

**МЕХАНИКА ВА ИНШОТЛАР СЕЙСМИК МУСТАҲКАМЛИГИ
ИНСТИТУТИ ВА ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ
ХЎЖАЛИГИНИ МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ
ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ФАН ДОКТОРИ ИЛМИЙ
ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ DSc.28.02.2018. Т/ФМ.61.01 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА – ҚУРИЛИШИ ИНСТИТУТИ

НИШОНОВ ФАЙЗУЛЛО ХОЛМИРЗАЕВИЧ

**ГИДРАВЛИК ЗАРБАНИНГ ГИДРОИНШОТЛАР ВА ИШЛАБ
ЧИҚАРИШ КОМПЛЕКСЛАРИ ТУРГУНЛИГИГА ТАЪСИРИНИ
БАҲОЛАШ УСУЛЛАРИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

01.02.05 – Суюқлик ва газ механикаси

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

Тошкент – 2018

**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**

Нишонов Файзулло Холмирзаевич

Гидравлик зарбанинг гидроиншоотлар ва ишлаб чиқариш комплекслари
турғунлигига таъсирини баҳолаш усулларини такомиллаштириш..... 3

Нишонов Файзулло Холмирзаевич

Совершенствование методов оценки гидравлического удара на
устойчивость гидросооружений и производственных комплексов..... 21

Nishonov Fayzullo Xolmirzayevich

Improving the methods of assessment of hydraulic impact on the stability of
hydraulic construction and production complexes..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

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

**МЕХАНИКА ВА ИНШОТЛАР СЕЙСМИК МУСТАҲКАМЛИГИ
ИНСТИТУТИ ВА ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ
ХЎЖАЛИГИНИ МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ
ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ФАН ДОКТОРИ ИЛМИЙ
ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ DSc.28.02.2018. Т/ФМ.61.01 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА – ҚУРИЛИШИ ИНСТИТУТИ

НИШОНОВ ФАЙЗУЛЛО ХОЛМИРЗАЕВИЧ

**ГИДРАВЛИК ЗАРБАНИНГ ГИДРОИНШОТЛАР ВА ИШЛАБ
ЧИҚАРИШ КОМПЛЕКСЛАРИ ТУРГУНЛИГИГА ТАЪСИРИНИ
БАҲОЛАШ УСУЛЛАРИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

01.02.05 – Суюқлик ва газ механикаси

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

Тошкент – 2018

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида № В2018.4.PhD/T848 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент архитектура-қурилиши институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасининг www.tiim.uz ҳамда «ZiyoNet» ахборот-таълим портали www.ziynet.uz манзилларига жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Худайкулов Савет Ишонкулович
техника фанлари доктори

Расмий оппонентлар:

Наврұзов Куролбой
физика-математика фанлари доктори, профессор

Махмудов Эрназар Жумаевич
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Самарқанд давлат архитектура-қурилиш институти

Диссертация ҳимояси Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти ва Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти ҳузуридаги фан доктори илмий даражасини берувчи DSc.28.02.2018. Т/FM.61.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2018 йил “___” “_____” соат ___даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100000, Тошкент, Қори Ниёзий кўчаси, 39-уй. Тел: (99871) 237-22-67; Факс: (99871) 237-38-79, e-mail: admin@tiim.uz).

Диссертация билан Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (___ рақам билан рўйхатга олинган.) Манзил: 100000, Тошкент, Қори Ниёзий кўчаси, 39-уй. Тел: (99871) 237-22-67; Факс: (99871) 237-38-79.

Диссертация автореферати 2018 йил «___» _____ куни тарқатилди.

(2018 йил «___» _____ даги ___ рақамли реестр баённомаси).

М.М.Мирсаидов

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

Б.А.Худаяров

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

И. К. Хужаев

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., к.и.х.

КИРИШ (Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда қурилган сув омборларида ҳар йили кўплаб хавфли ҳолатлар содир бўлиши, гидротехник иншоотларнинг сув чиқариш қувурларида рўй берадиган гидравлик зарба натижада вужудга келган вибрация режимини аниқлаш, кавитация ва пульсация жараёнларида ҳосил бўладиган гидравлик зарбани камайтириш усуллари яратиш муҳим масалалардан бири ҳисобланади. Шу жиҳатдан, гидротехник иншоотлар ва ишлаб чиқариш комплекслари сув чиқариш тизимларининг гидравлик зарба таъсирида бузилишдан хавфсиз ишлашини таъминлаш учун қувурлардаги гидравлик зарбани башоратлашнинг ҳисоб усуллари ишлаб чиқиш алоҳида аҳамият касб этмоқда. Ушбу йўналишда, ривожланган давлатларда жумладан АҚШ, Франция, Италия, Жанубий Корея, Россия ва бошқа давлатларнинг гидроэлектростанциялар, гидроузеллар ҳамда сув омборлари сув чиқариш қувурларида гидравлик зарбани ҳисобга олган ҳолда иншоотларни лойиҳалашнинг самарали усуллари ишлаб чиқиш, қувурларда содир бўладиган деформацияларни олдини олиш ва уларнинг ишончли эксплуатациясини таъминлашга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда сув омборлари ва ишлаб чиқариш комплексларининг сув чиқариш қувурларида гидравлик зарба жараёнларини башоратлаш усуллари, ишончли ва самарали технологияларини ишлаб чиқишга қаратилган илмий асослари яратилмоқда. Бу борада, жумладан юқори босимли гидроузелларни лойиҳалаш ва қуришда иншоотнинг ишончли ва хавфсиз ишлашини таъминлаш, сув чиқариш қувуридаги катта босимлар ўзгариши орқали юзага келувчи гидравлик зарба тўлқинларининг параметрларини ҳисобга олган ҳолда деформацияланиш жараёнларини камайтиришнинг янги усуллари ва конструкцияларини такомиллаштиришга қаратилган илмий тадқиқотларни амалга ошириш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Шу билан бирга гидротехник иншоотларнинг конструкцияларини такомиллаштириш, иншоотларнинг ишончли ва хавфсиз ишлашини таъминлаш, сув чиқариш қувурлардаги гидравлик зарба кучини ҳисоблаш усуллари такомиллаштириш зарур ҳисобланади.

Республикамызда ирригация мақсадлари учун сув омборларидан фойдаланиш ва реконструкция қилишга оид тадбирлар, жумладан сув чиқариш қувурларининг беҳатар ва хавфсиз ишлашини баҳолаш асосида гидротехник иншоотларнинг хавфсизлигини таъминлаш бўйича кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...ижтимоий соҳани ривожлантиришга йўналтирилган, муҳандислик-коммуникация, ...қишлоқ жойларда тоза ичимлик суви билан таъминлашни тубдан яхшилаш ва ижтимоий инфратузилмаларни ривожлантириш ҳамда модернизация қилиш бўйича

мақсадли дастурларни амалга ошириш»¹ вазифалари белгилаб берилган. Мазкур вазифани амалга ошириш, жумладан ишлаб чиқариш комплекслари ва гидротехник иншоотларнинг сув чиқариш қувурларидаги гидравлик зарба муаммоларини замонавий усулларини яратиш ҳамда иншоотлардан фойдаланиш ишончилигини баҳолаш усулини ишлаб чиқиш ва технологияларини такомиллаштириш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида»ги Фармони ва 2017 йил 20 апрелдаги ПҚ-2910-сон «2017-2021 йилларда ичимлик суви таъминоти ва канализация тизимларини комплекс ривожлантириш ҳамда модернизация қилиш дастури тўғрисида» ги Қарори, 2017 йил 25 сентябрдаги «Сув объектларини муҳофаза қилиш тизимини такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-3286-сон Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожлантиришнинг XIV. «Сейсмология, бинолар ва иншоотлар сейсмик хавфсизлиги ва қурилиш» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Кўп фазали суёқликлар ҳаракати назарияси соҳасида жаҳондаги йирик тадқиқотчилар, жумладан Х.А. Рахматулин, Л.С. Лейбензон, Л.И. Седов, Г.И. Баренблатт, Ю.А. Буевич, С.С. Григорян, А.Н.Крайко, В.П. Мясников, С. Соу, Дж. Хаппел, Р.И. Нигматулин каби олимлар томонидан кенг қамровли илмий тадқиқотлар олиб борилган.

Юртимизда кўп фазали ўзаро киришувчан ва ўзаро таъсирлашувчан суёқлик аралашмаси соҳасининг ривожланишида бир қатор олимлар томонидан тадқиқотлар олиб борилган, жумладан, академик Х.А. Рахматулиннинг кўп фазали муҳитлар механикаси учун ўзаро киришувчан, ўзаро таъсирлашувчан суёқликлар динамик назарияси ва модели яратилган. Д.Ф. Файзуллаев, Қ.Ш. Латипов, А.А. Хамидов, О.И.Умаров, Қ. Наврузов, С.И. Худайкулов, И.К. Хўжаев, З.М. Маликов, И.Н. Хусанов, Ш.Х. Ахмедов ва бошқалар бу соҳада турли йилларда аралашманинг хоссаси, заррачаларнинг чўкишини, заррачаларнинг геометрик ўлчамлари, шунингдек тўлқин характердаги таъсир ва ғовак муҳити билан қувурнинг ўзаро таъсирини ҳисобга олувчи турли масалалар ўрганилган ҳамда маълум даражадаги ижобий натижаларга эришилган.

Бугунги кунда кўп фазали суёқликлар фазаларининг ўзаро киришувчанлиги ва ўзаро таъсир кучи етарлича ўрганилмаган. Гидротехник иншоотлар ва ишлаб чиқариш комплексларида гидравлик зарбанинг келиб

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида»ги Фармони

чиқиш сабаблари ва унга қарши конструкциялар яратишнинг илмий асослари ишлаб чиқилмаган. Ишлаб чиқариш комплексларидаги сув узатгичларда ва сув чиқариш қувурларида гидравлик зарба жараёнини кўп фазали суюқликлар методи орқали етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент архитектура-қурилиш институти ва Ирригация ва сув муаммолари илмий-тадқиқот институтининг илмий-тадқиқот ишлари режасининг №А.14-Т-134 «Гидроиншоотлардаги кавитация ва пульсация жараёнларининг пайдо бўлиши, шаклланиши қонунияти ва гидроиншоот турғунлигига таъсирини баҳолаш» (2012-2015), ва №ҚХА-14-002 «Кўп фазали суюқликлар методи орқали сув омборлари турғунлигини ошириш ва насос станциялари қўшма оқими параметрларини асослаш» (2015-2017) мавзуларидаги лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади ишлаб чиқариш комплексларидаги сув узатгичларда ва сув ҳавзаларидаги гидравлик зарба жараёнини ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқиш ва зарба кучи ва куч импульсларини баҳолашни кўп фазали суюқликлар усули орқали такомиллаштиришдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

қувурлардаги суюқликлар аралашмаси гидравлик зарбаси таъсирининг математик модели ва дастурини ишлаб чиқиш;

сув омборлари сув ўтказиш қувурларида вужудга келадиган гидравлик зарбани келиб чиқишини асослаш;

гидрокучланмалар орқали ишловчи ишлаб чиқариш комплексларида гидравлик зарбанинг пайдо бўлиши шарти ва қонуниятларини ишлаб чиқиш;

гидравлик зарбадан гидротехник тизимлар ва муҳандислик коммуникацияларида фойдаланиш қонуниятларини ишлаб чиқиш;

гидравлик тараннинг янги ҳаволи қопқоқчалик 2000 л/сутка сарфли конструкциясини ишлаб чиқиш ва текис бўлмаган ерларга сув чиқариш усулларини ишлаб чиқиш;

Пачкамар сув омбори сув чиқариш қувуридаги маҳаллий қаршилиқлар орқали юзага келувчи катта босимлар ўзгаришини аниқлаш усулини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Ўзбекистон Республикасидаги сув ҳавзалари тизими, гидроиншоотлар ва ишлаб чиқариш комплексларини, Чимкўрғон, Пачкамар, Резаксой, Тўпаланг сув омборларининг сув чиқариш қувурлари олинган.

