гидродинамическое давление p_0 изменялось от 200 кПа до 400 кПа соответственно. Эксперименты проводились для однородных и двухкомпонентных потоков. Количество воздуха в двухкомпонентном потоке варьировалось в следующих пределах

$\varphi = 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5$ %. В общем случае опыты проводились с повторением 3-4 раза (рис. 4,6).

Полевые опыты проводились на насосной станции Кунгиртог Кашкадарьинского вилоята.

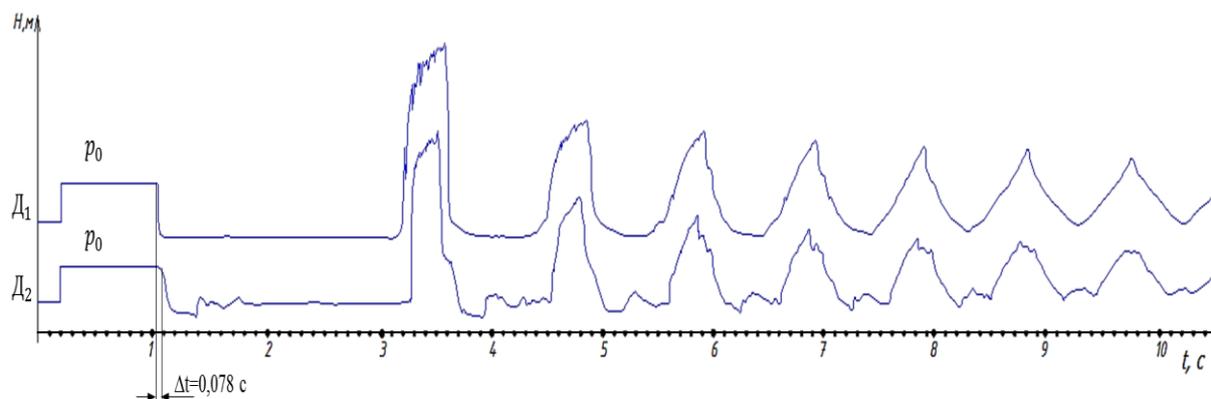


Рис. 3. Диаграмма изменения гидродинамического напора в процессе гидравлического удара (Опыт 9): $p_0 = 250$ кПа, $q_0 = 1,2$ м/с, $\Delta L = 75$ м, $c_{\text{экс.}} = 962$ м/с

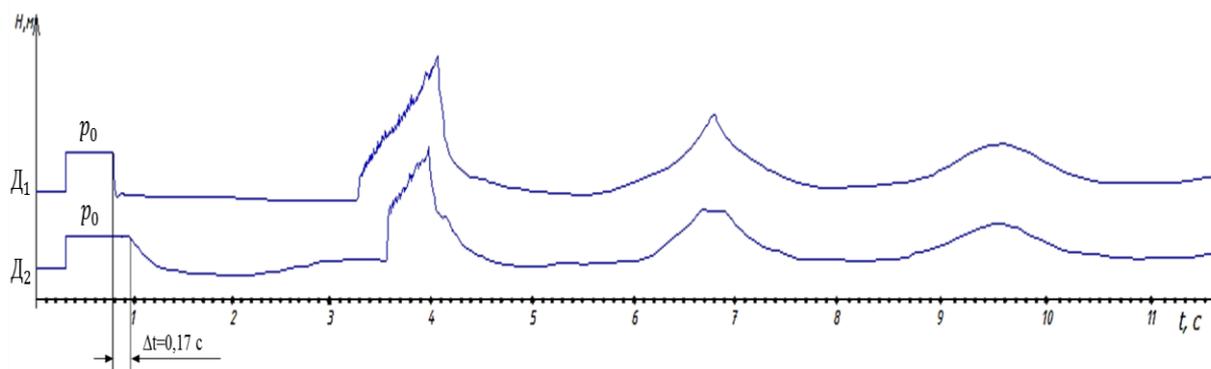


Рис. 4. Диаграмма изменения гидродинамического напора в процессе гидравлического удара (Опыт 19): $p_0 = 270$ кПа, $q_0 = 1,8$ м/с, $\varphi = 0,5\%$, $\Delta L = 75$ м, $c_{\text{экс.}} = 431,3$ м/с

