

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУХАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.Т.10.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ИРРИГАЦИЯ ВА СУВ МУАММОЛАРИ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ
ИНСТИТУТИ**

ЖОВЛИЕВ ЎКТАМ ТЕМИРОВИЧ

**ЮҚОРИ НАПОРЛИ ГИДРОТЕХНИКА ИНШООТЛАРДА СУВ
ОҚИМИ ПАРАМЕТРЛАРИНИ АНИҚЛАШНИНГ ГИДРАВЛИК
УСУЛЛАРИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

05.09.07-Гидравлика ва муҳандислик гидрологияси

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2020

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

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

Contents of the Doctoral (PhD) Dissertation Abstract

Жовлиев Ўктам Темирович

Юқори напорли гидротехника иншоотларда сув оқими
параметрларини аниқлашнинг гидравлик усулларини
такомиллаштириш..... 3

Жовлиев Уктам Темирович

Совершенствование гидравлических методов установления
параметров водного потока в высоконапорных гидротехнических
сооружениях..... 21

Jovliev Uktam Temirovich

Improvement of hydraulic methods for establishing water flow
parameters in high-pressure facilities..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

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

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

**ИРРИГАЦИЯ ВА СУВ МУАММОЛАРИ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ
ИНСТИТУТИ**

ЖОВЛИЕВ ЎКТАМ ТЕМИРОВИЧ

**ЮҚОРИ НАПОРЛИ ГИДРОТЕХНИКА ИНШООТЛАРДА СУВ
ОҚИМИ ПАРАМЕТРЛАРИНИ АНИҚЛАШНИНГ ГИДРАВЛИК
УСУЛЛАРИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

05.09.07-Гидравлика ва муҳандислик гидрологияси

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2020

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертация мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.3.PhD/T834 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Иррагация ва сув муаммолари илмий тадқиқот институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб саҳифасида (www.tiame.uz) ва "ZiyoNet" ахборот-таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлангирилган.

Илмий раҳбар:

Худайкулов Совет Ишонкулович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Эшев Собир Саматович
техника фанлари доктори, профессор

Гапшаров Фурқат Ахматович
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

Тошкент архитектура қурилиш институти

Диссертация ҳимояси Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.10.02 рақамли илмий кенгашнинг «25» декабрь 2020 йил соат 16⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100000, Тошкент, Қори Ниёзий кўчаси, 39 уй. Тел: (99871) 237-22-09; Факс: (99871) 237-54-79, e-mail: admin@tiame.uz).

Диссертация билан Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (150 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100000, Тошкент, Қори Ниёзий кўчаси, 39 уй. Тел: (99871) 237-19-45).

Диссертация автореферати 2020 йил «12» 12 куни тарқатилди.

(2020 йил «12» 12 даги 150 рақамли реестр баённомаси).



Т.З.Султанов

Илмий даражалар берувчи
Илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

А.А.Янгиев

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

Д.Р.Базаров

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда сув хўжалиги ва гидроэнергетика соҳасида юқори босимли гидротехника иншоотлари бьефларини туташтириш, сувнинг кинетик энергиясини сўндирувчи турли иншоотларга эга юқори босимли қувурсимон сув ўтказгичдаги гидродинамик жараёнларни тадқиқ қилиш, сувнинг кинетик энергиясини сўндирувчи иншоотлар параметрини такомиллаштириш муҳим масалалардан бири бўлиб ҳисобланади. Шу жиҳатдан, гидротехника иншоотларининг юқори босимли сув ўтказиш трактларида сувнинг кинетик энергиясини сўндириш ҳамда бьефларни туташтириш мақсадида турли: завихритель, диффузор, конфузор ва ҳ.к. қурилма ва иншоотлардан самарали фойдаланиб келинмоқда. Бу борада кўпгина мамлакатларда, жумладан АҚШ, Канада, Ҳиндистон, Хитой, Голландия, Россия ва Ўзбекистоннинг соҳадаги олий таълим ва илмий-тадқиқот муассасалари олимлари ишларида уюрмали (вихревых) шахтали ҳамда диффузор, конфузорли сув ташлаш трактларининг конструкциялари ва гидравлик ҳисобларини такомиллаштиришга алоҳида эътибор қаратилган.

Жаҳонда юқори босимли уюрмали оқимларни лойиҳалаш, қуриш ва фойдаланишга йуналтирилган мақсадли илмий тадқиқот ишларини олиб боришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бу борада, жумладан гидротехника иншоотларининг юқори босимли трактларида фойдаланиб келинаётган турли (завихритель, диффузор, конфузор ва ҳ.к.) қурилма, иншоотлари фаолияти натижасида вужудга келадиган ва иншоотлар элементларига салбий таъсир қиладиган динамик кучланишлар, тебраниш, кавитация жараёнлари билан боғлиқ илмий-техника муаммолари ҳамда юқори босимли гидротехника иншоотлари бьефларини туташтиришни ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ҳозирги кунда республикамизда сув хўжалиги ва энергетика соҳасининг гидротехника иншоотларида юқори босимли оқимларни қуйи бьеф билан туташтириш имконини яратувчи гидравлик ҳисоблашларнинг янги усулларини яратишга доир чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан "...Муҳандислик-коммуникация ва инфратузилмаларни ривожлантириш ҳамда модернизация қилиш бўйича мақсадли дастурларни амалга ошириш"¹ вазифаси белгилаб берилган. Ушбу вазифалардан келиб чиқиб юқори босимли оқимларни қуйи бьеф билан туташтиришни ҳисоблашнинг илмий ва амалий аҳамиятга эга бўлган назарий асослари ва усулларини ишлаб чиқишга қаратилган илмий тадқиқот ишларини олиб бориш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 25-сентябрдаги ПҚ-3286-сонли "Сув объектларини муҳофаза қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлар тўғрисида"ги, 2019 йил 9 октябрдаги ПҚ-4486-сон "Сув ресурсларини

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

бошқариш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти маълум даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг Республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот Республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг V. “Қишлоқ хўжалиги, биотехнология, экология ва атроф муҳит муҳофазаси” устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Адабиётлар таҳлиliga кўра, бьефларни туташтириш билан боғлиқ илмий техник-муаммолар билан Д.Баско, Дж.Адамс, С.К.Гомаста, К.Г.Ранга-Райю, Р.Нарайанан, Н.П.Розанов, Н.Н.Пашков, Г.А.Юдицкий, Н.Н.Беляшевский, А.Н.Рахманов, Т.П.Проворов, Н.Т.Кавешников, Н.Н.Розанова, Н.А.Чигер, М.Р.Бакиев, А.А.Янгиев каби соҳа олимларининг ишларида яхши ўрганилган. Жумладан, уюрмали (вихревых) шахтали ҳамда диффузор, конфузорли сув ташлаш трактларининг конструкциялари ва гидравлик ҳисоблари такомиллаштирилган.

Буралган (закрученный) ва илгариланма оқимларнинг динамикасининг ҳамда юқори босимли гидротехника иншоотларидаги оқимларни туташтириш муаммоларини ўрганиш бўйича етарлича ишлар амалга оширилган, олинган маълум бир қонуниятлар мураккаб амалий масалаларни қисман ечишга имконият яратган. Юқори босимли сув ўтказиш трактларидаги мураккаб гидродинамик жараёнлар юз беради. Ушбу жараёнларни характерловчи қонуниятлар С.М.Слиский, Б.А.Животовский, А.Л.Зуйков, Н.В.Ханов, ишларида яхши ўрганилган. Уларни ишларида юқори босимли оқимларни туташтириш шакллари ва турларини гидравлик ҳисоблари такомиллаштирилиб, босимли оқимларни туташтириш шартлари ишлаб чиқилган. Аммо олинган натижалар лаборатория шароитларида махсус тажрибалар орқали тасдиқланишини талаб этади.

Бугунги кунда юқоридагиларни эътиборга олган ҳолда сувнинг кинетик энергиясини сўндирувчи турли иншоотларга эга юқори босимли қувурсимон сув ўтказгичдаги гидродинамик жараёнларни тадқиқ қилиш, сувнинг кинетик энергиясини сўндирувчи (завихритель, диффузор, конфузорлар) иншоотларнинг параметрини такомиллаштириш бўйича тадқиқотлар ўтказиш талаб этилади.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Ирригация ва сув муаммолари илмий тадқиқот институтининг илмий-тадқиқотлари режасининг ҚХ-А-ҚХ-2018-291 “Юқори босимли туғонлардаги туташувчи оқимлар конструкциясини такомиллаштириш ва ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқиш” амалий лойиҳа доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади. Гидротехника иншоотларининг юқори босимли қувурларидаги илгариланма ва уюрмали ҳаракатдаги сув оқимини барқарор ҳолатини шакллантиришнинг гидравлик усулларини такомиллаштиришдан иборат.

Тадқиқот вазифалари:

юқори босимли қувурлардаги циркуляцияли ва илгариланма оқимлар механикаси, оқим моделининг эволюцияси ва уларни гидравлик ҳисобларига оид тадқиқотларни ретроспектив таҳлили;

юқори босимли қувурсимон сув ташлаш иншоотининг узунлиги бўйича циркуляция ва илгариланма ҳаракатдаги оқимлар структурасининг трансформацияси қонуниятларини экспериментал тадқиқ қилиш;

юқори босимли қувурларда турли гидравлик қаршиликларда (завихритель, диффузор, конфузор) вужудга келадиган бурамали (закрученный) сув оқимининг гидравлик моделларини ишлаб чиқиш;

юқори босимли қувурсимон сув ўтказгичлардаги сув оқимининг кинетик энергиясини сўндирувчи турли оптимал параметрларини аниқлаш;

юқори босимли гидротехника иншоотларининг сув ўтказиш трактларидаги гидродинамик босим динамикасини ифодаловчи гидравлик моделни ишлаб чиқиш.

Тадқиқот объектлари сифатида лойиҳалаштирилаётган ёки фойдаланилаётган гидротехника иншоотларининг юқори босимли қувурсимон сув ташлагичлари олинган.

Тадқиқот предмети гидротехника иншоотларининг юқори босимли трактларида бўй берадиган гидравлик жараёнлар, кавитация, бурама оқимлар, босимлар ташкил қилади.

Тадқиқот усуллари. Тадқиқот жараёнида назарий ва экспериментал тадқиқотларни амалга ошириш бўйича гидравликада умумий қабул қилинган усуллар, гидромеханика қонунлари асосида гидравлик моделлар тузиш ва уларни сонли ҳисоблаш усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

сўндирувчиларга эга юқори босимли қувурсимон сув ташлагич ҳамда қуйи бўёфни туташтириш шартлари оқимнинг кинетик энергиясини инобатга олиб асосланган;

уюрмалли оқимни илгариланма ҳаракатга ўтиш участкаси узунлигини аниқлашнинг гидравлик ифодаси оқимнинг кинетик энергиясини инобатга олиб асосланган;

юқори босимли қувурсимон сув ташлагичдаги диффузорнинг оптимал параметрлари сувнинг кинетик энергиясини сўндиришни инобатга олиб асосланган;

юқори босимли қувурсимон сув ташлаш иншоотларида гидродинамик босимнинг ўзгаришини ифодаловчи гидравлик модель оқимнинг кинетик энергиясини инобатга олиб такомиллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

Профиль назарияси асосида сув омборлари туғонларининг сув ташлаш ва ўтказувчи трактларида сувнинг кинетик энергиясини сўндирувчи иншоотларнинг (тангенциал завихритель) параметрлари такомиллаштирилди;

сув омбор туғонларидаги сув ташлаш ва ўтказувчи иншоотларда сувнинг кинетик энергиясини сўндирувчи диффузорнинг кенгайиш бурчакларининг параметрлари аниқланди;

уюрумли (вихревую) оқимни шакллантирувчи профиль учун оқим тезлиги, гидродинамик босим ўзгаришини ифодаловчи гидравлик ифода ҳамда сув ўтказувчи иншоотда оқимнинг уюрмали ҳаракатида диффузор ҳамда конфузорда гидродинамик босимни пасайишини ифодаловчи коэффициент учун олинган гидравлик боғлиқлик йирик гидротехника иншоотларининг сув ўтказувчи трактларини лойиҳалаш ишларида қўлланилмоқда.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги назарий ечимларни ишлаб чиқишида умум қабул қилинган гидромеханика қонунлари ва математик усулларга асосланган, олинган назарий натижаларни амалга оширилган экспериментал ва амалда ўтказилган тадқиқот натижалари билан таққослаб текширилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти диффузорнинг кенгайиш ва конфузорнинг тарайиш бурчакларининг мақбул қийматларини ҳисоблашнинг гидравлик моделлари ва усулларини ишлаб чиқилганлиги билан ҳамда оқимни энергиясини турли сўндирувчиларига эга сув ўтказувчи трактдаги уюрмали оқимнинг гидродинамик босими ва тезлигини ўзгаришини ҳисоблашнинг гидравлик усуллари такомиллаштирилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти асосида сув омборлари тўғонларининг сув ташлаш ва ўтказувчи трактларида оқимнинг кинетик энергиясини сўндрувчи иншоотдаги тангенциал уярма параметрларини аниқлаш усуллари гидроиншоот хавфсизлигини белгиловчи мезонлар сифатида қабул қилинганлиги билан ҳамда диффузорнинг ички девори нишаблигининг 10^0 бурчак остида оқим кинетик энергиясини сўнишини характерловчи корреляция боғлиқлик ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Юқори напорли гидротехника иншоотларда сув оқими параметрларини аниқлашнинг гидравлик усулларини такомиллаштириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

сўндирувчиларга эга юқори босимли қувурсимон сув ташлагич ҳамда қуйи бьефни туташтириш шартлари Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Аму-Қашқадаё Ирригация тизимлари ҳавза бошқармаси фаолиятида жорий этилган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2019 йил 27 декабрь 02/25-49-50-сон маълумотномаси). Натижада сув омбори иншоотларидан фойдаланиш ишончлилиги ва хавфсизлигини таъминлаш имконияти яратилган;

