

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

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ**

АДЖИМУРАТОВ ДИЛМУРАТ СЕРИКХАНОВИЧ

**ЮҚОРИ БОСИМЛИ СУВ ОМБОРЛИ ГИДРОУЗЕЛЛАР СУВ
ТАШЛАМА ИНШОТЛАРИДА ОҚИМ ЭНЕРГИЯСИНИ СЎНДИРИШ
ДАРАЖАСИ ВА ХАВФ ТОИФАСИ НОРМАСИНИ БАҲОЛАШ**

05.09.06 - Гидротехника ва мелиорация қурилиши

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

УЎК 627.83:627.8.07

**Техника фанлари бўйича фалсафа (PhD) доктори
диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата диссертации доктора философии(PhD)
по техническим наукам
Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Аджимуратов Дилмурат Серикханович

Юқори босимли сув омборли гидроузеллар сув ташлама иншоотларида
оқим энергиясини сўндириш даражаси ва хавф тоифаси нормасини
баҳолаш..... 3

Аджимуратов Дилмурат Серикханович

Оценка степени гашения энергии и норм категории риска водосбросных
сооружений высоконапорных водохранилищных гидроузлов..... 21

Adjimuratov Dilmurat Serikkhanovich

Estimation of energy suppression and norms of risk category for high pressure
spillway structures in water reservoir hydrosystems..... 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**

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ**

АДЖИМУРАТОВ ДИЛМУРАТ СЕРИКХАНОВИЧ

**ЮҚОРИ БОСИМЛИ СУВ ОМБОРЛИ ГИДРОУЗЕЛЛАР СУВ
ТАШЛАМА ИНШОТЛАРИДА ОҚИМ ЭНЕРГИЯСИНИ СЎНДИРИШ
ДАРАЖАСИ ВА ХАВФ ТОИФАСИ НОРМАСИНИ БАҲОЛАШ**

05.09.06-Гидротехника ва мелиорация қурилиши

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

Тошкент – 2020

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида № В2020.2.PhD/Т.1665 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tiame.uz) ва «ZiyoNet» Ахборот-таълим порталида (www.ziyo.net) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Янгиев Асрор Абдихамидович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Бозоров Дилшод Раимович
техника фанлари доктори, профессор

Хамдамов Бекмамат
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

Тошкент архитектура қурилиш институти



КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Кейинги йилларда дунёда ҳар йили гидротехника иншоотларида кўплаб бахтсиз ҳодисалар рўй бермоқда, уларнинг 35 фоизи сув омбори тўғони устидан сувнинг ошиб ўтиши ва сув ташлама иншоотларнинг техник носозлиги туфайли содир бўлади. Кўпгина фавқулдда тўғонлардаги авариялар АҚШ, Франция, Италия, Бразилия, Жанубий Корея ва бошқа мамлакатларда содир бўлган. Жаҳонда гидротехника иншоотларининг ишончли ва хавфсиз ишлашини асослаш ҳамда ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш бўйича кенг кўламда ишлар олиб борилмоқда. Шу жиҳатдан ривожланган давлатларда, жумладан АҚШ, Франция, Италия, Япония, Германия мамлакатларида ҳам маълум ютуқларга эришилган, яъни юқори босимли гидротехника иншоотларини лойиҳалаш ва қуришда, уларнинг ишончли ва хавфсиз ишлашини таъминлашга, бурама оқимлардан фойдаланишга алоҳида эътибор қаратилган.

Жаҳонда чиқиш қувуринининг ичидаги оқимнинг ортиқча энергиясини сўндириш ва уни кавитацион бузилишидан ҳимоя қилиш ҳамда катастрофик сарфларни ўтказишга мўлжалланган сув ташлама иншоотларини лойиҳалаштириш усулларини такомиллаштиришга йўналтирилган мақсадли илмий-тадқиқот ишларини олиб боришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бу борада, ҳаво тортилиш шароитида уюрма шахтали сув ташлагичларнинг сув олиб кетувчи туннели конструкцияларини такомиллаштириш, ҳар хил конструкцияларда дисперс қоришмасининг математик моделини ишлаб чиқиш, ҳаво тортиш шароитида тезлик, босим ва бурама оқимнинг солиштирма энергиясини тақсимлашни ҳисоблаш учун компьютер дастурларини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан ҳисобланади.

Ҳозирда Республикамиздаги гидротехника иншоотларнинг конструкцияларини такомиллаштириш, ишончли ва хавфсиз ишлашини таъминлаш, сув ташлама иншоотларининг сув ўтказувчанлиги ва ишлаш режимини яхшилаш, уларнинг самарали ишлаш механизмларини такомиллаштиришга қаратилган кенг кўламда чора-тадбирлар олиб борилмоқда. режалаштирилган. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида “...миллий иқтисодиётни рақобатбардошлик қобилятини ошириш учун мелиоратив ва ирригацион объектларни янада ривожлантириш¹” вазифаси белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга оширишда ҳаво тортилиш шароитида уюрма шахтали сув ташлагичларнинг сув олиб кетувчи туннели конструкцияларини такомиллаштириш, ҳар хил конструкцияларда дисперс қоришмасининг математик моделини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикасининг “Сув ва сувдан фойдаланиш” (1993) ва “Гидротехник иншоотларнинг хавфсизлиги” (1999) тўғрисидаги қонунларида, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон

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

“Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармонида, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 25 сентябрдаги ПҚ-3286-сонли “Сув объектларини муҳофаза қилиш тизимини янада такомиллаштириш чоралари тўрисида” ги қарорида, Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2014 йил 21 январдаги №13 сонли “Ўзбекистон Республикасининг сув оқувчи ўзанлари бўйича 2014-2015 йилларда ва 2020 йилгача келажақда барқарор ва хавфсиз сув ўтказиш бўйича Дастурни тасдиқлаш тўғрисида”ги қарорида, шунингдек сув хўжалиги йўналиши бўйича қабул қилинган 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 технологиялар ривожланишининг VII-“Табиатдан самарали фойдаланиш ва экология” устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Уюрма шахтали сув ташлагичлар конструкцияларини такомиллаштириш, бурама оқимнинг структураси ва уюрма шахтали сув ташлагичларни гидравлик ҳисоблаш усулларини К.Дриоли, М.Випарелли, М.Пик, Ф.Кнапп, Д.Жанпиерр ва А.Лашал, П. Акерс ва Е.Крамп, Х.Стефан, А.Клейкшрот, Т.Х.Ахмедов, Х.П.Заиров, С.М.Слиссский, Н.Н.Розанова, Н.Ханов ва бошқалар тадқиқот қилганлар.

Чуқур уюрмали сув ташлагич конструкцияларини яратиш, гидравлик ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш ва математик моделни яратиш билан боғлиқ тадқиқотлар бир қатор олимлар томонидан ўрганилган ва маълум даражада ижобий натижаларга эришилган, жумладан Г.И.Кривченко, А.П.Мордасов, А.М.Темирханов, А.Л.Зуйков, Б.А.Животовский, Р.С.Галперин, Н.Н.Розанов, Г.Н.Цедров ва бошқалар. Бундан ташқари, бурама оқимнинг структурасини ўрганиш асосан цилиндрсимон сув ўтказгичлари учун, хусусан, А.Я. Милович, Б.А.Пышкин, К.С.Бекхол, А.Червинский, Н.А.Чигер, Б.А.Животовский, А.П.Мордасов, В.В.Волшаник, И.С.Новиков, Н.Н.Розанов, А.А.Янгиев ва бошқалар томонидан амалга оширилган ва маълум даражада ижобий натижаларга эришилган.

Ҳозирги вақтда, хорижда ва Республикамизда сув ташлагич трактидаги ортикча кинетик энергияни сўндириш бўйича кўплаб таклифлар мавжуд. Сув ташлагичнинг чиқиш тракти узунлиги бўйлаб бир қатор диафрагма шаклида қўшимча қаршилиқларнинг киритилиши туфайли энергия йўқолишининг ошишига эришилган, А.С.Абелев томонидан тавсия этилган юқори босимли, чуқурликли ва босимли сув чиқазгичларда кетма-кет ўрнатилган затворларнинг схемаси энергияни сўндиришнинг самарали усулларида ҳисобланади. Аммо, ҳозирги пайтда уюрма шахтали сув ташлагичларнинг гидравлик ҳисоблашнинг мавжуд усуллари аниқликни талаб қилади ва баъзи ҳолларда бундай иншоотларни лойиҳалашда қутилган натижаларни олишга имкон бермайди. Мавжуд назарий ҳисоблаш усулларида сув олиб кетувчи туннел конструкцияси

конфузор қисм ва сўндиргич камерасидан ташкил бўлганда ҳаво концентрацияси ҳолати учун ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий ишлари режаси билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти илмий тадқиқот ишлари режасининг №-2.8 “Гидротехник иншоотлар конструкцияларини такомиллаштириш, уларнинг ишончлилиги ва хавфсизлик кўрсаткичларини, ҳисоблаш ва лойиҳалаш усулларини ишлаб чиқиш” (2016-2020 йй.); ҚХ-А-ҚХ-2018-281 “Эксплуатация қилиб келинаётган гидротехника иншоотлари хавфсизлик категорияларини баҳолаш нормаларини ишлаб чиқиш” (2018-2020 йй) мавзуларида илмий-тадқиқот ишлари лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади тангенциал уюрмали сув ташлагич сув олиб кетувчи туннел конструкцияси конфузор ва сўндиргич камерасидан иборат бўлганда назарий ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш ва сув омборларининг хавф категориясини баҳолашдан иборат.

Тадқиқот вазифалари:

шахтадан ҳаво тортиш шароитида уярма шахтали сув ташлагич сув олиб кетувчи туннель конструкцияси конфузор ва сўндиргич камерасидан иборат бўлганда дисперсли бурама оқимнинг математик моделини ишлаб чиқиш;

шахтадан ҳаво тортиш шароитида конфузорда бурама оқим тезликлари, босим ва солиштира энергия тақсимланишини аниқлаш;

шахтадан ҳаво тортиш шароитида конфузорда бурама оқим тезликлари, босим ва солиштира энергия тақсимоти бўйича экспериментал ва назарий тадқиқотларни таққослаш;

сув омборларида хавф категориясини баҳолаш учун таъсир этувчи омилларни белгилаш;

сув омборларида хавф категориясини баҳолаш учун тавсиялар ишлаб чиқиш.

Тадқиқот объектлари сифатида лойиҳаланаётган сув омборли гидроузеллардаги юқори босимли шахтали сув ташлама иншоотлар ва эксплуатация қилинаётган сув омборли гидроузеллар (Қалқама, Лангар ва Қизилсув сел-сув омборлари).

Тадқиқот предмети уярма шахтали сув ташлагич сув олиб кетувчи туннелидаги конфузор ва сўндиргич камераси, бурама оқим модели учун алгоритмлар ва сув омбори хавфсизлигига таъсир эткувчи омиллар.

Тадқиқот усуллари. Тадқиқот жараёнида математик эксперимент ва назарий натижаларини таққослаш, компьютер ҳисоблаш дастурини яратиш усуллари қўлланилди.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

уярма шахтали сув ташлагич сув олиб кетувчи туннель конструкцияси конфузор ва сўндиргич камерасидан иборат бўлганда дисперсли бурама оқимнинг математик модели шахтадан ҳаво тортилишини инобатга олиб ишлаб чиқилган;

конфузорда бурама оқим тезликлари, босим ва солиштира энергия тақсимоти шахтадан ҳаво тортилишини инобатга олиб аниқланган; сув омборларида хавф категориясини баҳолаш учун таъсир этувчи омиллар белгиланган;

сув омборлари хавфсизлигини баҳолаш учун хавф категорияларини инобатга олиб тавсиялар ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси қуйидагилардан иборат:

конфузор учун шахтадан ҳаво тортиш шароитида бурама оқимдаги тезликлар, босимлар ва солиштира энергия эшуралари тақсимоти аниқланган;

конфузор узунлиги бўйича шахтадан ҳаво тортиш шароитида бурама оқимдаги тезликлар, босим ва солиштира энергия тақсимланишини ҳисоблаш учун математик модели ва компьютер дастури ишлаб чиқилган, бу туннел деворидаги кавитация шароитини ва туннель девори қалинлигини баҳолашга имкон беради; (№ DGU 05909, № DGU 05911);

сув омборларида хавф категориясига таъсир этувчи ишлаб чиқилган омиллар уларнинг хавфсизлигини баҳолашга имкон беради;

сув омборлари хавфсизлигини баҳолаш учун ишлаб чиқилган тавсиялар уларнинг хавфсиз ва ишончли ишлашини таъминлайди.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги назарий ечимларни ишлаб чиқишда умум қабул қилинган гидравлик қонунлар ва синовлар ўтган математик усулларга асосланганлиги, назарий ва экспериментал натижаларнинг солиштирилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти уярма шахтали сув ташлагич сув олиб кетувчи туннели конфузор қисми учун математик модели ишлаб чиқилгани ҳамда конфузорни ҳисоблаш усули такомиллашгани билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти математик моделдан фойдаланиш имконияти борлиги, уярма шахтали сув ташлагич конфузор қисмини лойиҳалашда гидравлик ҳисоблаш усулининг такомиллаштирилгани, компьютер дастурларини амалда қўллаш имкони борлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Сув омборли гидроузеллар сув ташлама иншоотларида сув олиб кетувчи туннель конфузор қисмини гидравлик ҳисоблаш усулининг такомиллашганлиги ва сув омборлари хавфсизлиги бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш асосида:

уярма шахтали сув ташлагич сув олиб кетувчи туннел конструкцияси конфузор ва сўндиргич камерасидан иборат бўлганда дисперсли бурама оқимнинг математик модели Сув хўжалиги вазирлиги қошидаги “Сувлойиха” ДУКда Кармана гидроузели сув ташлаш трактидаги сув энергиясини сўндириш иншооти реконструкциясини лойиҳалашда жорий этилган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2020 йил 30 октябрдаги 04/20-3244-сон маълумотномаси). Натижада, гидроузел сув ташлаш иншоотининг ишончли ва хавфсиз ишлаш имконияти яратилган;

конфузорда аниқланган бурама оқим тезликлари, босим ва солиштира энергиясининг тақсимоти Сув хўжалиги вазирлиги қошидаги “Сувлойиха”

ДУКда Кармана гидроузели сув ташлаш трактидаги сув энергиясини сўндириш иншооти реконструкциясини лойиҳалашда жорий этилган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2020 йил 30 октябрдаги 04/20-3244-сон маълумотномаси). Натижада, гидроузел сув ташлаш иншоотининг танланган кесимида компьютер дастури асосида тезиклар, босим ва энергия тақсимланишини аниқлаш имкониятига эришилган;

сув омборлари хавфсизлигини баҳолаш учун ишлаб чиқилган тавсиялар Сув хўжалиги вазирлиги қошидаги Қашқадарё вилояти сув омборларидан фойдаланиш бошқармасига қарашли Лангар, Қизилсув ва Қалқама сел-сув омборларида жорий этилган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2020 йил 30 октябрдаги 04/20-3244-сон маълумотномаси). Натижада, Лангар, Қизилсув ва Қалқама сел-сув омборларининг хавф категориялари баҳоланган ҳамда уларнинг хавфсиз ва ишончли ишлаши учун имкониятлар яратилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 4 та халқаро ва 2 та республика илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 16 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрлардан 8 та мақола, жумладан 2 та Scopus элетрон базасида, 2 та ҳисоблаш дастурига гувоҳнома ва 2 та тавсиянома.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати, шартли белгилардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 118 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация тадқиқотининг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари ҳамда объект ва предметлари тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончилиги асосланган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий қилишини, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Юқори босимли туннелли сув ташламаларда сув энергиясини сўндиришнинг замонавий усуллари**» деб номланган биринчи бобида юқори босимли туннелли сув ташлагичларда энергияни сўндиришнинг замонавий усуллари бўйича, шу жумладан бурама оқимларни ўтказгандаги ишлаши ҳолатларидаги адабиётлар шарҳи келтирилган. Сув ташлагич иншоотлар сув олиб кетувчи трактидаги бурама оқимнинг ҳаракати масаласи бўйича ўрганишларнинг замонавий ҳолати, уярма сув ташлагичлар гидравлик ҳисоби масалалари, бурама оқимлар асосий характеристикалари таҳлил қилинган.