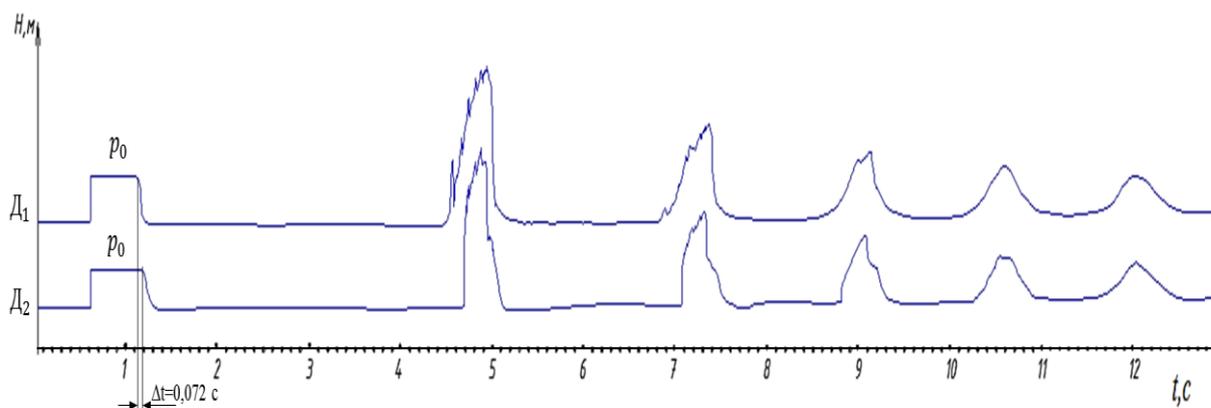


Рис. 5. Диаграмма изменения гидродинамического напора в процессе удара (Опыт 28): $p_0 = 300$ кПа, $q_0 = 1,2$ м/с, $\Delta L = 75$ м, $c_{\text{экс.}} = 1042$ м/с

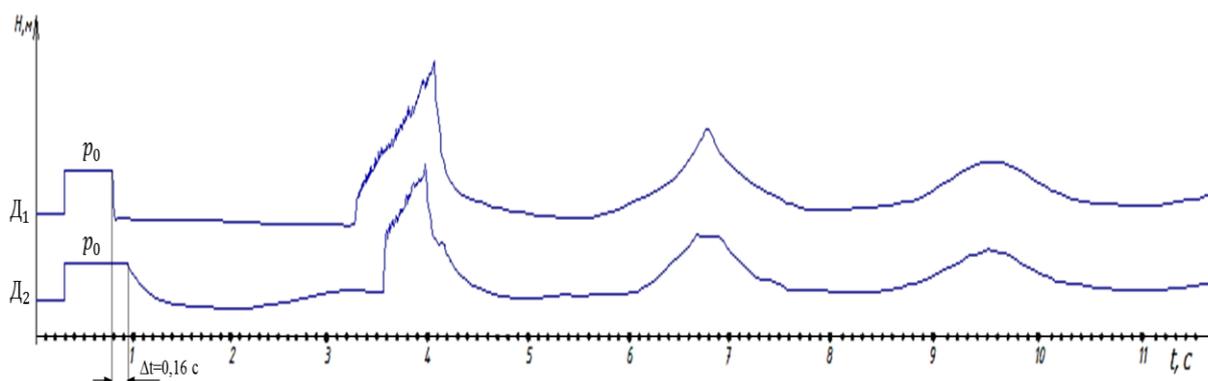


Рис. 6. Диаграмма изменения гидродинамического напора в процессе гидравлического удара (Опыт 35): $p_0=255$ кПа, $v_0=2$ м/с, $\varphi=0,5\%$, $\Delta L=75$ м, $c_{\text{экс}}=454,1$ м/с

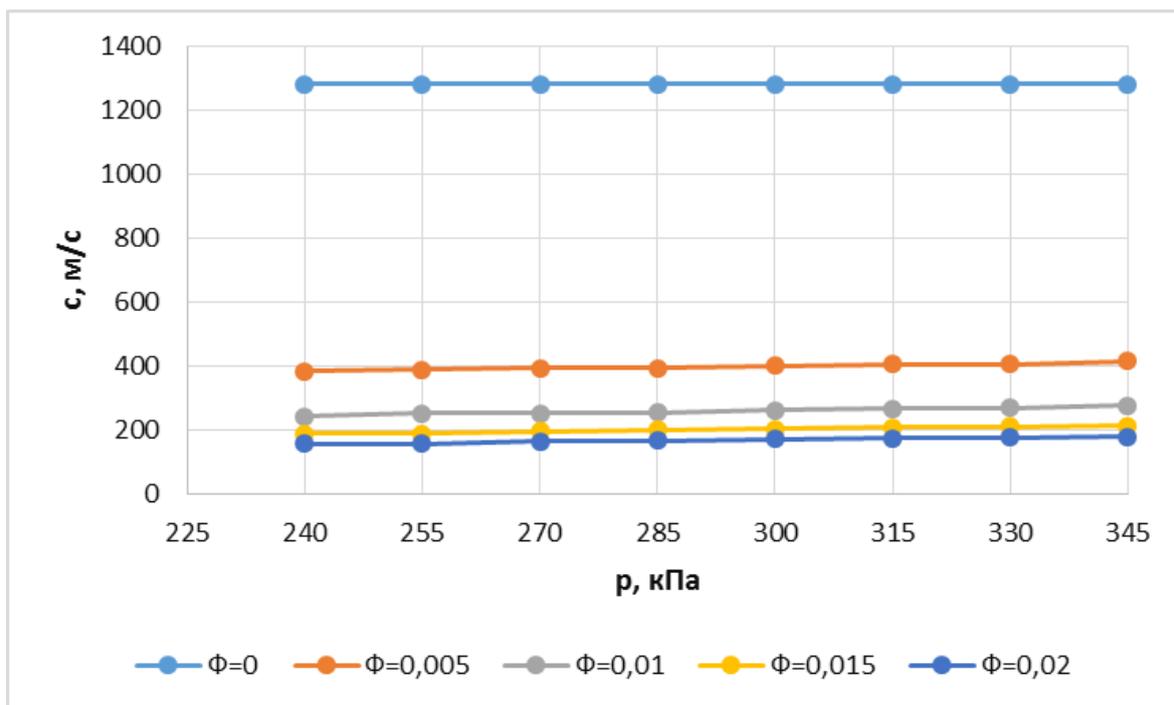
При подаче разного количества воздуха ($\varphi = 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5\%$) и $v_0=\text{idem}$, $p_c=\text{idem}$ наблюдается уменьшение скорости ударной волны с увеличением количества газа (рис.4,6).