юқори босимли қувурсимон сув ташлаш иншоотларда уюрмали оқимни илгариланма ҳаракатга ўтиш участкаси узунлигини аниқлашнинг гидравлик ифодаси Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Қашқадарё вилояти сув омборларидан фойдаланиш бошқармаси фаолиятида жорий этилган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2019 йил 27 декабрь 02/25-49-50-сон маълумотномаси). Натижада, йирик гидротехник иншоотларнинг сув ўтказувчи трактларидан самарали фойдаланиш имконини берган;

юқори босимли қувурсимон сув ташлагичдаги диффузорнинг оптимал параметрлари Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Аму-Қашқадаё ИТХ бошқармаси фаолиятида жорий этилган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2019 йил 27 декабрь 02/25-49-50-сон маълумотномаси). Натижада сув омборларида

юқори босимли ва катта тезликдаги оқимда вужудга келадиган кавитация ва вибрация жараёнларининг салбий таъсирларини камайтириш имконияти яратилган;

юқори босимли қувурсимон сув ташлаш иншоотларида гидродинамик босимнинг ўзгаришини ифодаловчи такомиллаштирилган гидравлик модель Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Қашқадарё вилояти сув омборларидан фойдаланиш бошқармаси фаолиятида жорий этилган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2019 йил 27 декабрь 02/25-49-50-сон маълумотномаси). Натижада сув омборлари иншоотларидан фойдаланиш ишончилиги ва хавфсизлигини таъминлаш ҳамда гидротехника иншоотларининг капитал таъмирлаш ишларига сарфланадиган ҳаражатларни 5% гача қисқартириш имкони яратилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари халқаро, республика миқёсидаги анжуманларда ва институт илмий кенгашида муҳокама қилинган ва маъқулланган, шу жумладан 1 та халқаро ва 4 та Республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича 11 та илмий ишлар чоп этилган. Шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 8 та мақола, жумладан 6 таси Республика ва 2 таси хорижий журналларда нашр этилган. Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк агентлигининг илмий ишга тегишли 1 та муаллифлик гувоҳномаси олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация иши кириш, учта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 104 бетни ташкил қилади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида Ўзбекистонда ва жаҳонда ўтказилган илмий тадқиқотлар асосида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, мақсади ва вазифалари, тадқиқот объекти ва предмети ифодаланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикасида фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалар баён этилган, олинган натижаларнинг ишончилиги асосланган, илмий ва амалий аҳамияти ёритилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий этилиши, ишнинг апробацияси, чоп этилган натижалар ва диссертация тузилиши ва ҳажми бўйича маълумотлар берилган.

Диссертациянинг **“Юқори босимли сув ташлаш иншоотларида вужудга келадиган кавитация жараёнлари, оқимнинг циркуляция ва илгариланма ҳаракати гидродинамикасининг ретроспектив таҳлили”** деб номланган биринчи бобида мавжуд тадқиқотлар таҳлили келтирилган. Новикова И.С., Семенов В.М., Проворова Т.П., Жаров Н.И., Симпсон, Chanson H., Iwao Ohtsu, Yonichi Yasuda ишларида юқори босимли сув ташлаш иншоотларининг трактларида босим пульсацияси кўринишидаги гидродинамик кучланишлар

ҳамда кавитация жараёнлари ўрганилган. Сув ўтказиш трактларида гидродинамик кўчланиш таъсирини камайтириш мақсадида сурувчи қувурларда маҳаллий гидравлик қаршилиқларни шакллантирувчи қурилмаларидан кенг фойдаланилади. Юқори босимли гидротехника иншоотларининг сув чиқариш қисмларини турли хилма хиллиги ва конфигурацияларининг фарқланиши натижасида, маълум турдаги сув ташлаш иншоотлари учун олинган сарф коэффициентларини қўллаш катта хатоликларга олиб келади.

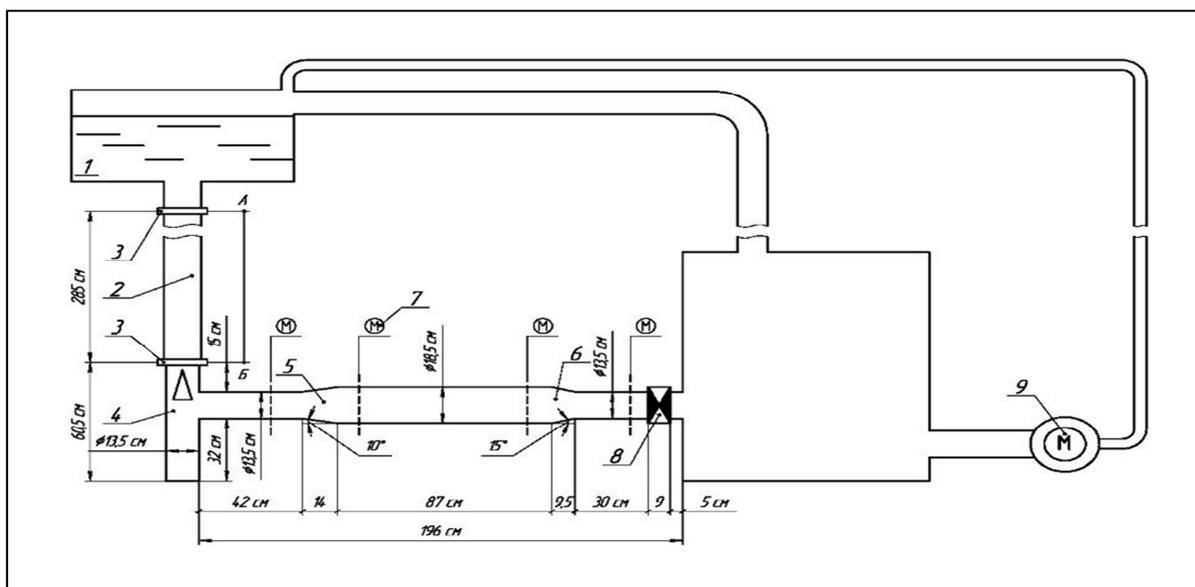
Гидравлик сакрашнинг шаклларида бирида оқимнинг ортиқча энергиясини сўндиришда, оқимнинг транзит қисмининг вертикал текислигида нисбатан жойлашиши бўйича икки турдаги режим вужудга келиши мумкин: транзит оқимча оқим юзасига ёки яқинига жойлашгандаги юза бўйлаб сакраш; транзит оқимчани оқим тубида барқарор жойлашгандаги туб бўйлаб сакраш.

Девятов Б.Н., Демиденко Н.Д., Дульнев В.Б., Щедрин А.С., Коржов В.И. ва бошқ., муаллифлар сув чиқарувчи қувурнинг чиқишидаги буралган оқимни улоқтириш орқали қуйи бьеф билан туташтиришни ўрганишган. Қолдиқ бурамага эга оқимни улоқтириш схемасида уюрмали сув ташлагичдан оқим ҳавода кенгайиб, солиштирма сув сарфи камайиб қуйи бьефга динамик таъмир камаяди.

Юқори босимли сув ўтказиш трактларидаги мураккаб гидродинамик жараёнлар юз беради. Ушбу жараёнларни характерловчи маълум бир қонуниятлар С.М.Слисский, Б.А.Животовский, А.Л.Зуйков, Н.В.Ханов, М.Р.Бакиев, А.А.Янгиев ишларида яхши ўрганилган. Аммо олинган натижалар лаборатория ускуналарида махсус тажрибалар орқали тасдиқланишини талаб этади.

Диссертацияда келтирилган ишлар таҳлили шуни кўрсатдики, сувнинг кинетик энергиясини сўндирувчи турли иншоотларга эга юқори босимли қувурсимон сув ўтказгичдаги гидродинамик жараёнларни тадқиқ қилиш, сувнинг кинетик энергиясини сўндирувчи (завихритель, диффузор, конфузорлар) иншоотлар параметрини такомиллаштириш масалалари етарлича ўрганилмаган.

Диссертациянинг **“Кавитация жараёнлари вужудга келадиган қувурсимон сув ташлагичларнинг гидравлик шартларини экспериментал тадқиқ қилиш”** деб номланган иккинчи боби гидравлика соҳасидаги энг асосий илмий муаммолардан бири сув ташлаш иншоотларидан сув сарфини чиқариш, оқимнинг ортиқча кинетик энергиясини сўндириш ҳисобланади. Ушбу жараёнларни лаборатория ускунасида тадқиқ қилинди. Экспериментал тадқиқотлар доирасида оқимнинг кинетик энергиясини сўндирувчи турли қурилмаларга эга қувурсимон сув ташлаш иншоотидаги юқори босимга ва тезликка эга оқимнинг асосий гидравлик характеристикалари ҳамда вужудга келадиган кавитация жараёнлари тадқиқ қилинди. Экспериментал тадқиқотларини амалга ошириш натижасида қувурсимон сув ташлаш иншоотининг лаборатория ускунасида оқим тезлиги, гидродинамик босим ва Эйлер мезонлари аниқланди. (1- расм)



1 – расм. Гидравлик қурилма схемаси

1-босимли сув идиши, 2-органик шишадан ясалган цилиндрик қувур (Plexiglas), 3-фланец, 4-металл қувур $d=135\text{ мм}$, 5- 10° бурчакли диффузор, 6- 15° бурчакли конфузор, 7-назорат ойнаси ўрнатилган металл қувур $d=185\text{ мм}$, 8-оқимни ростлаш винти (задвижка). 9-насос агрегати, электромотор маркаси: 1КМ50-32-125

Гидравлик ускуна цилиндрик шаклга эга, унинг узунлиги 1,96 м, диаметри 135 ва 185мм ни ташкил этади. (АБ) участкаси тиниқ органик ойнадан (Plexiglas) қилинган, у қуйидагилардан иборат (1-расм):

- босимли сув идишига сув узатувчи задвижкали қувур ва сувни ташлаш учун олиб чиқиб кетувчи қувур;

- тажрибаларни ўтказиш давомида қувурдаги керакли босимни ушлаб туришни ва тажрибалардан сўнг сувни ташлашни таъминлайдиган тинчлантирувчи камераси ҳамда сув идиши;

- ташлама идиш.

Модель 10 мм органик ойнадан ишланган цилиндрик қувур ҳамда 135 мм диаметрли металл қувурдан иборат. 10° бурчакли диффузор, унинг диаметри 185 мм, конфузorning диаметри 135 мм. Оқим босимини аниқлаш учун (ҳисоблаш створларида) ўтиш жойларида манометрлар ўрнатилган (2 ва 3-расмлар).

Қувурсимон сув ташлаш иншоотининг бош қисми, қувурлар (шиша ва металл), якуний қисми ва задвижкадан иборат. Сув қувурга сув босимли идишининг юза қисмидаги тешиги орқали киради. Сув босимли идишга 1КМ50-32-125 насоси ёрдамида етказиб берилади. Сув оқимининг буралишини визуал кузатишни таъминлаш учун ўтиш жойларига органик шишалардан ясалган ойналар ўрнатилади.

Гидродинамик жараёнларни (оқимининг буралиши, гидродинамик босимни ўзгариши) аниқлаш учун 5 мартта кетма-кет тажрибалар серияси ўтказилди.

Тўртта манометрлар ёрдамида гидродинамик босимнинг ўзгариши кузатилди. Қувурсимон сув ташлаш иншоотининг моделининг ўтиш жойларида

органик шишадан ясалган цилиндрик қувурда паст босимли соҳаларда пуфакчаларни пайдо бўлиш жараёнини визуал кузатиш имкониятини яратди.



2–расм. Қувурсимон сув ташлаш иншоотининг лаборатория ускунаси



3–расм. Манометр ТМ-320Р

Қувурсимон сув ташлаш иншооти моделида оқим тезлиги ултратовушли сарф ўлчагич билан ўлчанди.

Физик моделда задвижкани тўлиқ очилиши $Q_m = 0,05866 \text{ м}^3/\text{с}$ сув сарфини ўтказишга эришилди. Ҳисобий створ сифатида 4 манометрдаги гидродинамик босимни ўзгариши кўриб чиқилган. (1-расм). Қувурсимон сув ташлаш иншоотидаги затворни тўлиқ очилиш ҳолатида гидравлик хисоблашларни амалга оширилган.

Кавитация сувда абсолют босим $P_{абс}$ қийматини пар ҳосил бўлиш босимига $P_{кр}$ қадар пасайиши натижасида вужудга келади, натижада сувдаги эриган газлар ажралиб чиқа бошлайди ва сувда ҳаво пуфакчалари пайдо бўлади. Қувурсимон сув ташлаш иншоотидаги оқимнинг пар ҳосил бўлиш босими соҳаларида пуфакчалар бирлашади ва ёрилади.

Кавитация ҳодисасини олдини олиш бўйича, кўйидаги шартлар бажарилиши шарт:

1. Оқимнинг ихтиёрий нуқтасидаги абсолют босим қиймати пар ҳосил бўлишининг критик босим қийматидан катта бўлиши шарт бўлиб, сувнинг туйинган газ босимига (фақат сувнинг температурасига боғлиқ) тенг деб қабул қилинади:

1. $P_{абс(м)} > P_{кр} = P_t$, Па (P_t – сув температурасига боғлиқ);
2. $P_{орт} < (P_{атм} - P_{кр}) = P_{атм} - P_t$, Па.
3. Кавитация параметри $K \geq K_{кр} = 1$

Ушбу 3 та шартнинг бирортаси бажарилмаса, кавитация жараёни юз беради. Кавитация жараёнини юз бериши эҳтимоллигини баҳолаш умум қабул қилинган услуб бўйича, яъни кўриляётган элементлар яқинидаги $K_{кр}$ критик катталиклар билан кавитация коэффицентининг ҳақиқий қийматлари билан таққослаш орқали амалга оширилди. Бунда кавитация ҳодисасининг рўй бериш $K < K_{кр}$ тенгсизлик билан ифодаланади.