Тадқиқотнинг предметини ишлаб чиқариш ва гидроиншоотлардаги сув чиқариш қувурлари ва гидротурбиналарда вужудга келадиган кавитация, пульсация ва гидравлик зарба масалаларини башоратлаш жараёнлари ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида суюқлик ва газлар механикаси, математик моделлаштириш ва сонли усуллар, кўп фазали ўзаро

киришувчан ва ўзаро таъсирланувчан суюқликлар моделини ҳисоблаш усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

ишлаб чиқариш комплекслари ва гидротехник иншоотлар сув чиқариш қувурларидаги гидравлик зарба муаммолари кўп фазали ўзаро киришувчан ва таъсирланувчан суюқликлар модели орқали ечилган;

ишлаб чиқариш комплекслари ва гидротехник иншоотлар сув чиқариш қувурларидаги гидравлик зарба кучининг таъсирини камайтириш масаласининг математик модели ишлаб чиқилган;

сув ташлаш ва сув ўтказувчи қувурлардаги гидравлик зарбага олиб келувчи ногидравлик жараёнларни ҳисоблаш усуллари кўп фазали ўзаро киришувчан ва таъсирланувчан суюқликлар модели орқали такомиллаштирилган;

қувурлардаги суюқликлар аралашмаси гидравлик зарбаси таъсирининг математик модели дастури ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

юқори босим таъсирида турли конструкцияли қувурлардаги гидравлик зарбани ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқилган;

Пачкамар сув омбори сув чиқариш қувуридаги маҳаллий қаршилиқлар орқали юзага келувчи катта босимлар ўзгаришини аниқлаш усули ишлаб чиқилган;

сув омборининг хавфсиз ишлашида оқимнинг бехатар ўтишини таъминлаш учун сув омбори сув чиқариш қувурларидаги гидравлик зарба, кавитация, оқим пульсацияси ва деформацияланиш жараёнларини камайтириш усули ишлаб чиқилган;

гидроқучланмалар орқали ишловчи ишлаб чиқариш комплексларида гидравлик зарбанинг пайдо бўлиш шарти ва қонуниятларини аниқлаш усуллари такомиллаштирилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги умумий қабул қилинган тадқиқот усуллари ҳамда олинган назарий натижаларнинг амалий маълумотларда тасдиқланганлиги, тажриба натижаларини ушбу тадқиқот йўналишидаги бошқа муаллифларнинг натижалари билан таққосланганлиги, Ньютон, Рейнольдс ва Фруд критерийларини қаноатлантириши. Пачкамар, Резаксой сув омборлари сув чиқариш иншоотларининг гидравлик зарбага учраган қувурларидан олинган натижалар билан солиштирилганлиги ва тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий қилинганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти сув омборини турғунлигини ошириш мураккаб қувурларда вужудга келадиган гидравлик зарба кучини аниқлашни кўп фазали ўзаро киришувчан ва таъсирлашувчанлигини ҳисобга олган ҳолда математик моделлаштириш назариясини ривожлантириш, кўп фазали суюқликлар хоссалари орқали юқори босимли қувурларни ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш ҳамда гидравлик зарба кучидан фойдаланган ҳолда поршенли

гидротараннинг назарий асосини яратиш учун берилган тавсияларни тадқиқ этишда қўлланилган илмий ёндашувларни такомиллаштириши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти гидротехник иншоотлардан чиқувчи катта босим остида юзага келадиган оқимда гидравлик зарба, кавитация ва пульсациянинг пайдо бўлишини ҳисобга олган ҳолда, қувур конструкциясига ўзгартиришлар киритиш усуллари яратиш ва қувур конструкцияси элементларида гидравлик зарбани ҳисоблаш усуллари ҳамда кавитация ва оқим пульсацияси, деформация жараёнларини камайтириш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Ишлаб чиқариш комплекслари ва гидротехник иншоотлар сув чиқариш қувурларидаги гидравлик зарба кучини ҳисоблаш усуллари такомиллаштириш бўйича олинган натижалар асосида:

сув омборларидаги юқори босим таъсирида турли конструкцияли сув чиқариш қувурларида рўй бераётган гидравлик зарбани ҳисоблашнинг такомиллаштирилган усули Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги корхоналарда, хусусан, «Ўзсувтаъмирфойдаланиш» республика бошқармасига қарашли Резаксой сув омборида жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлигининг 2018 йил 19 февралдаги 02/27-122-сон маълумотномаси). Илмий-тадқиқот натижасида гидравлик зарба жараёни 17-18%га қисқартириш, йиллик таъмирлаш ишларига сарфланаётган харажат мавжуд технологияга нисбатан 14-15%га камайтириш имконини берган;

Пачкамар ва Резаксой сув омборлари сув чиқариш қувурларида гидравлик зарбанинг пайдо бўлиши кавитация, оқим пульсацияси қувуридаги маҳаллий қаршиликлар орқали юзага келувчи катта босимлар ўзгаришини гидравлик ҳисоблаш усули Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлиги тасарруфига кирувчи «Сув омборларидан фойдаланиш» бошқармасига қарашли Пачкамар сув омборига жорий қилинган. (Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлигининг 2018 йил 19 февралдаги 02/27-122-сон маълумотномаси). Натижада кўп фазали суюқликдаги фазаларнинг ўзаро таъсир кучи ва ўзаро киришувчанлик гидравлик зарба кучини 10-12%га камайтириш имконини берган;

сув омборларининг сув чиқариш қувурларидаги гидравлик зарба, кавитация ва оқим пульсацияси натижасида рўй берадиган деформацияларни камайтириш усули Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги «O'ZSUVLOYIHA» АЖнинг лойиҳалаш ишларига жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлигининг 2018 йил 19 февралдаги 02/27-122-сон маълумотномаси). Лойиҳалаш ишлари натижасида сув чиқариш қувурларини деформацион жараёнларни камайтириш, сув омборларини фойдаланиш самарадорлигининг 12%га ошириш имкониятини берган.

Ишнинг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 6 та халқаро ва 2 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Натижаларнинг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 20 та илмий иш чоп этилган, шулардан, 1 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 10 та мақола, жумладан, 9 та республика ва 1 та хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 116 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация тадқиқотининг долзарблиги ва зарурияти асослаб берилган, илмий ишнинг мақсади ва мақсадга эришиш учун асосий вазибалари шакллантирилган ҳамда тадқиқот объекти ва предмети аниқланган, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялар тараққиётининг устивор йўналишларига мослиги кўрсатилган, ишнинг илмий янгилиги ва асосий амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончлилиги, илмий ва амалий аҳамияти ёритилган, тадқиқот натижаларининг жорий қилинганлиги ҳақидаги маълумот ва диссертация тузилишига доир қисқа маълумотлар келтирилган.

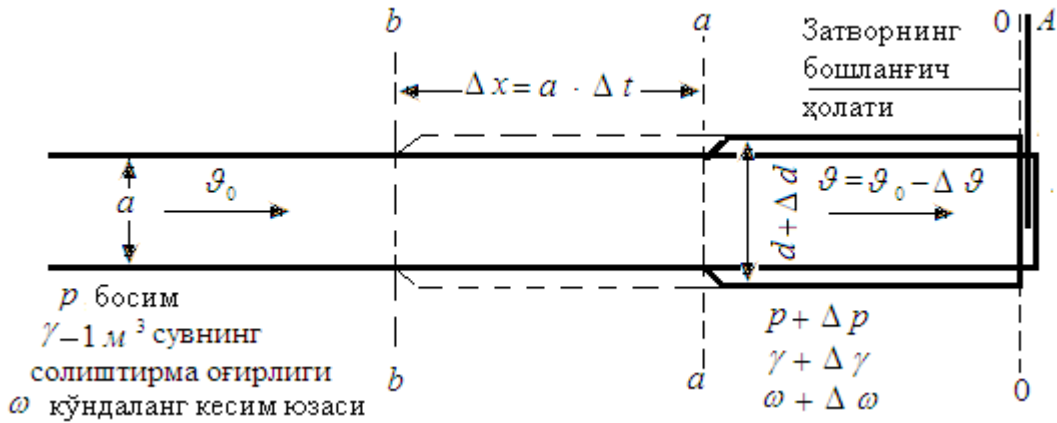
Диссертациянинг «Сув омборлари сув чиқариш қувурларида гидравлик зарбанинг пайдо бўлиши», деб номланган биринчи бобида қувурлардаги гидравлик зарбанинг пайдо бўлиши ҳақидаги илмий ишларнинг таҳлили келтириб ўтилган.

Пачкамар сув омбори сув чиқариш қувуридаги гидравлик зарбанинг келиб чиқиши, сув чиқариш қувурларда кавитация ва пульсация ходисаларидан бошланиши ўрганилди.

Гидравлик зарба тўлқинининг тарқалиши қувур материалининг қайишқоқлик даражаси ва қувур диаметрининг қувур қалинлигига нисбати орқали боғланган. Шунинг учун қувурда оқайтган сувнинг зарбаси ўзгармас бўлиб, оқим сарфига боғлиқ бўлмайди. Қуйидаги чизмада катта узунликдаги қувур задвижкасидаги оқим босимининг кўтарилиши диаграммаси кўрсатилган (1-расм).

Қаралаётган кўп фазали суюқликлар усули Пачкамар сув омбори сув чиқариш қувурларида, Тўпаланг сув омбори ва насос станцияларида гидравлик зарбани ҳосил қилувчи кавитациянинг пайдо бўлиши ҳамда муҳандислик коммуникациялари қувурларидаги гидравлик зарба таъсирининг физик жараёнини, зарба энергиясининг математик моделини кўп фазали суюқликлар учун узлуксиз тенгламаси, ҳаракатнинг сақланиш қонуни ва ҳолат тенгламалари орқали ёзилади.

Юқорида келтирилган тенгламаларнинг n орқали йиғиндисини ёзиб, аралашма учун узлуксиз тенгласини ёзамиз.



1-расм. Сув босимининг қувур деворлари қовушқоқлигига таъсири.

$$\frac{\partial \rho_n}{\partial t} + \text{div} \bar{V}_n = \sum_{S=1}^m I_{Sn}. \quad (1)$$

Тенгламадаги зичлик ўрнига аралашманинг зичлигини қўямиз: $\rho = \sum_{n=1}^m \rho_n$,

$\rho V = \sum_{n=1}^m \rho_n V_n$ - аралашма зичлиги ва тезлигининг ўртача қиймати,

$f_n = \frac{\rho_n}{\rho}$ аралашма n -чи фазасининг ҳажмий концентрацияси: $\sum_{i=1}^n f_i = 1$.

Графикдан маълумки, Фруд сони Fr камайиши билан нисбий босим фарқи $\frac{\Delta \eta_n}{h_1}$ асимтотик равишда нолга яқинлашади. Фруд сони Fr ортиши билан

нисбий босим фарқи $\frac{\Delta \eta_n}{h_1}$ ўзгариши катта бўлиб, θ га боғлиқ равишда

ўзгаради: θ қанча катта бўлса, босим фарқлари ҳам шунча кичик бўлади. Энергия йўқолиши туфайли босим фарқларининг ортиши кузатилади ва

$\frac{\Delta \eta_n}{h_1}$ нолга, яъни энергия йўқотилмасдан олдинги ҳолатдан тезроқ

яқинлашади. Оқимнинг сиқилиши натижасида энергия йўқолиб, сатҳ чизиғи

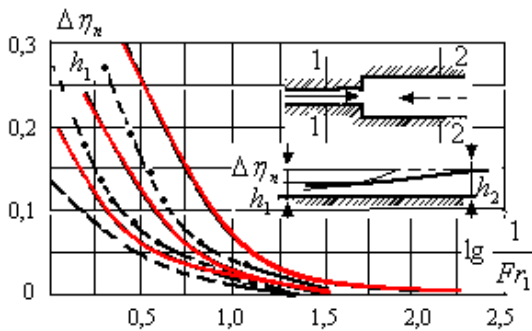
кўтарилади. Оқим бурилиши вазиятида босим фарқлари $\frac{\Delta \eta_n}{h}$ Фруд сони

Fr орасидаги боғлиқликни ёзамиз (2-3 расм).

Тўғри бурчакли кўндаланг кесимга эга бўлган ўзанининг бурилишида оқим тезлиги қуйидаги тарқалиш қонуни орқали ёзилди:

$$\frac{c}{r^m} = \bar{V}_s. \quad (2)$$

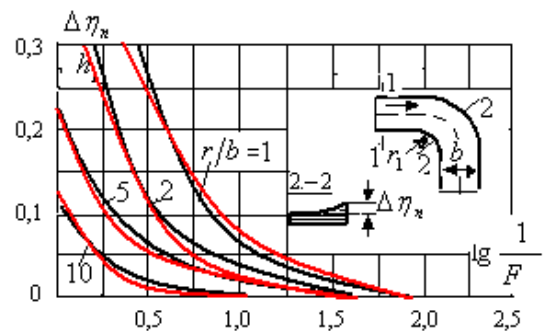
Бу ерда: \bar{V}_s - бурилиш марказидан r - масофада жойлашган чуқурлик бўйича ўртача тезлик; m - даража кўрсаткичи бўлиб, $\frac{\lambda b}{h}$ комплексга боғлиқ равишда ўзгарувчи бурилиш эгрилиги, $m = 1$ дан $m = \frac{1}{2}$ гача ўзгарганда юзлар қонунига бўйсинади.



2-расм. Резаксой сув омбори I-сув чиқариш қувурининг бир онда кенгайиш қисмидаги $\Delta\eta_1/h_1$ ва Fr_1 орасидаги боғлиқлик.

--- $\xi = 0$. — $\xi_x = (1 - \Omega_1/\Omega_2)^2$ - - - $\xi_{сжк} = 0,5(1 - \Omega_1/\Omega_2)$

_____ натижалар муаллифники



3-расм. Резаксой сув омбори I-сув чиқариш қувурининг бурилиш қисмидаги $\Delta\eta_1/h_1$ билан Fr_1 орасидаги боғлиқлик.

_____ натижалар муаллифники

Резаксой сув омборида гидравлик зарба туфайли вужудга келадиган зарба импульсининг келиб чиқиши тадқиқот қилинган. Муҳандислик коммуникациялари ва гидротехник иншоотларидаги зарба импульсининг тарқалиши қонунияти моделлаштирилиб, зарба тарқалиши ва босим ўзгаришидаги боғлиқ қонунияти аналитик формулалар орқали ифодаланган.

Юқорида келтирилгандек, гидравлик зарба жараёнида асосий масала бўлиб, босим ва тезлик ўзгариши, бу ўзгаришлар натижасида пайдо бўлган зарба импульсининг аналитик формуласи келтирилиб, зарба кинетик энергиясининг пасайишига қувурдаги мембрананинг таъсири баҳоланади ва зарбанинг қувурда тарқалиш қонуниятининг ўзгариши ўрганилди.