Ҳозирги пайтда сув ташлагич трактида оқимнинг ортиқча кинетик энергиясини сўндириш бўйича кўпгина таклифлар маълум. Қайд қилинадик,

ишда кўриб чиқилган энергияни сўндириш усулларида эътиборга мойили бурама оқимли сув ташлагичлар бўлиб ҳисобланади. Улар юқори тезликли кинетик энергияни жадал сўндиришни ва сув ўтказувчи деворларида босимнинг ошишини таъминлайди, натижада туннель деворларини оқиб ўтганда кавитация хавфи камаяди. Бунда гидротурбиналарнинг йўналтирувчи аппарати тури бўйича ясалган бошқариладиган уюрма затворли сув ташлагич тизими тадқиқот қилинган. Аммо, уюрма затворли сув ташлагичнинг модель тадқиқотларида тасдиқланган афзалликларига қарамасдан, уни яшашнинг ва эксплуатация қилишнинг мураккаблиги туфайли ҳозирча у амалиётга тадбиқ қилинмаган.

Айлантирувчи мосламаларнинг бошқа турларидан фойдаланиш бўйича қатор таклифлар мавжуд, масалан, «Мосгидросталь»да ишлаб чиқиладиган оддий затворлар (масалан, ясси ва сегментли) билан жиҳозланган бурама оқимли сув ташлагичларни таклиф қилган. Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, кўзда тутилган сув ташлагич тизими оқим энергиясининг кўпгина қисмини унча катта бўлмаган узунликдаги аралашуш камерасида сўндиради ва сув оқиб ўтадиган трактда кавитацион динамик шароитни яхшилайдди. Аммо, таклиф қилинган сув ташлагич тизимнинг конструктив мураккаблиги унинг қўлланиш соҳасини чеклаб қўяди.

Адабиётлар шарҳи таҳлилидан келиб чиқадики, бажарилган барча ишлар босимли цилиндрик сув ташлагичда оқим ядросига ҳаво кирмаган ҳолатлардаги бурама оқимни ўрганишга қаратилган. Бурама оқимнинг характеристикаси учун энг оддий ва ишончли параметр сув ўтказгич девори яқинидаги уринма кучланишнинг тангенциал компонентининг τ_u тўлиқ кучланишга τ нисбатини, яъни айланма тезликнинг V_u тўлиқ тезликка V нисбатини характерловчи интеграл параметр ҳисобланади:

$$\Pi = \frac{\tau_u}{\tau} = \frac{V_u}{V} \quad (1)$$

Бурама оқимларда тезликларнинг тарқалишига марказдан қочма куч жиддий таъсир қилади, унинг қиймати оқимнинг бурамалигига боғлиқ бўлиб, сув ўтказгич узунлиги бўйича ўзгаради.

Мазкур бобда сув ташлагич сув олиб кетувчи туннели бош қисми конфузор ва сўндиргич камерасидан иборат бўлганда, назарий тадқиқотлар ўтказилмагани асосланган.

Диссертациянинг «**Ярим тўсилган цилиндрик қувурдаги дисперс аралашмали бурама оқим (аэрацияли оқим) ҳаракати назарий тадқиқотлари**» деб номланган иккинчи бобида, айлана кўндаланг кесимли ярим чегараланган цилиндрик қувурдаги ҳаво аралаш оқим дисперс суюқлик ҳаракатининг назарий тадқиқотлари тўғрисида умумий маълумотлар келтирилган. Юқори босимли сув ташлагичларда мавжуд бўлган дисперс суюқлик ҳаракатининг ламинар ва турбулент режимлари кўриб чиқилган. Оқим орқали ҳаво тортиш механизми мавжуд бўлиб, у оқимда сув, сув-пуфак, пуфак-томчи суюқликлардан иборат бўлган уч қатламли оқимнинг шаклланишига олиб келиши қайд қилинди. Бурама оқим ярим чегараланган цилиндрик айлана

кувур яқинида жойлашган айлантурувчи мослама ёрдамида ҳосил бўлади. Суюқлик учун Х.А.Рахматулин модели қабул қилинган.

Ярим чегараланган кувурдаги сиқилмайдиган ёпишқоқ суюқликдаги (смесь) ўқи симметрик бўлган бурама оқим масаласини аналитик ечиш учун Навье-Стокса тенгламаси Громеко-Лэмб шаклида ва узлуксизлик тенгламалари келтирилган. Шунда ҳаракат тенгламаси Озеенов яқинлашишида қуйидаги кўринишда бўлади:

$$u_{nz} \frac{\partial u_{nz}}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_{ni}} \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{k}{\rho_1} (u_{pz} - u_{nz}) + v_n^* \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial u_{nz}}{\partial r} \right), \quad (2)$$

$$\frac{\partial u_{nz}}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (ru_{nr}) = 0, \quad \text{бунда } v_i^* = \begin{cases} 0 - i = 1 \\ v_i - i = 2. \end{cases}$$

Шунда ҳаракат тенгламаси қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$\frac{u_\theta^2}{r} = Eu \frac{\partial p}{\partial r} + \frac{\partial}{\partial r} \left[\frac{(V')^2}{2} \right] - \frac{1}{Fr} \frac{\partial \Pi}{\partial r};$$

$$u_z \frac{\partial u_z}{\partial z} = -Eu \frac{\partial p}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial z} \left[\frac{(V')^2}{2} \right] + \frac{1}{Fr} \frac{\partial \Pi}{\partial z} + \frac{1}{Re} \left[\left(1 + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \right) \frac{\partial^2 u_z}{\partial r^2} + \left(1 - \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \right) \frac{1}{r} \frac{\partial u_z}{\partial r} \right], \quad (3)$$

$$\frac{\partial (ru_r)}{\partial r} + \frac{\partial (ru_z)}{\partial z} = 0$$

Γ, Ω ва Φ функцияларни қуйидаги кўринишда киритилади:

$$\Gamma = ru_\theta, \quad \Omega = \frac{u_\theta}{r}, \quad \Phi = r \frac{\partial u_z}{\partial r} \quad (4)$$

Шунда (3) тенглама(4) тенгликни ҳисобга олган ҳолда циркуляция Γ ва кувур ўқи симметриясига нисбатан бўлган ўқий тезлик радиал моменти функциясини Φ аниқлаш учун қуйидаги тенгламалар тизимига келтирилади:

$$\frac{\partial \Gamma}{\partial z} = \frac{1}{Re} \left[\left(1 + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \right) \left(\frac{\partial^2 \Gamma}{\partial r^2} - \frac{1}{r} \frac{\partial \Gamma}{\partial r} \right) - \frac{\varepsilon_t}{r\varepsilon} \frac{\partial \Gamma}{\partial r} \right] \quad (5)$$

$$2u_\theta \frac{\partial u_\theta}{\partial z} + \frac{\partial \Phi}{\partial z} = \frac{1}{Re} \left[\left(1 + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \right) \left(\frac{\partial^2 \Phi}{\partial r^2} - \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi}{\partial r} \right) - 2 \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial \Phi}{\partial r} - 2 \frac{\Phi}{r^2} \right) \right] \quad (6)$$

(5) ва (6) тенгламалар тизимига қуйидаги кўринишда автомобиль қайта шаклланишларни киритилади: $y = \frac{Re r^2}{4z}$, $\Gamma = \Gamma(y)$, $\Phi = \Phi(y)$ ёки $y_t = \frac{Re_t r^2}{4z}$

(7)

бунда Re ва Re_t - ламинар ва турбулент режимлардаги Рейнольдс сони,

қуйидагича аниқланади: $y_t = \frac{Re_t r^2}{4z} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon + \varepsilon_t} y$, $Re_t = \frac{\varepsilon}{\varepsilon + \varepsilon_t} Re$

Киритилган $\Gamma(y)$, $\Phi(y)$ функциялар учун (5) ва (6) тенгламалар қуйидаги тенгламалар тизимига келтирилади:

$$\left(1 + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \right) \frac{d^2 \Gamma}{dy^2} + \left(1 - \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \frac{1}{2y} \right) \frac{d\Gamma}{dy} = 0; \quad \left(1 + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \right) \frac{d^2 \Phi}{dy_t^2} + \frac{d\Phi}{dy_t} - \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \frac{d}{dy} \left(\frac{\Phi}{y_t} \right) = -2u_\theta \frac{du_\theta}{dy_t} \quad (8)$$

Ламинар бурама оқим учун $m=0$ бўлганда (8) биринчи тенгламалар тизимининг ечими қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\begin{aligned} m=0 \text{ да} \quad u_\theta(r, z) &= \frac{\Gamma_0}{r} [1 - \exp(-y)] \\ m=1 \text{ да} \quad u_\theta(r, z) &= u_0 [1 - \exp(-y)] \\ m=2 \text{ да} \quad u_\theta(r, z) &= \Omega_0 r [1 - \exp(-y)] ; u_\theta(r, z) = \Gamma_0 r^{m-1} [1 - \exp(-y)] \end{aligned} \quad (9)$$

Турбулент оқими учун:

$$u_\theta(r, z) = \Gamma_0 r^{m-1} \left[\operatorname{erf} \sqrt{y_r} - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \exp(-y_r) \right], \quad (m = 0, 1, 2) \quad (10)$$

Унда (8) тенгламани ечими қуйидагича бўлади:

$$\Phi(z, r) = -4r^2 \exp(-y) + u_0^2 \exp(-y) [2y + \exp(-y) - 1]$$

Ўқий тезлик эса:

$$u_z(z, r) = q(z) + \frac{2}{x} \exp(-y) - u_0^2 \exp(-y) - \frac{u_0^2}{2} Ei(y) - Ei(-2y) \quad (11)$$

бунда $x = \frac{y}{R^2}$.

$$q(z) = 1 - \frac{2}{x^2} \left[1 - \exp(-x) + \frac{u_0^3}{2x} \left(\frac{3}{2} - \exp(-x) \right) \left(1 + \frac{1}{2} \exp(-x) + xEi(-x) - Ei(-2x) \right) \right]$$

Турбулент оқими учун (уюрма жгут йўқ бўлганда)

$$u_z(z, r)|_{z \gg R} = (1 + \sqrt{2\lambda})(1 - r^2) + \sqrt{32\lambda} r^2 - \frac{1}{x} \sqrt{\frac{\lambda}{8}} r^2 \ln r \quad (12)$$

Радиал тезлик узлуксизлик тенгламасидан ушбу тенглик билан аниқланади:

$$u_r(z, r) = \frac{1}{r} \int_r^1 \frac{\partial u_z}{\partial z} r dr \quad (13)$$

Кейинчалик сув ташлагич берилган геометрик параметрларида босим ва солиштирма энергиянинг тарқалишлари аниқланган:

$$\Pi = zi - r\sqrt{1-i^2} \cos \theta \quad (14)$$

бу ерда: i –нишаблик.

Масалан, ламинар режим учун босим тарқалиши қуйидаги тенглик билан аниқланади:

$$P_z = \frac{ri}{Rr}(z-l) - \frac{16}{Re}(z-l) + u_0^2 \ln \frac{z}{l} \quad (15)$$

Солиштирма энергия тарқалиши кириш кесимидаги ўртача ўқий тезлик бўйича олинган босимга нисбатан ($\frac{1}{2} \rho V_0^2$) қуйидагича аниқланади:

$$E(z, r) = P(z, r) + [u_\theta^2(z, r) + u_z^2(z, r) + u_r^2(z, r)] \quad (16)$$

Ҳаво аралашган дисперс суюқлик учун қуйидаги тенгламага эга бўлдиқ:

$$\hat{u}_{ni\theta} \frac{\partial \hat{u}_{ni\theta}}{\partial z} = \frac{1}{Re_*} \left[\left(1 + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \right) \left(\frac{\partial^2 \hat{u}_{ni\theta}}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \hat{u}_{ni\theta}}{\partial r} \right) - \left(1 - \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \right) \frac{1}{r} \frac{\partial \hat{u}_{ni\theta}}{\partial r} \right]$$

$$2 \hat{u}_{ni\theta} \frac{\partial \hat{u}_{ni\theta}}{\partial z} + \frac{\partial^2 \hat{u}_{ni\theta}}{\partial r \partial z} = \frac{1}{\text{Re}_*} \left\{ \frac{\partial}{\partial r} \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial \hat{u}_{ni\theta}}{\partial r} \right) \right] + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} r \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial \hat{u}_{ni\theta}}{\partial r} \right) \right\} \quad (17)$$

(7) формуладаги каби автомобиль кайта шаклланиши кўйилади:
 $y = \frac{\text{Re}_* \hat{r}^2}{4 \hat{z}} = \frac{(f_1 + \hat{\rho} f_2 V_2) \text{Re} r^2}{(f_1 + \hat{\rho} f_2 v_2) 4z}$. У ҳолда (17) тенглама дисперс суюқлик тезлиги векторининг компонентлари (тангенциал ва ўқий компонентлари) учун $u_{cm\theta}$ ва u_{cmz} оддий дифференциал тенгламага келтирилади:

$$(1 - \varepsilon^*) \frac{d\hat{u}_{ni\theta}}{dy} + \frac{d}{dy} \left(y \frac{d\hat{u}_{ni\theta}}{dy} \right) = 0 \quad (18)$$

$$-y \left[\hat{u}_{ni\theta} \frac{d\hat{u}_{ni\theta}}{dy} + \frac{d}{dy} \left(y \frac{d\hat{u}_{ni\theta}}{dy} \right) \right] = \frac{d}{dy} \left[y \frac{d}{dy} \left(y \frac{d\hat{u}_{ni\theta}}{dy} \right) + \left(1 + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \right) \frac{d}{dy} \left(y \frac{d}{dy} \left(y \frac{d\hat{u}_{ni\theta}}{dy} \right) \right) \right] \quad (19)$$

бунда $\varepsilon^* = \frac{\varepsilon_t}{1 + \varepsilon_t} \hat{u}_{z0}$. (18) тенглама ечимини проф.А.А.Янгиев куйидаги

кўринишда ифодалаган:

бунда айланма тезлик:

$$u_{n\theta} = \frac{\Gamma_{n0}}{r} \left(\text{erf}(\sqrt{y}) - \frac{2\sqrt{y}e^{-y}}{\sqrt{\pi}} \right), \quad u_\theta = \frac{f_1 u_{1\theta} + \hat{\rho} f_2 u_{2\theta}}{f_1 + \hat{\rho} f_2} \quad (20)$$