Лаборатория ускунасидаги затворнинг тўлиқ очилганлиги шароитида максимал ҳисобий $Q_M = 0,05866 \text{ м}^3/\text{с}$ сув сарфида физик моделнинг ўтиш участкаларида кавитацияни шаклланиши ва ривожланиши ҳолатлари тадқиқ қилинди. Гидравлик ҳисобларни тўртта қирқимда бажарилган (4 манометр ўрнатилган створга тўғри келади). Қуйидагиларни эътиборга олиб:

$$P_{abc} = P_{atm} + \rho gh, \quad P_{opt} = \rho gh$$

$P_{opt} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} 9,81 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} 6,0 \text{ м} = 58800 \text{ Па}$ 4 та манометрдаги кўрсаткичга кўра ҳисоблаш амалга оширилди;

$$P_{abc} = 101325 + 58800 = 160125 \text{ Па};$$

$$P_{кр} = P_{t=15^\circ\text{C}} = 1710 \text{ Па};$$

$P_{abc} = 160125 \text{ Па} > P_{кр} = 1710 \text{ Па}$ кавитация рўй бермаслигининг биринчи шarti бажарилди.

Иккинчи шартни бажарилишини текширамиз:

$P_{opt} = 58800 \text{ Па} < (P_{atm} - P_{кр}) = 99615 \text{ Па}$ – кавитация рўй бермаслигининг иккинчи шarti бажарилди.

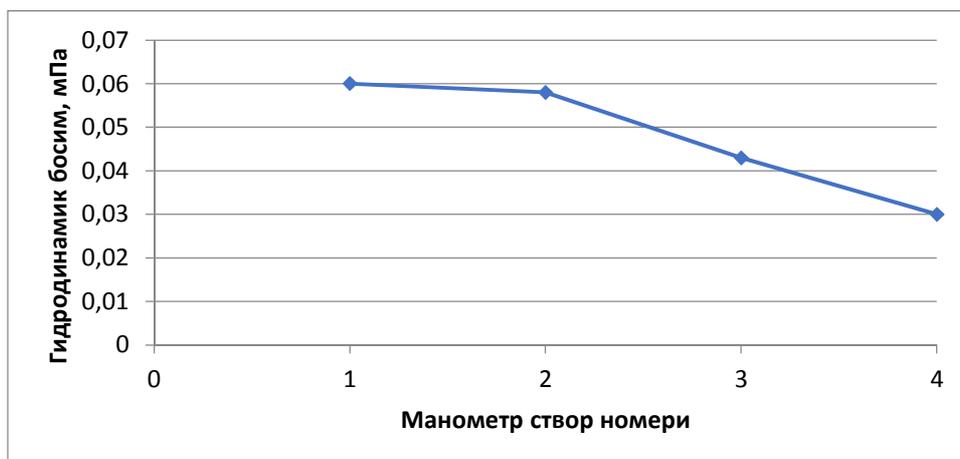
Кавитация параметри:

$$K = \frac{2(P_{opt} - P_{кр})}{\rho v_{хар}^2}$$

бу ерда: $v_{хар}^2 = 3,95 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ – сув ташлаш иншоотининг физик моделида ультратовуш асбоби билан ўлчанган тезлик квадрати, у ҳолда

$$\alpha = 7,3 > K_{кр} = 1.$$

Гидравлик ҳисоблашлар натижасида кавитация пайдо бўлмаслигининг барча шартлари бажарилди. Ҳисоблаш створида сувнинг абсолют босими қийматининг критик қийматдан пасайиши ҳамда бошқа ўтиш участкаларида (завихритель, диффузор, конфузор) маҳаллий гидравлик қаршиликлар вужудга келиши кўзатилди (4-расм.)



4-расм. Қувурсимон сув ташлаш иншооти ўқи бўйлаб гидродинамик босимни ўзгариши графиги

Оқимнинг 3 м/с дан катта тезликларида сув чиқарувчи иншоотнинг нормал ишлаши учун (лойихалар даврида кавитация таъсирини) кавитация ҳисоби бўйича муҳим чоралар кўриш зарур, яъни жисмнинг юқори тезликга эга оқим томонидан кавитацион емирилиш жадаллиги, оқим тезлигининг 5-7 даражасига пропорционал равишда боғлиқ бўлади.

Хулосада қуйидагини таъкидлаш мумкин, қувурсимон сув ташлагич трактида кавитацияни вужудга келиш эҳтимоллиги нафақат бажарилган ишлар камчилигига балки лойиҳа қарорларини қабул қилиш масалаларига сезиларли боғлиқ. Тадқиқотлар ва тажрибалар ўтказиш масалани ечишнинг таклиф қилинаётган усулларига аниқлик киритиш имконини беради.

Албатта, кичик масштабдаги физик моделда кавитация ва аэрация жараёнларини моделлаштириш мушкул иш. Бироқ ушбу физик моделда ўрганилаётган жараённинг асосий хусусиятлари тўғрисида муҳим билимлар олиш имкониятига эга бўлдиқ. Шу сабабли ушбу жараённи гидравлик моделлаштириш талаб этилади. Диссертация ишининг 3-бобида ушбу масалалар ўрганилган.

Диссертациянинг **“Юқори босимли оқимларни туташтирувчи қувурсимон сув ташлаш иншоотларидаги оқимнинг гидродинамик параметрлари”** деб номланган учинчи бобида назарий тадқиқотлар натижалар ва уларни эксперимент натижалари билан таққослаш ишлари ёритилган. Юқори б'ефдан ташланаётган оқимнинг қуйи б'еф билан ўзаро таъсири гидротехника иншоотининг сув ўзатиш трактидаги гидродинамик босимнинг маҳаллий ва умумий қайта шаклланишига олиб келади. Оқимнинг кинетик энергиясини турли сўндиргичлари мавжуд бўлган ўтиш участкаларида гидродинамик босимни ўзгариш динамикасини тадқиқ қилдиқ. Оқимнинг ортиқча кинетик энергиясини сўндиргичларнинг оптимал параметрлар профилъ назарияси асосида ишлаб чиқилиши мумкин. Тадқиқот иши доирасидаги назарий ва эксперимент усуллар негизида уюрмали назария ва туташ муҳитлар механикасининг асослари ўрин олган.

Лаборатория тадқиқотларидан олинган натижалар ҳамда сонли экспериментларга кура қуйидаги гидравлик параметрлар топилди: соат стрелкаси бўйлаб йўналган циркуляция тезлиги қиймати $C = 0,42 \frac{M^2}{c}$, индуктив қаршилик кучи қиймати $R_1 = 9,73 \cdot 10^4 H$ ва инерция кучи $R_{ин} = 2,43 \cdot 10^5 H$.

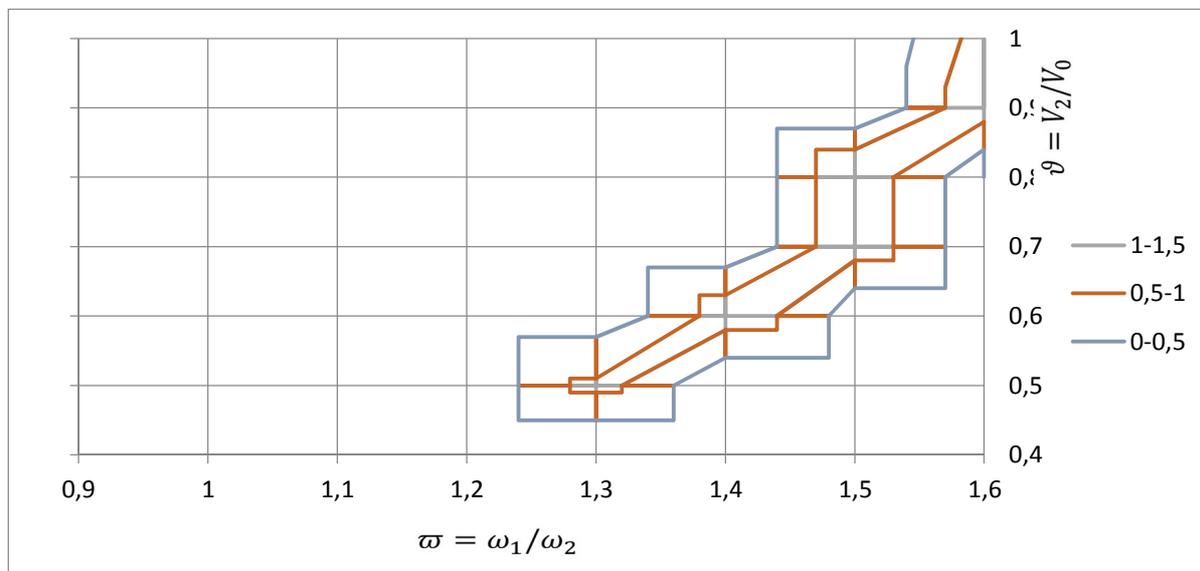
Импульс ва энергиянинг сақланиш тенгламалари асосида қувурсимон сув ўтказувчи трактнинг диффузор ва конфузорларида оқимнинг тирик қирқимини ўзгаришига ҳамда таъсир бурчагига (угол атаки) боғлиқ равишда оқим тезлигини ўзгаришини ифодаловчи қуйидаги тенглама олинди:

$$\frac{\bar{v}^2}{2} \left(1 - \frac{1}{\omega^2}\right) - \varpi_0 \left(1 - \frac{1}{\varpi}\right) + (\varpi_0 - \bar{g})^2 (\varpi - 1) \frac{\varpi_0 - \varpi - 1}{(\varpi_0 - \varpi)(\varpi_0 - 1)\varpi} = \alpha_\omega(z) v^2 \quad (1)$$

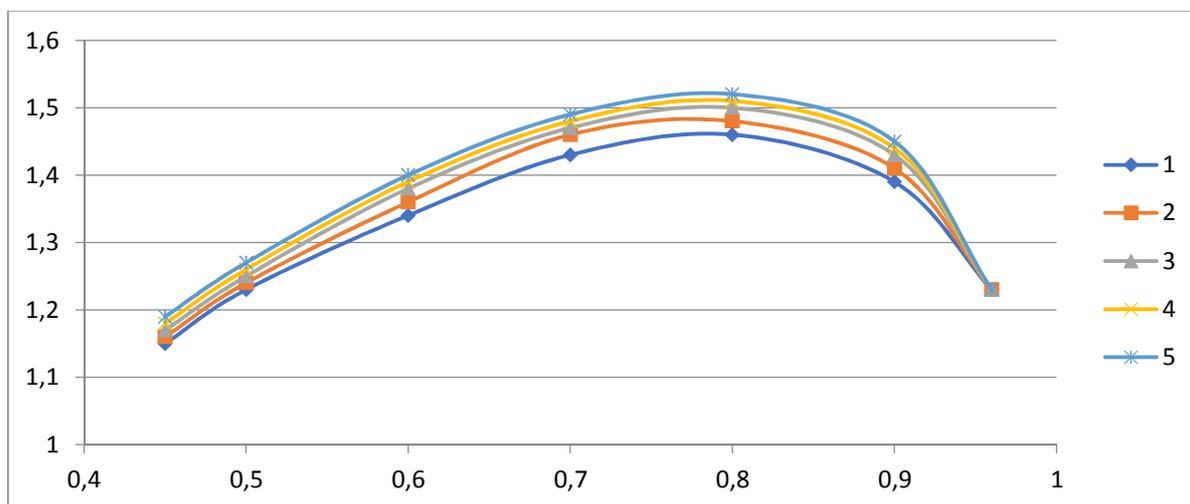
бу ерда: $\alpha_\omega(z)$ —оқимнинг диффузорнинг ички сиртига таъсир бурчаги (угол атаки), V —диффузорга келувчи оқимнинг тезлиги, ω —буралган оқимнинг бурчак тезлиги, z —минимал профилъ маркази координатаси,

α_0 —диффузорнинг кичик қирқими бурчаги, ёки X ва айланиш ўқлари орасидаги бурчак. $\varpi = \frac{\omega_1}{\omega_2}$, $\varpi_0 = \frac{\omega_0}{\omega_2}$, $\bar{\vartheta} = \frac{V_2}{V_0}$, ўлчовсиз параметрлар.

5а-расм ва 5б-расмда $\varpi_0 = 6, \dots, 10$ қийматлари учун $\bar{\vartheta}(\varpi)$ боғлиқликлари кўрсатилган. Кўришиб турибдики, $\bar{\vartheta} \approx 1,5$ максимуми, яъни диффузорнинг чиқиш қирқимида тезликнинг $\bar{\vartheta} \approx 1,5$ баробар катта бўлиши $\varpi \approx 0,81$ қийматга туғри келади, бу эса диффузор диаметри бўйича 10 фоиз қисилишини англатади.



5а-расм. Оқимнинг тирик қирқими, таъсир бурчагига боғлиқ ҳолда тезлики ўзгариши ифодаловчи тенгламанинг ечими графиги



5б-расм. Оқимнинг тирик қирқими, таъсир бурчагига боғлиқ ҳолда тезлики ўзгариши ифодаловчи тенгламанинг ечими графиги

Уюрмали оқим кираётган диффузорнинг кириш қисмида ($\alpha_1 > 0$) босимнинг пасайиши иккита механизм орқали аниқланди: диффузор каналини кенгайтириши $\omega = 2\pi r_{yp} \Delta r$ натижасида оқим тезлигини камайтириши ҳамда диагональ каналида оқимнинг буралишининг “эркин уярма” $\zeta_u r = const$ ўзгариши

ҳаракати тенгламаси билан ифодаланади. Агарда $\frac{\partial p}{\partial r} = \frac{\rho}{r} \zeta_u^2$ радиал мувозанат тенгламасини эътиборга олсак, диффузорнинг ўрта радиусида босимни пасайиши коэффициентини ζ_p тўлиқ тезлик напори орқали қуйидагича ифодаланади:

$$\zeta_p = \frac{\Delta p}{\rho \zeta_u^2} = 1 - \left(\frac{\Delta \omega_1}{\Delta \omega_2} \right)^2 \cos^2 \alpha_1 - \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \sin^2 \alpha_1 \quad (2)$$

бу ерда: Δp - босим ортирмаси, ρ - сув зичлиги.