Анализы показали, что с увеличением количества воздуха φ уменьшалась скорость ударной волны. Добавление воздуха в напорный поток изменяет как эластичность смеси, так и ее плотность. Однако при малом количестве воздуха плотность нагнетаемого потока меняется незначительно и наблюдается существенное изменение упругости потока. При дальнейшем увеличении концентрации воздуха изменения упругости и плотности потока становятся более пропорциональными, в результате чего скорость распространения волны, вначале интенсивно уменьшающаяся, в последствии практически не меняется.

В четвертой главе диссертации **«Определение параметров гидравлического удара в двухкомпонентном напорном потоке»** приведены выражения, определяющие зависимость факторов воздействия на величину скорости ударной волны на основе анализа теоретических и лабораторных исследований.

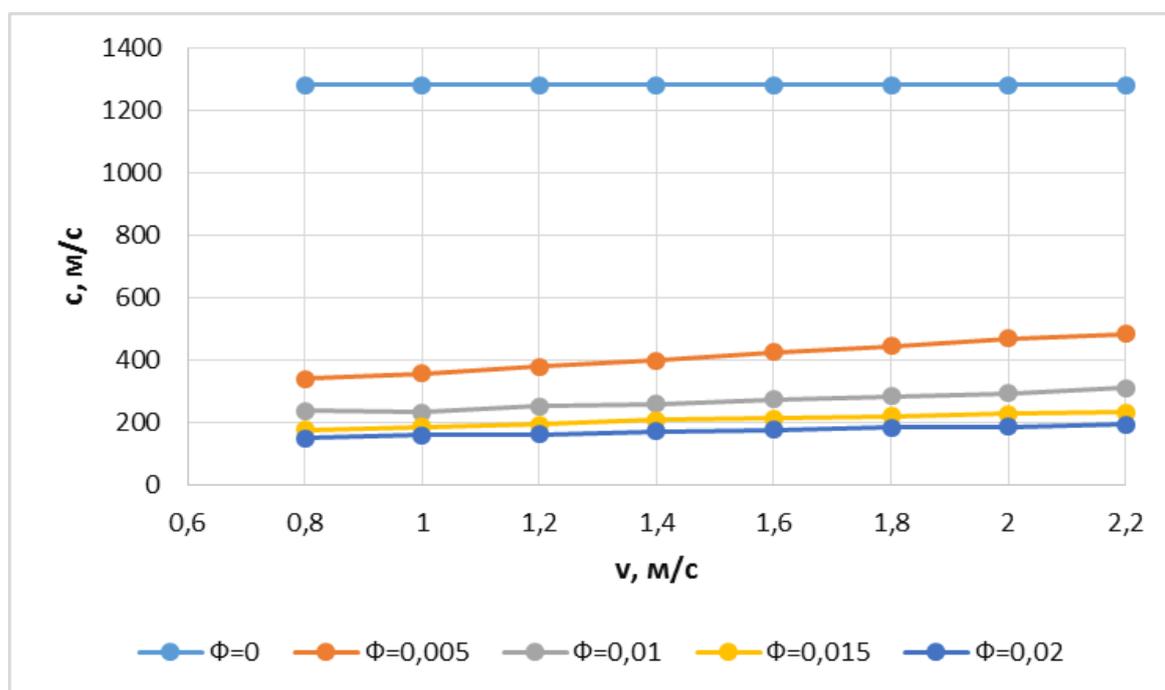
Точность расчета гидравлического удара в двухкомпонентном (вода+воздух) напорном потоке зависит от достоверного значения показателя политропы n . В инженерной практике значение показателя политропы, учитывающего закон сжатия-расширения воздуха в двухкомпонентном напорном потоке, определено с использованием метода наименьших квадратов. По результатам исследования обосновано среднее значение показателя политропы $n = 1,20$.

В результате обработки данных, полученных в лабораторных исследованиях, получены результаты, представляющие зависимость скорости ударной волны от начальной скорости потока и начального давления (рис.7,8).



1 – $\phi = 0,0 \%$; 2 – $\phi = 0,5 \%$; 3 – $\phi = 1,0 \%$; 4 – $\phi = 1,5 \%$; 5 – $\phi = 2,0 \%$

Рис. 7. График зависимости скорости ударной волны от начального давления ($v_0 = 1,4$ м/с)



1 – $\phi = 0,0 \%$; 2 – $\phi = 0,5 \%$; 3 – $\phi = 1,0 \%$; 4 – $\phi = 1,5 \%$; 5 – $\phi = 2,0 \%$

Рис. 8. График зависимости скорости ударной волны от начальной скорости ($p_c = 300$ кПа)

На основании экспериментальных данных выполнено сопоставление скоростей ударной волны при различных значениях количества воздуха (рис.9,10). В результате сравнений определена величина скорости ударной

волны в двухкомпонентном потоке в зависимости от диаметра, толщины трубы и параметров установившегося режима, когда модуль упругости трубы оставался постоянным: количество воздуха (в процентах), давление и начальная скорость. Собранные данные проанализированы на основе методов математической статистики (коэффициент корреляции 0,96). Сравнительные оценки показывают, что предложенная формула расчета скорости ударной волны показывает удовлетворительные результаты для решения практических задач.