Худди юқорида келтирилгандек, сув омборлари сув чиқариш қувуридаги гидравлик зарба кучи импульсининг ўзгариши қонунияти тадқиқот қилинади ва гидравлик зарба кучи баҳоланади.

Гидравлик зарбанинг асосий масаласи сув чиқариш қувурларидаги босим ўзгаришининг зарба импульсига таъсири деб қаралиб, тезлик ўзгариши билан боғлиқлиги ўрганилди ва сув кўтариш қобилиятининг босимга

боғлиқлик қонунияти топилди. Н.Е. Жуковский назариясига асосан гидравлик зарбадаги асосий жараён босимнинг бир онда ўзгаришига боғлиқ бўлиб, суюқлик қовушқоқ бўлмаб, сиқилувчан бўлганда Гук қонунига асосан ўзгариши кўрсатилди ва бу тадқиқот натижасида, қувурни абсолют қаттиқ материалдан ясалган деб олинди ва H напорли оқимнинг тезлиги топилди.

Диссертациянинг «Гидравлик зарбанинг саноат корхоналари ва муҳандислик коммуникацияларидаги сув юритувчи қурилмаларида пайдо бўлиши масалалари» деб номланган иккинчи боби, дисперс аралашмаларда ҳосил бўладиган гидравлик зарба масаласининг гидротехник иншоотлар ва муҳандислик комплексларидаги ишчи суюқлик аралашмадан иборат ҳаракати таҳлил этилади.

Суюқликнинг гидроқурилмалардаги ва ишлаб чиқариш комплексларидаги ҳаракат қонуниятининг математик моделининг баъзи ҳоссалари, уюрмаларнинг вужудга келиши ва гидравлик зарбага таъсири ўрганилди.

Маълумки, сув чиқариш қувурларидаги ва гидроускуналардаги асосий бузилишлар гидравлик зарба туфайли содир бўлади. Лекин бу зарбанинг келиб чиқишини кузатиш учун систематик равишда кузатувлар олиб бориш шарт.

Назарий билимлар ва тадқиқотлар гидравлик зарба ҳодисасини олдиндан башоратлаш имконини беради. Олдиндан башоратлашни амалга ошириш учун қувур кўндаланг кесим юзаси кам ўзгарувчан, суюқлик аралашмасининг зичлиги ўзгармас $\rho = const$ деб фараз қилиб, туташ муҳит тенгламасидан қуйидаги тенгламани оламиз:

$$\rho \frac{\partial Q}{\partial l} = \frac{\partial \omega \vartheta}{\partial l} = \rho \omega \frac{\partial \vartheta}{\partial l} + \rho \vartheta \frac{\partial \omega}{\partial l} \approx \rho \omega \frac{\partial \vartheta}{\partial l}. \quad (3)$$

Физик жараёнлар шуни кўрсатадики, суюқликнинг қувурдаги тезланиши қувур кўндаланг кесими ўзгаришига нисбатан жуда катта, яъни қуйидаги тенгсизликлар маънога эга бўлади:

$$\omega \frac{\partial \vartheta}{\partial l} \gg \vartheta \frac{\partial \omega}{\partial l}. \quad (4)$$

Юқорида келтирилган туташ муҳит тенгламасидаги иккинчи тенгликдан қуйидагини оламиз:

$$\rho \frac{\partial Q}{\partial l} \approx \rho \omega \frac{\partial \vartheta}{\partial l}. \quad (5)$$

Қувурнинг конструкциясига кўра, унинг кўндаланг кесими доирадан иборат бўлади, шунинг учун:

$$\rho \frac{\partial \omega}{\partial t} = \rho \frac{\partial (\pi r^2)}{\partial t} = 2\pi r \frac{\partial r}{\partial t}. \quad (6)$$

Муҳандислик коммуникациясидан маълумки, қувурнинг чўзилиши қайишқоқлик E модулига боғлиқ бўлиб, Гук қонунига, Мариотт формуласига асосан қуйидагига тенг:

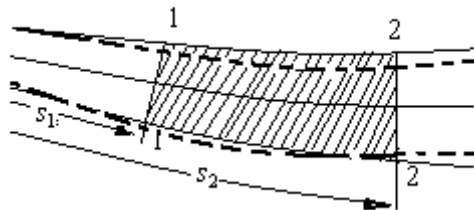
$$\frac{\partial r}{\partial t} = \frac{r}{E} \frac{\partial \sigma}{\partial t} \quad (7)$$

Бу ерда:

$$\sigma = P \frac{D}{2l} \quad (8)$$

Оркали ажратувчи куч таъсиридаги суюқликнинг қувурдаги стационар ҳаракатида напорнинг тўлиқ ўзгаришини топамиз.

Кўп фазали суюқликлар оқимининг сув юритувчи ускуналар қувурларидаги кўп фазали суюқликларнинг ҳаракатини моделлаштириш шартлари келтирилади. Гидротаран қурулмасининг иш жараёни тадқиқ қилиниб, ундаги АВ бассейн билан боғланувчи қувурдаги гидравлик зарбадан фойдаланиш жараёни қаралди. Қувурдаги В тешикнинг бир онда очилиши эвазига очилиш жараёнида пайдо бўлган зарба туфайли суюқликнинг кўтарилиши ўрганилди (4-расм).



4-расм. Инерцион босим.

Агар қаралаётган соҳани туташ соҳа деб қарасак, соҳанинг ҳар бир нуқтасида \mathcal{G}_n векторларга эга бўламизки, шу нуқталардаги зичликлар эса мос равишда ρ_n . Туташ муҳитнинг ўртача тезлигини \mathcal{G}_n деб олсак ва уни бутун муҳитнинг ҳажмий массаси бўйлаб текис тарқалган деб оламиз ва муҳитда қатнашаётган ҳар бир фазанинг ҳақиқий зичлигини ρ_{ni} деб белгилаймиз. Туташ муҳитнинг ўртача тезлиги ρ_n учун Ломоносовнинг сақланиш қонунининг Эйлер кўриниши қуйидагича ёзилади:

$$\frac{\partial \rho_n}{\partial t} + \text{div}(\rho_n, \mathcal{G}_n) = 0 \quad (9)$$

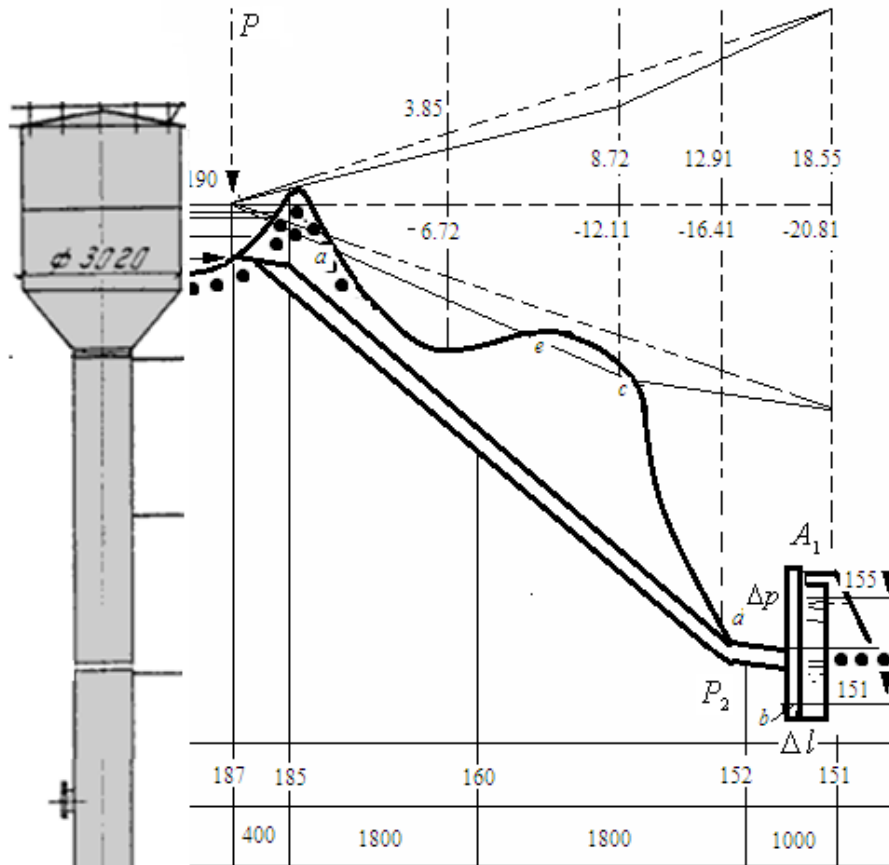
$$(n = 1, 2, \dots, N) \quad (10)$$

Туташ муҳит назариясига асосан қилиган экспериментал ишлар асосида «Поршенли гидротаран» ихтиро қилинди ва сув чиқиши қийин бўлган ҳудудларда, Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлигига қарашли ташкилотларда ишлатишга тавсия этилди (Поршенли гидротаран. № IAP 20130362. 10.07.2018 й № 01-09/1843)

Гидроқурилмаларнинг бир жинсли деформацияланмайдиган қувурларида суюқликни ҳайдаш қонуниятлари тадқиқот қилинди ва гидравлик зарбадан фойдаланиш қонуниятлари кўрсатилиб, бу жараён

асосида янги конструкцияли гидротаран камерасида ва қувурларида аралашма ҳаракати масалалари қаралди. Бунда қувурдаги суюқлик ҳаракати стационар деб ҳисобланди.

Зарба кучи босимининг гидротаран қурилмасида тарқалиш қонунияти тадқиқот қилиниб, гидравлик зарба нафақат носозликларни келтириб чиқариши, балки сувни сув чиқмайдиган ерларга чиқаришга фойда ҳам келтириши мумкинлиги кўрсатилди. Сув кўтариш учун гидравлик зарба кучидан фойдаланиб, махсус гидротаран яратилди. Катта босим чегарасидан фойдаланиб, юқори босим зарба орқали вужудга келади ва у таран қувури бўйлаб тарқалади (5-расм).



5-расм. Краннинг бир онда ёпилишида босим тарқалиш чизиғи.

Зарба кучининг қайтган қисми зарбали тўлқинни вужудга келтириб, зарба қисмидаги зичлиги ўзгармас бўлган сувни юқорига кўтаради.
 $p_e = const$.

Зарба тарқалишининг физик моҳиятини тушуниш учун қувурдаги суюқлик учун импульслар тенгламасини ёзамиз.

$$m(\mathcal{G}_{кон} - \mathcal{G}_{нач}) = P\Delta t. \quad (11)$$

Бу ерда: масса $m = \rho\omega$; зарба урилишидаги тезлик $\mathcal{G}_{кон} = 0$, бошланғич тезлик $\mathcal{G}_{кон} = \mathcal{G}_{нач}$, ω -қувурнинг кўндаланг кесими юзаси. Юритувчи натижавий куч:

$$P = P_1 - P_2 = p\omega - (p + \Delta p)\omega = -\omega\Delta p, \quad (12)$$

биринчи фаза вақти: $\Delta t = \frac{l}{c}$ га тенг бўлади.

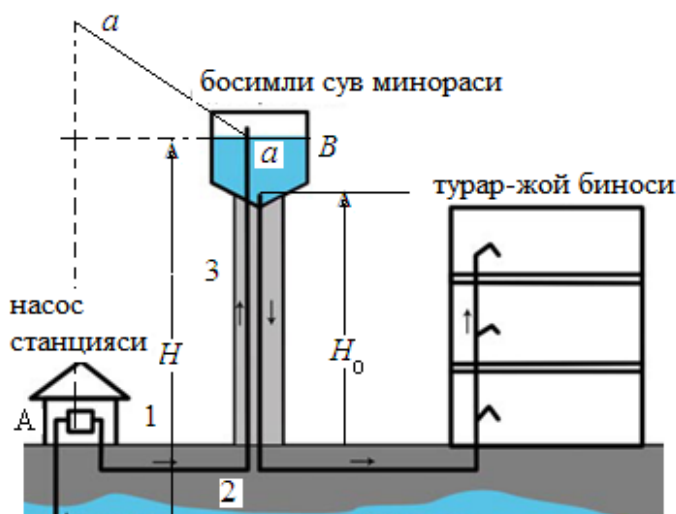
Диссертациянинг «Сув ва иссиқлик таъминоти тизимларидаги гидравлик зарбани ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш» деб номланаган учинчи боби гидравлик зарбадан гидроиншоот ва муҳандислик коммуникациялари тизимларида фойдаланишнинг усуллари ишлаб чиқилган.

Кўп фазали суюқликлар усулини қўллаб, совуқ сув ва иссиқлик таъминоти тизимларидаги қувурларда суюқлик ҳаракати давомида гидравлик зарбанинг пайдо бўлишини башоратлаш усуллари таклиф этиш қаралди.

Суюқликларнинг гидравлик зарба ҳосил бўлиши мумкин бўлган қувурларидаги ҳаракати эмпирик формулаларгагина таяниб эмас, математик моделлаштирилиши усуллари орқали кўрсатилиб, гидравлик параметрлар ва коэффициентларни топиш орқали гетероген аралашмалар деб моделлаштирилди ва кўп фазали муҳитлар модели қўлланилди.

Қаралаётган масалаларга Х.А. Рахматулин моделининг қўлланилиши муҳим аҳамият касб этади ва ҳаракат тенгламаси кўп фазали муҳитлар учун ёзилади. Ҳаракат тенгламаси мураккаб жараёнларни моделлаштиришда ишлатилади.