Назарий ва экспериментал тадқиқотлар натижасига кўра босим камайишини характерловчи коэффициентни ҳисоблашда $\alpha_1 \geq 40 \dots 45^\circ$ оқимнинг буралишидаги босимнинг радиал градиентида қувурнинг ички қисмида ушбу коэффициент эгри чизиқ бўйича тақсимланади. Диффузор каналининг мусбат қиялигида коэффициентларни қийматлари диффузорнинг кириш қирқимида, чиқиш қирқимига қадар камаяди, ушбу оқим буралишини камайиши сабабли рўй беради. Оқимнинг бошланғич $\alpha_1 \geq 40 \dots 45^\circ$ буралишидан $\alpha_1 \geq 20 \dots 30^\circ$ гача буралишида босимнинг пасайишини характерловчи коэффициентларнинг қийматларини тақсимланиши ўртасида деярли фарқ бўлмайди. Диффузорнинг ички деворининг $\psi_{\text{вн}} = 10^\circ$ бурчак остидаги қиялигида ўтказилган эксперимент натижалари асосида қуйидаги корреляция боғлиқлиги олинди:

$$\frac{\Delta \omega_2}{\Delta \omega_1} = 1,2 + \frac{0,2}{\cos^2 \alpha_1} \frac{l}{\Delta r_1} \quad (3)$$

Сув ташлаш иншоотининг диффузорли ўтиш соҳалари учун тадқиқ қилинган гидродинамик жараёнлар, диффузорлик хусусиятларини баҳолаш учун фазовий боғлиқсиз ўзгарувчилар сифатида оптимал геометрик параметрларни жорий қилиш имкониятини яратди.

Юқори босимли сув ўзатиш трактидаги гидродинамик жараёнларни моделлаштириш мақсадида қувурсимон сув ташлаш иншоотининг ўтиш участкалари учун сув сарфи баланс тенгламаси тузилди.

$$Q = Q_{\text{зав}} + Q_{\text{диф}} + Q_{\text{кон}} + Q_{\text{кис}} \quad (4)$$

бу ерда: Q – физик моделининг органик шиша қувуридаги сув сарфи; $Q_{\text{зав}}$ – завихритель камерасидаги сув сарфи; $Q_{\text{диф}}$ – диффузордаги сув сарфи; $Q_{\text{кон}}$ – конфузордаги сув сарфи; $Q_{\text{кис}}$ – қувурда сув хажмини қисилишидаги сув сарфи.

Турли маҳаллий гидравлик қаршилиқларга эга (завихритель, диффузор, конфузор) сув ўтказувчи трактдаги сув ҳаво аралашмаси оқими ҳаракатининг гидравлик ҳисоблашлари энергиянинг сақланиш тенгламаси ечимига асосланади:

$$\frac{Q_2}{Q_1} - 1 = \left[\left(\frac{p_1}{p_2} \right)^b - 1 \right] \quad (5)$$

бу ерда: Q_1, Q_2 - (I-I) ва (II-II) кирқимлардаги оқимнинг массали сарфи, p_1, p_2 - (1-1) ва (2-2) створлардаги гидродинамик босим, b - константа.

Q ва p гидродинамик параметрларнинг қийматларининг ҳисоблаш ишлари (I-I) ва (II-II) створлардаги маълум параметрлари асосида итерация йўли билан амалга оширилади. Агар оқим бир ёки икки фазали бўладиган бўлса бир қадамли итерация амалга оширилади. Бизнинг ҳолда икки фазали (сувҳаво) оқими кўрилатганлиги сабабли бир қадамли итерация амалга оширилди. Бунинг учун бошланғич қадам сифатида қуйидаги ифодадан фойдаландик:

$$p_0 = \frac{(p_1 + p_2)}{2} \quad (6)$$

Ундан кейин, қувурсимон сув ўзатиш трактининг ўтиш соҳларида гидродинамик босимнинг ўзгариши билан боғлиқ ҳолда сув сарфини аниқланади:

$$Q_{зав} = \frac{\mu_{зав} Q_0}{(a_1^b - 1)tg\alpha + 1} \quad (7)$$

бу ерда: Q_0 - сувҳаво аралашма оқимининг бошланғич сарфи, $\mu_{зав}$ - завихритель камерасидаги сув сарфи коэффициенти, $a_1 = \frac{p_{зав}}{p_0}$ - завихритель камерасида босимни ўзгаришини характерловчи эмпирик коэффициент, b - эмпирик константа.

$$Q_{диф} = \frac{\mu_{диф} Q_0}{l_1} \int_{l_1} (a_2^b - 1) dl_1 \quad (8)$$

бу ерда: $\mu_{диф}$ - диффузорнинг сарф коэффициенти, $a_2 = \frac{p_{диф}}{p_0}$ - диффузорда босимни ўзгаришини характерловчи эмпирик коэффициенти, l_1 - диффузор канали узунлиги.

$$Q_{кон} = \frac{\mu_{кон} Q_0}{l_2} \int_{l_2} (a_3^b - b + 1) dl_2 \quad (9)$$

бу ерда: $\mu_{кон}$ - конфузорнинг сарф коэффициенти, $a_3 = \frac{p_{кон}}{p_0}$ - конфузорда босимни ўзгаришини характерловчи эмпирик коэффициенти, l_2 - конфузор канали узунлиги.

$$Q_{кис} = Q_0 \beta_{кис} l \frac{dp}{dl} \quad (10)$$

бу ерда: $\beta_{кис} = -\frac{1}{W} \frac{dW}{dp}$ - сиқилиш коэффициенти, l - қувурсимон сув ташлаш трактининг узунлиги, $\frac{dp}{dl}$ - сув ташлаш тракти узунлиги буйлаб гидродинамик босимни ўзгариши.

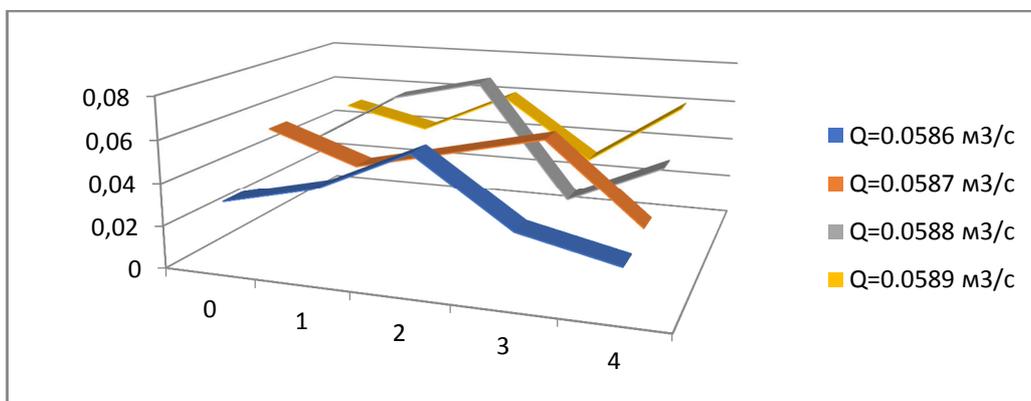
(7), (8), (9), (10) формулаларни (4) тенгламага қуйиб, қуйидаги тенглама олинди:

$$Q = \frac{\mu_{зав} Q_0}{(a_1^b - 1)tg\alpha + 1} + \frac{\mu_{диф} Q_0}{l_1} \int_{l_1} (a_2^b - 1) dl_1 + \frac{\mu_{кон} Q_0}{l_2} \int_{l_2} (a_3^b - b + 1) dl_2 + Q_0 \beta_{сж} l \frac{dp}{dl} \quad (11)$$

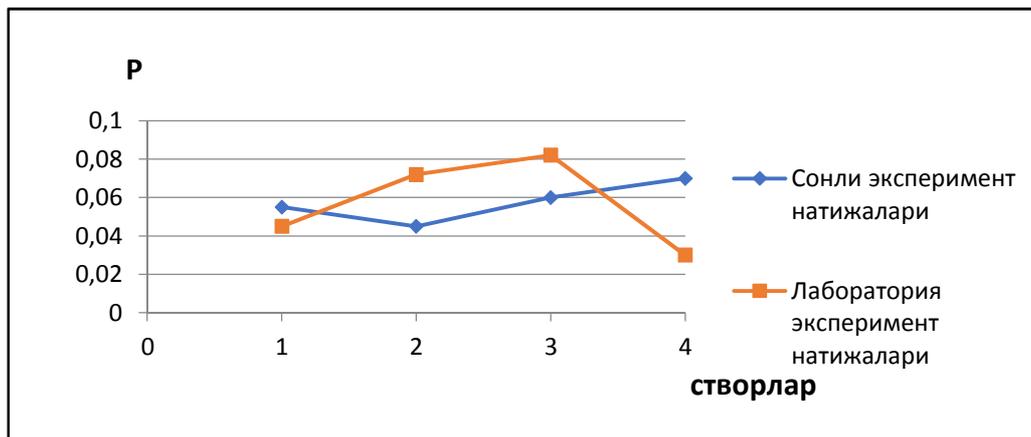
(10) тенгламадан гидродинамик босимни ўзгаришини ифодаловчи тенглама олинди:

$$p = \int_l \left[\frac{Q}{Q_0 \beta_{сж} l} - \frac{\mu_{зав}}{\beta_{сж} l (a_1^b - 1)tg\alpha + 1} - \frac{\mu_{диф}}{l^2 \beta_{сж}} \int_{l_1} (a_2^b - 1) dl - \frac{\mu_{кон} Q_0}{l^2 \beta_{сж}} \int_{l_2} (a_3^b - b + 1) dl_2 \right] dl \quad (12)$$

Натижада турли маҳаллий гидравлик қаршиликларга (завихритель, диффузор, конфузор) сув ўзатиш трактида гидродинамик босимни ўзгаришини ифодаловчи тенглама олинди. Ўтказилган экспериментлардан олинган параметрлар асосида (12) тенгламани сонли эксперименти амалга оширилди. Сонли ва лаборатория экспериментларининг таққослаш натижалари 6 ва 7-расмга график кўринишда келтирилган, хатолик 4 фоизни ташкил этади.



6-расм. Гидродинамик босим ўзгаришининг графиги



7-расм. Лаборатория ва сонли эксперимент натижаларини таққослаш графиги, хатолик 4% ташкил этади

ХУЛОСА

“Юқори напорли гидротехника иншоотларда сув оқими параметрларини аниқлашнинг гидравлик усулларини такомиллаштириш” мавзусидаги фалсафа (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Оқим энергиясини пасайтириш (сўндириш) ва иншоотларни маҳаллий ювилишини камайтириш учун турли хил қурилмалар ишлаб чиқилган ва тадқиқот қилинган. Шу билан бирга, конструкциянинг хусусиятларини ва иншоотларнинг ишлаш режимларини ҳисобга олган ҳолда, мавжуд энергия сўндиргичларнинг конструктив ечимларини такомиллаштириш орқали юқори босимга ва тезликка эга оқимларни қуйи бьеф билан туташтириш долзарб илмий техника муаммоси бўлиб қолмоқда. Амалдаги тадқиқотлар таҳлили, қолдиқ уюрмалари оқимчани ва уни қуйи бьеф билан туташтиришнинг ҳисоблаш усулини такомиллаштириш заруриятини вужудга келтирди. Яъни, ушбу оқимчани ҳисоблаш усули назарий жиҳатдан ишлаб чиқилиб тақлиф этилган. Олинадиган натижаларни текшириш учун махсус тажрибалар ўтказилиши кераклигини кўрсатди.

2. Гидравлик қаршилиқлар орқали оқимнинг кинетик энергиясини сўндириш самарали усуллардан ҳисобланиб, тадқиқот иши доирасида ўтказилган экспериментларга кўра, бу шаклдаги сўндиргич тизимларида оқимнинг ортиқча кинетик энергиясининг 96–98 фоизи сўндирилишига эришилиб, юқори босимли сув ташлаш гидротехника иншоотлари учун самарали натижаларни олиш имконитини беради.

3. Гидротехника иншоотининг оқимнинг кинетик энергиясини сўндиргич трактида оқим ҳаракатининг хусусияти циркуляция–илгариланма ҳаракати билан боғлиқ бўлади. Физик моделда ўтказилган лаборатория тадқиқотлари натижаларига кўра, қувурсимон сув ўтказиш трактида бир бирига боғлиқ бўлмаган ҳолда икки хил шаклдаги оқим ҳаракати вужудга келди: циркуляция–илгариланма ва контруюрмалари. Биринчи шакл– циркуляция–илгариланма квазипотенциал модель билан ифодаланади. Ушбу оқим, катта тезликка эга циркуляция–илгариланма оқим бўлиб, оқимда бушлиқларни пайдо бўлиши ва гидродинамик босим қийматларининг критик қийматидан паст бўлишига ҳамда кавитация жараёнларини шаклланиши билан ифодаланди. Оқимнинг кундаланг қирқими бўйича босимнинг тақсимланиши оқимнинг буралиш ўқи бўйлаб катта градиентига эга бўлди. Бундай шаклдаги оқим ҳаракатидаги кавитация пуфакларининг табиати ўқ бўйлаб ҳаракатдаги оқимда ҳосил бўладиган кавитация пуфаклари хусусиятларидан кескин фарқ қилди. Иккинчи шакл– ўтиш участкаларида (диффузор, конфузор) турли масштабдаги уярма тизимлари генерация бўлади, гидродинамик босим ва тезликларни пульсацияланиши билан боғлиқ ҳолда ностационар оқимларни шаклланишига сабаб бўлди. Исталган кундаланг қирқим бўйича тезлик ўртача қийматларининг тақсимланиши ишора ўзгарувчи эпюрага эга бўлиш имкониятини беради.

4. Физик моделда ўтказилган экспериментлар натижасига кўра, кавитация ҳосил бўлишининг ўзаро таъсир қатламларидаги циркуляция–илгариланма ва контруюрмалари оқимлар соҳасида оқим ўқиға нисбатан кўчиш тенденцияси ҳосил бўлиши аниқланди. Бундай ҳолда кавитация жараёни қаттиқ сиртдан оқим ўқиға нисбатан кўчиб, гидротехника иншоотларидаги кавитация эрозиясини камайишига олиб келади. Бундай характерга эга кавитация жараёнлари одатдаги ўқ бўйлаб вужудга келадиган кавитация жараёнларидан тубдан фарқ қилади.