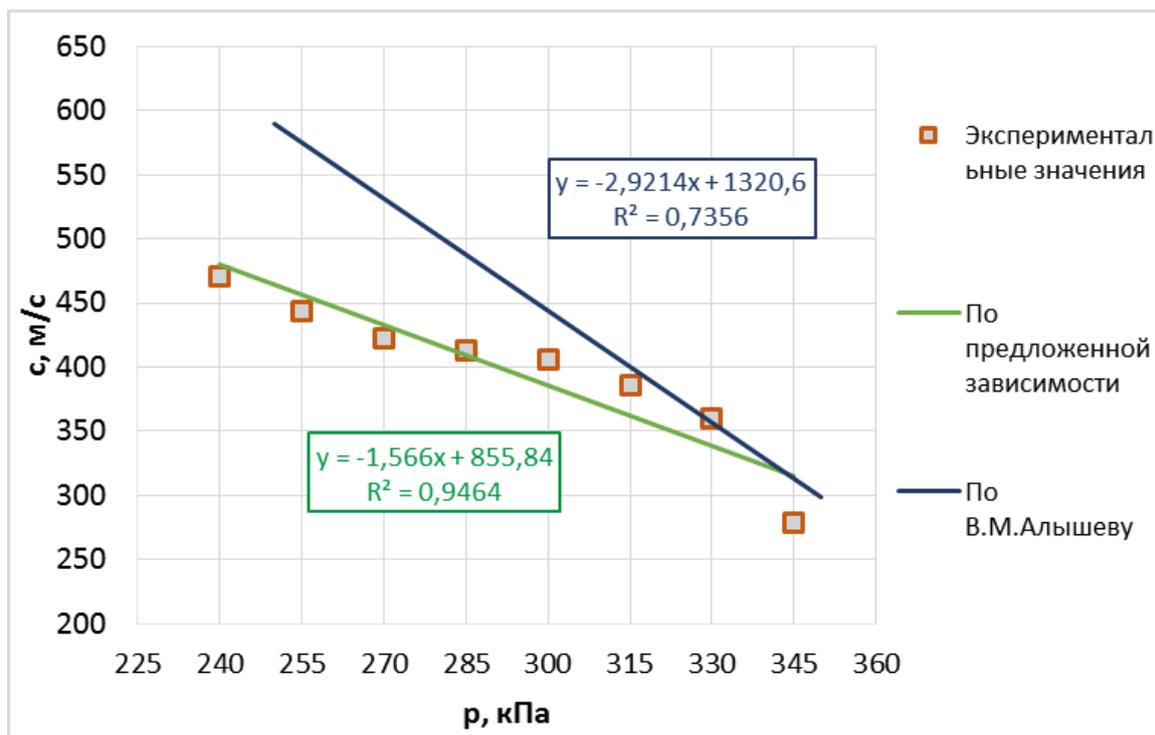


Рис. 9. График сравнительной оценки скорости ударной волны ($\phi=0,5\%$)

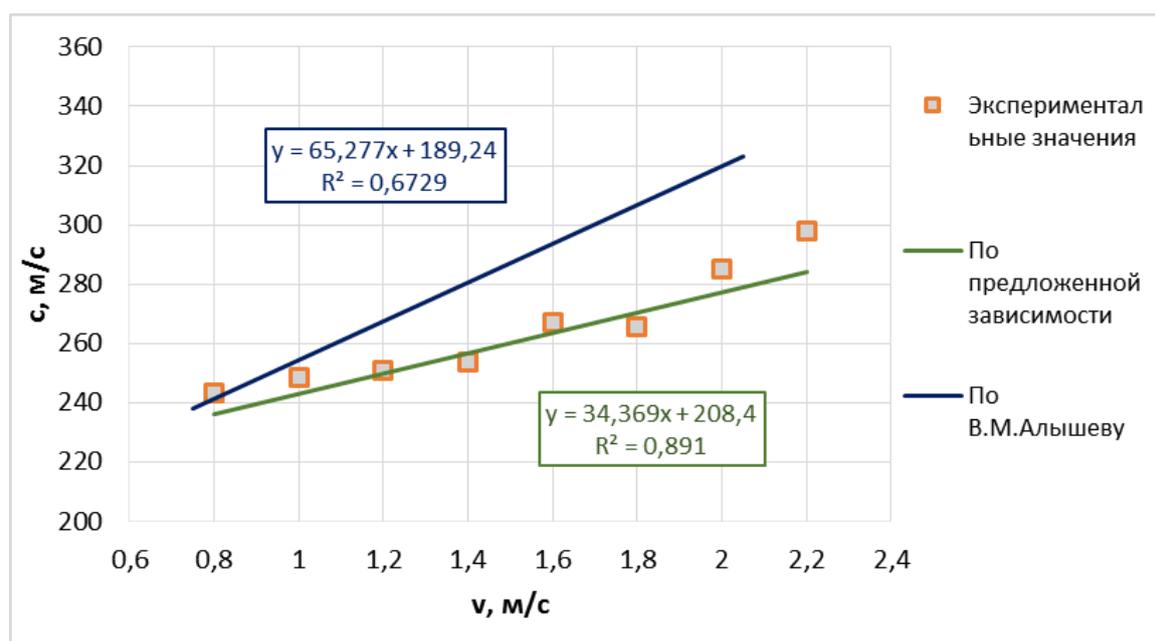


Рис. 10. График сравнительной оценки скорости ударной волны ($\phi=1\%$)