Диссертацияда турар-жой комплексларига насос орқали сув узатилганда насоснинг сўриш баландлиги ва қувурларидаги гидравлик зарба масалалари қаралди. Гидравлик зарбанинг келиб чиқиш сабаблари текширилиб, қурилиш комплексларидаги ва юқори қаватли уйлардаги қувурларда гидравлик зарбанинг келиб чиқиш сабаблари ўрганилди. Агар турар-жой биноларининг юқори қаватига сув насослар орқали етказиб берилса, электр тармоғида бўлган бирор узилиш натижасида гидравлик зарба пайдо бўлиб, ички босим насослар ёки юқорига ўрнатилган резервуарлар орқали ҳосил бўлади. Насос орқали бирор резервуардан сув тортилса, насоснинг сўриш қуввати ва сўриш баландлигини билиш масаласи қаралади (6-расм).



6-расм. Турар-жой биноларига напорли сув тарқатиш.

Қилинган тадқиқотларнинг кўрсатишича, пьезометрик сатҳнинг энг катта кўрсатиши напорни ҳосил қилувчи қурилманинг қўйилган жойи ҳисобланади. Баъзи бир ҳолларда эса пьезометрик сатҳнинг энг катта кўрсатиши қувурдаги ишчи босимга, қувурнинг ўлчамларига, қувурдаги суюқликнинг ҳаракат тезлигига, қувур материали ва суюқликнинг қовушқоқлигига боғлиқ бўлиб, босимнинг пасайиши туфайли қувурдаги босим атмосфера босимига тенг ва ундан кичик бўлиши мумкин. Қувурдаги босим атмосфера босимидан кичик ҳолларда кавитация ҳодисаси вужудга келишига шароит яратилади.

Гидравлик зарбанинг урилиш вақти ва зарба туфайли сув сақланувчи қувурнинг сувдан бўшаш вақтини аниқлаш масалари қаралиб, Тўпаланг, Пачкамар сув омборларидаги кузатувлардан келиб чиққан маълумотлар билан солиштирилади. Сув омборларидаги сув чиқарувчи қувурларда юзага келадиган гидравлик зарба, ҳаволи пуфакчаларнинг пайдо бўлиши, суюқликнинг ҳаво ютиши каби ҳодисалар тадқиқ этилиб, бу ҳодисаларни моделлаштириш учун Бернулли тенгламасини икки фазали муҳит учун ёзамиз:

$$\begin{aligned} p_0 + \frac{1}{2} \rho_{1i} \Lambda \mathcal{Q}_{cm}^2 + \rho_{2i} \left(f_1 + f_2 \frac{\rho_{2i}}{\rho_{1i}} \right) gz = \\ = p_0 + \frac{1}{2} \rho_{1i} \Lambda \mathcal{Q}_{cm}^2 + \lambda_{cm} \frac{z}{d} \rho_{1i} \Lambda \mathcal{Q}_{cm}^2 + z \rho_{1i} \left(f_1 + f_2 \frac{\rho_{2i}}{\rho_{1i}} \right) \frac{d\mathcal{Q}_{cm}}{dt}. \end{aligned} \quad (13)$$

бу ерда:

$$\Lambda = \left(f_1 + f_2 \frac{\hat{\rho}}{\hat{\rho}-1} \right)^2 \left[\frac{1-(1-\hat{\rho})f_1}{f_1(1-f_1)} j \right], \quad (14)$$

$$\rho = \frac{\rho_{2i}}{\rho_{1i}}; \quad (15)$$

ρ_1, ρ_2 - биринчи ва иккинчи фазалар зичликлари; $\mathcal{Q}_1, \mathcal{Q}_2$ - биринчи ва иккинчи фазалар тезликлари.

Гидравлик зарба моментининг $\exp\left(\frac{\tau_T}{A}\right) > 1$ бўлган ҳоли учун, гидравлик зарба таъсир вақтини топамиз:

$$\tau_T = A \ln \left[e^{1l} + \sqrt{\exp 2l - 1} \right]. \quad (16)$$

Бунда гидравлик зарба вақтида V резервуарининг тўлиқ бўшаш вақтини белгиловчи ифодани топиш мумкин:

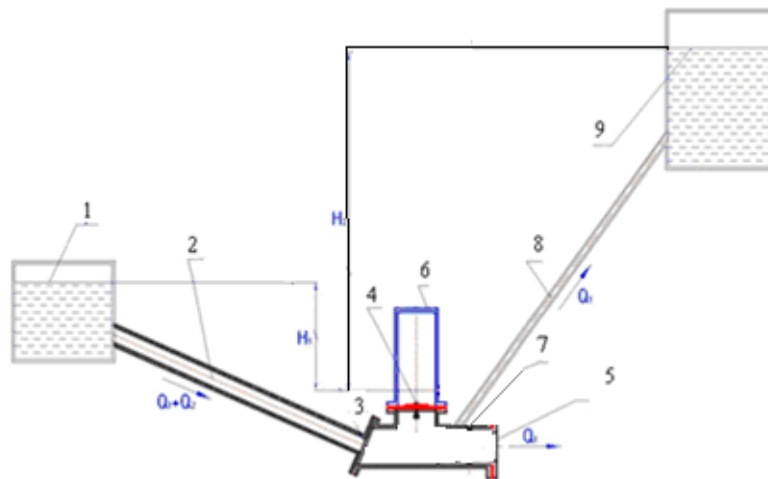
$$T = \sqrt{\frac{2H_0}{g}} \Lambda_0. \quad (17)$$

Гидравлик зарбанинг ва бу зарба иштирокида сув йиғиш резервуарининг бўшаш вақти сувнинг таркибига ва сув таркибида қатнашаётган фазаларнинг концентрацияси, зичлигига боғлиқ бўлиб, логарифмик қонуниятга бўйсинади:

$$\Lambda = \left(f_1 + f_2 \frac{\hat{\rho}}{\hat{\rho} - 1} \right)^2 \left[\frac{1 - (1 - \hat{\rho}) f_1}{f_1 (1 - f_1)} j \right], \quad (18)$$

$$\rho = \frac{\rho_{2i}}{\rho_{1i}}; \quad (19)$$

Диссертациянинг «Гидравлик зарбанинг техника ва ишлаб чиқаришда қўлланилиши» деб номланган тўртинчи бобида поршенли гидротаран қурилмасининг гидравлик зарба тўлкинидан фойдаланиб, турли деформация кучларига таъсирини назарий ва амалий ишларининг аналитик таҳлили келтирилган (7-расм).



7-расм. ПГТ-3 гидравлик таранининг умумий кўриниши.

Сув манъбаси (1), босим қувири (2), корпус (3), сув хайдовчи клапин (4), зарба клапини (5), ҳаво қопқоғи (6), поршенли механизм (7), узатувчи қувур (8), сувни истеъмол қилиш жойи (9).

Сууюқлик аралашмасининг муҳандислик қувурларидаги ва гидротехник иншоотларнинг сув чиқариш қувурларидаги аралашма оқимида юзага келган гидравлик зарба кўп фазали сууюқликлар модели орқали ўрганилди. Маълумки, катта ва интисив равишда берилган зарбаларда сууюқликнинг турли фазалари турлича ҳаракатланади, турли деформация кучлари вужудга келади.

Гидравлик тараннинг техника ва ишлаб чиқаришдаги қўлланиши келтирилган бўлиб, биринчи бўлимда сув хўжалигида қўлланиши ёритилган.

Бунда қувурдаги ҳаракатланаётган кўп фазали сууюқликнинг бир онда тўхтатилиши (қувур вентилининг ёпилиши) ёки ҳаракатга келиши (қувур вентилининг очилиши) натижасида юзага келадиган гидравлик зарбадаги сууюқлик тезлигининг бир онда катта қийматга эга бўлиши тадқиқ қилинади.

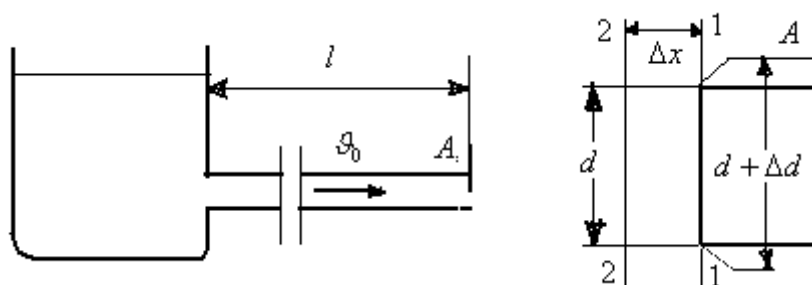
Шу тадқиқот асосида гидравлик зарба тўлкинидан фойдаланиб қурилган гидротараннинг иш принципи ва иқтисодий самараси келтирилади.

Қурилиш комплексларининг юқори қаватли уйлардаги қувурларда юзага келадиган гидравлик зарба характеристикалари ва қонуниятлари ўрганилди.

Задвижка очилиши билан зарбали суюқлик ҳаракатга келади. Бу ҳаракат ностационар ҳаракат бўлиб, узунлик бўйича напор йўқолишини ўз ичига олган ва инерцияли ҳади мавжуд бўлган Бернулли тенгламаси орқали ёзилди.

Поршенли гидротаран қувиридаги кичик қўзғалишларнинг қувур бўйлаб тарқалиши қонуниятлари келтирилди. Гидротаран қувиридаги кичик қўзғалишларнинг физик жараёни таҳлил қилиниб, тарқалиш қонуниятлари берилди.

Гидротаранни эксплуатация қилиш мобайнида қувурнинг критик нуқтаси топилиб, кавитацияга мойил нуқтаси аниқланди. Критик нуқтаги босим тезлик ортиши билан камайиб, атмосфера босимидан кам бўлганда кавитация пайдо бўлади.



8-расм. Гидротаран қувурларида кичик қўзғалишларнинг тарқалиш схемаси.

Қувур бўйлаб (8-расм) зарбанинг тарқалиши максимум нуқтаси топилади. Пульсация жараёни қувур деворларига катта куч билан урилиши натижасида қувур деворларда ёриқлар, қувурнинг уланган жойларида узулишлар вужудга келадиги, бу хавфсизлик қоидаларидан четланишга олиб келади.

ХУЛОСАЛАР

«Гидравлик зарбанинг гидроиншоотлар ва ишлаб чиқариш комплекслари турғунлигига таъсирини баҳолаш усулларини такомиллаштириш» мавзусидаги фалсафа доктори диссертацияси (PhD) бўйича олиб борилган ишланишлар асосида қуйидаги хулосалар қилинган:

1. Суюқликларнинг турли конструкцияга эга қувурлардаги ва очик ўзанлардаги оқимлари қаралиб, суюқликлар фазалари орасидаги ўзаро киришувчанлик ва ўзаро таъсир ўрганилиб, гидравлик зарбанинг пайдо бўлиш сабаблари шарти ва қонуниятлари ишлаб чиқилган.

2. Катта босим берилганда суюқликнинг тезлиги, ҳаракат характеристикаси ўзгариши қаралиб, суюқлик фазалари орасидаги ўзаро таъсир ва киришувчанлик характерлари текширилди. Фазаларнинг ҳақиқий зичликлари ўзгариши қонуниятлари ишлаб чиқилган.

3. Суюқликларнинг кўп фазали ўзаро киришувчан ва ўзаро таъсирлашувчан модели ва назарияси асосида гидро тараннинг янги конструкциясини яратиш имконини беради.

4. Пачкамар ва Резаксой сув омборлари сув чиқариш қувуридаги маҳаллий қаршиликлар орқали юзага келувчи катта босимлар ўзгаришини аниқлаш усули асослаш имконини беради.

5. Пачкамар ва Резаксой сув омбори сув чиқариш қувурларидаги гидравлик зарба, кавитация ва оқим пульсацияси, қувурларининг деформация жараёнлари баҳоланиб, сув омборини хавфсиз ишлашида оқимни беҳатар оқиш қонуниятлари ишлаб имконини беради.

6. Сув чиқариш қувурлардаги гидравлик зарба кучини кўп фазали суюқликлар методи орқали ҳисоблашда содир бўлиши мумкин бўлган бузилиш ҳолатларини олди олиниши ва сув омборини эксплуатация қилишда иншоотларни ишчи ҳолатда сақлаш ва ишлатиш имконини беради.

7. Фазалар концентрациялари ва зичликларининг ўзгармаслиги ҳар бир фаза учун маълум ўзаро таъсир кучлари орқали баҳоланиши асосланиб, кўп фазали суюқликдаги ўзаро таъсир гидравлик зарба кучини 10-12%га камайтириш имконини беради.