5. Эксперимент натижаларини интерполяцияси, физик моделдаги максимал напордан 20 фоизга ортиқ напорларда кавитация жараёнларини узлуксиз ҳолатига ўтишини аниқлаш имкониятини яратди. Экспериментал тадқиқотлар натижасида напорларга боғлиқ равишда кавитация сонини аниқлаш имконияти яратилди.

6. Карманнинг уюрмали йўлакчасини хосил қилувчи профиль учун оқим тезлиги, кўтариш ва оқим ҳаракатига қаршилиқ қилувчи кучлар аниқланди. Гидравлик усуллар ёрдамида профилнинг геометрик хусусиятлари, профилнинг таъсир бурчаги (угол атаки) ва уюрмали оқимда вужудга келадиган тезликларни ҳисоблаш имкониятини беради.

7. Массани, импульсни, энергияни сақланиши ва ҳаракат миқдори қонунлари ҳамда экспериментал тадқиқотлар асосида диффузор параметрлари такомиллаштирилди. Сув зичлиги $\rho = 1000$ кг/м³, кирқим юзаси $S_2 = 0,15$ м, оқим тезлиги $V_0 = 3,3$ м/с бўлганда ҳамда $\omega z_1 \approx 0,99$ м/с ва $\alpha_\omega(z)$ таъсир бурчагида, диффузорнинг S_2 кирқимида оқимнинг кинетик энергияси 20 фоизга қадар камайиши билан боғлиқ диффузорнинг ишлаш режимининг оптимал қийматлари топилди.

8. Назарий ва экспериментал тадқиқотлар асосида уюрмали оқимни қуйи бьеф билан туташтириш шартлари аниқланди. Уюрмали ҳаракат илгариланма ҳаракатга ўтиши участкасининг узунлигини аниқлашнинг гидравлик ифодаси аниқланди. Гидравлик моделлаштириш ёрдамида турли сўндиргичларга эга қувурсимон сув ташлаш трактида гидродинамик босим динамикасини ифодаловчи тенглама олинди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.Т.10.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ИНСТИТУТЕ
ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО
ХОЗЯЙСТВА**

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ И
ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ**

ЖОВЛИЕВ УКТАМ ТЕМИРОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
УСТАНОВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВОДНОГО ПОТОКА В
ВЫСОКОНАПОРНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ**

05.09.07–Гидравлика и инженерная гидрология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам

Ташкент – 2020

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2020.3.PhD/T834.

Диссертация выполнена в Научно-исследовательском институте ирригации и водных проблем
Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу (www.tiame.uz) и Информационно-образовательном портале «Ziyonet» по адресу (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель: **Худайкулов Совет Ишанкулович**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Эшев Собир Саматович**
доктор технических наук, профессор

Гаппаров Фуркат Ахматович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: **Ташкентский архитектурно-строительный институт**

Защита диссертации состоится «__» _____ 2020 года в ____ часов на заседании научного совета DSc.03/30.12.2019.T.10.02 при Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства. (Адрес: 100000, г. Ташкент, улица Кары Ниязова 39. Тел: (99871) 237-22-09; факс: (99871) 237-54-79; 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, Ташкент, улица Кары Ниязова 39. Тел: (99871) 237-19-45).

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2020 года.
(реестр протокола рассылки № ____ от «__» _____ 2020 года).

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

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

Д.Р.Базаров
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению
учёных степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Одним из важнейших вопросов в мире в области водного хозяйства и гидроэнергетики является сопряжение бьефов гидротехнических сооружений высокого давления, исследование гидродинамических процессов в трубопроводах высокого давления с различными сооружениями, гасящими кинетическую энергию воды, совершенствование параметров сооружений гасящих кинетическую энергию воды. В этой связи, с целью соединения бьефов, а также гашения кинетической энергии воды в высоконапорных водопроводящих трактах эффективно используют следующие: завихритель, диффузор, конфузор и другие устройства и сооружения. В этом направлении многие развитые страны, такие как США, Канада, Индия, Китай, Нидерланды, Россия и Узбекистан уделяют особое внимание совершенствованию конструкций и гидравлическим расчетам вихревых шахтных, а также диффузорных, конфузорных водосбросных трактов.

В мире особое внимание уделяется целевым исследованиям при проектировании, строительстве и эксплуатации высоконапорных вихревых потоков. Наряду с этим, научно-технические проблемы, связанные с сопряжением бьефов высоконапорных гидротехнических сооружений, а также с динамическими напряжениями, вибрациями, кавитационными процессами отрицательно воздействующих на элементы конструкций сооружений и возникающие в результате деятельности различных устройств, сооружений (завихритель, конфузор, диффузор и др.) используемых в высоконапорных трактах гидротехнических сооружений являются одними из необходимых задач.

В настоящее время осуществляются мероприятия касающиеся созданию новых методов гидравлических расчетов создающих возможность сопряжения нижнего бьефа с высоконапорными потоками на гидротехнических сооружениях сферы водного хозяйства и энергетики Республики. В Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан на 2017-2021 годы определены задачи по «...реализации целевых программ развития и модернизации инженерных коммуникаций и инфраструктуры...»¹. Исходя из данных задач, одной из важных задач является проведение научно-исследовательских работ, направленных на разработку теоретических основ и методов, имеющих научное и практическое значение расчета сопряжения нижнего бьефа с высоконапорными потоками.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлении Президента Республики Узбекистан от 25 сентября 2017 года за № ПП-3286 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы охраны водных объектов», от 9 октября 2019 года за № ПП-4486 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы

¹Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года № ПФ-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

управления водными ресурсами», а также в других нормативно-правовых документах, касающиеся этой деятельности.

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данные исследования выполнены в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологии Республики V. «Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды».

Степень изученности проблемы. Согласно анализу литературных источников, научно-технические проблемы связанные с сопряжением бьефов хорошо изучены в работах учёных Д.Баско, Дж.Адамсоном, С.К.Гомаста, К.Г.Ранга-Райю, Р.Нарайанан, Н.П.Розановым, Н.Н.Пашковым, Г.А.Юдицким, Н.Н.Беляшевским, А.Н.Рахмановым, Т.П.Проворовым, Н.Т.Кавешниковым, Н.Н.Розановой, Н.А.Чигер, М.Р.Бакиевым, А.А.Янгиевым и другими.

В том числе усовершенствованы конструкции и гидравлические расчеты вихревых шахтных, а также диффузорных, конфузорных водосбросных трактов. Выполнено достаточно работ по изучению динамики закрученных и поступательных потоков, проблем сопряжения потоков в высоконапорных гидротехнических сооружениях, полученные определенные закономерности позволили частично решить сложные практические задачи.

В высоконапорных водопроводящих трактах происходят сложные гидродинамические процессы. Закономерности, характеризующие данные процессы хорошо изучены в работах С.М.Слискиого, Б.А.Животовского, А.Л.Зуйкова, Н.В.Ханова. В их работах усовершенствованы гидравлические расчеты форм и видов сопряжения высоконапорных потоков и разработаны условия сопряжения напорных потоков. Однако полученные результаты требуют подтверждения специальными экспериментами в лабораторных условиях.

Учитывая вышеизложенное, требуется изучить гидродинамические процессы в трубопроводах высокого давления с различными сооружениями, гасящими кинетическую энергию воды, провести исследования по совершенствованию параметров сооружений (завихритель, диффузор, конфузоры), гасящих кинетическую энергию воды.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими планами научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.

Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Научно-исследовательского института ирригации и водных проблем по теме КХ-А-КХ-2018-291 «Разработка методов расчета и совершенствование конструкций сопрягающих сооружений высоконапорных плотин».

Целью исследований является совершенствование гидравлических методов формирования установившегося состояния поступательного и вихревого движения потока воды в высоконапорных трубопроводах гидротехнических сооружений.

Задачи исследований:

ретроспективный анализ исследований механики циркуляционных и прямооточных потоков в высоконапорных трубопроводах, эволюции модели потока и их гидравлических расчетов;

экспериментальное исследование закономерностей трансформации структуры циркулирующего и поступательного потоков по длине высоконапорного трубчатого водосбросного сооружения;

разработка гидравлических моделей закрученного потока воды возникающего в высоконапорных трубопроводах с различным гидравлическим сопротивлением (завихритель, диффузор, конфузор);

определение различных оптимальных параметров гашения кинетической энергии потока воды в высоконапорных водопроводящих трубопроводах;

разработка гидравлической модели, отражающей динамику гидродинамического давления в высоконапорных водопроводящих гидротехнических сооружениях.

Объектами исследований являются проектируемые и эксплуатируемые высоконапорные трубчатые водосбросные гидротехнические сооружения.

Предметом исследований являются гидравлические процессы, происходящие в высоконапорных трактах гидротехнических сооружений, кавитация, закрученные потоки, скорость, давление.

Методы исследований. В процессе исследований использованы общепринятые в гидравлике методы по выполнению теоретических и экспериментальных исследований, методы разработки и численного расчета гидравлических моделей на основе законов гидромеханики.

Научная новизна исследований заключается в следующем:

основаны условия сопряжения нижнего бьефа, а также высоконапорного трубчатого водосброса с гасителем учитывая кинетическую энергию потока;

основано гидравлическое выражение определения длины переходного участка вихревого потока в поступательное движение с учетом кинетической энергии потока;

основаны оптимальные параметры диффузора высоконапорного трубчатого водосброса с учетом гашения кинетической энергии воды;

усовершенствована гидравлическая модель изменения гидродинамического давления высоконапорного трубчатого водосбросного сооружения с учетом кинетической энергии потока.

Практические результаты исследований заключаются в следующем:

на основе теории профиля, усовершенствованы параметры сооружений (тангенциальный завихритель), гасящих кинетическую энергию воды в водосбросных и проводящих трактах плотин водохранилищ;

определены параметры угла расширения диффузора для гашения кинетической энергии воды в водосбросных и проводящих сооружениях плотин водохранилищ;

полученное гидравлическое выражение, обозначающее изменение гидродинамического давления, скорости потока для формирования вихревого потока, а также гидравлическая зависимость для коэффициента, обозначающего

понижение гидродинамического давления в конфузоре и диффузоре при вихревом потоке в водопроводящем сооружении, применяется при проектировании водопроводящих трактов крупных гидротехнических сооружений.

Достоверность результатов исследований. Достоверность результатов исследований основана на общепринятых законах гидромеханики и доказанных математических способах разработки теоретических решений, сравнением теоретических результатов с результатами экспериментальных и практических исследований.

Научная и практическая значимость результатов исследований.

Научная значимость результатов исследований заключается в разработке гидравлических моделей и методе нахождения оптимального значения угла атаки диффузора и конфузора, а также совершенствованием гидравлических методов расчета изменения скорости и гидродинамического давления вихревого потока в водопроводящем тракте с различными гасителями энергии потока.

Практическая значимость результатов исследований заключается в разработке методов определения параметров тангенциального вихря в гасителях избыточной кинетической энергии водопроводящего тракта и принятых в качестве критериев безопасности высоконапорных гидротехнических сооружений, а также разработке корреляционной зависимости гашения кинетической энергии потока при характеристиках диффузора с углом наклона внутренней стенки 10^0 .

Внедрение результатов исследований.

На основе полученных научных результатов по совершенствованию гидравлических методов установления параметров водного потока в высоконапорных гидротехнических сооружениях:

условия сопряжения нижнего бьефа, а также высоконапорного трубчатого водосброса с гасителем внедрены в деятельность Аму-Кашкадарьинского бассейнового управления ирригационных систем при Министерстве водного хозяйства (Справка Министерства водного хозяйства № 02/25-4950 от 27 декабря 2019 года). В результате появилась возможность обеспечения надежной и безопасной эксплуатации сооружений водохранилища;

гидравлическое выражение определения длины переходного участка вихревого потока в поступательное движение в высоконапорном трубчатом водосбросном сооружении внедрено в деятельность управления эксплуатации водохранилищ Кашкадарьинской области при Министерстве водного хозяйства (Справка Министерства водного хозяйства № 02/25-4950 от 27 декабря 2019 года). В результате получена возможность эффективного использования водопроводящего тракта больших гидротехнических сооружений;

оптимальные параметры диффузора высоконапорного трубчатого водосброса внедрены в деятельность Аму-Кашкадарьинского бассейнового управления ирригационных систем при Министерстве водного хозяйства (Справка Министерства водного хозяйства № 02/25-4950 от 27 декабря 2019 года). В результате появилась возможность снижения отрицательного

воздействия кавитационных и вибрационных процессов возникающих в высоконапорных и высокоскоростных потоках водохранилищ;

усовершенствованная гидравлическая модель, обозначающая изменение гидродинамического давления высоконапорного трубчатого водосбросного сооружения внедрена в деятельность управления эксплуатации водохранилищ Кашкадарьинской области при Министерстве водного хозяйства (Справка Министерства водного хозяйства № 02/25-4950 от 27 декабря 2019 года). В результате появилась возможность обеспечения надежной и безопасной эксплуатации сооружений водохранилища, а также сокращения затрат на капитальные ремонтные работы гидротехнических сооружений до 5%.

Апробация результатов исследований. Результаты исследований обсуждены и одобрены на международных, республиканских и ВУЗовских конференциях, в том числе обсуждены на 1 международной и 4 республиканских научно-технических конференциях.

Опубликованность результатов исследований. По теме диссертации опубликованы 11 научных работ. Из них 8 научных статей, в том числе 6 в республиканских и 2 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторской диссертации доктора философии (PhD). Получено 1 авторское свидетельство Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 3 глав, заключения и выводов, списка использованной литературы и приложения. Работа изложена на 104 страницах компьютерного текста.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

В введении обосновывается актуальность и востребованность темы диссертации на основе исследований, проведенных в Узбекистане и мире, приведены цель и задачи, объект и предмет исследований, приводятся соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики Узбекистан, излагаются научная новизна и практические результаты исследований, обосновывается достоверность полученных результатов исследований, раскрыто практическое и научное значение, внедрение результатов исследований в практику, апробация работы, результаты опубликованных работ, представлены данные по структуре и объему диссертации.