На основании анализа проведенных экспериментов по определению коэффициента гидравлического трения в неустойчивом потоке установлено, что коэффициент гидравлического трения зависит от характеристик трубы (рис.11):

$$\kappa = 0,02 \frac{1}{\psi^{1,7}} \frac{g_0}{r_0}, \quad (10)$$

здесь: ψ - характеристика трубы.

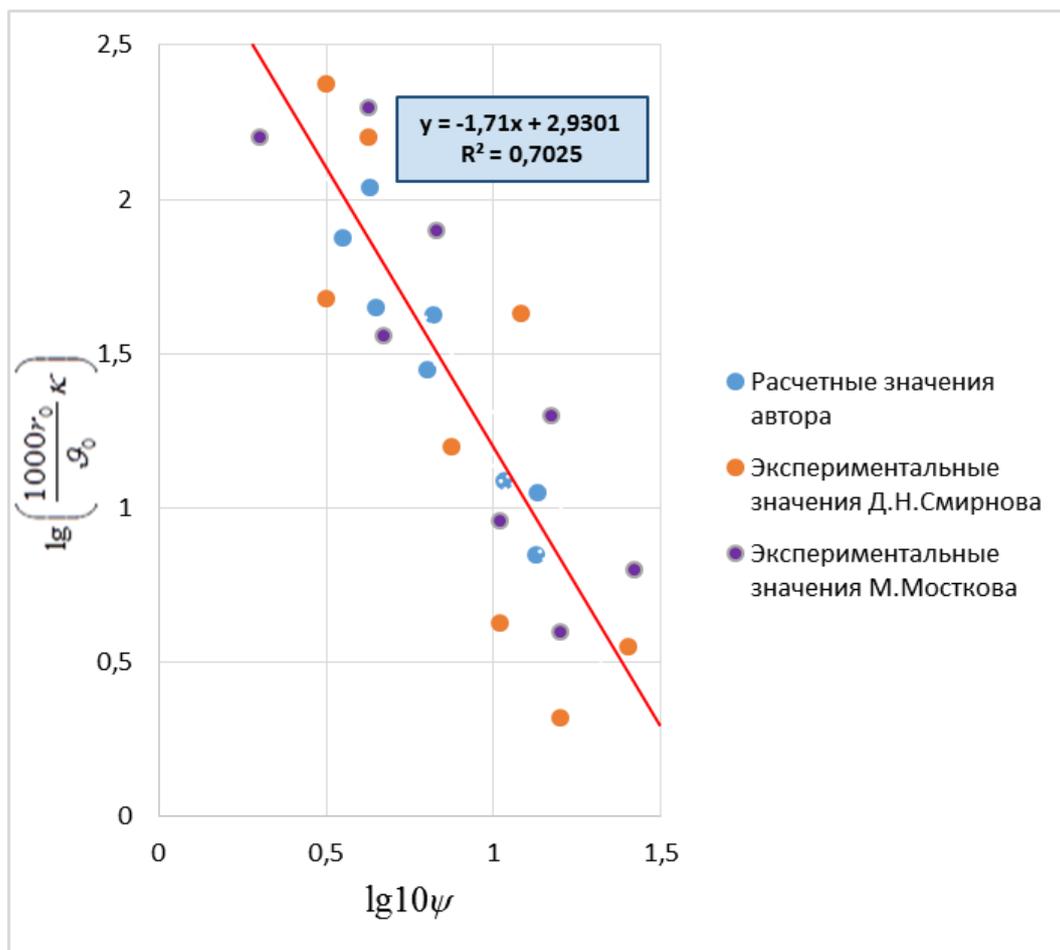


Рис. 11. График определения потерь напора при гидравлическое ударе

Пользуясь выражением (7) и формулой (8), полученной на основании экспериментов рекомендована зависимость для определения коэффициента гидравлического трения. Анализ результатов расчетов показывает, что значение коэффициента гидравлического трения в напорном неустойчивом режиме значительно выше значения, чем в устойчивом режиме.

В пятой главе диссертации «**Рекомендации по практическому применению результатов исследования**» приведены рекомендации по практическому внедрению работы и экономической эффективности результатов исследования.

Приведены расчеты, выполненные по определению величины удара, продолжительности напора первого периода с учетом гидравлического сопротивления по длине напорного трубопровода насосной станции.

Экономическая эффективность на оросительных насосных станциях обоснована расчетом фактического значения скорости ударной волны с учетом дополнительного притока воздуха (до 3,0 %) от начала длинных напорных труб.

Метод расчета параметров гидравлического удара при внезапном отключении электроэнергии в напорных трубопроводах насосной станции рекомендуется внедрить в управлении насосных станций и энергетики Кашкадарьинского вилоята при Министерстве водного хозяйства. В результате можно достичь экономической эффективности при точной оценке изменения давления в напорных трубопроводах насосной станции за счет подбора толщины труб и снижения потерь энергии.

ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований по диссертации доктора философии (PhD) на тему: «Совершенствование метода расчета скорости ударной волны в двухкомпонентном напорном потоке» представлены следующие выводы:

1. Из аналитического анализа исследований по оценке скорости ударной волны, а также анализа процессов удара в напорных трубопроводах насосных станций обоснована необходимость учета количественного показателя воздуха в процессе гидравлического удара при определении скорости ударной волны в двухкомпонентных потоках.

2. Обоснована зависимость параметров устойчивого движения скорости ударной волны в двухкомпонентном (вода + воздух) напорном потоке от изменчивости показателя политропы, резко проявляющейся при гидравлическом ударе, наряду с абсолютным гидродинамическим напором H_0 , скоростью потока Q_0 и количеством воздуха φ в потоке.

3. На основе анализа данных, полученных на специальном устройстве в лабораторных условиях, а также на основе анализа полученных данных, проведенных в напорных трубопроводах насосной станции с использованием методов математической статистики получены зависимости (коэффициент корреляции $R = 0,94$), выражающие влияние скорости ударной волны на параметры установившегося движения в двухкомпонентных потоках.

4. На основе анализа лабораторных и натурных исследований обоснована зависимость скорости ударной волны от показателя политропы n , учитывающего законы сжатия и расширения воздуха в напорном потоке. Это позволяет наглядно выразить характер гидравлического удара в двухкомпонентных потоках.

5. На основе анализа собранных данных, а также работ других авторов (В.С.Дикаревский, А.Г.Джваршейшвили, Г.И.Кирмелашвили, В.М.Алышев) в этом направлении и сравнительной оценки определено значение показателя политропы в двухкомпонентных потоках $n = 1,2$.

6. Усовершенствован метод расчета скорости ударной волны в двухкомпонентном напорном неустойчивом потоке с учетом резких

изменений давления, начального напора и скорости потока, возникающих в процессе гидравлического удара. В предлагаемом методе можно выразить, что увеличение количества воздуха в воде в двухкомпонентном напорном неустойчивом потоке приводит к уменьшению скорости ударной волны.

7. На основе теоретических, лабораторных и натурных исследований предложен метод определения коэффициента гидравлического трения в напорном неустойчивом потоке жидкости.

8. Рекомендации, разработанные на основе исследования, переданы внедрению в управление насосных станций и энергетики Кашкадарьинского вилоята при Министерстве водного хозяйства. В результате экономическая эффективность достигается на основе точной оценки параметров гидравлического удара, возникающего в напорных трубопроводах насосных станций. Это дает возможность обеспечить безопасность насосных станций, а также проектирование экономически эффективных напорных трубопроводов.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.03/30.12.2019.T.10.02 AT «TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION
AND AGRICULTURAL MECHANIZATION ENGINEERS» NATIONAL
RESEARCH UNIVERSITY**

**«TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL
MECHANIZATION ENGINEERS» NATIONAL RESEARCH
UNIVERSITY**

JONKOBILOV SOBIR ULUGMURODOVICH

**IMPROVEMENT OF THE METHOD FOR CALCULATING THE SHOCK
WAVE VELOCITY IN A TWO-COMPONENT PRESSURE FLOW**

05.09.07 – Hydraulics and engineering hydrology

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

Tashkent – 2022

The theme of doctoral dissertation (PhD) on technical science was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with number B2021.1.PhD/T2158

The doctoral dissertation has been prepared at the National research university "Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers".

The abstract of the dissertation in three languages (uzbek, russian, english (resume)) is placed on website (admin@tiiame.uz) and information-educational portal «ZiyoNet» at the address (www.ziynet.uz).

Scientific advisor: Artifjanov Aybek Mukhamedjanovich
Doctor of technical science, professor

Official opponents: Shakirov Bakhtiyar Makhmudovich
Doctor of technical science, professor

Khujaev Ismatilla Kushaevich
Doctor of technical science, professor

Leading organization: Tashkent architectural building institute

The defense of the thesis will be held «26» August 2022 at 9⁰⁰ hours at the meeting of the Scientific council № DSc. 03/30.12.2019.T.10.02. at the National research university "Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers" (Address: 100000, Tashkent, Kari-Niyaziy street 39. Tel: (99871) 237-22-67; Fax: (99871) 237-54-79, e-mail: admin@tiiame.uz).

The doctoral dissertation can be found at the Information Resource Center of the National Research University "Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers" (registered with № 223) at the address: 100000, Tashkent, Kari Niyaziy street 39. Tel: (99871) 237-19-45;

Abstract of dissertation was sent «4» August 2022.

(register of the distribution protocol № 223 from «4» August 2022)



T.Z. Saltanov
Chairman of the scientific council
awarding scientific degrees, doctor of
technical sciences, professor

F.A. Gapparov
Scientific secretary of the scientific
council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, associate
professor

D.R. Bazarov
Deputy chairman of the scientific
seminar at the scientific council for
the award of scientific degrees, doctor
of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

Aim of the research is to improve the method of calculating the velocity of the shock wave through taking into account the changes in the amount of air in the two-component stream in the pressure pipes of the pumping stations, and the hydraulic resistance.

The study site of the research is Bustan, Varganza-2 and Kongirtog pumping stations in Kashkadarya region.