(19) тенглама ечимини проф.А.А.Янгиев томонидан ўқий тезлик учун куйидаги кўринишга эга бўлган:

$$\begin{aligned} u_{nz} = & \frac{1 - r_0^2}{x_t^2 (1 - r_z^2)} \left\{ 1 - (1 + D \sqrt{\frac{\lambda}{8}}) [\exp(-x_t) - \exp(-x_t r_z^2)] + x_t (1 - r_z^2) \exp(-x_t r_z^2) \right\} + \\ & + \beta \sqrt{\frac{\lambda}{8}} [(1 + x_t) \exp(-x_t) - (1 + x_t r_z^2) \exp(-x_t r_z^2)] - \frac{1}{2\chi} \sqrt{\frac{\lambda}{8}} [\exp(-x_t) - \\ & - \exp(-x_t r_z^2) - 2(1 + x_t r_z^2) \exp(-x_t r_z^2) \ln(r_z) - Ei(-x_t) + Ei(-x_t r_z^2)] - \\ & - \frac{\exp(-x_t) - \exp(-x_t r_z^2)}{x_t (1 - r_z^2)} - \exp(-y_t) (1 - (1 - r_0^2) [(1 + D \sqrt{\frac{\lambda}{8}}) (1 - r^2) + \beta \sqrt{\frac{\lambda}{8}} r^2 - \\ & - \frac{1}{\chi} \sqrt{\frac{\lambda}{8}} r^2 \ln r]) \left\{ \frac{4}{\pi} [(1 + x_t) \exp(-x_t) - (1 + x_t r_z^2) \exp(-x_t r_z^2)] - \right. \\ & - \frac{2}{\pi} [\exp(-2x_t) - \exp(-2x_t r_z^2)] - (1 + \frac{1}{\pi}) \exp(-x_t) [2 - \exp(-x_t) + 2 \ln(x_t) - 2Ei(-x_t)] + \\ & + (1 + \frac{1}{\pi}) \exp(-x_t r_z^2) [2 - \exp(-x_t r_z^2) + 2 \ln(x_t r_z^2) - 2Ei(-x_t r_z^2)] + \\ & + [3 + \frac{2}{\pi} - 2x_t (1 + \frac{1}{\pi})] [Ei(-x_t) - Ei(-2x_t)] - [3 + \frac{2}{\pi} - 2x_t r_z^2 (1 + \frac{1}{\pi})] [Ei(-x_t r_z^2) - Ei(-2x_t r_z^2)] + \\ & + \exp(-x_t r_z^2) [Ei(x_t) - 2 \ln(x_t) + Ei(-x_t)] - \exp(-x_t r_z^2) [Ei(x_t r_z^2) - 2 \ln(x_t r_z^2) + Ei(-x_t r_z^2)] \left\} - \\ & - \frac{\Gamma_{n0}^2}{2r^2} [1 - \exp(-y)] + \frac{2\Gamma_{n0}^2}{\pi} x_t \exp(-y_t) [y_t - \exp(-y_t)] + \Gamma_{n0}^2 x_t (1 + \frac{1}{\pi}) [Ei(-y_t) - Ei(-2y_t)] - \\ & - \Gamma_{n0}^2 x_t \exp(-y_t) (1 + \frac{1}{\pi}) [\ln(y_t) - Ei(-y_t)] + \frac{\Gamma_{n0}^2}{2} x_t \exp(-y_t) [Ei(y_t) - 2 \ln(y_t) + Ei(-y_t)] \end{aligned} \quad (21)$$

Босимнинг тарқалиши проф.А.А.Янгиев бўйича куйидагича:

$$p = p_0 + \frac{V_{10}^2 + V_{20}^2}{2} - \frac{1}{2} \frac{f_1 V_1^2 + \hat{\rho} f_2 V_2^2}{f_1 + \hat{\rho} f_2} \quad (22)$$

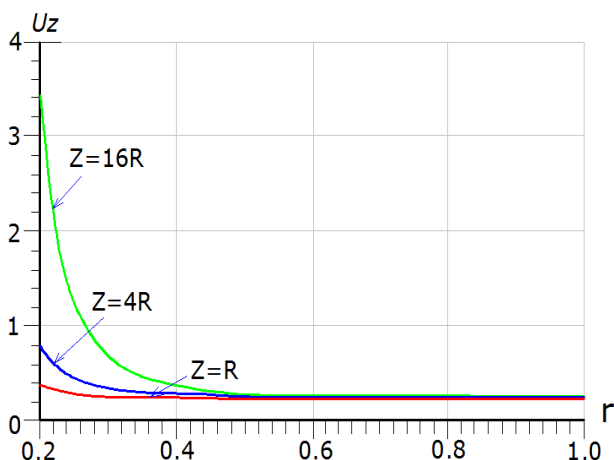
Солиштирма энергиянинг тарқалиши эса проф.А.А.Янгиев бўйича ушбу тенглик билан аниқланади

$$e(\hat{r}, \hat{z}) = \frac{1}{\hat{\rho}} p(\hat{r}, \hat{z}) + \frac{1}{f_1(f_1 + \hat{\rho} f_2)} u_{1z}^2 + \frac{1}{f_2(f_1 + \hat{\rho} f_2)} u_{2z}^2 + \frac{1}{f_1(f_1 + \hat{\rho} f_2)} u_{1\theta}^2 + \frac{1}{f_2(f_1 + \hat{\rho} f_2)} u_{2\theta}^2 \quad (23)$$

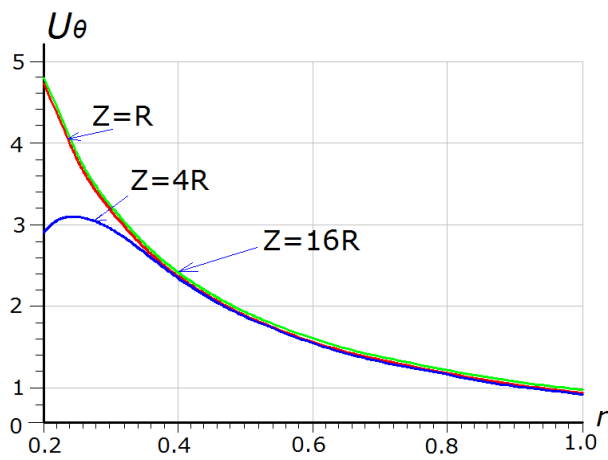
бу ерда: $\rho = \rho_1 + \rho_2 = \rho_{1i}(f_1 + \hat{\rho} f_2), \hat{\rho} = \frac{\rho_{2i}}{\rho_{1i}}$

Бўлимда цилиндрик қувурдаги тезликлар, босим, солиштирма энергиялар тарқалиши таҳлили назарий боғланишлар бўйича келтирилган.

Диссертациянинг «Уюрма шахтали сув ташлагичлардаги конфузор участкасининг гидравлик ҳисоби» деб номланган учинчи бобида, конфузор қисм учун ўқий ва тангенциал тезликлар юқоридаги тенгламалар ёрдамида конус бурчагини ҳисобга олган ҳолда аниқланди ва бурама оқим қалинлигининг исталган нуқтасидаги радиус конфузорнинг конус бурчаги орқали аниқланди, яъни $R_1 = R/\cos\varphi, R_2 = R/\cos\varphi$. Ҳар хил конуслилик бурчакли конфузор узунлиги бўйича ўқий ва тангенциал тезликларнинг тарқалишини ҳисоблаш учун ҳисоблаш дастури ишлаб чиқилган. 1 ва 2 - расмлар бурама оқимнинг ўқий ва тангенциал тезликлари тақсимланиши конфузорнинг конуслилик бурчаги 60° бўлганда ва унинг узунлиқларининг қувур радиусига нисбати 1,4,16 ҳамда Рейнолдс сони $Re = 6,5 \cdot 10^4$ га тенг бўлганда кўрсатилган.



1 - расм. Бурама оқимдаги ўқий тезликларнинг конуслилик 60° бурчагида конфузор узунлиги бўйлаб тақсимланиши

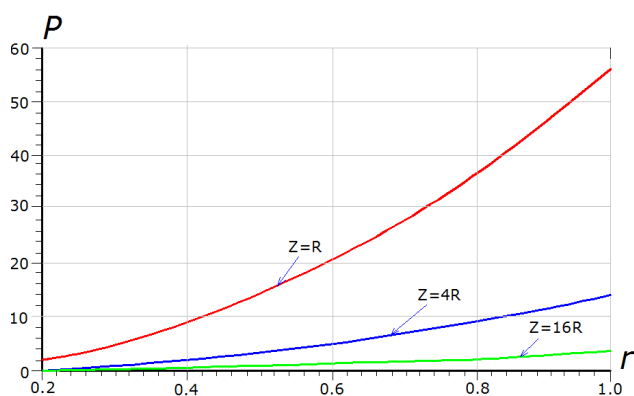


2 - расм. Бурама оқимдаги тангенциал тезликларнинг конуслилик 60° бурчагида конфузор узунлиги бўйлаб тақсимланиши

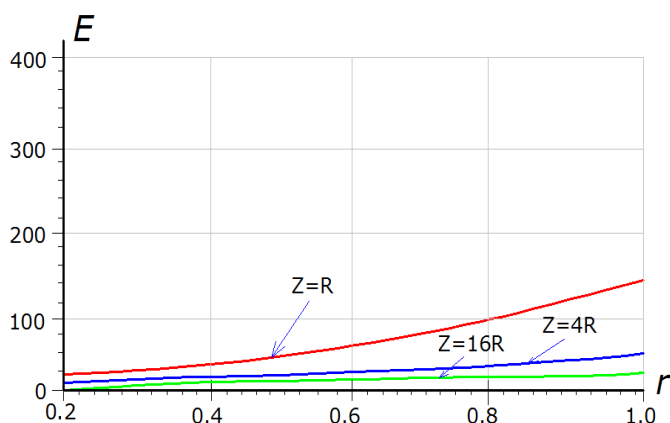
График материалдан шуни таъкидлаш керакки, тангенциал тезликлар тақсимотига кўра, конфузор бошида босимнинг ошиши билан тангенциал тезликларнинг қийматлари ошиши кузатилади, кейин конфузор узунлиги бўйлаб тангенциал тезликларнинг кескин пасайиши ва ўқий тезликларнинг ўсиши кузатилади, бу қонуният экспериментал натижалар билан тўғри келмоқда. Цилиндрда бўлгани каби 0,2 r... 0,3 r радиусда тангенциал тезликлар

максимал қийматга эга бўлади, сўнгра марказий ўқий зонада жадал тушиш ва радиус бўйлаб деворга тезликни силлиқ тушиши кузатилади. Шунини таъкидлаш керакки, қувур бошида конфузур элементни қўллаш уярма сув ташлагич бурама мосламасининг кавитациясиз ишлашига имкон беради. Аэрацияли бурама оқимдаги тангенциал тезликлар қийматлари аэроциясиз оқим қийматидан каттароқдир. Шунинг учун, ҳаво тортиш тезлигининг ошиши билан тангенциал тезликларнинг ошиши ҳамда девор яқинида босимнинг ошиши кузатилади. Ўқий тезликларнинг тақсимланиши графиги шунини кўрсатадики, конфузур узунлиги бўйича цилиндрга нисбатан уларнинг қиймати кескин ошиб боради ҳамда бурчани бурчагининг кескин камайишига ва қисқа масофада оқим энергиясининг сўнишига олиб келади.

Конфузур қисм учун босим ва солиштирма энергиянинг юқоридаги тенгламалар ёрдамида конуслилик бурчаги ҳисобга олинган ҳолда аниқланади ва бурама оқим қалинлигининг исталган нуқтасидаги радиус конфузурнинг конуслилик бурчагига тўғри келади, чунки $R_1=R/\cos\varphi$, $R_2=R/\cos\varphi$. Дастурда, босим ва солиштирма энергиянинг бурама оқимда турли конуслиликнинг бурчакларидаги конфузур узунлиги бўйлаб тақсимланиш графикларини кўрдик. 3 ва 4 - расмлар бурама оқимнинг босим ва солиштирма энергиянинг конуслилик 60° бурчагида конфузур узунлиги бўйлаб тақсимланишини кўрсатади.



3 - расм. Бурама оқимдаги босимнинг конуслилик 60° бурчагида конфузур узунлиги бўйлаб тақсимланиши

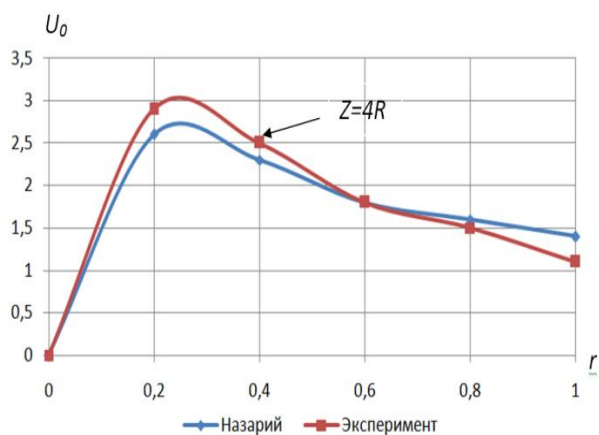


4 - расм. Бурама оқимдаги солиштирма энергиянинг конуслилик 60° бурчагида конфузур узунлиги бўйлаб тақсимланиши

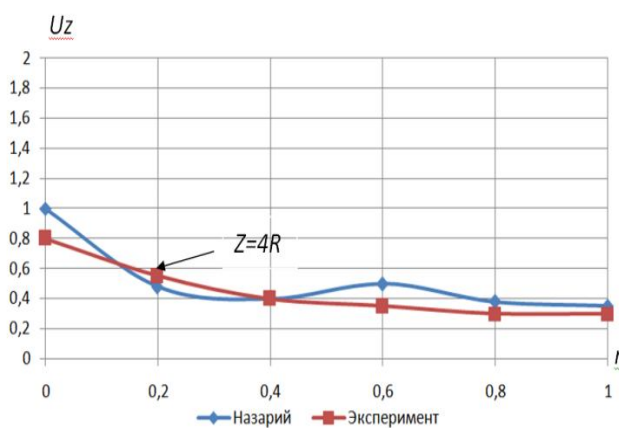
Қувурнинг кесим ва диаметрлар ва 1,4,16 радиусда жойлашганлиги бўйича ҳисоблар бажарилган, қувур бошланиш қисмида Рейнолдс сони $Re = 6,5 \cdot 10^4$ га тенг. График материалдан шунини таъкидлаш керакки, солиштирма энергиянинг тақсимотига кўра, конфузур бошида босимнинг ошиши билан солиштирма энергия қийматлари ошиши кузатилади, кейин конфузур узунлиги бўйлаб ҳаракатланиш тез пасаяди, шунинг учун солиштирма энергия ва босимнинг ўсиши кузатилади бу экспериментал натижаларига тўғри келмоқда. Цилиндрда бўлгани каби 0,2 r... 0,3 r радиусда максимал тангенциал тезликлар бўлади, сўнгра марказий ўқи зонада жадал кучланиш ва радиус бўйлаб деворга тезликни юмшоқроқ тушиши кузатилади.

Шуни таъкидлаш керакки, конфузур қисмдан фойдаланиш кавитациясиз уюрманинг ишлашига имкон беради. Аэрацияли бурама оқимдаги босим ва солиштирма энергия қийматлари аэроциясиз оқим қийматидан каттароқдир. Шунинг учун, ҳаво тортиш тезлигининг ошиши билан, девор яқинидаги босим туннель деворининг кавитациясининг хавфсизлигини оширади. Тақсимланиш графиги ўқи тезлик таркибий қисмининг радиус функцияси ва масофа кириш кесимидан шуни кўрсатадики, $r \rightarrow 1$ (кувур деворлари яқинида) кириш кесимида масофа ошиб борганда, босим ва солиштирма энергиянинг аста-секин кувурнинг узунлиги бўйлаб ўсиб боради. Цилиндрга нисбатан конфузур узунлиги бўйлаб босим ва солиштирма энергия кескин кўтарилади, бу эса оқимнинг пасайишига олиб келади, шунинг учун оқим энергияси экспериментал натижаларга мос келадиган туннельнинг қисқа қисмида сўндирилади.