В первой главе диссертации «**Ретроспективный анализ гидродинамики циркуляционных, поступательных течений и кавитационных процессов в высокоскоростных водосбросах**», представлен обзор выполненных работ. В работах Новикова И. С., Семенкова В. М., Проворова Т. П., Жарова Н. И., Симпсона., Chanson H., Iwao Ohtsu, Yonichi Yasuda освещены наиболее распространенные вопросы возникновения кавитационных проявлений и гидродинамических нагрузок в виде пульсации давления на элементы проточного тракта. С целью уменьшения воздействия гидродинамического

напряжения в водопроводящих трактах широко используются устройства образующие местное гидравлическое сопротивление. В результате разнообразия и различной конфигурации водосбросных частей высоконапорных гидротехнических сооружений применение коэффициентов расхода, полученных для некоторых типов водосбросных сооружений, приводит к большим ошибкам.

При гашении избыточной энергии потока одной из форм гидравлического прыжка возможны два вида режимов, различающихся относительным расположением в вертикальной плоскости транзитной части потока: поверхностный прыжок, когда транзитная струя располагается на поверхности потока или в непосредственной близости от нее; донный прыжок – при устойчивом нахождении транзитной струи у дна.

В работах Девятова Б.Н., Демиденко Н.Д., Дульнева В.Б., Щедрина А.С., Коржова В.И. и др., рассмотрено сопряжение закрученного потока на выходе из отводящего водовода с нижним бьефом путем отброса струи с остаточной закруткой. В схеме с отбросом струи остаточная закрутка потока при выпуске из вихревого водосброса способствует расширению струи в воздухе, уменьшению удельного расхода и динамических нагрузок на нижний бьеф.

Сложные гидродинамические процессы происходят в высоко напорных водопроводящих и водосбросных сооружениях. Некоторые закономерности, характеризующие эти процессы, хорошо изучены в работах С.М.Слисского, Б. А. Животовского, А. Л. Зуйкова, Н. В. Ханова, М. Р. Бакиева, А. А. Янгиева. Однако полученные результаты необходимо подтвердить специальными экспериментами на физических моделях.

Анализ работы, представленной в диссертации, показал, что изучение гидродинамических процессов в высоконапорных водопроводящих и водосбросных сооружениях с различными видами гасителей кинетической энергии потока, совершенствование параметров сооружений (завихритель, диффузор, конфузор) гасящих кинетическую энергию недостаточно изучены.

Вторая глава под названием «**Экспериментальные исследования гидравлических условий работы трубчатого водосброса на возможность появления кавитации**» посвящена одной из основных научных проблемам в сфере гидравлики расчету попуска расхода воды из водовыпускных сооружений, гашения избыточной кинетической энергии потока. Данные процессы были изучены при помощи лабораторной установки. В рамках экспериментальных исследований были изучены основные гидравлические характеристики высоконапорного и скоростного потока в трубчатом водосбросном сооружении, с различными установками, гасящие кинетическую энергию потока, а также возникающие кавитационные процессы. В результате проведения экспериментальных исследований в лабораторной установке трубчатого водосбросного сооружения определена скорость, гидродинамическое давление потока воды, а также критерии Эйлера (рис 1.).

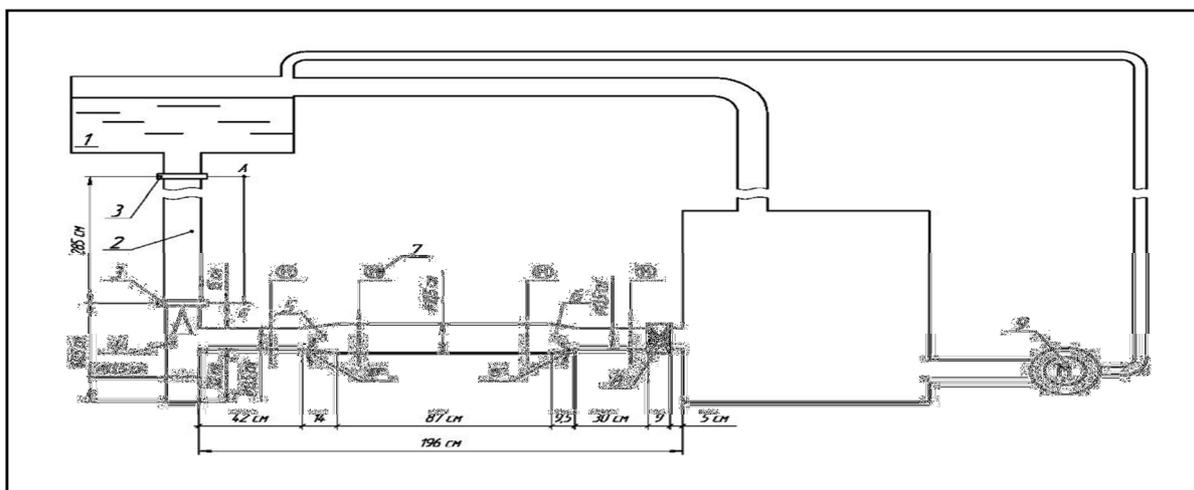


Рисунок 1. Схема гидравлического устройства

*1-водонапорный бак, 2-цилиндрическая труба, выполненная из органического стекла (Plexiglas), 3-фланец, 4-металлическая труба $d=135$ мм, 5-диффузор с 10° углом, 6- конфузор с 15° углом, 7-металлическая труба, установленная на контрольное стекло $d=185$ мм, 8-задвижка, 9-насосный агрегат, электродвигатель марки *IKM50-32-125**

Гидравлическая установка имела цилиндрическую форму, длина которой составляла 1960 мм, диаметры 135 мм и 185 мм. Участок (АВ) выполнен из прозрачного органического стекла (Plexiglas), он включает:

- трубопровод с задвижками для подачи воды в водонапорный бак и отводящую трубу для сброса воды;
- водонапорный бак с успокоительными камерами, обеспечивающий поддержание необходимого давления в трубопроводе при проведении опытов и сброса воды после проведения опытов;
- сбросной бак.

Модель выполнена из оргстекла и металлической трубы диаметром 135 мм. Диффузор с углом расширения 10° , диаметром диффузора 185 мм, конфузор с диаметром 135 мм. На переходных участках установлены манометры для определения давления потока (рис 2 и 3)



Рис 2. Устройства трубчатого водосброса



**Рис 3. Манометр
ТМ-320Р**

Трубчатый водосброс состоит из головной части, труб (стеклянной и металлической), концевого участка и задвижки. Поступление воды в трубы происходит через поверхностное отверстие водонапорного бака. На водонапорный бак вода подается с помощью насоса 1КМ50-32-125. На переходных участках установлены окошки из оргстекла для обеспечения визуального наблюдения за закрученным потоком воды. Для выявления гидродинамических процессов (закрутка потока, изменение гидродинамического давления) проводилось 5 серийных опытов. Изменение гидродинамического давления наблюдалось с помощью четырех манометров. Специальные окошки, сделанные из оргстекла на переходных участках водосброса позволили провести визуальное наблюдение за образованием пузырьков в местах пониженного давления. Скорость потока в водосбросе измерялась ультразвуковым расходомером

При полностью открытой задвижке на физической модели расход воды составил $Q_M = 0,05866 \text{ м}^3/\text{с}$. В качестве расчетного створа рассмотрено изменение гидродинамического давления на 4 манометре (рис. 1.). Гидравлические расчеты проведены при полном открытии затвора трубчатого водосбросного сооружения.

Кавитация появляется при понижении в воде абсолютного давления $P_{абс}$ до давления парообразования $P_{кр}$, в результате чего растворенные газы формируются в пузырьки, а в дальнейшем происходит схлопывание этих пузырьков при повышении абсолютного давления в воде $P_{абс}$ до величины, превышающей давление парообразования.

Отсутствие возможности образования кавитации, проверяется выполнением следующих условий:

Абсолютное давление в точке М должно быть больше критического давления парообразования, принимаемого равным давлению насыщенных паров чистой воды (которое зависит только от температуры воды), то есть давлению, соответствующему испарению жидкости при данной температуре.

1. $P_{абс(М)} > P_{кр} = P_t, \text{ Па}$ (P_t – зависит от температуры воды);
2. $P_{орт} < (P_{атм} - P_{кр}) = P_{атм} - P_t \text{ Па}$
3. Параметр кавитации $K \geq K_{кр} = 1$.

При невыполнении хотя бы одного из трех условий возможно появление кавитации на изучаемом объекте. Оценка возможности возникновения кавитации проведена общепринятым методом сопоставления фактических значений коэффициентов кавитации вблизи рассматриваемых элементов с их критическими величинами $K_{кр}$. При этом, условие возникновения кавитации выражается неравенством $K < K_{кр}$.

Проверена возможность появления кавитации и кавитационной эрозии в условиях полного открытия затвора и при прохождении максимального расчетного $Q_M = 0,05866 \text{ м}^3/\text{с}$. Гидравлические расчеты проведены в 4 разрезах (соответствует створу установленного 4 манометра). Учитывая следующее:

$$P_{абс} = P_{атм} + \rho gh, \quad P_{изб} = \rho g \square$$

$P_{изб} = 1000 \text{ кг/м}^3 * 9,81 \text{ м/с}^2 * m = 58800 \text{ Па}$ – осуществлен расчет согласно показаниям 4 манометра.

$$P_{абс} = 101325 + 58800 = 160125 \text{ Па};$$

$$P_{кр} = P_{t=15^\circ\text{C}} = 1710 \text{ Па};$$

$P_{абс(м)} = 160125 \text{ Па} > P_{кр} = 1710 \text{ Па}$ - первое условие отсутствия кавитации выполнено.

Проверено второе условие:

$P_{изб} = 58800 \text{ Па} < (P_{атм} - P_{кр}) = 99615 \text{ Па}$ – второе условие отсутствия кавитации выполнено.

Параметр кавитации:

$$K = \frac{2(P_{изб} - P_{кр})}{\rho v_{хар}^2}$$

где: $v_{хар}^2 = 3,95 \text{ м/с}$ – квадрат скорости, измеренной с помощью ультразвукового расходомера на модели водосброса, тогда

$$\alpha = 7,3 > K_{кр} = 1.$$

В результате гидравлических расчетов выполнены все условия отсутствия кавитации. Расчеты показали снижение абсолютного значения давления воды от критического значения и образование местных гидравлических сопротивлений в других переходных участках (завихритель, диффузор, конфузор) (рис. 3.).

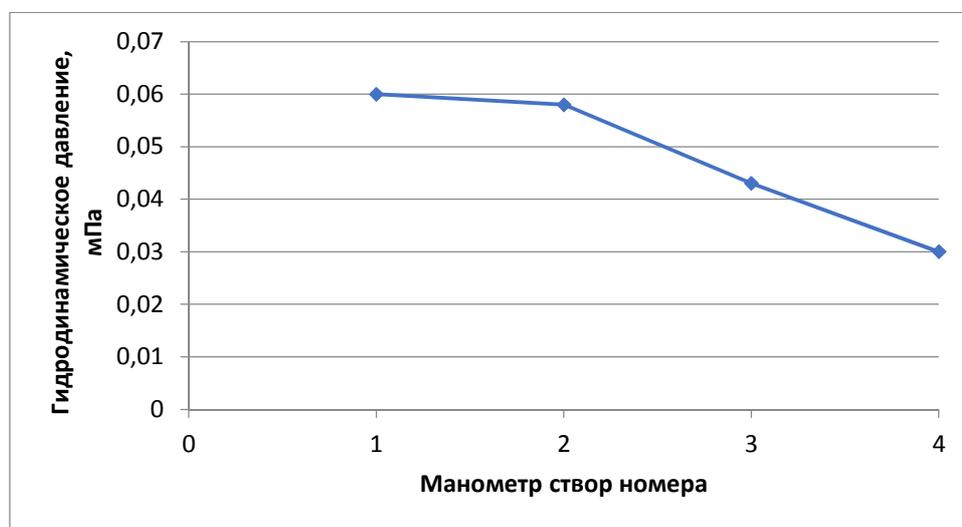


Рис. 4. График изменения давления по оси трубчатого водосброса

При скоростях потока более 3 м/с, для обеспечения нормальной работы водопропускного сооружения необходимо принимать особые меры по учету (воздействие кавитации на стадии проектирования) кавитации, так как интенсивность кавитационной эрозии тел, обтекаемых высокоскоростным потоком, пропорционально зависит от скорости потока в 5...7 степени.

В заключении можно отметить, что вероятность возникновения кавитации в тракте трубчатого водосброса зависит не только от недостатков при

выполнении работ, но и от принятых проектных решений. Изучение и проведение опытов позволит уточнить предлагаемые методы.

Стоит отметить, что на модели малого масштаба непосредственно моделировать кавитацию и аэрацию нельзя, но можно получить основные характеристики высоконапорного потока на участках гашения энергии потока. Следовательно, требуется гидравлическое моделирование этого процесса. Данные вопросы рассматриваются в 3 главе диссертации.

В третьей главе диссертации «Гидродинамические параметры потока воды на сопрягающих круглоцилиндрических водосбросах высоконапорных гидротехнических сооружений» приведены сравнительные результаты теоретических исследований и численных экспериментов. Взаимодействие сбрасываемого потока с устройствами нижнего бьефа приводит к общим и местным переформированиям гидродинамического давления водопроводящего тракта гидротехнических сооружений. Исследованы гидродинамические процессы на переходных участках водосбросного сооружения с различными устройствами гашения энергии потока воды. Оптимальные параметры гасителей энергии могут быть разработаны на основе теории профиля, обтекаемого потоком несжимаемой жидкости. В основу теоретических методов исследования положены научные положения вихревой теории и механики сплошных сред.

В результате экспериментальных и численных решений показали: получены следующие гидравлические параметры, величина циркуляции скорости, направленной по часовой стрелке, соответствует $\Gamma = 0,42 \frac{M^2}{c}$, величина силы лобового сопротивления равна $R_1 = 9,73 \cdot 10^4 H$, инерционная сила $R_{ин} = 2,43 \cdot 10^5 H$.