8. Сув омборлари турғунлигини ошириш ва нанос станциялари қўшма оқими параметрларини асослашда, фазаларнинг ўзаро таъсирланиши ва киришувчанлигини ҳисобга олган ҳолда сув чиқариш қувурларидаги гидравлик зарба жараёни 17-18%га қисқартириш, йиллик таъмирлаш ишларига сарфланаётган харажат мавжуд технологияга нисбатан 14-15%га камайтириш имконини берган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
DSc.28.02.2018.T/FM.61.01 ПРИ ИНСТИТУТА МЕХАНИКИ И
СЕЙСМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ СООРУЖЕНИЙ И ТАШКЕНТСКИЙ
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО – СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

НИШОНОВ ФАЙЗУЛЛО ХОЛМИРЗАЕВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ
ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА НА УСТОЙЧИВОСТЬ
ГИДРОСООРУЖЕНИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
КОМПЛЕКСОВ**

01.02.05 - Механика жидкости и газа

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

Ташкент – 2018

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2018.4. PhD/T848

Диссертация выполнена в Ташкентском архитектурно-строительном институте

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета (www.tiame.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:

Худайкулов Совет Ишонкулович
доктор технических наук

Официальные оппоненты:

Наврузов Куролбой
доктор физико-математических наук, профессор

Махмудов Эрназар Жумаевич
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт

Защита диссертации состоится «___» _____ 2018 года в _____ часов на заседании Научного совета DSc.28.02.2018.T/FM.61.01 при Институте механики и сейсмостойкости сооружений и Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (Адрес: 100000, г. Ташкент, ул. Кари Ниязий, 39, зал заседаний – __. Тел.: (99871) 237-46-68; факс: (99871) 237-38-79, e-mail: admin@tiame.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (регистрационный номер __). Адрес: 100000, г. Ташкент, ул. Кари Ниязий, 39, зал заседаний – __. Тел.: (99871) 237-46-68; факс: (99871) 237-38-79.

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2018 года.
(реестр протокола рассылки №__ от «__» _____ 2018 года.)

М.М. Мирсаидов

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

Б.А. Худаяров

Ученый секретарь научного совета
по присуждению ученых степеней, д.т.н.

И.К. Хужаев

Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению
ученых степеней, д.т.н., с.н.с.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Гидротехнические сооружения во всем мире подвергаются разным разрушениям вибрации вызываемым гидравлическим ударом в водопроводящих и водовыпускных трубопроводах систем. Вопрос нахождения методики об уменьшении гидравлического удара вызываемых кавитацией и пульсацией течения является одним из актуальных задач. Поэтому разработка методики безопасности и разработка численных методов прогнозирования в гидротехнических сооружениях и в водовыпускных системах производственных комплексах имеет особенный характер в деятельности эксплуатации. По этому направлению в высоко развитых странах как США, Франция, Италия, Бразилия, Южная Корея, Россия и других государствах проводится интенсивная работа по созданию проектов с минимальным появлением гидравлического удара в водовыпускных и водопроводящих трубопроводах. Поэтому сохранение от гидравлического удара и деформации трубопроводов гидротехнических сооружений, инженерных коммуникации и их безопасная эксплуатация является одной из основных и сложных задач сегодняшнего дня и обращает на себя особое внимание.

Особенное внимание в мире обращают на научную основу методик надёжного прогнозирования гидравлического удара водовыпускных гидротехнических сооружениях и системах инженерных коммуникациях порождающий пульсацию и необходимость разработки эффективной технологии. Разработка эффективной технологии основывается в создании управлении в трубопроводах давлением по сравнению с давлениями паражидкостных потоков, что является причиной для условий появления кавитации. В развитых стран мира при проектировании и строительстве высоко напорных гидроузлов особенное внимание направлено на безопасность этих сооружений. Безопасность сооружений осуществляется ликвидацией больших скоростей в местах местных сопротивлений водовыпускных трубопроводов. В этих особых точках порождаются кавитация и пульсация потока, которые приводят к деформации трубопроводов водовыпускных сооружений.

В настоящее время в нашей Республике в целях ирригации и реконструкции водохранилищ осуществляются огромные работы по безопасности и устойчивости конструкции водовыпускных сооружений. В стратегии действия по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы, в частности подчеркивается «...при развитии социальный сферы инженерно-коммуникационных направлений, ...коренное изменение обеспечение насилиений в сельской местности чистой питьевой водой, путём строительства новых водонапорных линий, путём развития инфраструктур и

модернизацией целевых программ». ¹ при этом четко запланированы осуществляемые работы по развитию научно-исследовательских работ с применением современных методик и технологии. Создание современных методов обеспечения безопасности в производственных комплексах и создание методов определения гидравлического удара в водовыпускных трубопроводах. Разработка методов оценки надежности использования сооружений и совершенствование технологии имеет большое значение в эксплуатации.

Данное исследование в определенной степени служит осуществлению задач, поставленных в Указе Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» и в Постановлении Президента Республики Узбекистан от 25 сентября 2017 года ПП-3286 «О мерах по дальнейшему совершенствованию систем охраны водных объектов», ПП-2910 от 20 апреля 2017 года, «О программе комплексного развития и модернизации систем питьевого водоснабжения и канализации на 2017 - 2021 годы» в которых рассматриваются нормативно-правовые документы, принятые в данной сфере.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики. Данная диссертационная работа выполнена в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики XIV. «Сейсмология, сейсmobезопасность зданий, сооружений и строительство».

Степень изученности проблемы. Методами многофазной жидкости занимались ведущие ученые мира: Х.А. Рахматуллин, Л.С. Лейбензон, Л.И. Седов, Г.И. Баренблатт, Ю.А. Бувич, С.С. Григорян, А.Н.Крайко, В.П. Мясников, С. Соу, Дж. Хаппел, Р.И. Нигматулин и другие, которые вели научные исследования.

Идеи, методы и результаты исследований Х.А. Рахматуллина по теории движения многокомпонентных и многофазных сред воплотились в научные исследования в Узбекистане.

Учёные Республики Узбекистан успешно проводят исследования в этом направлении механики. В развитие теории многофазной жидкости в несён огромный вклад исследованиями Д.Ф. Файзуллаева, К.Ш. Латипова, А.А. Хамидова, О.И. Умарова, К. Наврузова, С.И. Худайкулова, И.К. Хўжаева, З.М. Маликова, И.Н. Хусанова, Ш.Х. Ахмедова и других.

В этих исследованиях изучены свойства смеси, осаждение частиц, геометрические размеры частиц, воздействие частиц на волны в водном потоке, характерные особенности пористых сред, взаимодействие и взаимопроникание фаз в пористых средах. Решены задачи и выявлены особенности взаимодействия тел и связей различных сред. Рассмотрены вопросы проникания тел и распространения волны в трубопроводах.

¹ Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 г. УП-4947 «Стратегия действия по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

Результаты исследований нашли применение, в частности, при расчете гидротехнических и подземных сооружений на гидравлические нагрузки.

До настоящего времени теория гидравлического удара исследовалась методами гидравлики, где не учитывается взаимодействие и взаимопроникание фаз, участвующих в смеси. При возникновении кавитации и пульсации, которые являются причиной гидравлического удара не рассматривались методами многофазной жидкости.

В диссертационной работе рассматриваются вопросы исследования гидравлического удара в гидротехнических сооружениях и инженерных коммуникациях построением модели многофазной жидкости. Рассмотрены межфазное взаимодействие и взаимопроникание различных сред. На основе этих исследований разработаны новые конструкции водовыпускных сооружений.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами, выполненными в высшем образовательном учреждении.

Диссертационная работа выполнена в рамках плана научно-исследовательских работ прикладных проектов Ташкентского архитектурно-строительного института и Научно-исследовательского института ирригации и водных проблем по теме: №А14-Т-134 «Установление закономерностей формирования кавитации, пульсации потока и оценка влияния на устойчивость гидросооружений» на (2012-2015), «Разработка научно-методических основ безопасной эксплуатации водных объектов», и проект №КХА-14-002-2015 «Повышение устойчивости водохранилищ и обоснование параметров сопрягающих сооружений к насосным станциям с учетом многофазности потоков» (2015-2017).

Целью исследования является разработка метода исследования процесса гидравлического удара в производственных комплексах и водопроводящих трубопроводах водохранилищ, расчет ударной силы и силы импульса, совершенствование методов оценки гидравлического удара на устойчивость гидросооружений, применением метода многофазной жидкости.

Для реализации поставленной цели определены следующие

задачи исследования:

разработка математической модели действия гидравлического удара смеси жидкостей в трубопроводах и составление программ;

обоснование причин возникновения гидравлического удара в водопроводящих трубопроводах водохранилищ;

определение условий использования гидравлического удара в гидросиловых установках и промышленных комплексах;

использование и разработка закономерности гидравлического удара в гидротехнических системах и инженерных коммуникациях;

разработка новой конструкции гидравлического тарана, с воздушно гидравлическим колпаком для поднятия воды на неровные рельефы местности объемом 2000л /сутки;

разработка методики определения изменения высокого давления в зависимости от местного сопротивления водовыпускного трубопровода Пачкамарского водохранилища.

Объектом исследования являются системы водохранилищ Республики Узбекистан, гидросооружения и производственные комплексы, в водовыпускные трубопроводы водохранилищ Чимкурган, Пачкамар, Резаксой, Тупаланг и других объектов.

Предметом исследования является проведение анализа и прогноз кавитации, пульсации, приводящие к гидравлическому удару в трубопроводах и турбинах, устойчивость гидросооружений и производственных комплексов, подвергающихся гидравлическим ударам.

Методы исследований. При исследовании перечисленных задач использованы методы механики жидкости, математического моделирования и численные методы, методы изучения многофазных взаимопроникающих и взаимодействующих жидкостей и результаты экспериментальных исследований.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

гидравлические удары в трубопроводах производственных комплексов и водовыпускных сооружений водохранилищ исследованы методами взаимопроникающих и взаимодействующих многофазных жидкостей;

разработана математическая модель водопроводящего тракта с наибольшей пропускной способностью, с минимальной зоной гидравлического удара в производственных и гидротехнических комплексах;

изучены вопросы возникновения гидравлического удара в водосбросных сооружениях и водопроводящих трубопроводах;

составлена математическая модель и программа действия гидравлического удара смеси жидкостей в трубопроводах.

Практические результаты исследования. Результаты научных исследований заключаются в следующем:

разработана методика расчёта по определению гидравлического удара в трубопроводах разных конструкции с высокими давлениями в трубопроводах;

разработана методика по определению изменения больших напоров, возникающих в результате местных сопротивлений в водовыпускных сооружениях Пачкамарского водохранилища;

для безопасной работы водохранилища и обеспечения безопасного течения потока, выявлены условия уменьшения сил гидравлического удара, приводящие к возникновению процесса деформации, кавитации и пульсации потока;

усовершенствованы условия возникновения и закономерности гидравлического удара в производственных комплексах, работающих на основе гидросиловых установках.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Значимость теоретических исследований состоит в том, что разработанная в диссертационной работе теория по возникновению гидравлического удара в сложных трубопроводах, описана через уравнение движений для многофазных жидкостей и может быть использована в исследованиях, работающих водовыпускных сооружениях с высоким давлением.

Значимость практических исследований состоит в том, что полученные результаты позволяют регулировать высокое давление, учитывая кавитацию и пульсацию потока в соответствии с внесением изменения методов конструкции водопроводящих, водовыпускающих трубопроводов. Предлагаемыми методами можно изучить деформацию трубопроводов полученных в результате гидравлического удара.

Достоверность полученных результатов. Достоверность полученных результатов основывается на сопоставлении результатов данных водовыпускных сооружений Пачкамарского, Резаксойского водохранилищ, подверженные гидравлическим ударам и установленных критериях подобий Ньютона, Рейнольдса и Фруда.

Внедрение результатов исследования. На основе результатов по совершенствованию расчётов гидравлического удара на производственных комплексах и водопроводящих трактах гидротехнических сооружениях были получены:

разработаны теоретические и практические рекомендации по расчету силы гидравлического удара в водовыпускных системах водохранилищ и водосбросных сооружениях, обеспечивающие безопасность работы. Они применяются в управлении Резаксойского водохранилища “Ўзсувтаъмирфойдаланиш” (извещение Министерства сельского и водного хозяйства 2018 г от 19 февраля №02/27-122). Научно-обоснованные результаты снижают расходы на затраты ремонтно-восстановительных работ гидроузлов и инженерных коммуникаций на 17-18%, что даёт возможность уменьшения общих затрат на ремонт и замену трубопроводов водовыпускных сооружений на 14-15%;

при гидравлическом ударе в трубопроводах образуется кавитация и пульсация потока. В результате действия местного сопротивления в трубопроводах происходит изменение давления, которое определяется методом гидравлического расчета, он был принят для эксплуатации в управлении Пачкамарского водохранилища Министерства сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан. Справка Министерства сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан, зарегистрирована 19 февраля №02/27-122. Результатами исследований выявлено, что при постоянной концентрации и плотности фаз, сила гидравлического удара при учете взаимодействия и взаимопроникания фаз смеси снижается на 10-12 %;

Предложенные методы позволили определить силы, действующие на деформацию трубопроводов при гидравлическом ударе в водохранилищах и

инженерных коммуникациях. Авторские предложения переданы для использования при эксплуатации водохранилищ и предотвращения высокого давления в водовыпускных, водосбросных сооружениях. Эти предложения внедрены проектным институтом O'ZSUVLOYIXA АО Министерства сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан №02/27-122 от 19 февраля 2018 года. После применения предложенного метода в проектных работах деформация водовыпускных трубопроводов рассматриваемых водохранилищ снизилась, в результате эффективность использования водохранилищ увеличена 12%.

Апробация результатов исследования. Результаты настоящих исследований обсуждены на 6 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликованы 20 научных работ. Из них 1 монография, 10 научных статей, в том числе 9 в республиканских и 1 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных результатов докторских диссертаций.

Структура и объём диссертации: Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объём диссертации составляет 116 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и востребованность темы диссертации. Формулируются цель и задачи, а также объект и предмет исследования. Приводится соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, обосновывается достоверность полученных результатов, раскрывается их теоретическая и практическая значимость, приведены список внедрения в производство результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структура диссертации.