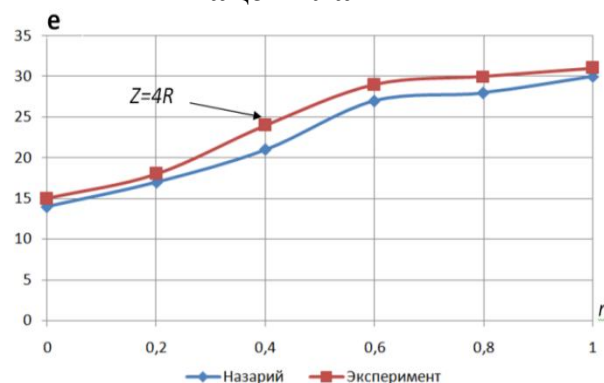
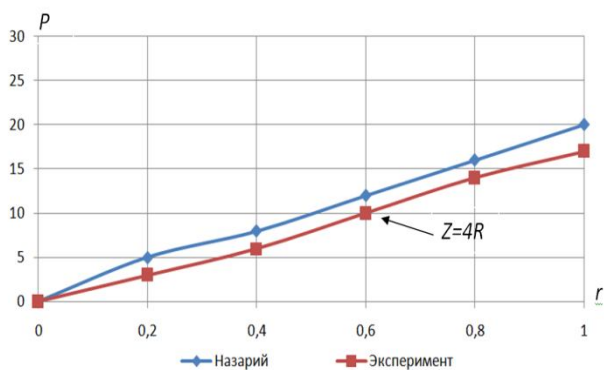
Конфузур участкада бурама оқимда тезликлар, босим, солиштирма энергия тарқалишининг назарий ва экспериментал натижаларини солиштириш 5, 6, 7, 8 - расмларда ҳаво билан аэрация шароитида бурама оқим учун тангенциал ва ўқий тезликлар, босим ва солиштирма энергия тарқалишининг назарий (муаллифнинг ҳисобланган боғлиқлик графиги) ва экспериментал ҳисобларини конфузурнинг $Z=4R$ узунлигида таққослаш кўрсатилган. Ҳисоблаш натижалари экспериментал маълумотлар билан яхши мос келишини кўриш мумкин. Кичик хатоликлар, бурама қурилмасида тангенциал уярма ҳосил бўлишида бурама оқимнинг носимметрияси билан изоҳланади.



5-расм. Тангенциал тезликларнинг тақсимланиши



6-расм. Ўқи тезликларнинг тақсимланиши



7-расм. Босимнинг тақсимланиши

Юқорида кўраситилган назарий ва экспериментал эгри чизиқлар қонуниятини ўхшаш ва миқдорий жиҳатдан ҳам кўп фарқ қилмайди.

Ҳаво концентрациясининг ортиши билан, юқорида айтиб ўтилганидек, буралиш бурчаклари ошади, шунинг учун деворлардаги тангенциал тезликлар ва босим ортади, бу эса туннель деворининг кавитация хавфсизлигини таъминлайди.

Диссертациянинг “Сув омборлари гидротехника иншоотларининг эксплуатация ишончилиги ва хавф тоифаси нормаларини баҳолаш” деб номланган тўртинчи бобида, Катта тўғонлар халқаро комиссияси конгрессининг 72-бюллетенида таклиф этилган (ICOLD 72) гидротехника иншоотларини хавфсизлигини баҳолаш усули бўйича қуйидаги жадвалларда тадқиқот қилинган сел-сув омборларининг хавфсизлигини баҳолаш тоифалари келтирилган.

1-жадвал.

ГТИни хавфсизлигини баҳолашнинг таснифланиш омиллари ва баллари

Таснифланиш (классификация)га асос бўлиб хизмат қилувчи омиллари				
Таснифланиш омиллари				
Ҳажм, (млн.м ³)	>120	120 – 1	1 – 0,1	<0,1
	(6)	(4)	(2)	(0)
Тўғон баландлиги, (м)	>45	45 – 30	30 – 15	<15
	(6)	(4)	(2)	(0)
Аҳоли эвакуацияси (одамлар сони)	>1000	1000 – 100	100 – 1	-
	(12)	(8)	(4)	(0)
Пастки бьефдаги потенциал зарар	юқори	ўрта	паст	-
	(12)	(8)	(4)	(0)

Сув омбори иншоотлари характеристисидан келиб чиқиб, конгресс тавсияларига мувофиқ аниқланган сув омборлари баллари 2, 3 ва 4 – жадвалларга кўра қуйидаги кўринишга эга бўлади.

2 – жадвал.

Қалқам сел-сув омборининг параметрлари ва баллари.

№	Параметрлар	Катталиқ	Баллар
1	Ҳажм, (млн.м ³)	12	4
2	Тўғон баландлиги, м.	21	2
3	Аҳоли эвакуацияси (одамлар сони)	>1000	12
4	Пастки бьефдаги потенциал зарар	Ўрта	8
Жами			26

3 – жадвал.

Қизилсув сел-сув омборининг параметрлари ва баллари.

№	Параметрлар	Катталиқ	Баллар
1	Ҳажм, (млн.м ³)	20.4	4
2	Тўғон баландлиги, м.	56	6
3	Аҳоли эвакуацияси (одамлар сони)	>1000	12

4	Пастки бьѐфдаги потенциал зарар	Ўрта	8
Жами			30

4 – жадвал.

Лангар сел-сув омборининг параметрлари ва баллари.

№	Параметрлар	Катталиқ	Баллар
1	Ҳажм, (млн.м ³)	7.35	4
2	Тўғон баландлиги, м.	34	4
3	Аҳоли эвакуацияси (одамлар сони)	>1000	12
4	Пастки бьѐфдаги потенциал зарар	Ўрта	8
Жами			28

5-жадвал.

Тўғон тоифасини аниқлаш

Таснифланиш омиллари йиғиндиси	Тўғон тоифаси
(0 – 6)	I
(7 – 18)	II
(19 – 30)	III
(31 – 36)	IV

Қашқадарё вилоятидаги сув омборлари яъни Қалқама, Қизилсув ва Лангар сел-сув омборлари Катта тўғонлар халқаро комиссияси конгрессининг 72-бюллетенида таклиф этилган (ICOLD 72) гидротехника иншоотларини хавфсизлигини баҳолаш усули бўйича III – категорияли иншоот экани аниқланди.

Сув омборлари хавфсизлигини баҳолаш бўйича тавсиялар:

1. Сув омборларида қуйидаги кўрсаткичлар таъминланганда **ишга лаёқатли (нормал) ҳолат** (ёки техник ҳолати ишончли ва бехатар ишлатилаётган) ҳисобланади:

- иншоотлар лойиҳа бўйича энг кўп (катастрофик) сув сарфини бемалол ўтказиш қобилиятига эга, бузулмаган, синмаган, ёрилмаган, чўкмаган бўлиши;

- тўғонлар лойиҳада кўзда тутилган сув босимини (напорини) ушлаб тура оладиган, босимли қиялиги қопламалари бузулмаган, шишиб чиқмаган, босимсиз қиялиги бузулмаган, сувни сизиб ўтиши белгилари бўлмаган;

- юқори бьѐфида дам (подпор) ҳосил бўлмайдиган, пастки ва юқори бьѐфларида энг кам ва энг кўп (катастрофик) сув сарфи оққанда ювилиш ва лойқа чўкиши бўлмайдиган;

- сув олиб келувчи ва сув олиб кетувчи каналларининг ўзанларини иншоотга туташ қисмлари бузулмаган, лойиҳада белгиланган энг кўп сув сарфини (лойқа чўктирмасдан ва ўзанини ювдирмасдан) ўтказадиган, ўзанлар билан туташ қисмларидаги қопламалари бузулмаган, синмаган бўлиши;

- гидромеханика (затворлари, уларни кўтаргичлари ва б.ш.ў.) ускуналари коррозияга учрамаган, чиримаган, деформацияланмаган зичламалар бутун, сув ўтказмаслик ҳолатига эгаллиги, кўтаргичлари ёғланган ва осон ҳамда тез бошқариладиган.

2. Сув омборларида қуйидаги кўрсаткичлар юзага келганда **хавфсизлиги пасайган ҳолат** ҳисобланади:

- тўғонлар лойиҳада кўзда тутилган сув босимини (напорини) ушлаб тура оладиган, босимли қиялиги қопламалари ёки чокларидаги қопламалар бузулган, шишиб чиқган, босимсиз қиялиги бузулган, сувни сизиб ўтиши белгилари пайдо бўлган;

- сув олиб келувчи ва сув олиб кетувчи каналларининг ўзанлари емирилган ёки лойиқага чўкган, тўғонни ўзанлар билан туташ қисмларидаги қопламалари бузулган, синган, лекин иншоотга туташ қисмлари бузулмаган бўлиши;

- гидромеханика (затворлари, уларни кўтаргичлари ва б.ш.ў.) ускуналари бир мунча коррозияга учраган, зичламалар емирилган ва сув ўтказиш ҳолати юзага келган, кўтаргичлар ёғланмаган.

3. Сув омборларида қуйидаги кўрсаткичлар юзага келганда **хавфсизликни қониқарсиз ҳолати** ҳисобланади:

- иншоотлар лойиҳа бўйича энг кўп (катастрофик) сув сарфини бемалол ўтказиш қобилиятига эга бўлмаган, бузулган, синган, ёрилган, чўкган бўлиши, сув ташлаш, сув бўшатиш, сув ўтказиш ва сув чиқариш иншоотларида музларни, шовушларни ва кўқимларни туриб қолиши, тикилиши;

- тўғонлар лойиҳада кўзда тутилган сув босимини (напорини) ушлаб тура оладиган, босимли қиялиги қопламалари бузулган, шишиб чиқган, босимсиз қиялиги бузулган, ҳўл доғ, сувни сизиб ўтиши, оқиб ўтиш, тешик, грифон белгилари бўлган, иншоотларнинг бетонли қисмларида коррозияларни юзага келиши;

- юқори бьефида дам (подпор) ҳосил бўладиган, пастки ва юқори бьефларида энг кам ва энг кўп (катастрофик) сув сарфи оққанда ювилиш ва лойқа чўкиш ҳолати бўлиши;

4. Сув омборларида қуйидаги омиллар юзага келганда **хавфсизликни критик ҳолати** ҳисобланади:

- конструкцияларни ва заминни мустаҳкамлигини ва чидамлилигини пасайиш жараёнларини ривожланиш шароитларини юзага келиши, хавфсизлик мезонларининг йўл қўйиладиган кўрсаткичларидан ортиши натижасида қисман ишга лаёқатсиз ҳолатдан ишга тўла лаёқатсиз ҳолатга ўтиши билан боғлиқ сув омборининг хавфсизлиги даражаси;

- бу ҳолатдан кейин ўз вазифасига кўра объектнинг ишлатишга йўл қўйилмаслиги ёки мақсадга мувофиқ эмаслиги нуқтаи-назаридан сув омбори иншоотларининг ресурс тугаганлигини белгиловчи чегаравий ҳолат.

Хулосалар

“Юқори босимли сув омборли гидроузеллар сув ташлама иншоотларида оқим энергиясини сўндириш даражаси ва хавф тоифаси нормасини баҳолаш” мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Назарий ва модели тадқиқотлар ва уларнинг ишончилигини баҳолаш асосида ҳаво тартиб олиш шароитида тангенциал уюрмали сув ташламаларни ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш долзарб муаммо ҳисобланади.

Хусусан, сув олиб кетувчи туннелдаги конфузор қисмини математик ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш муҳим масала ҳисобланади.

2. Назарий тадқиқотлар асосида уярма шахтали сув ташлагич сув олиб кетувчи туннели цилиндрсимон шаклида бўлган ҳол учун шахтадан ҳаво тортилиши шароитида дисперс бурама оқим характеристикалари ҳамда бурама оқимдаги тезликлар, босим ва энегияларни ҳисобаш усуллари таҳлил қилиб чиқилди.

3. Таҳлил қилинган аналитик ҳисоблаш усулидан уюрмали сув ташлаш иншоотларини лойиҳалашда фойдаланиш учун мумкинлиги ўрганилиб чиқилди. Бу усулда оқим таркибини тез ва аниқ таҳлил қилиш ва юқори босимли уюрмали сув ташлаш иншоотларининг гидравлик хусусиятларини аниқлаш мумкин.

4. Уюрмали сув ташламалар сув олиб кетувчи туннелида конфузор қисмини ишлатиш тангенциал буровчи мосламанинг кавитациясиз ишлашини таъминлайди. Конфузор узунлиги бўйича ўқий тезликнинг ошиши ва айланма тезликнинг камайиши кузатилади. Конфузор сўндиргич камерасига туташгани туфайли сув олиб кетувчи туннелининг қисқа узунлигида оқим энергиясининг сўндирилиши таъминланади.

5. Уюрмали сув ташламанинг конфузор қисмида аэрацияли бурама оқимни ҳисоблаш учун аналитик усул ишлаб чиқилди. Бу усул конфузор узунлиги бўйича тезликлар, босим ва энергия тарқалишини аниқлашга имкон беради. Конфузор узунлиги бўйича тезликлар, босим ва энергия тақсимланиши назарий ва экспериментал солиштирганда, уларнинг ҳаққонийлиги исботланди.

6. Конфузор узунлиги бўйича тезликлар, босим ва энергия тарқалишини аниқлаш учун компьютер дастурлари ишлаб чиқилган (№DGU 05909, №DGU 05911). Ишлаб чиқилган компьютер дастури орқали уярма сув ташлагичлар сув олиб кетувчи туннелининг лойиҳавий ўлчамларини билган ҳолда конфузорнинг характерли кесимларида тезликлар, босим ва энергия тақсимланишини тезкор аниқ ҳисоблаш мумкин.

7. Гидротехника иншоотлари ҳавфсизлиги бўйича хорижий давлатлар тажрибаси таҳлил қилинди. Сув омборларидан фойдаланиш жараёнида ҳавфсизлик омилларига эътибор қаратилмаслик уларнинг ишончлилиқ даражасининг пасайишига олиб келади. Мазкур ҳодисанинг асосий сабабчиси сифатида фойдаланиб келинаётган сув омборларининг ҳавфсизлик категорияларини баҳолаш нормаларининг мавжуд эмаслигидир.

8. Сув омборларининг ҳавфсизлик категорияларини баҳолаш учун уларга таъсир қилувчи асосий омиллар ва сув омборларининг ҳавфсизлигини ошириш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилди.

9. Республикамизда фойдаланиб келинаётган Қалама, Лангар ва Қизилсув сел-сув омборларида дала кузатувишлари олиб борилди ва уларнинг техник ҳолати ўрганилди. Юқоридаги сел-сув омборларининг ҳавф категориялари баллиқ тизимида баҳоланди. Сел-сув омборлари ҳавфсизлиги Катта тўғонлар халқаро комиссияси конгрессининг 72-бюллетенида таклиф этилган (ICOLD 72) гидротехника иншоотларини ҳавфсизлигини баҳолаш усули бўйича III – категорияли иншоот экани аниқланди.