На основе уравнения сохранения энергии и импульса получено уравнение динамики скорости течения обусловленного изменением живого сечения потока, а также угла атаки диффузора и конфузора водопроводящего тракта:

$$\frac{\bar{v}^2}{2} \left(1 - \frac{1}{\varpi^2}\right) - \varpi_0 \left(1 - \frac{1}{\varpi}\right) + (\varpi_0 - \bar{\vartheta})^2 (\varpi - 1) \frac{\varpi_0 - \varpi - 1}{(\varpi_0 - \varpi)(\varpi_0 - 1)\varpi} = \alpha_\omega(z) \bar{v}^2 \quad (1)$$

где: $\alpha_\omega(z)$ – угол атаки потока на поверхность диффузора, \bar{v} – скорость набегающего на диффузор потока, ω – угловая скорость закрученного потока, z – координата центра минимального профиля, α_0 – угол минимального сечения диффузора, т.е. угол между осью X и осью вращения. $\varpi = \frac{\omega_1}{\omega_2}$, $\varpi_0 = \frac{\omega_0}{\omega_2}$, $\bar{\vartheta} = \frac{V_2}{V_0}$ – безразмерные параметры.

На рис. 5а и 5б показаны зависимость $\bar{\vartheta}(\varpi)$ при значениях ϖ_0 . Видно, что при $\varpi \approx 0,81$, скорость течения при выходе приняла максимальное значение $\bar{\vartheta} \approx 1,5$, что означает сужение диаметра диффузора до 10%.

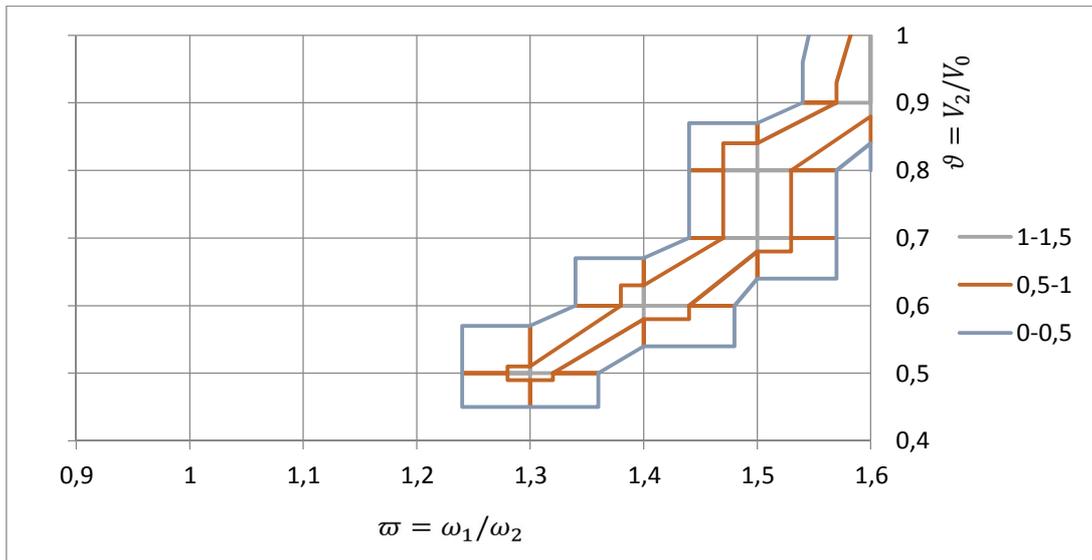


Рис. 5а. График решения уравнения изменения скорости потока в зависимости от живого сечения потока и угла атаки

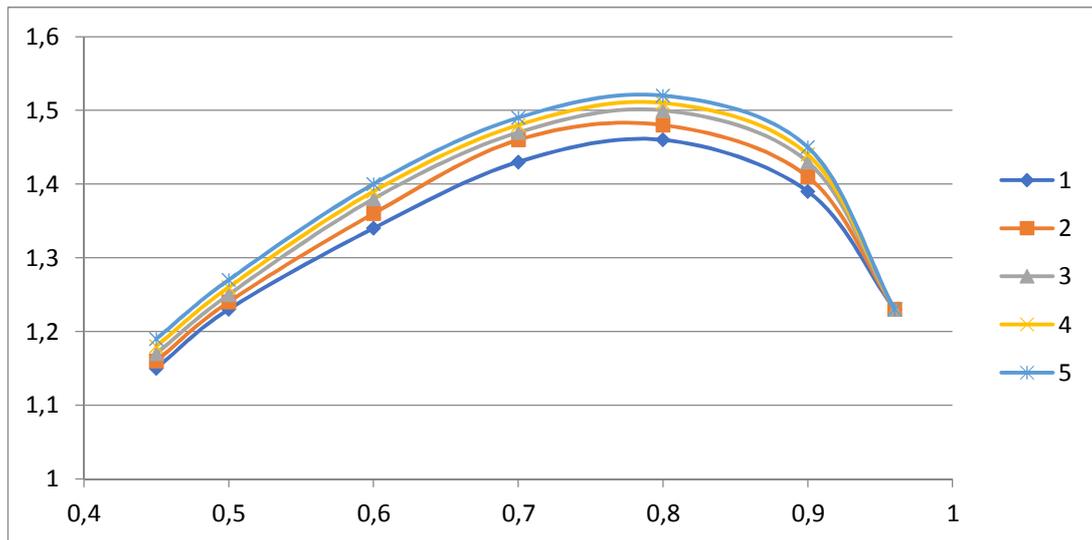


Рис. 5б. График решения уравнения изменения скорости потока в зависимости от живого сечения потока и угла атаки

Ввиду того, что в диффузоре с закруткой потока на входе ($\alpha_1 > 0$) понижение давления определяется двумя механизмами: замедлением потока вследствие увеличения площади проходного сечения $\omega = 2\pi r_{cp} \Delta r$ вдоль диффузора и изменением закрутки потока в диагональном канале по уравнению движения "свободного вихря" $\zeta_u r = const$. С учетом уравнения радиального равновесия $\frac{\partial p}{\partial r} = \frac{\rho}{r} \zeta_u^2$, коэффициент понижения давления ζ_p на среднем радиусе диффузора согласно полного скоростного напора будет представлен следующим образом:

$$\zeta_p = \frac{\Delta p}{\rho \zeta_u^2} = 1 - \left(\frac{\Delta \omega_1}{\Delta \omega_2} \right)^2 \cos^2 \alpha_1 - \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \sin^2 \alpha_1 \quad (2)$$

где: Δp - повышение давления, ρ - плотность воды.

На основе теоретических и экспериментальных исследований коэффициент понижения давления при закрутке потока $\alpha_1 \geq 40 \dots 45^\circ$ более значительно расслаивает кривые распределения этих коэффициентов из-за радиального градиента давления. При положительном наклоне диффузорного канала отличия в обоих коэффициентах между их значениями на стенках от входа к выходу уменьшаются из-за уменьшения продольной закрутки потока. При уменьшении начальной закрутки потока от $\alpha_1 \geq 40 \dots 45^\circ$ до $\alpha_1 \geq 20 \dots 30^\circ$ отличия в распределениях коэффициентов понижения давления, как вычисленных обоими способами, так и на разных стенках, почти исчезают. Данная характеристика диффузора с углом наклона внутренней стенки $\psi_{\text{вн}} = 10^\circ$ согласно экспериментальным данным, может быть представлена корреляционной зависимостью:

$$\frac{\Delta \omega_2}{\Delta \omega_1} = 1,2 + \frac{0,2}{\cos^2 \alpha_1} \frac{l}{\Delta r_1} \quad (3)$$

Описанные гидродинамические процессы в диффузорных переходниках водосбросного сооружения позволили выделить оптимальные геометрические параметры в качестве пространства независимых переменных для представления характеристик диффузора с закруткой и без закрутки потока.

Для моделирования динамических процессов в водопроводящем тракте составлено уравнение баланса массовых расходов воды в узлах переходных участков трубчатого водосбросного сооружения:

$$Q = Q_{\text{зав}} + Q_{\text{диф}} + Q_{\text{кон}} + Q_{\text{сж}} \quad (4)$$

где: Q – массовый расход через стеклянный водовод; $Q_{\text{зав}}$ – массовый расход воды через завихрительную камеру; $Q_{\text{диф}}$ – массовый расход воды в диффузоре; $Q_{\text{кон}}$ – массовый расход воды в конфузоре; $Q_{\text{сж}}$ – массовый расход, учитывающий сжимаемость объема воды в трубопроводе.

Расчет течения водовоздушного потока через водопроводящий тракт с различными гидравлическими сопротивлениями (завихритель, диффузор, конфузор) сводится к решению уравнения сохранения энергии:

$$\frac{Q_2}{Q_1} - 1 = \left[\left(\frac{p_1}{p_2} \right)^b - 1 \right] \quad (5)$$

где: Q_1, Q_2 -массовые расходы потока на створах(I-I) и (II-II), p_1, p_2 -гидродинамическое давление на створах (I-I) и (II-II), b -константа.

Расчет гидродинамических параметров Q и p выполняется итерационно при известных параметрах потока в сечениях (I-I) и (II-II). Если поток течения является однофазным или двухфазным то, как правило, достаточно одной итерации. В нашем случае поток двухфазный, в связи с этим будет выполнена одношаговая итерация.

При этом начальное приближение выполняется следующим образом:

$$p_0 = \frac{(p_1 + p_2)}{2} \quad (6)$$

Далее при выбранных давлениях определены расходы потока на переходных участках $Q_{зав}$, $Q_{диф}$, $Q_{кон}$, $Q_{сж}$:

$$Q_{зав} = \frac{\mu_{зав} Q_0}{(a_1^b - 1)tg\alpha + 1} \quad (7)$$

где: Q_0 -начальный расход потока водовоздушной смеси, $\mu_{зав}$ - коэффициент расхода завихрительной камеры, $a_1 = \frac{p_{зав}}{p_0}$ - эмпирический коэффициент, характеризующий изменение гидродинамического давления в завихрительной камере, b - эмпирическая константа.

$$Q_{диф} = \frac{\mu_{диф} Q_0}{l_1} \int_{l_1} (a_2^b - 1) dl_1 \quad (8)$$

где: $\mu_{диф}$ - коэффициент расхода диффузора, $a_2 = \frac{p_{диф}}{p_0}$ - эмпирический коэффициент, характеризующий изменение гидродинамического давления в диффузоре, l_1 - длина диффузорного канала.

$$Q_{кон} = \frac{\mu_{кон} Q_0}{l_2} \int_{l_2} (a_3^b - b + 1) dl_2 \quad (9)$$

где: $\mu_{кон}$ - коэффициент расхода конфузора, $a_3 = \frac{p_{кон}}{p_0}$ - эмпирический коэффициент, характеризующий изменение гидродинамического давления в конфузоре, l_2 - длина конфузороного канала.

$$Q_{сж} = Q_0 \beta_{сж} l \frac{dp}{dl} \quad (10)$$

где: $\beta_{сж} = -\frac{1}{W} \frac{dW}{dp}$ - коэффициент сжатия, l - длина трубчатого водосброса или длина водопроводящего тракта, $\frac{dp}{dl}$ - изменение гидродинамического давления по длине водопроводящего тракта.

Поставив формулы (7), (8), (9), (10) в уравнение (4), получено

$$Q = \frac{\mu_{зав} Q_0}{(a_1^b - 1)tg\alpha + 1} + \frac{\mu_{диф} Q_0}{l_1} \int_{l_1} (a_2^b - 1) dl_1 + \frac{\mu_{кон} Q_0}{l_2} \int_{l_2} (a_3^b - b + 1) dl_2 + Q_0 \beta_{сж} l \frac{dp}{dl} \quad (11)$$

Из уравнения (10) получается уравнение, представляющее изменение гидродинамического давления

$$p = \int_l \left[\frac{Q}{Q_0 \beta_{сж} l} - \frac{\mu_{зав}}{\beta_{сж} l (a_1^b - 1)tg\alpha + 1} - \frac{\mu_{диф}}{l^2 \beta_{сж}} \int_{l_1} (a_2^b - 1) dl - \frac{\mu_{кон} Q_0}{l^2 \beta_{сж}} \int_{l_2} (a_3^b - b + 1) dl_2 \right] dl \quad (12)$$

Таким образом, получено выражение для изменения давления водовоздушного потока в водопроводящем тракте с различными гидравлическими сопротивлениями (завихритель, диффузор, конфузор). На основе результатов эксперимента произведено численное решение уравнения (12), результаты которого показаны на рис. 6 и 7., ошибка составила 4 %.