В первой главе диссертации **«Возникновение гидравлического удара в водопроводящих трактах водохранилищ»** даётся анализ возникновения кавитации в дисперсной смеси, приводящей к гидравлическим ударам в водовыпусках и водоводах.

При анализе гидравлического удара в водовыпуске Пачкамарского водохранилища основное внимание уделяется пульсации и кавитации в водоводах (рис.1).

Скорость распространения ударной волны, происходящая в процессе гидравлического удара, зависит исключительно от упругих свойств материала труб и воды и отношения диаметра к толщине её стенок. Поэтому при протекании определённой жидкости в данном трубопроводе величина ударной волны постоянна и не зависит от расхода этой жидкости, на рис. 2, 3.

показана диаграмма повышения давления у запорной задвижки на выходном конце трубопровода бесконечно большой длины.

Приведено описание применения метода многофазной жидкости к определению кавитации, приводящей к гидравлическому удару в водовыпускных сооружениях водохранилища Пачкамар и в турбинах насосных станции Тупалангского водохранилища.

Математической формой представления физических законов, законов энергии удара в трубопроводах инженерных коммуникаций, определяющих течение многофазной жидкости, служат уравнения неразрывности, сохранения количества движения и уравнения состояния в том или ином виде:

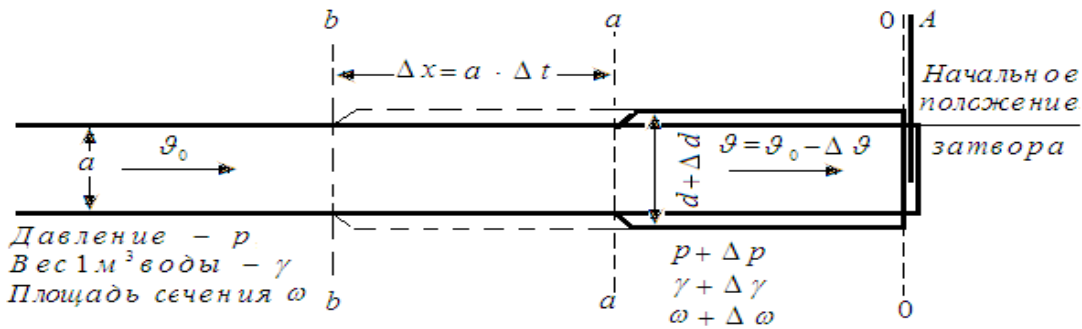


Рис. 1. Влияние повышения давления воды на упругость стенок трубопровода.

$$\frac{\partial \rho_n}{\partial t} + \text{div} \vec{V}_n = \sum_{S=1}^m I_{Sn}. \quad (1)$$

Суммируя по n , полученное равенство, получим уравнение неразрывности для смеси, где: $\rho = \sum_{n=1}^m \rho_n$, $\rho V = \sum_{n=1}^m \rho_n V_n$ - средние величины плотности и

скорости в области смеси, $f_n = \frac{\rho_n}{\rho}$ объемная концентрация n -ой фазы

смеси: $\sum_{i=1}^n f_i = 1$.

Из графиков следует, что при уменьшении числа Фруда Fr величина ним и относительным перепадом $\frac{\Delta \eta_n}{h_1}$ асимптотически приближается к нулю. При увеличении числа Фруда Fr нарастание ним и относительным перепадом $\frac{\Delta \eta_n}{h_1}$ чем быстрее происходит, тем больше θ . При наличии потерь энергии в случае расширения величина относительного перепада-

$\frac{\Delta\eta_n}{h_1}$ быстрее приближается к нулю, чем при отсутствии потерь. При сужении потока потери, напротив, увеличивают перепад уровней. Приведем связь между относительным перепадом $\frac{\Delta\eta_n}{h}$ и числом Фруда Fr в явлении поворота потока.

Скорость на повороте русла с прямоугольным поперечным сечением распределена по закону:

$$\frac{c}{r^m} = \bar{V}_s. \quad (2)$$

где \bar{V}_s - средняя по глубине скорость смеси на расстоянии r - от центра поворота.

Показатель степени - m изменяется в зависимости от комплекса $\frac{\lambda b}{h}$ и кривизны поворота в пределах от $m = 1$ («закон площадей») до $m = \frac{1}{2}$.

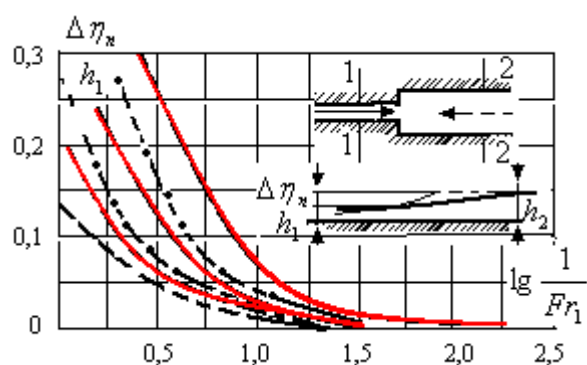


Рис. 2. Внезапное расширение трубопровода 1– водовыпускного сооружения Резаксойского водохранилища. Зависимость $\Delta\eta_1/h_1$ от Fr_1 в схеме внезапного расширения (сжатия)

--- $\xi = 0$. — $\xi_s = (1 - \Omega_1/\Omega_2)^2$ ---
 $\xi_{сжс} = 0,5(1 - \Omega_1/\Omega_2)$

— результаты автора

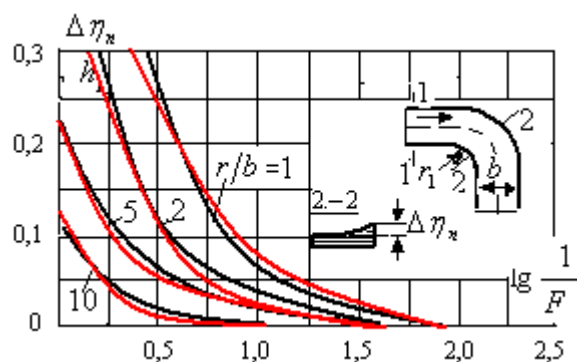


Рис. 3. Зависимость $\Delta\eta_1/h_1$ от Fr_1 в схеме поворота Резаксойского водохранилища. — результаты автора

В этой главе приведены результаты исследований возникновения гидравлического удара и ударного импульса в водонапорных трубопроводах Резаксайского водохранилища. Приводятся методы моделирования ударного импульса жидкости в трубопроводах инженерных комплексах Резаксайского

водохранилища. Основным вопросом при гидравлическом ударе является исследование закона изменения давления и импульса в нагнетательном трубопроводе с мембраной. Изменение давления находится в непосредственной связи с изменением скорости жидкости в нагнетательном трубопроводе. В связи с этим в первую очередь выясняется действительный характер изменения скорости и импульса.

Далее рассмотрено моделирование изменения ударного импульса жидкости в водовыпусных сооружениях водохранилищ.

Основным вопросом при гидравлическом ударе является исследование закона изменения давления и импульса в водовыпусных сооружениях. Изменение давления находится в непосредственной связи с изменением скорости жидкости в водовыпусных сооружениях. В связи с этим в первую очередь необходимо выяснить действительный характер изменения скорости и импульса. Эти изменения происходят в инженерных коммуникациях при отоплении и водопроводной системы.

Основная схема гидравлического удара в инженерных коммуникациях при отоплении и водопроводной системы основывается на мгновенном ударе жидкости. При этом жидкость считается не вязкой, но сжимаемой и подчиняющейся закону Гука, а трубопровод абсолютно жестким. Определяется скорость H напорного движения.

Во второй главе диссертации **“Задачи возникновения гидравлического удара в гидросиловых установках промышленных комплексов и инженерных коммуникациях”** исследуется гидравлический удар в гидросиловых установках промышленных комплексов.

В ней рассмотрено моделирование ускорения жидкости в гидросиловых установках и промышленных комплексах.

Значительная часть аварий на водоводах имеет свою причину гидравлического удара, но выявить эту причину возможно только при установлении специальных систематических наблюдений над работой водоводов и гидросиловых установок.

Теоретические выводы пояснены большим количеством примеров с целью, сделать вопрос об ударе в водопроводных трубах более понятным, чем это имеет место до настоящего времени.

Предполагая, что длина разбега жидкости малая, а площадь поперечного сечения трубы мало изменяющаяся, т.е. $\rho = const$, то из уравнения неразрывности получим:

$$\rho \frac{\partial Q}{\partial l} = \frac{\partial \omega V}{\partial l} = \rho \omega \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial l} + \rho \mathcal{G} \frac{\partial \omega}{\partial l} \approx \rho \omega \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial l}. \quad (3)$$

Из физического соображения можем утвердить, что ускорение жидкости в трубопроводах намного больше, чем изменение площади поперечного сечения, значит, имеет смысл неравенство

$$\omega \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial l} \gg \mathcal{G} \frac{\partial \omega}{\partial l}. \quad (4)$$

Определяя из уравнения неразрывности второе равенство:

$$\rho \frac{\partial Q}{\partial l} \approx \rho \omega \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial l} . \quad (5)$$

и имея ввиду конструкции трубопровода, когда поперечным сечением будет круг, поэтому:

$$\rho \frac{\partial \omega}{\partial t} = \rho \frac{\partial(\pi r^2)}{\partial t} = 2\pi \rho r \frac{\partial r}{\partial t} . \quad (6)$$

Как известно, из инженерной конструкции растяжение радиуса трубы зависит от модуля упругости E , поэтому согласно закону Гука и формулы Мариотта будем иметь

$$\frac{\partial r}{\partial t} = \frac{r}{E} \frac{\partial \sigma}{\partial t} . \quad (7)$$

где

$$\sigma = P \frac{D}{2l} . \quad (8)$$

Исходя из вышеприведенных формул находим полное изменение высоты напора (изменение давления) при возникновении разрывной силы давления в трубе стационарного движения жидкости.

В этой же главе приводится моделирование движения многофазной жидкости в трубопроводах гидросиловых установках.

Исследуется гидротаранная установка, которая имеет трубу АВ соединенную с бассейном, наполненным жидкой средой, уровень которой остается постоянным. Мгновенным открытием отверстия В, трубы в которой течет многофазная жидкость с постепенно увеличивающейся до определенного значения скоростью; достигнув этого значения, скорость перестает возрастать; движение устанавливается, и картина его в дальнейшем остается как бы без изменения (рис.4).

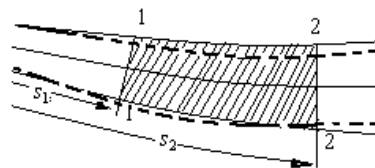


Рис. 4. Инерционный напор

Если допустить рассматриваемую нами среду сплошной, то в каждой точке пространства необходимо рассмотреть столько векторов скоростей \mathcal{G}_n , сколько сред участвует в движении, кроме того, очевидно, что в каждой точке будем иметь несколько плотностей ρ_n . В дальнейшем мы будем рассматривать среднюю плотность среды ρ_n , которая получится, если равномерно распределить по всему объёму массу какой нибудь среды из участвующих в движении. Через ρ_{ni} обозначим её истинную плотность. Для

средних плотностей ρ_n можно, очевидно написать закон Ломоносова (сохранения вещества) в форме Эйлера:

$$\frac{\partial \rho_n}{\partial t} + \text{div}(\rho_n, \mathcal{G}_n) = 0 \quad (9)$$

$$(n = 1, 2, \dots, N). \quad (10)$$

Было проанализировано движение многофазной жидкости в рабочей камере гидротаранной установки «Поршневый гидротаран» № IAP 20130362. (изобретение).

Посвящен разгону смеси жидкости в неоднородном недеформируемом трубопроводе гидросиловых установках. Гидравлический удар может приносить не только вред, но и пользу. На основе этого явления, в частности, создан специальный насос, называемый гидравлическим тараном. Гидравлический удар можно рассматривать как частный случай неустановившегося движения жидкости.

Далее рассмотрено распространение ударного давления в гидротаранной установке. Гидравлический удар может приносить не только вред, но и пользу в частности, создан специальный насос, называемый гидравлическим тараном. Граница области повышенного давления в гидротаранной установке будет распространяться по трубопроводу в направлении, противоположном первоначальному движению жидкости, с течением времени волна повышенного давления достигает начального сечения трубопровода (рис.5).