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

**ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И
МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

АДЖИМУРАТОВ ДИЛМУРАТ СЕРИКХАНОВИЧ

**“ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ГАШЕНИЯ ЭНЕРГИИ И НОРМ КАТЕГОРИИ
РИСКА ВОДОСБРОСНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВЫСОКОНАПОРНЫХ
ВОДОХРАНИЛИЩНЫХ ГИДРОУЗЛОВ”**

05.09.06-Гидротехническое и мелиоративное строительство

**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 № В2020.2.PhD/T1665

Диссертация выполнена в Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

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

Научный руководитель:

Янгиев Асрор Абдихамидович
доктор технических наук, профессор

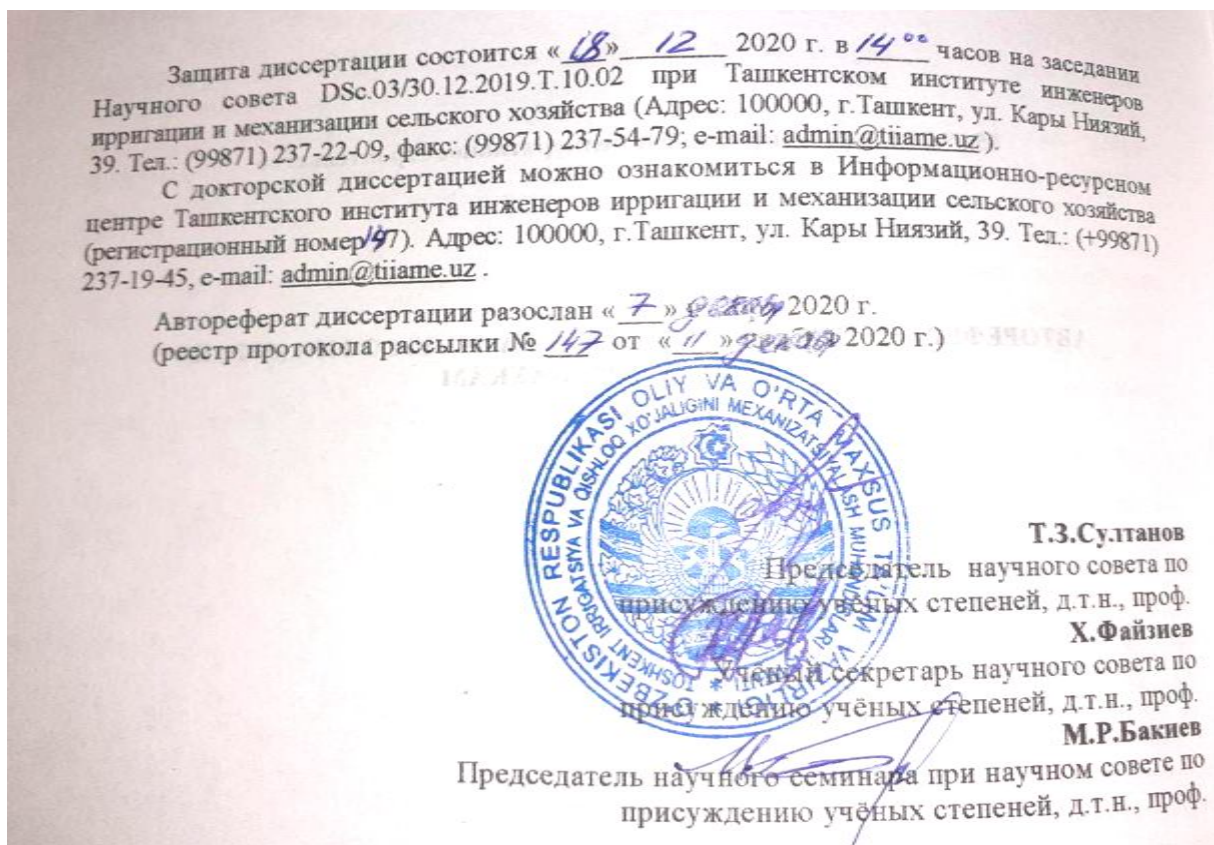
Официальные оппоненты:

Бозоров Дилшод Раимович
доктор технических наук, профессор

Хамдамов Бекмамат
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация:

Ташкентский архитектурно-строительный институт



ВВЕДЕНИЕ (Аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В последние годы в мире ежегодно происходит много аварий на гидротехнических сооружениях, 35% из которых вызваны переливами воды через гребень плотины водохранилища и техническими отказами водосбросных сооружений. Многие аварии на плотинах произошли в США, Франции, Италии, Бразилии, Южной Корее и других странах. В мире ведется большая работа по обоснованию надежной и безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений и совершенствованию их методов расчета. В связи с этим, достигнуты определенные успехи в развитых странах, в том числе в США, Франции, Италии, Японии, Германии, т.е. уделяется особое внимание обеспечению надежной и безопасной эксплуатации, использованию закрученных потоков в проектировании и строительстве высоконапорных гидротехнических сооружений.

В мире особое внимание уделяется целенаправленным научным исследованиям на совершенствовании конструкций водосбросных сооружений с целью гашения избыточной энергии потока внутри отводящей трубы и защиты её от кавитационных разрушений, а также пропуска катастрофических расходов. В связи с этим, одной из важных задач является совершенствование конструкций отводящего туннеля вихревого шахтного водосборного сооружения в условиях воздухозахвата, разработка математической модели дисперсной смеси в различных конструкциях, компьютерных программ для расчета распределения скоростей, давления, удельной энергии в закрученном потоке.

В настоящее время в республике проводятся масштабные мероприятия по совершенствованию конструкции гидротехнических сооружений, обеспечению их надежной и безопасной эксплуатации, улучшению пропускной способности и режима работы водосбросных сооружений, совершенствованию их эффективных механизмов работы. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы определена задача "... дальнейшее развитие мелиорации и ирригационных объектов для повышения конкурентоспособности национальной экономики¹". Осуществление этих задач, в том числе совершенствование конструкции отводящего туннеля вихревого шахтного водосборного сооружения в условиях воздухозахвата, разработка математической модели дисперсной смеси в различных конструкциях являются одной из особых задач.

Данное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в законах Республики Узбекистан «О воде и водопользовании» (1993) и «О безопасности гидротехнических сооружений» (1999), в Указе Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», в Постановлении Президента Республики Узбекистан ПП-3286 от

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

25 сентября 2017 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы охраны водных объектов», в Постановлении Кабинета Министров Республики Узбекистан №13 от 21 января 2014 года «Об утверждении Программы по стабилизированному и безопасному пропуску вод по водотокам Республики Узбекистан на 2014-2015 годы и на перспективу до 2020 года», а также в других нормативно-правовых документах, принятых по водохозяйственному направлению.

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологии республики VII–«Рациональное природопользование и экология».

Степень изученности проблемы. Совершенствование конструкций вихревого шахтного водосборного сооружения, структуры закрученного потока и методов гидравлического расчета вихревого шахтного водосборного сооружения исследовали К.Дриоли, М.Випарелли, М.Пик, Ф.Кнапп, Д.Жанпьерр и А.Лашаль, П.Акерс и Э.Крамп, Х. Стефан, А.Клейкшрот, Т.Х.Ахмедов, Х.П.Заиров, С.М. Слиский, Н.Н. Розановой, Н.Ханов и другие.

Исследования по созданию конструкции глубинных вихревых шахтных водосборных сооружений, совершенствованию методов гидравлического расчета и созданию математической модели были изучены рядом ученых и дали положительные результаты, в том числе Г.И. Кривченко, А.П. Мордасов, А.М. Темирханов, А.А. Зуйков Л.Л., Животовский Б.А., Гальперин Р.С., Розанова Н.Н., Цедров Г.Н. и другие. Кроме того, изучение структуры закрученных потоков проводились в основном для цилиндрических водоводов, в частности А.Я. Милович, Б.А.Пышкиным, К.С. Бекхол, А.Червинским, Н.А. Чигер, Б.А. Животовским, А.П. Мордасовым, В.В. Волшаник, И.С. Новиковой, Н.Н. Розановой, А.А.Янгиевым и другими, достигнуты определенные положительные результаты.

В настоящее время за рубежом и в республике имеется много предложений по гашению избыточной кинетической энергии в отводящем тракте. Увеличение потерь энергии было достигнуто за счет введения дополнительных сопротивлений в виде ряда диафрагм по длине отводящего тракта, предложенные С.А.Абелевым, схема последовательно установленных глубинных затворов в напорных водовыпусках является одним из наиболее эффективных методов гашения энергии. Однако, в настоящее время методы гидравлического расчета вихревых шахтных водосбросов требуют точности и в некоторых случаях, не позволяют получить ожидаемые результаты при проектировании таких сооружений. В существующих теоретических методах расчета, когда конструкция отводящего туннеля состоит из конфузора и камеры гашения в условиях воздухозахвата исследования не проводились.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках тем проектов научно-исследовательских работ №-2.8 «Совершенствование конструкций гидротехнических сооружений, разработка показателей их надежности и

безопасности, методов расчета и проектирования» (2016-2020 гг.) Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства; КХ-А-КХ-2018-281 «Разработка оценки категорий риска безопасности эксплуатируемых гидротехнических сооружений» (2018-2020 гг.) научно-исследовательского института ирригации и водных проблем.

Целью исследования является совершенствование теоретических методов расчета вихревых шахтных водосбросов с тангенциальными завихрителями, когда конструкция туннеля состоит из конфузора и камеры гашения энергии, а также оценка категории риска водохранилищ.

Задачи исследований:

разработка математической модели дисперсного закрученного потока в условиях воздухозахвата из шахты, когда конструкция туннеля состоит из конфузора и камеры гашения энергии;

определение распределения скоростей, давлений и удельной энергии закрученного потока в конфузоре в условиях воздухозахвата из шахты;

сопоставление экспериментальных и теоретических исследований распределения скоростей, давлений и удельной энергии закрученного потока в конфузоре в условиях воздухозахвата из шахты;

выявление факторов оценки категории риска в водохранилищах;

разработка рекомендаций по оценке категории риска в водохранилищах;

Объектами исследований являются высоконапорные шахтные водосбросы водохранилищных гидроузлов и эксплуатируемые водохранилища (Калкаминское, Лангарское и Кызылсувское селе-водохранилища).

Предметом исследований являются конфузор и камера гашения в отводящем туннеле вихревого шахтного водосброса, алгоритмы модели закрученного потока и факторы, влияющие на безопасность водохранилищ.

Методы исследований. В процессе исследований были использованы методы сопоставления математических экспериментов и теоретических результатов, создания компьютерной программы.

Научная новизна исследований:

разработана математическая модель дисперсного закрученного потока с учетом воздухозахвата из шахты, когда конструкция туннеля состоит из конфузора и камеры гашения энергии;

определено распределение скоростей, давлений и удельной энергии закрученного потока в конфузоре с учетом воздухозахвата из шахты;

выявлено влияние факторов для оценки категории риска в водохранилищах;

разработаны рекомендации по оценке безопасности водохранилищ с учетом категории риска.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

определено распределение эпюр скоростей, давления и удельной энергии закрученного потока в конфузоре в условиях воздухозахвата из шахты;

разработаны математическая модель и компьютерная программа по расчету распределения скоростей, давлений и удельной энергии закрученного

потока в конфузоре что позволяет оценить условия кавитации и толщину стенки туннеля; (№ DGU 05909, № DGU 05911);

разработанные факторы, влияющие на категорию риска в водохранилищах, позволяют оценить их безопасность;

разработанные рекомендации по оценке безопасности с учетом категории риска в водохранилищах, обеспечивают их безопасную и надежную эксплуатацию.

Достоверность результатов исследований. Достоверность результатов исследований обосновывается тем, что разработка теоретических решений основана на общепринятых гидравлических законах и апробированных математических методах, сравнением теоретических и экспериментальных результатов.

Научная и практическая значимость результатов исследований.

Научная значимость результатов исследований заключается в разработке математической модели для участка конфузора в отводящем туннеле вихревого шахтного водосброса, а также усовершенствование метода расчета конфузора.

Практическая значимость результатов исследования заключается в возможности использования математической модели, усовершенствовании метода гидравлического расчета при проектировании конфузора вихревого шахтного водосброса, в возможности практического применения компьютерных программ.

Внедрение результатов исследований. На основе совершенствования метода гидравлического расчета конфузора в отводящем туннеле водосбросных сооружений водохранилищного гидроузла и разработки рекомендаций по безопасности водохранилищ:

разработанная математическая модель дисперсного закрученного потока с учетом воздухозахвата из шахты, когда конструкция туннеля состоит из конфузора и камеры гашения энергии внедрена в ГУП «Водпроект» при Министерстве водного хозяйства в проекте реконструкции гашения энергии водосбросного тракта Карманинского гидроузла (Справка Министерства водного хозяйства от 30 октября 2020г. №04/20-3244). В результате создана возможность надежной и безопасной эксплуатации водосброса гидроузла;

распределение скоростей, давлений и удельной энергии закрученного потока в конфузоре с учетом воздухозахвата из шахты внедрено в ГУП «Водпроект» при Министерстве водного хозяйства в проект реконструкции гашения энергии водосбросного тракта Карманинского гидроузла (Справка Министерстве водного хозяйства от 30 октября 2020г. №04/20-3244). В результате создана возможность оценки распределения скоростей, давления и удельной энергии на основе компьютерного программирования на выбранных сечениях водосбросного сооружения;

рекомендации, разработанные для оценки безопасности с учетом категории риска в водохранилищах, внедрены в управлении эксплуатации водохранилищ Кашдаринской области на Лангарском, Кызылсувском и Калкаминском водохранилищах при Министерстве водного хозяйства. (Справка Министерства водного хозяйства от 30 октября 2020 г. №04/20-3244).

В результате оценены категории риска Лангарского, Кызылсувского и Калкаминского водохранилищ и созданы возможности для их безопасной и надежной эксплуатации.

Апробация результатов исследований. Результаты исследований обсуждены на 4 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследований. По теме диссертации опубликовано 16 научных работ, из них в научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной Комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций доктора философии (PhD) 8, в том числе 2 на базе Scopus, 2 удостоверения на расчетные программы, 2 рекомендации.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы, списка условных обозначений. Объём диссертации составляет 118 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении диссертации приводятся актуальность и востребованность выполненных исследований, сформулированы цели и задачи, характеризуются объект и предмет исследований, соответствие работы приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и научно-практическая значимость и достоверность полученных результатов, внедрение их в производство, апробации результатов работы и структура диссертации.

В первой главе диссертации под названием «Современные методы гашения энергии потоков в высоконапорных туннельных водосбросах» приведен обзор литературы по современным методам гашения энергии в высоконапорных туннельных водосбросах. Анализируется современное состояние изученности вопроса о движении закрученных потоков в отводящем тракте водосбросного сооружения, вопросы гидравлических расчетов вихревого водосброса, основные характеристики закрученных потоков.

В настоящее время известно много предложений по гашению избыточной кинетической энергии в пределах водосбросного тракта. Отмечено, что из всех перечисленных в научных работах способов гашения энергии внимания заслуживают водосбросы с закруткой потока, так как они позволяют обеспечить интенсивное гашение кинетической энергии высокоскоростного потока и повышение давления на стенки водовода, что уменьшает опасность кавитации при обтекании облицовки туннеля потоком. При этом исследованы водосбросные системы с регулирующим вихревым затвором, выполненным по типу направляющего аппарата гидротурбины. Однако, несмотря на достоинства водосброса с вихревыми затворами, подтвержденные модельными исследованиями, ввиду сложности изготовления и эксплуатации вихревого затвора водосбросы с данным завихрителем потока пока не внедрены в практику.

Существует ряд предложений по использованию других типов закручивающих устройств, например, в «Мосгидросталь» предложили

водосброс с закруткой потока, оснащенные обычными затворами выпускаемые заводами конструкций. Исследования показали, что предполагаемая водосбросная система позволяет осуществить гашение значительной части энергии потока в камере гашения небольшой длины и улучшить кавитационно-динамические условия в проточном тракте. Однако, конструктивная сложность системы ограничивает область ее применения.

Из анализа обзора следует, что почти все работы были посвящены изучению закрученного потока в цилиндрическом напорном водоводе без возможности доступа воздуха в ядро потока. При этом отмечалось, что для характеристики закрутки наиболее простым и достаточно надежным является интегральный параметр, представляющий собой отношение тангенциальной компоненты касательного напряжения τ_u к полному напряжению у стенки τ или, что практически одно и то же – отношение окружной скорости V_u к полной скорости V стенки:

$$\Pi = \frac{\tau_u}{\tau} = \frac{V_u}{V}, \quad (1)$$

В закрученном потоке существенное влияние на распределение скорости оказывает действие центробежных сил, которые зависят от закрутки потока и непрерывно изменяются по длине водовода.

В этой главе обосновано что, теоретические исследования, конструкции туннеля состоящей из конфузора и камеры гашения энергии не проводились.

Во второй главе диссертации под названием «Теоретические исследования движения дисперсного закрученного потока (аэрационного потока) в полуограниченной цилиндрической трубе» приводятся основные сведения о теоретических исследованиях движения дисперсной смеси аэрированного потока в полуограниченной цилиндрической трубе круглого поперечного сечения.