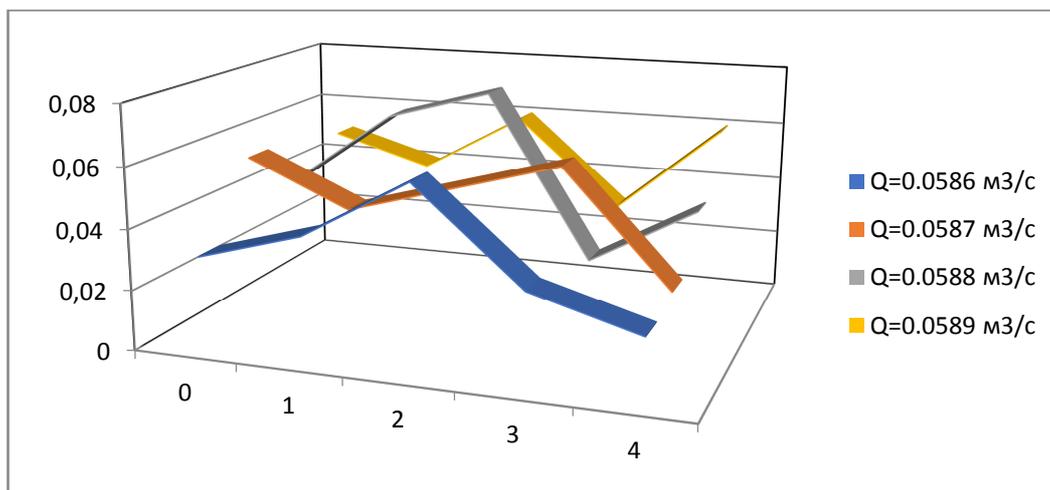


Рис. 6. График изменения гидродинамического давления

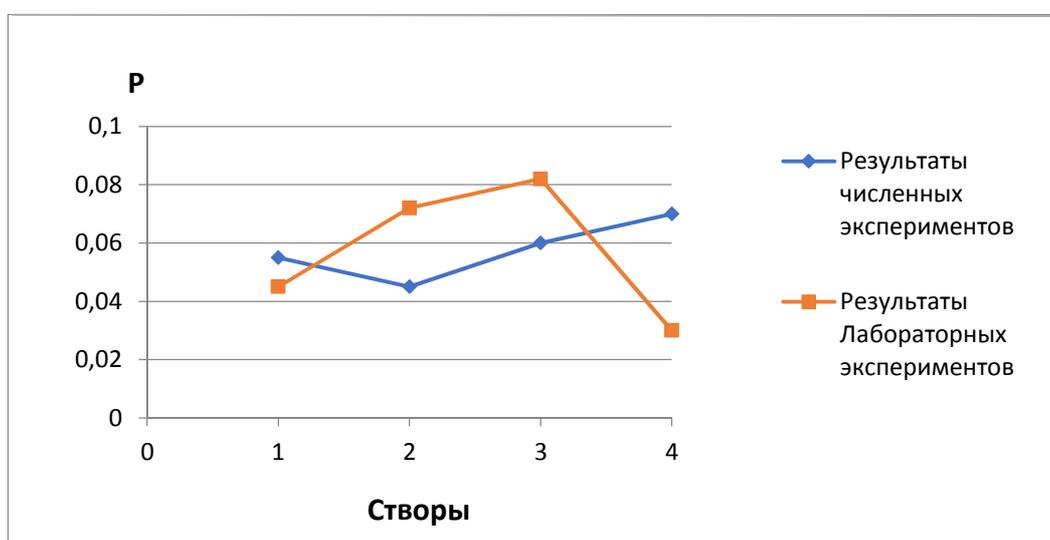


Рис. 7. Сравнение лабораторных и численных экспериментов, погрешность составляет 4%

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по диссертации на тему **“Совершенствование гидравлических методов установления параметров водного потока высоконапорных гидротехнических сооружений”** представлены следующие выводы:

1. Разработаны и исследованы различные устройства для гашения энергии потока и уменьшения местных размывов за сооружениями. В то же время, актуальной задачей остается сопряжение нижних бьефов с высоконапорными и высокоскоростными потоками путем совершенствования новых устройств нижнего бьефа с учетом особенностей конструкций и режимов работы сооружений. Обзор существующих исследований показывает, что методы расчета струи с остаточной закруткой и ее сопряжения с нижним бьефом создали потребность совершенствования. То есть теоретически разработан и предложен метод расчета потока. Показано, что для проверки полученных результатов необходимо проводить специальные эксперименты.

2. Гашение кинетической энергии потока воды за счёт сил внутреннего трения происходит с помощью таких систем, которыми можно получить очень высокую степень гашения, достигающей до значений 96–98 % от исходной энергии потока. Такой способ гашения весьма эффективен на высоконапорных водосбросных гидротехнических системах и создаёт возможность получения эффективных результатов.

3. Характер течения жидкости в пределах всего проточного тракта гасителя связан с циркуляционно-продольным движением жидкости. В пределах проточного тракта существуют независимо друг от друга две формы течения: циркуляционно-продольная и контрвихревая. Первая форма – циркуляционно-продольное течение, описывается квазипотенциальной моделью. Она представляет собой высокоскоростное циркуляционно-продольное течение с разрывом сплошности потока и образованием кавитационной полости с пониженным давлением. Распределение давления в таком течении имеет большой градиент давления по поперечному сечению, направленный в сторону оси вращения потока. Поведение кавитационных пузырьков в этих течениях кардинально отличается от их поведения в обычных продольно-осевых течениях. Вторая форма на переходных участках (диффузор, конфузор) генерируются вихревые структуры различного масштаба, порождающие большую нестационарность всего объёма течения. Распределение средних значений скорости по любому выбранному поперечному сечению даёт возможность получения знакопеременную эпюру.

4. На основе экспериментальных исследований на физической модели установлено, что в области самостоятельных циркуляционно-продольных течений и в области контрвихревого течения с взаимодействующими слоями кавитационного проявления, с насыщенными парами жидкости, имеется тенденция смещения к оси течения (вращения). Это обстоятельство приводит к тому, что кавитационный процесс начинает сдвигаться в массив текущей жидкости и удаляться от стенок проточной части, что резко снижает кавитационную эрозию и разрушение конструктивных элементов водосбросных систем. Такое проявление кавитации кардинально отличается от кавитации, проходящей в продольно-осевых течениях.

5. Интерполяция полученных экспериментальных данных позволяет определить переход кавитационного процесса в непрерывный процесс только при напоре на 20 % превышающей максимальный модельный напор. В результате экспериментальных исследований в зависимости от действующего напора создана возможность определения числа кавитации.

6. Для профиля, формирующего вихревую дорожку Кармана, определены скорость, индуцированная в потоке, подъемная сила и сила лобового сопротивления. Расчеты, позволили вычислить геометрические характеристики профиля, оптимальный угол атаки профиля и скорость индуцированного потока.

7. На основе законов сохранения массы, импульса, энергии и экспериментальных исследований усовершенствованы параметры диффузора. Выбирая значения плотности воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, площадь сечение

$S_2 = 0,15$ м, скорости потока $V_0 = 3,3$ м/с, получены следующие оптимальные значения вихревой скорости на конце диффузора $\omega z_1 \approx 0,99$ м/с, которая соответствует 20% потери энергии по отношению к кинетической энергии набегающего потока, проходящего через площадь S_2 максимального поперечного сечения диффузора с сохранением $\alpha_\omega(z)$ угла атаки потока на поверхность диффузора.

8. На основе теоретических и экспериментальных исследований установлены условия сопряжения вихревого водосброса с нижним бьефом. Получена гидравлическая зависимость для определения длины переходного участка, где вихревое течение переходит на поступательное движение. На основе гидравлического моделирования получено выражение для динамики изменения гидродинамического давления на трубчатом водосбросе с гасителями энергии потока.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING OF THE SCIENTIFIC DEGREES
DSc.03/30.12.2019.T.10.02 AT THE TASHKENT INSTITUTE OF
IRRIGATION AND AGRICULTURAL MECHANIZATION ENGINEERS**

**SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF IRRIGATION AND WATER
PROBLEMS**

JOVLIEV UKTAM TEMIROVICH

**IMPROVEMENT OF HYDRAULIC METHODS FOR ESTABLISHING
WATER FLOW PARAMETERS IN HIGH-PRESSURE HYDRAULIC
FACILITIES**

05.09.07 – Hydraulics and Engineering Hydrology

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

Tashkent – 2020

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 B2020.3.PhD/T834.

The doctoral dissertation has been prepared at the Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems.

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.ziyonet.uz).

Scientific advisor:

Khudaikulov Sovet

doctor of technical science, professor

Official opponents:

Eshev Sobir Samatovich

doctor of technical science, professor

Gapparov Furqat Axmatovich

candidate of technical sciences, docent

Leading organization:

Tashkent institute of architecture and construction

The defense of the thesis will be held "___" _____ 2020 at ___ hours at the meeting of the Scientific Council DSc.03/30.12.2019.T.10.02. at the Tashkent Institute of Irrigation and Mechanization of Agriculture Engineers (Address: 100000, Tashkent, Kari-Niyazi street 39. Tel: (99871) 237-22-09; Fax: (99871) 237-54-79, e-mail: admin@tiiame.uz).

The doctoral dissertation can be found at the Information Resource Center of the Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers (registered with №___) at the address: 100000. Tashkent, Kari Niyazi street 39. Tel: (99871) 237-19-45;

Abstract of dissertation was sent «___» _____ 2020.

(register of the distribution protocol №__ from «___» _____ 2020.

T.Z.Sultanov

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

A.A. Yangiev

Scientific secretary of the scientific council awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

D.Bazarov

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

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research.

is establishment of hydraulic patterns of formation of the everyday state of the water flow in high-pressure water conduits operating in the conditions of passage of translational and vortex flows.

Object of the research work are designed and operated tubular spillways of high-pressure reservoirs.

The scientific novelty of the research are:

the conditions for connecting a high-pressure tubular water tank with extinguishers and the lower bed are based on the kinetic energy of the flow;

the hydraulic expression for determining the length of the transition section of the forward flow is based on the kinetic energy of the flow;

the optimal parameters of the diffuser in a high-pressure tubular water tank are based on taking into account the kinetic energy quenching of the water;

the hydraulic model, which represents the change in hydrodynamic pressure in high-pressure pipelines, has been improved to take into account the kinetic energy of the flow.

Implementation of research results.

Based on the scientific results obtained on the improvement of hydraulic methods for determining the parameters of water flow in high-pressure hydraulic structures:

Improved hydraulic calculation method representing hydrodynamic processes in high-pressure discharge facilities was introduced in the activities of the Amu-Kashkadarya Irrigation Systems Basin Department under the Ministry of Water Resources (Reference of the Ministry of Water Resources No. 02 / 25-49-50 of December 27, 2019). As a result, it is possible to ensure the reliability and safety of the use of reservoir facilities;

The hydraulic expression for determining the length of the section of high-pressure pipeline discharge forward flow was introduced in the activities of the Kashkadarya Regional Department of Reservoirs under the Ministry of Water Resources (Reference of the Ministry of Water Resources No. 02 / 25-49-50 of December 27, 2019). As a result, it allowed the efficient use of waterways of large hydraulic structures;

Methods for determining the tangential shear parameters of the kinetic energy of water in the discharge and conduction paths of reservoirs were introduced in the activities of the Amu-Kashkadarya ITX Department under the Ministry of Water Resources (Ministry of Water Resources No. 02 / 25-49-50 of December 27, 2019). As a result, it is possible to reduce the negative effects of cavitation and vibration processes occurring in reservoirs at high pressure and high speed flow;

Improved parameters of the expansion angles of the diffuser, which quenches the kinetic energy of water in the discharge and transmission facilities of reservoirs, were introduced in the Kashkadarya Regional Department of Reservoirs under the Ministry of Water Resources (Ministry of Water Resources No. 02 / 25-49-50 of December 27, 2019). As a result, it is possible to ensure the reliability and safety of

operation of reservoir facilities and reduce the cost of capital repairs of hydraulic structures by up to 5%.

The volume and structure of the dissertation: Dissertation consist of introduction part, three chapters, summary, list of references and appendix. The volume of dissertation is 104 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Жовлиев У.Т., Казаков Э., Якубов Г. “Extension Of Tubular Water Discharge Limitations With Water Flow Extinguishers” “International journal of scientific & technology research volume 8, issue 12, december 2019 issn 2277-8616 Pp-2080-2082 www.ijstr.org ”(ScopusISSN 2277-8616) IF.4.850

2. Жовлиев У.Т., Худайкулов С.И. Алгоритм учёта вихревых зон при входе в насосы. Вестник Туринского политехнического университета в городе Ташкенте, выпуск 1/2018. С.58-60. (05.00.00; №25)

3. Жовлиев У.Т., Маннопова Х., Худайкулов Б.С. «Связь зоны пониженного или повышенного давления с характерным изменением скоростного напора» Ж: Проблемы механики. № 3, Ташкент 2018 С.87-91.(05.00.00;№6)

4. Жовлиев У.Т., «Юқори босимли гидротехник иншоотларда сув ҳаракатидаги вибрация жараёнлари» Ж: Агро Илм № 2, Тошкент 2019, С. 96-98.(05.00.00; №3)

5. Ў.Жовлиев. «Юқори босимли иншоотларда вужудга келадиган шиддатли оқимнинг гидравлик параметрлари» Ўзбекистон Қишлоқ ва сув хўжалиги журнали илмий иловаси. “AGRO-ILM» Тошкент 2019. № 3, С. 66-67. (05.00.00; №3)

II бўлим (II часть; II part)

6. Жовлиев У.Т., Э.Казаков., Г.Якубов “Анализ гидравлических условий работы трубчатого водосброса на возможность появления кавитации” Технические наука. Проблемы и решения №12(28), ISSN 2587-862X Москва, 2019 С. 151-156

7. Жовлиев У.Т., Махмудова Д.Э., Махмудова Д.И. “Hydraulic modeling of water-air flow in a tubular spillway with local hydraulic resistance” Materials of the XVI international scientific and practical conference - 2020 30. april - 7. Mai London 2020 С. 101-105.

8. Жовлиев У.Т., Махмудова Д.Э., Махмудова Д.И. “Analysis of hydraulic conditions of work of tubular discharge on the possibility of the application of cavitation” cutting-edge science. Materialien der XVI Internationalen Wissenschaftlichen und Praktischen Konferenz. Berlin Wissenschaft und Bildung GmbH. 2020 30. april - 7. mai 2020 С. 212-217.

9. Жовлиев У.Т., Худайкулов С.И IMPACT FAKTOR “Asian Journal of Research” “Modeling of disperse mixture flow with the formation of a bubble zone bringing hydrosystem to vibration” Japan, Osaka 2019, №1-3 С.59-61.

10. Жовлиев У.Т., Нишоннов Х.Х., Нишоннов.Ф.Х., Худойкулов С.И
“Қувурлардаги суюқликлар аралашмаси гидравлик зарбаси таъсирининг
математик модели” Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк агентлиги
DGU 2018 0756 рақамли муаллифлик гувоҳномаси Тошкент 2018.

Автореферат “IRRIGATSIYA VA MELIORATSIYA” илмий журнали тахриятида тахрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз (тезис) тилларидаги матнларини мослиги текширилди (20.10.2020 й.)

Босишга рухсат этилди: 09.12.2020 йил
Бичими 60x84 ¹/₁₆, “Times New Roman”
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи 3. Адади: 100. Буюртма: №120
Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат босмаҳонасида чоп этилди.
Манзил: 100100, Тошкент ш., Шохжаҳон кўчаси, 5- уй