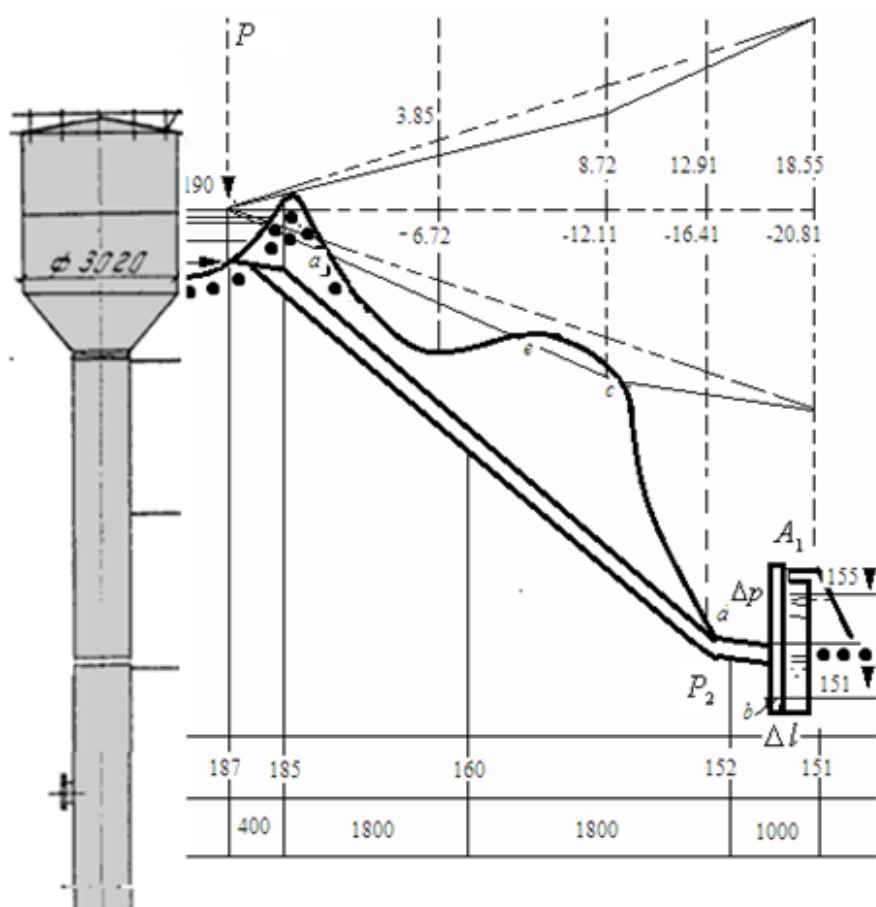


Рис. 5. Линия распределения давления при закрытие задвижки.

Если имеется резервуар большой емкости, так что уровень жидкости в нем можно полагать неизменным, то давление в начальном сечении будет сохраняться примерно постоянным, т.е. $p_e = const$.

Для описания физического смысла гидравлического удара составим уравнение импульсов для массы жидкости, находящейся в трубопроводе на участке l - длина трубы от тарана до задвижки, в проекциях на ось движения (пренебрегая сопротивлениями)

$$m(\mathcal{G}_{кон} - \mathcal{G}_{нач}) = P\Delta t, \quad (11)$$

где масса $m = \rho\omega l$; конечная скорость $\mathcal{G}_{кон} = 0$, начальная скорость $\mathcal{G}_{кон} = \mathcal{G}_{нач}$, ω - площадь поперечного сечения.

Результирующая сила:

$$P = P_1 - P_2 = p\omega - (p + \Delta p)\omega = -\omega\Delta p, \quad (12)$$

Время первой фазы:

$$\Delta t = \frac{l}{c}$$

В третьей главе диссертации **“Совершенствование метода расчета гидравлического удара в инженерных коммуникациях систем водо и теплоснабжения”** рассматривается использование гидравлического удара в задачах гидротехнических систем и инженерных коммуникациях, а также движение многофазной жидкости в трубопроводах гидротехнических систем, подвергаемых гидравлическому удару.

При этом проблема математического моделирования без привлечения дополнительных эмпирических соотношений и коэффициентов достаточно строго и обоснованно может быть решена только для очень частных классов гетерогенных смесей и процессов. Эти случаи, тем не менее, представляют большое методическое значение, так как соответствующие им уравнения могут рассматриваться в качестве предельных или эталонов, дающих «опорные» пункты при менее строгом моделировании сложных реальных смесей, с привлечением дополнительных гипотез и соотношений.

Определяется возникновение гидравлического удара в жилых комплексах. Приводятся исследования по возникновению гидравлического удара в строительных комплексах, то есть в высотных домах или производственных комплексах.

В напорном водоводе жилых комплексов, по которому движется равномерно вода, внутреннее давление, т. е. напор, создаётся насосами или каким-либо другим напорным устройством (возвышенным источником, резервуаром, водонапорной башней), причём наибольшая отметка пьезометрического уровня находится в точке расположения устройства, создающего напор, как указано на рис.6. В некоторых случаях в зависимости от рабочего давления в трубопроводе, его размеров, скорости движения воды в нём и упругих свойств воды и материала трубопровода это падение давления может быть настолько значительно, что давление внутри трубопровода становится равным атмосферному давлению.

Далее рассмотрена математическая модель времени продолжительности гидравлического удара в водопроводящих трактах водохранилищ и определению времени опорожнения водонапорной башни (рис.6).

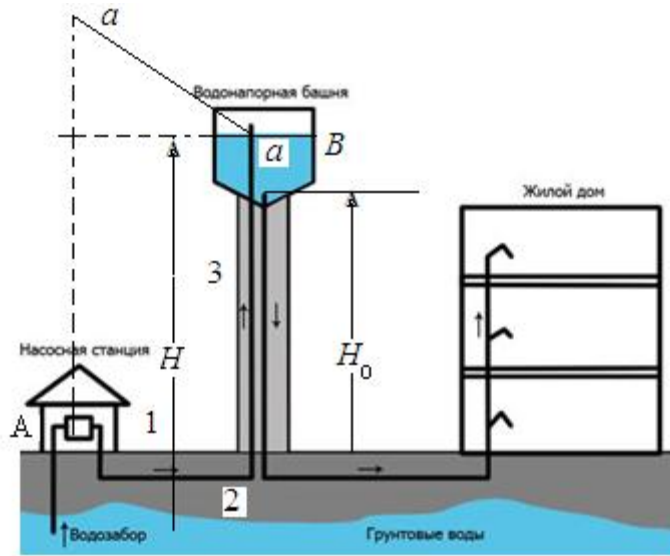


Рис. 6. Распределение напорной воды по жилым помещениям.

При внезапном закрытии вентиля в трубопроводах водоводов Тупалангского, Пачкамарского водохранилища возникают пузыри, которые впитывают воздух, и могут описываться в моделях двухфазной жидкости, тогда уравнение Бернулли для двухфазной жидкости, как показана в первой главе настоящей диссертации имеет вид:

$$p_0 + \frac{1}{2} \rho_{1i} \Lambda \mathcal{G}_{cm}^2 + \rho_{2i} \left(f_1 + f_2 \frac{\rho_{2i}}{\rho_{1i}} \right) gz = p_0 + \frac{1}{2} \rho_{1i} \Lambda \mathcal{G}_{cm}^2 + \lambda_{cm} \frac{z}{d} \rho_{1i} \Lambda \mathcal{G}_{cm}^2 + z \rho_{1i} \left(f_1 + f_2 \frac{\rho_{2i}}{\rho_{1i}} \right) \frac{d \mathcal{G}_{cm}}{dt}. \quad (13)$$

где:

$$\Lambda = \left(f_1 + f_2 \frac{\rho}{\rho - 1} \right)^2 \left[\frac{1 - (1 - \rho) f_1}{f_1 (1 - f_1)} j \right], \quad (14)$$

$$\rho = \frac{\rho_{2i}}{\rho_{1i}}; \quad (15)$$

ρ_1, ρ_2 - плотности, $\mathcal{G}_1, \mathcal{G}_2$ - скорости соответственно первой и второй фазы

жидкости. $\exp\left(\frac{\tau_T}{A}\right) > 1$ то, находим выражение для момента гидравлического удара:

$$\tau_T = A \ln \left[e^{1l} + \sqrt{\exp 2l - 1} \right]. \quad (16)$$

и отсюда же можно найти при отсутствии трения, время для полного опорожнения башни B , которое определяется равенством:

$$T = \sqrt{\frac{2H_0}{g}} \Lambda_0. \quad (17)$$

Продолжительный момент гидравлического удара подчиняется логарифмическому закону и характеризуется величиной:

$$\Lambda = \left(f_1 + f_2 \frac{\rho}{\rho - 1} \right)^2 \left[\frac{1 - (1 - \rho) f_1}{f_1 (1 - f_1)} j \right], \quad (18)$$

$$\rho = \frac{\rho_{2i}}{\rho_{1i}}; \quad (19)$$

которая зависит от плотности и концентрации участвующих фаз жидкости. Поэтому время продолжительности действия гидравлического удара смеси жидкости зависит от концентрации и плотности.

В четвертой главе диссертации “**Применение гидравлического удара в технике и производстве**” анализируется и исследуется теоритические и практические применения поршневого гидротарана, работающего на основе сил гидравлического удара и волн удара. Исследуется силы удара и деформация трубопроводов при действии волн распространения.

Движение смеси в трубопроводах инженерных коммуникациях и водовыпускных сооружениях исследуется методами многофазных жидкостей.

Как известно при больших и интенсивных ударах фазы многофазной жидкости имеют разные скорости, что являются причинами разных сил деформаций трубопровода. Эти явления характеризуют основу гидравлического тарана.

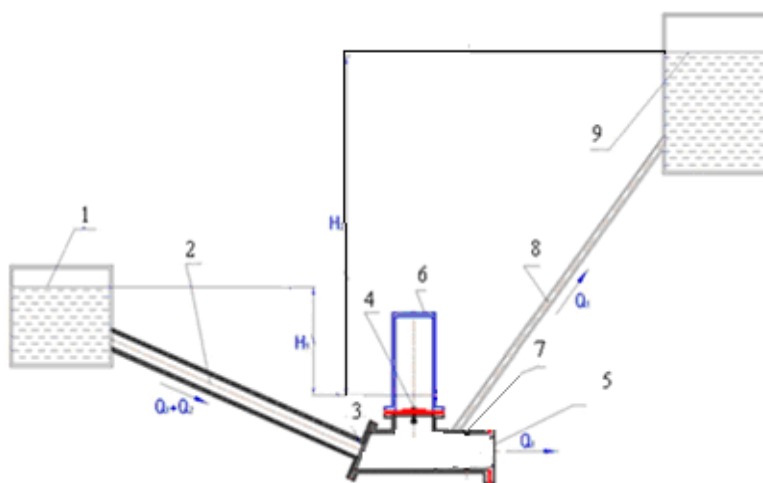


Рис. 7. Поршневой гидротаран

1 - водоисточник, 2 - питающая труба, 3 - корпусом, 4 - клапан для водоподачи, 5 - ударный клапан, 6 - воздушный колпак, 7 - механический поршень, 8 - трубопровод подачи, 9 - место водопользования.

В этой главе приводится применение гидравлического удара в поршневом гидротаране, который успешно применяется в водохозяйственной отрасли. Если при движении воды или другой капельной жидкости в трубопроводе резко изменить скорость течения (закрыть или открыть задвижку, выключить насос и пр.), то в трубопроводе возникает гидравлический удар, вызванный изменением давления.

Гидравлический удар может приносить не только вред, но и пользу. На основе этого явления, в частности, создан специальный насос, называемый гидравлическим тараном (рис.7). Приводится физический процесс при возникновении гидроудара и экономический эффект.

Гидравлический удар в трубопроводах горячей или холодной воды является одной из основных причин в разрушении комплексов сооружений.

При проектировании заданий и сооружений одним из основных вопросов является учёт процесса гидравлического удара. Почти во всех строящихся жилых и общественных комплексах учёт гидравлического удара является одним из основных вопросов.

При эксплуатации трубопроводов необходимо уметь определять максимальное повышение ударного давления в случае внезапной остановки потока или безопасное время закрытия задвижки, соответствующее предельно допустимому повышению давления. Это максимальное повышение давления называется гидравлическим ударом (рис.8).

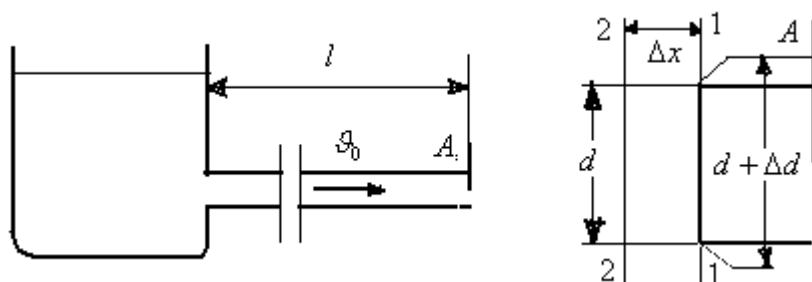


Рис. 8. Распространение малых возмущений в трубопроводах гидротарана

Находится максимальная точка распространения волновых ударов, которая находится в области пониженного давления. При появлении пульсационных давлений в трубопроводах возникает деформация и разрушение стенки.

Гидравлический удар может возникать не только при полном, но и при частичном закрытии заслонки. В этой же главе приводятся основные характеристики этого явления.

ВЫВОДЫ

на основе проведенных исследований по теме: «**Совершенствование методов оценки гидравлического удара на устойчивость гидросооружений и производственных комплексов**» доктора философии (PhD) следующие:

1. На основании исследований течений смеси жидкостей в трубопроводах разных конструкциях и открытых потоках, гидросиловых установок и водовыпускных сооружениях водохранилищ разработаны условия и закономерности возникновения гидравлического удара.

2. Разработаны условия и закономерности возникновения высоких давлений, изменения скорости, характер изменения межфазных сил, сил взаимодействия и взаимопроникания, изменения истинной плотности участвующих фаз смеси в подвергающейся гидравлическим ударам жидкости.

3. На основе применения теории и модели многофазных взаимодействующих и взаимопроникающих жидкостей создана новая конструкция «Поршневой гидротаран».

4. Разработана методика определения изменения местного сопротивления и изменения большого давления в водовыпускных сооружениях водохранилищ Пачкамар и Резаксой.