Рассмотрены ламинарный и турбулентный режимы движения частиц дисперсной смеси, имеющие место в высоконапорных водосбросах. Установлено, что имеет место механизм захвата воздуха потоком, приводящий к образованию трехслойного потока, состоящего из водной, водо-воздушной, воздушно-капельной смеси потока. Закрученный поток жидкости образуется завихрителем, расположенным вблизи полуограниченной цилиндрической круглой трубы, которая формирует местную закрутку потока, для смеси принята модель Х.А.Рахматулина.

С целью получения аналитического решения задачи о закрученном осесимметричном потоке несжимаемой смеси вязкой жидкости в полуограниченной трубе приведено уравнение Навье-Стокса в форме Громеко–Лэмба и уравнение неразрывности. Уравнения движения в Озееновом приближении записаны:

$$u_{nz} \frac{\partial u_{nz}}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_{ni}} \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{k}{\rho_1} (u_{pz} - u_{nz}) + v_n^* \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial u_{nz}}{\partial r} \right), \quad (2)$$

$$\frac{\partial u_{nz}}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (ru_{nr}) = 0, \quad \text{где: } v_i^* = \begin{cases} 0 - \ddot{i} = 1 \\ v_i - \ddot{i} = 2. \end{cases}$$

Тогда уравнение движения напишется в виде:

$$\begin{aligned} \frac{u_\theta^2}{r} &= Eu \frac{\partial p}{\partial r} + \frac{\partial}{\partial r} \left[\frac{(V')^2}{2} \right] - \frac{1}{Fr} \frac{\partial \Pi}{\partial r}; \\ u_z \frac{\partial u_z}{\partial z} &= -Eu \frac{\partial p}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial z} \left[\frac{(V')^2}{2} \right] + \frac{1}{Fr} \frac{\partial \Pi}{\partial z} + \frac{1}{\text{Re}} \left[\left(1 + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \right) \frac{\partial^2 u_z}{\partial r^2} + \left(1 - \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \right) \frac{1}{r} \frac{\partial u_z}{\partial r} \right], \\ \frac{\partial(ru_r)}{\partial r} + \frac{\partial(ru_z)}{\partial z} &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Введены функции Γ, Ω и Φ в виде:

$$\Gamma = ru_\theta, \quad \Omega = \frac{u_\theta}{r}, \quad \Phi = r \frac{\partial u_z}{\partial r} \quad (4)$$

Тогда уравнение (3) с учетом равенства (4) приводится к системе уравнений для определения циркуляции скорости Γ и функции радиального момента осевой скорости Φ относительно оси симметрии трубы:

$$\frac{\partial \Gamma}{\partial z} = \frac{1}{\text{Re}} \left[\left(1 + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \right) \left(\frac{\partial^2 \Gamma}{\partial r^2} - \frac{1}{r} \frac{\partial \Gamma}{\partial r} \right) - \frac{\varepsilon_t}{r\varepsilon} \frac{\partial \Gamma}{\partial r} \right] \quad (5)$$

$$2u_\theta \frac{\partial u_\theta}{\partial z} + \frac{\partial \Phi}{\partial z} = \frac{1}{\text{Re}} \left[\left(1 + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \right) \left(\frac{\partial^2 \Phi}{\partial r^2} - \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi}{\partial r} \right) - 2 \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial \Phi}{\partial r} - 2 \frac{\Phi}{r^2} \right) \right] \quad (6)$$

В систему уравнений (5) и (6) введены автомодельные преобразования в следующем виде: $y = \frac{\text{Re}r^2}{4z}$, $\Gamma = \Gamma(y)$, $\Phi = \Phi(y)$ или $y_t = \frac{\text{Re}_t r^2}{4z}$ (7)

где: Re и Re_t - число Рейнольдса в ламинарном и турбулентном режимах, определяемое как: $y_t = \frac{\text{Re}_t r^2}{4z} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon + \varepsilon_t} y$, $\text{Re}_t = \frac{\varepsilon}{\varepsilon + \varepsilon_t} \text{Re}$;

Для включенных функций $\Gamma(y)$, $\Phi(y)$ уравнения (5) и (6) сводятся к следующей системе уравнений:

$$\left(1 + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \right) \frac{d^2 \Gamma}{dy^2} + \left(1 - \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \frac{1}{2y} \right) \frac{d\Gamma}{dy} = 0; \quad \left(1 + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \right) \frac{d^2 \Phi}{dy_t^2} + \frac{d\Phi}{dy_t} - \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \frac{d}{dy} \left(\frac{\Phi}{y_t} \right) = -2u_\theta \frac{du_\theta}{dy_t} \quad (8)$$

При ламинарном закрученном потоке, когда $m=0$ решение (8) первой системы уравнений выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} m=0 & \quad u_\theta(r, z) = \frac{\Gamma_0}{r} [1 - \exp(-y)] \\ m=1 & \quad u_\theta(r, z) = u_0 [1 - \exp(-y)] \\ m=2 & \quad u_\theta(r, z) = \Omega_0 r [1 - \exp(-y)]; \quad u_\theta(r, z) = \Gamma_0 r^{m-1} [1 - \exp(-y)]; \end{aligned} \quad (9)$$

Для турбулентного потока:

$$u_\theta(r, z) = \Gamma_0 r^{m-1} \left[\text{erf} \sqrt{y_t} - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \exp(-y_t) \right], \quad (m=0,1,2), \quad (10)$$

Тогда решение уравнения (8) выглядит следующим образом:

$$\Phi(z, r) = -4r^2 \exp(-y) + u_0^2 \exp(-y) [2y + \exp(-y) - 1]$$

$$\text{Осевая скорость: } u_z(z, r) = q(z) + \frac{2}{x} \exp(-y) - u_0^2 \exp(-y) - \frac{u_0^2}{2} Ei(y) - Ei(-2y) \quad (11)$$

$$\text{при этом: } x = \frac{y}{R^2}$$

$$q(z) = 1 - \frac{2}{x^2} \left[1 - \exp(-x) + \frac{u_0^3}{2x} \left(\frac{3}{2} - \exp(-x) \right) \left(1 + \frac{1}{2} \exp(-x) + xEi(-x) - Ei(-2x) \right) \right]$$

Для турбулентного потока (при отсутствии вихревого жгута)

$$u_z(z, r)|_{z \gg R} = (1 + \sqrt{2\lambda})(1 - r^2) + \sqrt{32\lambda}r^2 - \frac{1}{x} \sqrt{\frac{\lambda}{8}} r^2 \ln r \quad (12)$$

Радиальная скорость определяется из уравнения неразрывности по следующему равенству:

$$u_r(z, r) = \frac{1}{r} \int_r^1 \frac{\partial u_z}{\partial z} r dr \quad (13)$$

Затем определяются распределения давления и удельной энергии при заданных геометрических параметрах водосброса:

$$\Pi = zi - r\sqrt{1-i^2} \cos \theta \quad (14)$$

где: i – уклон.

Например, для ламинарного режима распределение давления определяется равенством:

$$P_z = \frac{ri}{Rr}(z-l) - \frac{16}{Re}(z-l) + u_0^2 \ln \frac{z}{l} \quad (15)$$

Распределение удельной энергии определяется равенством отнесенная к напору от средней осевой скорости $\frac{1}{2} \rho V_0^2$ во входном сечении.

$$E(z, r) = P(z, r) + \left[u_\theta^2(z, r) + u_z^2(z, r) + u_r^2(z, r) \right] \quad (16)$$

Для дисперсной смеси имеем следующие уравнения

$$\begin{aligned} \hat{u}_{\dot{n}i\theta} \frac{\partial \hat{u}_{\dot{n}i\theta}}{\partial z} &= \frac{1}{Re_*} \left[\left(1 + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \right) \left(\frac{\partial^2 \hat{u}_{\dot{n}i\theta}}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \hat{u}_{\dot{n}i\theta}}{\partial r} \right) - \left(1 - \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \right) \frac{1}{r} \frac{\partial \hat{u}_{\dot{n}i\theta}}{\partial r} \right] \\ 2 \hat{u}_{\dot{n}i\theta} \frac{\partial \hat{u}_{\dot{n}i\theta}}{\partial z} + \frac{\partial^2 \hat{u}_{\dot{n}i\theta}}{\partial r \partial z} &= \frac{1}{Re_*} \left\{ \frac{\partial}{\partial r} \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial \hat{u}_{\dot{n}i\theta}}{\partial r} \right) \right] + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} r \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial \hat{u}_{\dot{n}i\theta}}{\partial r} \right) \right\} \end{aligned} \quad (17)$$

Как и в формуле (7) введем автомодельное преобразование $y = \frac{Re_* \hat{r}^2}{4\hat{z}} = \frac{(f_1 + \hat{p} f_2 V_2) Re r^2}{(f_1 + \hat{p} f_2 v_2) 4z}$. Тогда уравнения (17) приводятся к обыкновенным дифференциальным уравнениям для компонент вектора скорости дисперсной смеси $u_{c\theta}$ и u_{cz} (тангенциальные и осевые компоненты):

$$(1 - \varepsilon^*) \frac{d\hat{u}_{\dot{n}i\theta}}{dy} + \frac{d}{dy} \left(y \frac{d\hat{u}_{\dot{n}i\theta}}{dy} \right) = 0 \quad (18)$$

$$y \left[\hat{u}_{cm\theta} \frac{d\hat{u}_{cm\theta}}{dy} + \frac{d}{dy} \left(y \frac{d\hat{u}_{cmz}}{dy} \right) \right] = \frac{d}{dy} \left[y \frac{d}{dy} \left(y \frac{d\hat{u}_{cmz}}{dy} \right) + \left(1 + \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} \right) \frac{d}{dy} \left(y \frac{d}{dy} \left(y \frac{d\hat{u}_{cmz}}{dy} \right) \right) \right] \quad (19)$$

при этом: $\varepsilon^* = \frac{\varepsilon_t}{1 + \varepsilon_t} \hat{u}_{z0}$ Решение уравнения (18) выражено А.А. Янгиевым в следующем виде: здесь, окружная скорость:

$$u_{n\theta} = \frac{\Gamma_{n0}}{r} \left(\operatorname{erf}(\sqrt{y}) - \frac{2\sqrt{y}e^{-y}}{\sqrt{\pi}} \right), \quad u_\theta = \frac{f_1 u_{1\theta} + \hat{\rho} f_2 u_{2\theta}}{f_1 + \hat{\rho} f_2} \quad (20)$$

Решение уравнения (19) выражено А.А. Янгиевым для осевой скорости в следующем виде:

$$\begin{aligned} u_{nz} = & \frac{1 - r_0^2}{x_t^2 (1 - r_z^2)} \left\{ 1 - (1 + D \sqrt{\frac{\lambda}{8}}) [\exp(-x_t) - \exp(-x_t r_z^2) + x_t (1 - r_z^2) \exp(-x_t r_z^2)] + \right. \\ & + \beta \sqrt{\frac{\lambda}{8}} [(1 + x_t) \exp(-x_t) - (1 + x_t r_z^2) \exp(-x_t r_z^2)] - \frac{1}{2\chi} \sqrt{\frac{\lambda}{8}} [\exp(-x_t) - \\ & - \exp(-x_t r_z^2) - 2(1 + x_t r_z^2) \exp(-x_t r_z^2) \ln(r_z) - Ei(-x_t) + Ei(-x_t r_z^2)] - \\ & - \frac{\exp(-x_t) - \exp(-x_t r_z^2)}{x_t (1 - r_z^2)} - \exp(-y_t) (1 - (1 - r_0^2) [(1 + D \sqrt{\frac{\lambda}{8}}) (1 - r^2) + \beta \sqrt{\frac{\lambda}{8}} r^2 - \\ & - \frac{1}{\chi} \sqrt{\frac{\lambda}{8}} r^2 \ln r]) \left. \right\} + \Gamma_{n0}^2 \frac{1}{2(1 - r_z^2)} \left\{ \frac{4}{\pi} [(1 + x_t) \exp(-x_t) - (1 + x_t r_z^2) \exp(-x_t r_z^2)] - \right. \\ & - \frac{2}{\pi} [\exp(-2x_t) - \exp(-2x_t r_z^2)] - (1 + \frac{1}{\pi}) \exp(-x_t) [2 - \exp(-x_t) + 2 \ln(x_t) - 2Ei(-x_t)] + \\ & + (1 + \frac{1}{\pi}) \exp(-x_t r_z^2) [2 - \exp(-x_t r_z^2) + 2 \ln(x_t r_z^2) - 2Ei(-x_t r_z^2)] + \\ & + [3 + \frac{2}{\pi} - 2x_t (1 + \frac{1}{\pi})] [Ei(-x_t) - Ei(-2x_t)] - [3 + \frac{2}{\pi} - 2x_t r_z^2 (1 + \frac{1}{\pi})] [Ei(-x_t r_z^2) - Ei(-2x_t r_z^2)] + \\ & + \exp(-x_t r_z^2) [Ei(x_t) - 2 \ln(x_t) + Ei(-x_t)] - \exp(-x_t r_z^2) [Ei(x_t r_z^2) - 2 \ln(x_t r_z^2) + Ei(-x_t r_z^2)] \left. \right\} - \\ & - \frac{\Gamma_{n0}^2}{2r^2} [1 - \exp(-y_t)] + \frac{2\Gamma_{n0}^2}{\pi} x_t \exp(-y_t) [y_t - \exp(-y_t)] + \Gamma_{n0}^2 x_t (1 + \frac{1}{\pi}) [Ei(-y_t) - Ei(-2y_t)] - \\ & - \Gamma_{n0}^2 x_t \exp(-y_t) (1 + \frac{1}{\pi}) [\ln(y_t) - Ei(-y_t)] + \frac{\Gamma_{n0}^2}{2} x_t \exp(-y_t) [Ei(y_t) - 2 \ln(y_t) + Ei(-y_t)] \end{aligned} \quad (21)$$

Распределение давления по А.А. Янгиеву выглядит следующим образом:

$$p = p_0 + \frac{V_{10}^2 + V_{20}^2}{2} - \frac{1}{2} \frac{f_1 V_1^2 + \hat{\rho} f_2 V_2^2}{f_1 + \hat{\rho} f_2} \quad (22)$$

Распределение удельной энергии определяется по А.А. Янгиеву следующим образом:

$$\begin{aligned} e(\hat{r}, \hat{z}) = & \frac{1}{\hat{\rho}} p(\hat{r}, \hat{z}) + \frac{1}{f_1 (f_1 + \hat{\rho} f_2)} u_{1z}^2 + \frac{1}{f_2 (f_1 + \hat{\rho} f_2)} u_{2z}^2 + \\ & + \frac{1}{f_1 (f_1 + \hat{\rho} f_2)} u_{1\theta}^2 + \frac{1}{f_2 (f_1 + \hat{\rho} f_2)} u_{2\theta}^2 \end{aligned} \quad (23)$$

$$\text{где: } \rho = \rho_1 + \rho_2 = \rho_{li} (f_1 + \hat{\rho} f_2), \quad \hat{\rho} = \frac{\rho_{2i}}{\rho_{1i}}$$

В главе приводится анализ распределения скоростей, давлений, удельной энергии в цилиндрической трубе по теоретическим зависимостям.

В третьей главе диссертации под названием «Гидравлический расчет конфузорного участка в вихревых шахтных водосборосах» осевые и тангенциальные скорости для конфузорного участка определялись с помощью приведенных выше уравнений с учетом угла конусности, а радиус в любой точке толщины закрученного потока определялись углом конусности $R_1=R/\cos\varphi$, $R_2=R/\cos\varphi$. Для расчета распределения осевых и тангенциальных скоростей по длине конфузора с разными углами конусности разработана программа расчета. На рис. 1 и 2 показано распределение осевой и тангенциальной скоростей закрученного потока при угле конусности конфузора 60° , отношении длины конфузора к радиусу 1,4,16 и числе Рейнольдса $Re = 6,5 * 10^4$.