The scientific novelty of the research is as follows:

improved the speed of the hydraulic shock wave in a two-component flow in the pressure pipelines of a pumping station based on a change in the amount of air in the flow;

the method has been developed for determining the polytropic index based on the polytropic process of a sudden increase in pressure during hydraulic shock;

improved method for determining the coefficient of hydraulic friction based on the assessment of the resistance of the pipeline to the parameters of hydraulic shock in the pressure pipelines of the pumping station;

the mathematical dependence has been developed that expresses the influence of the parameters of the steady flow movement on the maximum head and speed of the shock wave that occurs during the direct process of hydraulic shock.

Implementation of the research results. Based on the results obtained from improving the method of calculating the velocity of the shock wave in a two-component flow:

the calculation method of distribution velocity of main parameter's shock wave of the hydraulic shock that occurs when electricity supply is cut in pressurised tubes of pumping stations has been suggested to apply to the pumping stations and energetics management of Kashkadarya province at the disposal of the Ministry of Water Resources (Reference No. ZD33250384 dated December 23, 2021 of the Ministry of Water Resources). As a result, it is possible to safely use the pump station by reducing the effects of hydraulic shock on the pressure pipe of the pump station;

the method for calculating the velocity of propagation of a shock wave in the process of hydraulic shock in a pumping station is recommended for implementation in the Department of Pumping Stations and Energy of Kashkadarya Region under the Ministry of Water Resources (Reference No. ZD33250384 of December 23, 2021 of the Ministry of Water Resources). As a result, it was possible to develop measures to protect the pressure pipelines of pumping stations in the process of hydraulic shock.

the method of calculating the parameters of hydraulic shock in the pressure pipes of the pumping station is recommended to be introduced in the Department of Pumping Stations and Energy of Kashkadarya region under the Ministry of Water Resources (Reference No. ZD33250384 of December 23, 2021 of the

Ministry of Water Resources). As a result, the expected economic efficiency was 37,000,000 (thirty-seven million) soums.

The volume and structure of the dissertation: The dissertation consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a list of references and an appendix. The volume of the dissertation is 105 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Арифжанов А.М., Жонқобилов У.У., Жонқобилов С.У. Бир жинсли ва газли суюқлик напорли оқимларининг гидравлик зарбага ҳисоб. Монография. Тошкент: Ворис нашриёт. 2019, 155 б.

2. Жонқобилов У.У., Жонқобилов С.У. Суғориш насос станцияларининг напорли кувурларини гидравлик зарба таъсиридан ҳимоя қилиш. Монография. Тошкент: Ворис нашриёт. 2020, 131 б.

3. Жонқобилов У.У., Жонқобилов С.У., Ражабов У.М., Хушиев Ш.П., Жонқобилов К.У. Измерение расхода двухкомпонентного потока в нефтегазовых напорных системах // Инновацион технологиялар журнали №4 сон, Карши 2021, С. 49-53. (05.00.00.; №4).

4. Жонқобилов У.У., Жонқобилов С.У. К расчету вакуума при гидравлическом ударе с учетом растворенного газа // Архитектура қурилиш дизайн журнали махсус сон, Тошкент 2019, С. 306-308. (05.00.00).

5. Жонқобилов У.У., Жонқобилов С.У., Хушиев Ш.П., Жонқобилов Б.У. Методика расчета затухания волны давления при гидравлическом ударе в напорных трубопроводах // Инновацион технологиялар журнали махсус сон, Карши 2021, С. 78-82. (05.00.00).

6. Жонқобилов У.У., Жонқобилов С.У., Ражабов У.М., Хушиев Ш.П. Учет влияния коэффициента политропы на гидравлический удар в двухкомпонентном потоке // Инновацион технологиялар журнали махсус сон, Карши 2021, С. 43-47. (05.00.00).

7. Жонқобилов У.У., Жонқобилов С.У. Экспериментальное исследование коэффициента политропы при гидравлическом ударе с воздушно-водяным потоком // Архитектура қурилиш дизайн журнали №4 сон, Тошкент 2019, С. 193-195. (05.00.00.; №4).

8. Арифжанов А.М., Жонқобилов У.У., Жонқобилов С.У. Насос станцияси напорли кувурларининг гидравлик зарба таъсиридан ҳимоялашда диафрагмали ҳаволи-гидравлик калпок параметрларини аниқлаш // “IRRIGATSIYA va MELIORATSIYA” журнали махсус сон, Тошкент 2019, Б. 76-79. (05.00.00).

II бўлим (II часть; II part)

9. Arifjanov A.M., Jonkobilov U.U., Jonkobilov S.U., Bekjonov R.S. The hydraulic impact wave propagation speed study in a two-phase flow // International Journal for Innovative Engineering and Management Research Vol 09 Issue 11, Nov 2020 ISSN 2456–5083 Volume 09, Issue 11, Pp 94-100.

10. Arifjanov A., Jonqobilov U., Jonqobilov S., Khushiev Sh., Xusanova J. The influence of hydraulic friction on the maximum pressure of water hammer //

ICECAE 2020, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science **614** (2020) 012092 IOP Publishing, DOI:10.1088/1755-1315/614/1/012092.

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. DOI:10.1088/1757-899X/1030/1/012129.