5. Изучено появление гидравлического удара, кавитации и пульсационного течения в водовыпускных сооружениях водохранилищ Пачкамар и Резаксой и оценена деформация трубопроводов после этих процессов.

6. Результаты исследования по определению сил гидравлического удара водовыпускных трубопроводах в многофазных потоках и при эксплуатации водохранилищ способствую содержанию их в безопасном рабочем состоянии.

7. Рассмотрен вариант, когда сумма концентрации участвующих фаз постоянна. Постоянство концентрации и плотности определяет силы взаимодействия и силу проникания фаз, которые зависят от скорости смеси. Сила взаимодействия обратно пропорциональна гидравлическому удару и понижает силу удара на 10-12 %.

8. Научно обоснованные результаты диссертации, понижают цены на затраты ремонтно-восстановительных работ гидроузлов и инженерных коммуникаций на 17-18 %, что даст возможность уменьшения общих затрат на ремонт и замены трубопроводов водовыпускных сооружений на 14-15 %.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.28.02. 2018.T/FM.61.01 AWARDING
THE SCIENTIFIC DEGREE AT THE INSTITUTE OF MECHANICS AND
SEISMIC STABILITY OF STRUCTURES AND TASHKENT INSTITUTE
OF ENGINEERS OF IRRIGATION AND MECHANIZATION IN
AGRICULTURE**

TASHKENT INSTITUTE OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING

NISHONOV FAYZULLO XOLMIRZAYEVICH

**IMPROVING THE METHODS OF ASSESSMENT OF HYDRAULIC
IMPACT ON THE STABILITY OF HYDRAULIC CONSTRUCTION AND
PRODUCTION COMPLEXES**

01.02.05 – Mechanics of liquids and gases.

**DISSERTATION ABSTRACT OF DOCTORAL OF PHILOSOPHY (PhD)
ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent-2018

The theme of doctoral dissertation (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republik of Uzbekistan under number B2018.4.PhD/T848

The doctoral dissertation has been prepared in the Tashkent institute of architecture and civil engineering.

The abstract for the dissertation is posted in three languages (uzbek, russian, English (resume)) on the website www.tadqiqotchi.@tdtu.uz and at Information and educational portal "Ziyonet" at address www.ziyonet.uz

Scientific adviser:	Xudaykulov Savet Ishankulovich doctor of technical sciences
Official opponents:	Navruzov Qurolboy doctor of physical-mathematical sciences, professor
	Maxmudov Ernazar Jumayevich Doctor of technical sciences, professor
Leading organization:	Samarkand State architecture and civil engineering institute

The defense will take place at «__» _____2018 at __ o'clock at the meeting of the Scientific Council DSc.28.02.2018.T/FM.61.01 at the Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures of AS RUz and Tashkent Institute of Engineers of Irrigation and Mechanization in Agriculture (Address 100000, Tashkent, Kari Niyaziy street, 39, Conference hall – __. Tel: (99871) 237-46-68; fax: (99871) 237-38-79, e-mail: admin@tiame.uz).

The thesis is available in the Information Resource Center of Tashkent Institute of Engineers of Irrigation and Mechanization in Agriculture (registration number ____). Address 100000, Tashkent, Kari Niyaziy street, 39, Conference hall – __. Tel: (99871) 237-46-68; fax: (99871) 237-38-79.

The abstract of the dissertation was circulated on _____ 2018.
(mailing report № __ on _____ 2018 year)

M.M.Mirsaidov

Chairman of Scientific Council for awarding degrees,
doctor of technical sciences, professor, academician

B.A.Khudayrov

Scientific secretary of Scientific Council
for awarding degrees, doctor of technical sciences

I.K.Khujaev

Chairman of scientific seminar at the Scientific Council for the
awarding degrees, doctor of technical sciences

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is:

the program of mathematical model of action of hydraulic shock of a mixture of liquids in pipelines is made;

analysis and establishment of the causes of hydraulic shock in the water supply paths of reservoirs;

determination of conditions of occurrence of hydraulic shock in hydraulic power plants of industrial complexes;

use and development of regularities of hydraulic shock in hydraulic systems and engineering communications;

development of new design hydraulic RAM with air hydraulic hood lifting water on the uneven terrain of 2000 liters /day;

development of a method for determining the change in high pressure depending on the local resistance of the Pachkamar reservoir water discharge pipeline.

The object of the research work are the systems of reservoirs of the Republic of Uzbekistan, hydraulic structures and production complexes. Water discharge pipelines of the reservoir Chimkurgan, Pachkamar, Rezaksoy, Tupalang and other objects.

Scientific novelty of the research work consists in the following:

hydraulic impacts in pipelines of industrial complexes and water discharge facilities of reservoirs were investigated by methods of interpenetrating and interacting multiphase liquids;

developed a mathematical model of the water supply path with the highest capacity, with a minimum zone of hydraulic shock in industrial and hydraulic complexes;

studied the issues of water hammer in the outlet structure and water conveyance pipelines;

the program of mathematical model of action of hydraulic blow of a mixture of liquids in pipelines is made.

Implementation of research results. Based on the results of improving the calculations of hydraulic shock in industrial complexes and water-conducting paths of the hydraulic structures were obtained:

theoretical and practical recommendations for the calculation of the force of hydraulic shock in the water discharge systems of reservoirs and spillways to ensure safety. They are used in the management of the rezaksai reservoir "Yzsuvtamirfoydalanish" (notice of the Ministry of agriculture and water resources of 2018 of February 19, №. 02/27-122. Science-based results reduce the expenses of the expenditures of repair and rehabilitation works of hydro-technical facilities and utilities at 17-18%, which gives the possibility of reducing the total cost of repairs and replacement of pipelines of the outlet structures at 14-15%.

during hydraulic shock cavitation and flow pulsation are formed in pipelines. As a result of formation of local resistance in pipelines there is a change of

pressure which is defined by a method of hydraulic calculation. A method of calculation in the event of a hydraulic shock in the lower reaches of the reservoirs, which was put into operation in the management of the Pachkamar reservoir of the Ministry of agriculture and water resources of the Republic of Uzbekistan. Certificate of the Ministry of agriculture and water resources of the Republic of Uzbekistan, registered February 19 № 02/27-122. The results of the studies revealed that at a constant concentration and density of the phases, the force of hydraulic shock and interaction and interpenetration of the mixture phases decreases by 10-12 %.

the proposed methods made it possible to determine the forces acting on the deformation of pipelines during hydraulic shock in reservoirs and engineering communications. The proposals have been submitted for use in the operation of reservoirs and prevention of high pressure in water discharge and spillage facilities. The proposals were implemented by the design Institute O'ZSUVLOYIHA JSC of the Ministry of agriculture and water resources of the Republic of Uzbekistan №02/27-122 from February 19, 2018. The application of the proposed method in the design work deformation of the outlet pipelines has decreased, as a result, the efficiency of the use of reservoirs increased by 12%.

Publication of research results. On the theme of the thesis there were published 20 scientific works, including 1 author's certificates (patents), 10 scientific articles, 9 of them - in republican and 1 - in foreign journals recommended by the Supreme Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for publication of the main scientific results of the dissertation of the Doctor of philosophy (PhD).

The outline of the thesis. The dissertation consists of the introduction, four chapters, conclusion, reference list and appendices. It contains 116 pages of typewritten text.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Худайкулов С.И., Нишонов Ф.Х. Математические модели гидравлического удара в гидросооружениях и производственных комплексах // Монография. Ташкент,- 2017.-160 с.

2. Nishonov F.X. Mathematical model of liquids mixture hydraulic blow action in pipe line// Asian Journal of Research, Japan, Osaka. № 10, (10) 2017, pp 26-33; Scientific Journal Impact factor (№24), IF=4.109

3. Нишонов Ф.Х. Распространения ударного давления в гидротаране строительного комплекса // Узбекский журнал «Проблемы механики». – Ташкент, 2017. – №1. – С. 83–86. (05.00.00; №6).

4. Нишонов Ф.Х. Обобщенная модель теории струй одно-и многофазных жидкостей // Узбекский журнал «Проблемы механики». – Ташкент, 2017. – №1. – С. 39–43. (05.00.00; №6).

5. Нишонов Ф.Х. Уравнения полной энергии для смеси идеальных жидкостей // Узбекский журнал «Проблемы механики». – Ташкент, 2016. – №4. – С. 15–20. (05.00.00; №6).

6. Нишонов Ф.Х. Моделирование гидравлического удара в сложных трубопроводах // Узбекский журнал «Проблемы механики». – Ташкент, 2016. – №2. – С. 20–24. (05.00.00; №6).

7. Нишонов Ф.Х., Худайкулов С.И. Моделирование ударного импульса жидкости в трубопроводе // Узбекский журнал «Проблемы механики». – Ташкент, 2015. – №1. – С. 26–30. (05.00.00; №6).

8. Гаппаров Ф.А., Нишонов Ф.Х., Фатхуллаев А.М., Худайкулов С.И. Возникновения кавитации в дисперсной смеси // Узбекский журнал «Проблемы механики». – Ташкент, 2015. – №2. – С. 18–22. (05.00.00; №6).

9. Нишонов Ф.Х., Буриев Э.С., Хазраткулов Ф.А. Математическое моделирование сопряжения бьефов в гидротехнических сооружениях // Научно-практический журнал «Архитектура. Строительство. Дизайн». – Ташкент, 2016. – №1. – С. 50–53. (05.00.00; № 4).

10. Нишонов Ф.Х., Худайкулов С.И. Моделирование гидравлического удара в трубопроводах с многофазными потоками // “Научно-технический журнал ФерПИ” – Фергана, 2017. – №4. – С. 59–63. (05.00.00; № 20).

11. Нишонов Ф.Х., Худайкулов С.И. Моделирование гидравлического удара в строительных комплексах // “Научно-технический журнал ФерПИ” – Фергана, 2018. – №2. – С. 66–70. (05.00.00; № 20).

12. Жовлиев У.Т., Нишонов Ф.Х., Нишонов Х.Х., Худайкулов С.И. Программа математическая модель действия гидравлического удара смеси жидкостей в трубопроводах // Государственное патентное ведомство РУз. Свидетельство № DGU 05696. 28.09.2018.

II бўлим (III часть; II part)

13. Нишонов Ф.Х. Моделирование гидравлического удара при внезапной остановке насоса в гидротехнических сооружениях // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия Научно-практический журнал № 4. Новочеркасск ФГБНУ «РосНИИПМ», 2016. С.196-200.

14. Нишонов Ф.Х. Способы понижения возникновений кавитации и гидравлического удара в гидротехнических сооружениях // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия Научно-практический журнал № 4. Новочеркасск ФГБНУ «РосНИИПМ», 2016. С. 200-205.

15. Нишонов Ф.Х. Моделирование движения жидкости, приводящего к гидравлическому удару в трубопроводах и турбинах гидротехнических сооружений // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия Научно-практический журнал №1. Новочеркасск ФГБНУ «РосНИИПМ», 2017. С. 229-233.

16. Нишонов Ф.Х. Закономерность изменения воздушного пространства в воздушно гидравлическом колпаке при действии гидравлического удара // Международной научно-практической конференции «Научное обеспечение как фактор устойчивого развития водного хозяйства» Республика Казахстан. 2016. 24 июня. С. 189-193.

17. Нишонов Ф.Х. Якубов К.А., Джураев А.Х. Влияние физических свойств жидкости на характер параметров гидравлического удара и импульса // Материалы международной научно-технической конференции «Перспективы применения инновационных технологий в сфере архитектуры и строительства», посвященной 50-летию Самаркандского Государственного архитектурно-строительного института. Самарканд, 2016. 27-28 май. С. 6-9.

18. Нишонов Ф.Х., Якубов Г.М. Математические методы вычисления параметров гидравлического удара // IXth International scientific- practical conference on the topic: "Improvement of the relevance of the problem of accounting based international standards" Japan, Korea, China Tashkent, Uzbekistan. 6-August, 2015. pp. 184-188.

19. Нишонов Ф.Х., Жураев У.У. Математическая модель гидравлического удара в трубопроводах жилых комплексах // «Иқтисодиёт тармоқларининг ривожланишини тامينловчи фан, таълим ҳамда модернизациялашган энергия ва ресурстежамкор технологиялар, техника воситалари муаммолари, ечимлар, истиқболлар» Республика илмий-техник анжумани материаллари. Жиззах, 2016. 70-75 б.

20. Нишонов Ф.Х., Зокиров Ж.А. Моделирования гидравлических импульса и гидравлического удара // «Иқтисодиёт тармоқларининг ривожланишини тامينловчи фан, таълим ҳамда модернизациялашган энергия ва ресурстежамкор технологиялар, техника воситалари муаммолари, ечимлар, истиқболлар» Республика илмий-техник анжумани материаллари. 2-қисм, Жиззах, 2016. 82-87 б.

Автореферат «Архитектура, қурилиш, дизайн» журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз (резюме) тилларидаги матнлари мослиги текширилди (20.10.2018 й).

Бичими 60x84¹/16. Ризограф босма усули. Times гарнитураси.

Шартли босма табағи:2.75. Адади 100. Буюртма № 36

Баҳоси келишилган нархда.

«ЎзР Фанлар Академияси Асосий кутубхонаси» босмахонасида чоп этилган.

Босмахона манзили: 100170, Тошкент ш., Зиёлилар кўчаси, 13-уй.