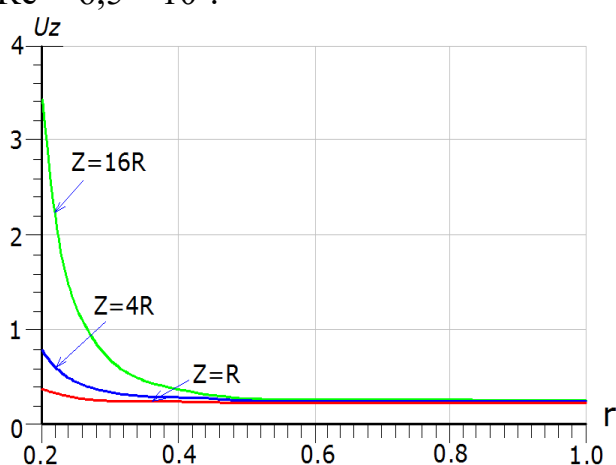


Рис. 1. Распределение осевых скоростей в закрученном потоке по длине конфузора при угле конусности 60°

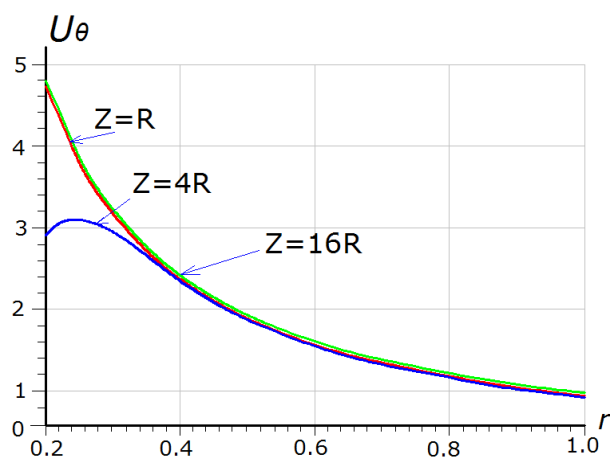


Рис. 2. Распределение тангенциальных скоростей в закрученном потоке по длине конфузора при угле конусности 60°

Из графического материала следует, что согласно распределению тангенциальных скоростей, значения их увеличиваются с увеличением давления в начале конфузора, затем наблюдается резкое уменьшение тангенциальных скоростей по длине конфузора и увеличение осевых скоростей, эта закономерность соответствует результатам эксперимента. Как и в цилиндре, тангенциальные скорости на радиусе $0,2 r \dots 0,3 r$ имеют максимальные значения, после чего следует быстрое падение в зоне центральной оси и плавное падение скорости к стенке по радиусу. Следует отметить, что использование конфузорного элемента в начале трубы позволяет обеспечить без кавитационную работу закручивающего устройства. Значения тангенциальных скоростей в аэрированном закрученном потоке больше, чем в потоке без аэрации. Следовательно, с увеличением скорости воздухозахвата наблюдается увеличение тангенциальных скоростей и повышение давления у стенки. График распределения осевых скоростей показывает, что их значения резко возрастают относительно цилиндра по длине конфузора и приводят к резкому уменьшению угла закрутки и гашению энергии потока на коротких расстояниях.

Давление и удельная энергия конфузорного участка определяются с помощью приведенных выше уравнений с учетом угла конусности, а радиус в любой точке толщины закрученного потока определяется углом конусности $R_1=R/\cos\varphi$, $R_2=R/\cos\varphi$. Для расчета распределения давления и удельной энергии по длине конфузора с разными углами конусности разработана программа расчета. На рис. 3 и 4 показано распределение давлений и удельной энергии закрученного потока при угле конусности конфузора 60° ,

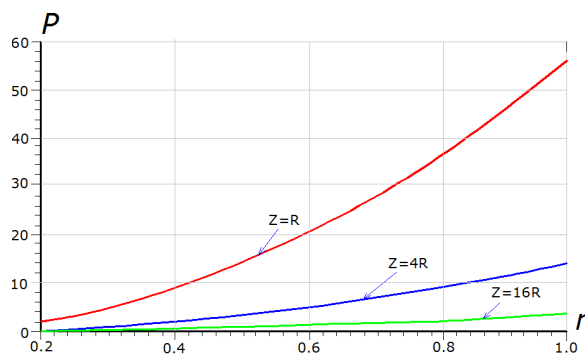


Рис. 3. Распределение давления в закрученном потоке по длине конфузора при угле конусности 60°

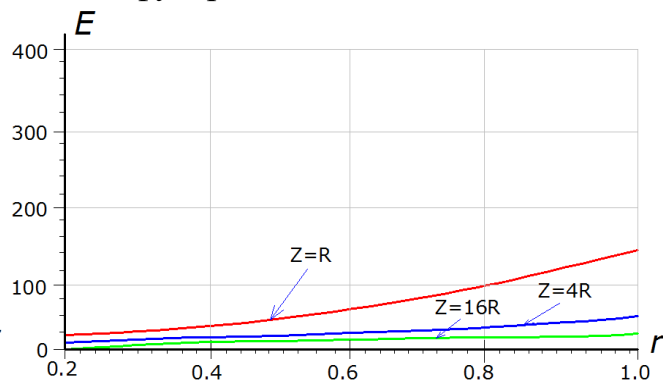


Рис. 4. Распределение удельной энергии в закрученном потоке по длине конфузора при угле конусности 60°

Расчеты производились по сечению, диаметру трубы и радиусу 1,4,16, число Рейнольдса в начале трубы $Re = 6,5 * 10^4$. Из графического материала следует отметить, что в соответствии с распределением удельной энергии, значения удельной энергии увеличиваются с увеличением давления в начале конфузора, затем при движении потока по длине конфузора она быстро уменьшается, следовательно, увеличение удельной энергии и давления согласуется с экспериментальными результатами. Как и в цилиндре, максимальные тангенциальные скорости наблюдаются в радиусе $0,2 r \dots 0,3 r$, за которыми следует быстрое падение в зоне центральной оси и более плавное падение скорости относительно стенки по радиусу. Следует отметить, что использование конфузорного элемента в начале трубы позволяет без кавитационную работу закручивающего устройства. Значения давлений и удельной энергии в аэрированном закрученном потоке больше, чем в потоке без аэрации. Следовательно, по мере увеличения скорости воздухозахвата давление у стенки увеличивает безопасность стенки туннеля от кавитации. Графики распределения осевых скоростей показывают, что функция радиуса составляющей скорости и расстояние от входного сечения $r \rightarrow 1$ (около стенок трубы), давление и удельная энергия постепенно увеличиваются. Давление и удельная энергия резко возрастают по длине конфузора относительно цилиндра, что приводит к уменьшению потока, так что энергия потока гасится в короткой части туннеля, что соответствует экспериментальным результатам.

Сравнение теоретических и экспериментальных результатов по распределению скоростей, давлений и удельной энергии в закрученном потоке в конфузорном участке показано на рис. 5, 6, 7 и 8 в условиях воздухозахвата на

длине $4R$. Видно, что результаты расчета хорошо согласуются с экспериментальными данными. Незначительные погрешности объясняются несимметрией закрученного потока в тангенциальном устройстве.

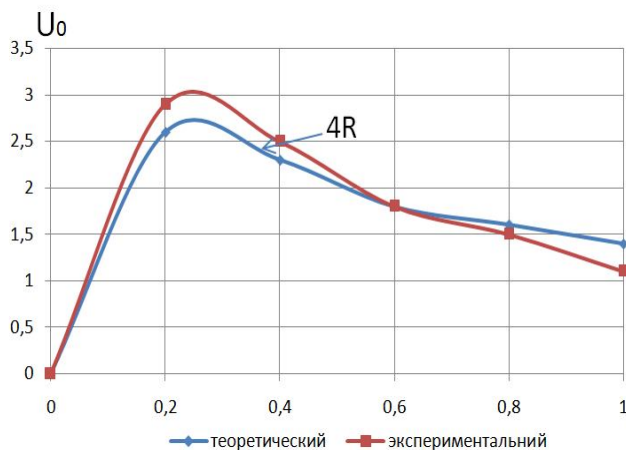


Рис. 5. Распределение тангенциальных скоростей

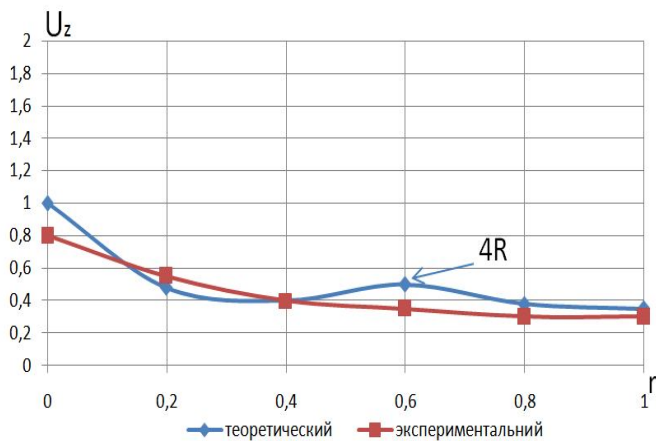


Рис. 6. Распределение осевых скоростей

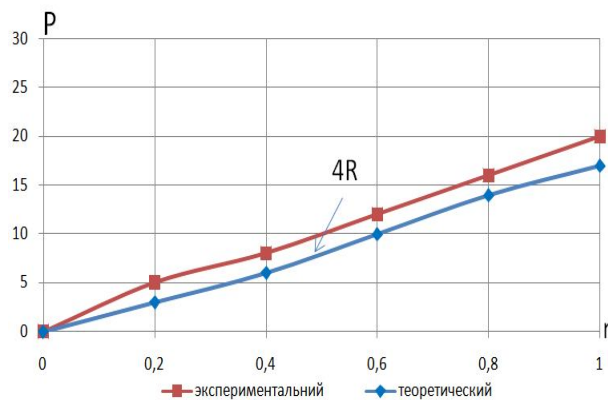


Рис. 7. Распределение давления

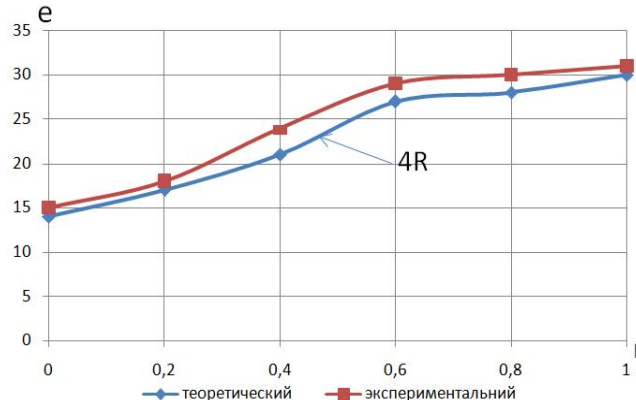


Рис. 8. Распределение удельной энергии

Представленные выше закономерности теоретических и экспериментальных кривых аналогичны и не сильно различаются по количественным показателям.

По мере увеличения концентрации воздуха, как было сказано выше, увеличиваются углы закрутки, поэтому тангенциальные скорости и давление у стенки увеличиваются, что обеспечивают кавитационную безопасность стенки туннеля.

В четвертой главе диссертации под названием «Оценка эксплуатационной надежности и норм категории риска гидротехнических сооружений водохранилищных гидроузлов» в таблицах приводятся оценки норм категории риска безопасности исследованных селе-водохранилищ предложенных в 72-м бюллетене Конгресса Международной комиссии по большим плотинам (ICOLD 72).

Таблица 1.

Факторы классификации и баллы оценки безопасности гидротехнических сооружений

Факторы как основа для классификации				
Факторы классификации				
Объем, (млн.м ³)	>120	120 – 1	1 – 0,1	<0,1
	(6)	(4)	(2)	(0)
Высота плотины, (м)	>45	45 – 30	30 – 15	<15
	(6)	(4)	(2)	(0)
Эвакуация населения (количество человек)	>1000	1000 – 100	100 – 1	-
	(12)	(8)	(4)	(0)
Потенциальный ущерб в нижнем бьефе	высокий	средний	низкий	-
	(12)	(8)	(4)	(0)

Исходя из характеристик водохранилищ, баллы исследованных водохранилищ, определенные в соответствии с рекомендациями Конгресса, при обретают следующий вид в соответствии с таблицами 2, 3 и 4.

Таблица 2.

Параметры и баллы Калкаминского селе-водохранилища

№	Параметры	Показатель	Баллы
1	Объем, (млн.м ³)	12	4
2	Высота плотины, (м)	21	2
3	Эвакуация населения (количество человек)	>1000	12
4	Потенциальный ущерб в нижнем бьефе	средний	8
Итого			26

Таблица 3.

Параметры и баллы Кизилсувского селе-водохранилища

№	Параметры	Показатель	Баллы
1	Объем, (млн.м ³)	20,4	4
2	Высота плотины, (м)	56	6
3	Эвакуация населения (количество человек)	>1000	12
4	Потенциальный ущерб в нижнем бьефе	средний	8
Итого			30

Таблица 4.

**Параметры и баллы Лангарского
селе-водохранилища**

№	Параметры	Показатель	Баллы
1	Объем, (млн.м ³)	7,35	4
2	Высота плотины, (м)	34	4
3	Эвакуация населения (количество человек)	>1000	12
4	Потенциальный ущерб в нижнем бьефе	средний	8
Итого			28

Таблица 5.

Определение категории плотины

Сумма факторов классификации	Категория плотины
(0 – 6)	I
(7 – 18)	II
(19 – 30)	III
(31 – 36)	IV

Определено, что водохранилища в Кашкадарьинской области, т.е. Калкаминское, Кызылсувское и Лангарское по методике оценки безопасности гидротехнических сооружений, предложенной в бюллетене 72 (ICOLD 72), относятся к III категории.

Рекомендации по оценке безопасности водохранилищ.

1. Водоохранилища считаются в *рабочем (нормальном) состоянии* (или техническое состояние надежным и исправным) при наличии следующих показателей:

- сооружения имеют максимальную (катастрофическую) пропускную способность по проекту, не имеют повреждений, трещин, осадки;

- плотины должны выдержать давление воды (напор), предусмотренный в проекте, отсутствие признаков повреждений, набухания (вспучивания) креплений напорных откосов, признаков повреждений безнапорных откосов, утечки воды через тело плотины на безнапорный откос;

- отсутствие в верхнем бьефе подпора, в нижнем и верхнем бьефах отсутствие размыва и заиления при минимальных и максимальных (катастрофический) расходах воды;

- примыкания русел подводящих и отводящих каналов к сооружению не должны быть повреждены, крепления сооружений на примыканиях к руслу не повреждены при пропуске максимальных расходов воды (без заиления без размыва русел);

- отсутствие повреждений гидромеханических оборудовании (затворы, их подъемники и т.д.) не подверженность коррозии, загнивали,

недеформированность стыков, водонепроницаемость, подъемники смазаны быстро управляемые.

2. Безопасность водохранилища считается *в пониженном состоянии* при возникновении следующих показателей:

- плотины могут выдерживать давление воды (напор), предусмотренное в проекте, крепление напорных откосов и швы повреждены, набухают, крепление безнапорных откосов повреждено, наблюдаются признаки утечки воды в откосах;

- русла подводящих и отводящих каналов размывы и заилены, крепления плотины на примыканиях к руслу повреждены, но примыкания к сооружению могут быть не повреждены;

- гидромеханическое оборудование (затворы, их подъемники и т.д.) немного подержаны коррозии, повреждены уплотнения стыков, подъемники не смазаны;

3. Безопасность водохранилища считается *неудовлетворительной* при наличии следующих показателей:

- сооружения не имеют максимальной (катастрофической) пропускной способности по проекту, имеют повреждения, трещины, осадки, водосбросные, водоспускные водовыпускные сооружения и засорены льдом, шугой;

- плотины должны выдержать давление воды (напор), предусмотренный в проекте, крепление напорных откосов повреждено, набухает, крепление безнапорных откосов повреждено, наблюдаются признаки утечки воды в откосах, откос в мокром состоянии, имеются признаки трещин и грифоны, имеются коррозии в бетонных частях сооружений;

- в верхнем бьефе наблюдается подпор, в нижнем и верхнем бьефах наблюдается размыв и заиления при минимальных и максимальных (катастрофический) расходах воды;

4. Безопасность водохранилища считается *в критическом состоянии* при наличии следующих показателей:

- снижение прочности и долговечности конструкций и их оснований, степень безопасности водохранилищ связанная с переходом от частичной неработоспособности к полной в результате превышения допустимых критериев безопасности;

- граничное условие, когда определяющим является прекращение ресурса сооружений водохранилища с точки зрения недопущения эксплуатации сооружений в соответствии с его функцией.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований по диссертации доктора философии (PhD) на тему **«Оценка степени гашения энергии и норм категории риска водосбросных сооружений высоконапорных водохранилищных гидроузлов»** предложены следующие выводы:

1. Совершенствование методов расчета вихревых шахтных водосбросов с тангенциальными закручивающими устройствами в условиях воздухозахвата на основе теоретических и модельных исследований и оценка их надежности

является актуальной задачей. Совершенствование методов математического расчета конфузорной части отводящего туннеля является важной задачей.