12. Мажидов Т.Ш., Жонкобиллов С.У. Экспериментальные исследования гидравлического удара с разрывом сплошности потока // «Гидротехника иншоотларининг самарадорлиги, ишончлилиги ва хавфсизлигини ошириш» мавзусида халқаро илмий-амалий конференциянинг мақолалар тўплами, II-жилд. ТИҚХММИ. Тошкент-2018. С. 455-459.

13. Арифжанов А.М., Жонкобиллов У.У., Жонкобиллов С.У. Защита напорного трубопровода низконапорной насосной станции от гидравлического удара // Материалы международной научно-практической конференции «Наука сегодня: история и современность». Часть 1. Вологда - 31.10.2018 г, С. 22-23.

14. Jonkobilov U.U., Jonkobilov S.U., Rajabov U.M., Khoshiyev Sh.P. A hydraulic impact theory and calculation with breaking flow continuity // International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD), ISSN: 2456 – 6470, October 2020, Pp. 122-126.

15. Bazarov O.Sh., Jonkobilov U.U., Jonkobilov S.U., Rajabov U.M. 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://ijpsat.ijsht-journals.org>

16. Жонкобиллов У.У., Жонкобиллов С.У., Норинов Ф.К., Эгамназаров Т.Р., Жонкобиллов К.У. Методика и приборы для измерения напорных нестационарных процессов в лабораторных установках // “Нефть ва газ саноатида замонавий технологиялар ва инновациялар” мавзусидаги республика илмий-амалий анжумани материаллар тўплами, 22-23 апрель 2021 йил, С. 104-107.

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

18. Jonkobilov U., Jonkobilov S., Rajabov U., Egamnazarov T., Xo'shiyev Sh. Analytical substantiation of the parameters of the directional air-hydraulic hood // E3S Web of Conferences 264, 03034 (2021), Conmechydro – 2021, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126403034>.

19. Zhonkobilov U.U., Zhonkobilov S.U., Razhabov U.M., 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://ijpsat.ijsht-journals.org>.

20. Zhonkobilov U.U., Zhonkobilov S.U., Khushiev Sh.P., Zhonkobilov K.U. Two-component flow measurement in oil and gas pressure systems // International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT).ISSN: 2509-0119. Vol. 27 No. 2 July 2021, Pp. 29-33. <http://ijpsat.ijsht-journals.org>.

21. Баратов Р.Ж., Чўллийев Я.Э., Жонқобилов С.У., Абдуллаев М.Х. Қувурларда суюқлик ва газ босимини назорат қилиш ва ўлчашнинг интеллектуал датчиги учун дастур // № DGU 11168. Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлиги. Ташкент, 25.05.2021 й.

22. Жонқобилов У.У., Жонқобилов С.У., Ражабов У.М., Хамраев Н.З., Хушиев Ш.П., Жонқобилов Қ.У. Насос станцияси напорли қувурларининг иқтисодий қулай параметрларини ҳисоблаш // № DGU 10214. Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлиги. Ташкент, 17.02.2021 й.

23. Жонқобилов У.У., Жонқобилов С.У., Ражабов У.М., Хамраев Н.З., Холиқулов Б.Ж. Жонқобилов Қ.У. Сув манбаидан юқорида жойлашган насос станцияси насосларининг ўрнатиш баландлигини ҳисоблаш // № DGU 10215. Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлиги. Ташкент, 17.02.2021 й.

24. Жонқобилов У.У., Эгамназаров Т.Р., Жонқобилов С.У., Ражабов У.М., Хушиев Ш.П., Жонқобилов Қ.У. Насос станцияси биносининг мақбул жойлашиш ўрнини асослаш ҳисоби // № DGU 10893. Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлиги. Ташкент, 22.04.2021 й.

25. Жонқобилов У., Жонқобилов С., Эшонов Б., Музаффаров И., Холмуминов Т. К расчету гидравлического удара в двухкомпонентном напорном потоке // “Ўзбекистонда сув ресурсларидан самарали фойдаланишнинг муаммолари ва ечимлари” мавзусида республика миқёсидаги илмий-амалий анжумани материаллари тўплами, Қарши, 2021 йил 26-27 март, С. 84-87.

26. Жонқобилов У.У., Жонқобилов С.У., Ражабов У.М., 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.

27. Жонқобилов У.У., Жонқобилов С.У. Исследование максимальных давлений при гидравлическом ударе с понижением давления в газожидкостном напорном потоке // Қишлоқ хўжалиги ва транспортда ресурстежамкор техника, технологияларни яратиш, самарали фойдаланиш ва сервис муаммолари. Республика илмий-амалий анжумани. ҚарМИИ, Қарши, 2015 й., С. 72-75.

Автореферат «IRRIGATSIYA va MELIORATSIYA» илмий журнали
тахририятида тахрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз (резюме)
тилларидаги матнлари мослиги текширилди (04.04.2022)

Босишга рухсат этилди: 26.07.2022
Бичими: 60x84 ^{1/16} «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи 2,8. Адади 100. Буюртма: № 157
Тел: (99) 832 99 79; (99) 817 44 54
Гувоҳнома reestr № 10-3279
“IMPRESS MEDIA” МЧЖ босмаҳонасида чоп этилди.
Манзил: Тошкент ш., Яккасарой тумани, Кушбеги кўчаси, 6 уй.