2. На основе теоретических исследований проанализированы характеристики дисперсного закрученного потока, а также методы расчета скоростей, давлений и удельной энергии в закрученном потоке в условиях воздухозахвата из шахты в случае цилиндрического отводящего туннеля вихревых шахтных водосбросов.

3. Изучена возможность использования аналитических методов расчета при проектировании вихревых шахтных водосбросов. Этот метод позволяет быстро и точно анализировать структуру потока и определять гидравлические особенности высоконапорных вихревых водосбросов.

4. Использование конфузорного участка в отводящем туннеле вихревых водосбросов обеспечивает безкавитационную работу тангенциального закручивающего устройства. По длине конфузора наблюдается увеличение осевых скоростей и уменьшение окружных скоростей. Благодаря тому, что конфузور сопрягается с камерой гашения, обеспечивается гашение энергии потока на коротком участке отводящего туннеля.

5. Разработан аналитический метод расчета азрационного закрученного потока в конфузорном участке вихревого водосброса. Этот метод позволяет определять распределение скоростей, давлений и удельной энергии по длине конфузора. Достоверность расчета доказана путем сравнения теоретических и экспериментальных результатов распределения скоростей, давлений и удельной энергии по длине конфузора.

6. Разработаны компьютерные программы для определения распределений скоростей, давлений и удельной энергии по длине конфузора (№DГУ 05909, №DГУ 05911). С помощью разработанной компьютерной программы можно быстро и точно рассчитать распределения скоростей, давлений и удельной энергии на характерных участках конфузора, зная проектные размеры отводящего туннеля вихревых водосбросов.

7. Проанализирован опыт зарубежных стран по безопасности гидротехнических сооружений. Отсутствие внимания к факторам безопасности при эксплуатации водохранилищ приводит к снижению уровня их надежности. Основная причина этого явления - отсутствие норм оценки категорий безопасности эксплуатируемых водохранилищ.

8. Разработаны основные факторы, влияющие на оценку категорий безопасности водохранилищ и рекомендации по повышению безопасности водохранилищ.

9. Проведены натурные обследования и изучено технические состояния эксплуатируемых Калкаминской, Кызылсувской, Лангарской селеводохранилищ. Категории риска вышеуказанных селеводохранилищ оценивались по балльной системе. По методике оценки безопасности гидротехнических сооружений Конгресса Международной комиссии по большим плотинам, предложенной в бюллетене 72 (ICOLD 72), селеводохранилища относятся к III категории.

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

**TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL
MECHANIZATION ENGINEERS**

ADJIMURATOV DILMURAT SERIKKHANOVICH

**ESTIMATION OF ENERGY SUPPRESSION AND NORMS OF RISK
CATEGORY FOR HIGH PRESSURE SPILLWAY STRUCTURES IN
WATER RESERVOIR HYDROSYSTEMS**

05.09.06- Hydrotechnical and meliorative construction

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

Tashkent-2020

The subject of doctor of philosophy dissertation is registered by the Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan № B2020.4.Phd/T.1665

The dissertation is carried out at Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is placed on website (www.tiame.uz) and information-educational portal «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Scientific advisors: **Yangiev Asror Abdixamidovich**
doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Bozorov Dilshod Raimovich**
doctor of technical sciences, professor

Khamdamov Bekmamat
doctor of technical sciences, professor

Leading organization: **Tashkent institute of architecture and construction**

The defense will take place on the « 18 th » of 12 2020 at 4⁰⁰ at Scientific Council DSc.03/30.12.2019.T.10.02 meeting at Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers (Address: 100000, Tashkent, Kari-Niyoziy street, 39. Phone: (+99871) 237-22-09, fax: (+99871) 237-54-79, e-mail: admin@tiame.uz).

The dissertation can be familiarized with at the Information-resource center (IRC) of Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers (registration number 147). (Address: 100000, Tashkent, Kari-Niyoziy street, 39. Phone.: (+99871) 237-19-45, e-mail: admin@tiame.uz).

Abstract of the dissertation sent out on the « 7 th » of 12 2020.
(registry of distribution protocol № 47 on the « 11 th » of 12 2020)



T.Z.Sultanov
Chairman of the Scientific Council
for awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, professor

X.Fayziyev
Scientific secretary of Scientific Council
for awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, professor

M.R.Bakiev
Chairman of the academic seminar under the
Scientific Council awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract to PhD dissertation)

Research goal is the improvement of theoretical determination methods for vortex shaft spillways with tangential swirlers consisting of confusor and suppressor chamber, as well as the assessment of risk category of water reservoirs.

Research objects are high pressure shaft spillways in water reservoir hydrosystems being designed and water reservoir hydrosystems being operated (Karmana hydrosystem, Qalqama, Langar and Qizilsuv mudflood-water reservoirs).

Scientific novelty of the research consists of the following:

- mathematical model has been developed for dispers vortex flow with the account of air intake from the shaft, when tunnel structure consists of a confusor and energy suppression chamber;
- distribution of vortex flow velocity, pressure and specific energy of swirled flow in confusor has been determined with the account of air intake from the shaft;
- factors have been established that affect assessment of the risk category of water reservoirs;
- recommendations have been developed for risk category assessment for water reservoirs.

Implementation of research results. The following has been done on the basis of improvement of hydraulic design method of confusor in deferent tunnel of water reservoir hydrosystem spillway structures and development of recommendations on water reservoir safety:

developed mathematical model for disperse swirled flow with the account of shaft air intake, when tunnel structure consists of a confusor and energy suppression chamber have been implemented in GUP “Vodproekt” under the Ministry of Water Resources of the Republic of Uzbekistan in the project for reconstruction of energy suppression of spillway route in Karmana hydrosystem (Certificate of the Ministry of Water Resources № 04/20-3244 dated October 30, 2020). As a result, possibility for reliable and safe operation of hydrosystem spillway was created;

distribution of velocity, pressure and specific energy of swirled flow in confusor with the account of shaft air intake was implemented in GUP “Vodproekt” under the Ministry of Water Resources of the Republic of Uzbekistan in the project for reconstruction of energy suppression of spillway route in Karmana hydrosystem (Certificate of the Ministry of Water Resources № 04/20-3244 dated October 30, 2020). As a result, possibility for determining velocity, pressure and specific energy distribution on the basis of computer programmin at chosen sections of spillway structure was created;

recommendations, developed for assessment of risk category in water reservoirs, were implemented in water reservoir operation administration of Kashkadarya region in Langar, Qizilqum and Kalkamin water reservoirs under the Ministry of Water Resources (Certificate of the Ministry of Water Resources № 04/20-3244 dated October 30, 2020). As a result, risk categories were determined for Langar, Qizilqum and Kalkamin water reservoirs and possibilities for their safe and reliable operation were created.

Dissertation structure and volume. Dissertation consists of introduction, four chapters, conclusion, references and the list of legends. The volume of the dissertation is 118 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Гаппаров Ф.А., Худайкулов С.И., Аджимуратов Д.С., Арипов И.К., Эрманов Р.А., Абилов А.А. Осаждение неоднородных по крупности наносов при действии ветровых волн. *Механика Muammolari. Ж.*, №3-4. Тошкент., 2015. С.44-48. [05.00.00.№6].

2. Янгиев А.А., Гаппаров Ф.А., Аджимуратов Д.С. Грунт тўғонлар танасидаги фильтрация жараёни ва унинг пьезометрларга кимёвий таъсири тадқиқоти натижалари. *IRRIGATSIYA va MELIORATSIYA. Ж.*, №4 (10). ТИҚХММИ., Тошкент., 2017. С.36-39. [05.00.00.№22].

3. Янгиев А.А., Аджимуратов Д.С. Теоретические исследования скоростей в закрученном потоке для конфузторного участка высоконапорных вихревых шахтных водосборов. *IRRIGATSIYA va MELIORATSIYA. Ж.*, №4 (14). ТИҚХММИ., Ташкент., 2019. С.47-51. [05.00.00.№22].

4. Янгиев А.А., Гаппаров Ф.А., Аджимуратов Д.С. Исследование фильтрации в теле грунтовой плотины и её химическое влияние на пьезометры. *IRRIGATSIYA va MELIORATSIYA. Ж.*, №3 (17). ТИҚХММИ., Тошкент., 2019. С.33-39. [05.00.00.№22].

5. Янгиев А.А., Гаппаров Ф.А., Аджимуратов Д.С. Результаты мониторинга формирования внезапных наводнений в горах и предгорных районах Узбекистана. *Arxitektura Qurilish Dizayn Ж.* №4 (19). Тошкент., 2019. ТАҚИ. С.135-139. [05.00.00.№4].

6. Янгиев А.А., Гаппаров Ф.А., Аджимуратов Д.С. Распределение давлений и удельной энергии в закрученном потоке для конфузтора. *IRRIGATSIYA va MELIORATSIYA. Ж.*, №3 (21). ТИҚХММИ., Тошкент., 2020. С.39-42. [05.00.00.№22].

7. Yangiev A.A., Gapparov F.A., Adjimuratov D.S. Filtration process in earth fill dam body and its chemical effect on piezometers. *XXI Int. Sc. Conf. on Advanced in Civil Engineering. www.scopus.com.*, (FORM-2019) Tashkent, 2019, 97, 05032.

8. Yangiev A.A., Adjimuratov D.S., Gapparov F.A., Yunusova F.R. The calculation of the rates in the swirling flow for the confuser section. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, www.scopus.com.*, (FORM-2020) Xanoy, 2020, 869(4), 04.2005.

II бўлим (II часть; II part)

9. Янгиев А.А., Аджимуратов Д.С. Юқори босимли сув омборли гидроузеллар сув ташлама иншоотларида оқим энергиясини сўндириш даражаси ва хавф тоифаси нормасини баҳолаш бўйича тавсиялар. Тошкент. 2020 й. 28-бет.

10. Гаппаров Ф.А., Талипов Ш.Ф., Аджимуратов Д.С. Сув омборларидаги иншоотлар техник ҳолатини кузатиш ва баҳолашни ўтказиш бўйича қўлланма. Тошкент. 2012 й. 80-бет

11. Гаппаров Ф.А., Аджимуратов Д.С. Мавсумий бошқарилувчи сув омборларидаги ҳисобий шамол тезлигини аниқлаштириш. “Мелиорация, атроф-муҳит экологиясини яхшилаш ва сув ресурсларидан оқилона фойдаланишни такомиллаштириш масалалари” мавзусида Республика миқёсида илмий-амалий анжуман материаллари”, Тошкент 2012 йил. 137-139 бет.

12. Гаппаров Ф.А., Аджимуратов Д.С., Нарзиев Ж.Ж., Назаралиев Д.Ж., Сув омборлари қирғоқларининг сув таъсирида шаклланиши. “Ўзбекистон Республикаси сув ресурслари таъминоти, сифати ва суғориладиган ерларнинг мелиорациясини яхшилаш муаммолари” мавзусида Республика миқёсидаги илмий-амалий анжуман материаллари”, Тошкент 2013 йил. 62-65 бет.

13. Аджимуратов Д.С., Нарзиев Ж.Ж., Назаралиев Д.Ж., Талимаржон сув омборини гидрологик режимини ўзгаришлари. “Ўзбекистон Республикаси сув ресурслари таъминоти, сифати ва суғориладиган ерларнинг мелиорациясини яхшилаш муаммолари” мавзусида Республика миқёсидаги илмий-амалий анжуман материаллари”, Тошкент 2013 йил. 149-152 бет

14. Аджимуратов Д.С., Дегресс сув омборининг эксплуатациясини яхшилаш. Қишлоқ ва сув хўжалигининг замонавий муаммолари” мавзусидаги ўтказиладиган XII анъанавий илмий-амалий анжуман мақолалар тўплами (1-жилд) Тошкент 2013 йил. 283-284 бет.

15. Бакиев М.Р., Янгиев А.А., Аджимуратов Д.С. Организация мониторинг безопасности водохранилищных гидроузлов. “Суформа деҳқончиликда сув ва ер ресурсларидан оқилона фойдаланишнинг экологик муаммолари” мавзусидаги Республика илмий-техник анжуман материаллари, Тошкент-2017 й. (1-жилд). 156-161 бет

16. Бакиев М.Р., Янгиев А.А., Аджимуратов Д.С. Организация мониторинга безопасности водохранилищных гидроузлов. Материалы международной научно-практической конференции «IV Уркумбаевские чтения» на тему: «Роль ЭКСПО-2017 в развитии экономики страны» Казакстан 23-24 октябр 2017. С-240-245.

17. Янгиев А.А., Аджимуратов Д.С., Жаҳонов А.А., Маткаримов О.М. Анализ оценки безопасности и категории риска водохранилищных гидроузлов. Сборник статей международной научно-практической конференции «Повышение эффективности, надежности и безопасности гидротехнических сооружений» том – 1. 22-23 май, Ташкент-2018. 16-21 бет.

18. Бакиев М.Р., Янгиев А.А., Аджимуратов Д.С., Маткаримов О.М. Оценка надежности и безопасности высоконапорных водохранилищных гидроузлов. “Деформацияланувчан қаттиқ жисмлар механикаси” мавзусидаги Республика илмий-амалий анжуман маърузалар тўплами, II – жилд, Тошкент 2018 йил. 221-225 бет

19. Янгиев А.А., Аджимуратов Д.С., Жаҳонов А.А., Азизов Ш. Теоретические исследования скоростей в закрученном потоке для конфузорного участка высоконапорных вихревых шахтных водосборов. “Агросаноат тармоқларида элетр энергиясидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш муаммолари” мавзусидаги ҳалқаро илмий-амалий анжумани материаллари, II – жилд, Тошкент 2018 йил. 196-201 бет.

20. Янгиев А.А., Гаппаров Ф.А., Аджимуратов Д.С. Мониторинг формирования селевых потоков на горных и предгорных районах Узбекистана. Материалы международной научно-практической конференции «V Уркумбаевские чтения» Казакстан 23-24 ноябр 2019.190-192 ст.

21. Янгиев А.А., Мавлонов Т.М., Аджимуратов Д.С. РКOD – Босимни аниқлаш учун дастурий мажмуа. Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк агентлиги. DGU 05909.2018.

22. Янгиев А.А., Мавлонов Т.М., Аджимуратов Д.С. РКOS – Ўқий тезликни аниқлаш учун дастурий мажмуа. Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк агентлиги. DGU 05911.2018.

Автореферат «IRRIGATSIYA VA MELIORATSIYA» илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз (тезис) тилларидаги матнларини мослиги текширилди (23 ноябрь 2020 й.)

Босишга рухсат этилди: _____. _____. 2020 йил
Бичими 60x84 ¹/₁₆, «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи 3. Адади: 80. Буюртма: №110

ТТЕСИ босмахонасида чоп этилди.
Тошкент шаҳри, Шохжаҳон кўч., 5-уй.

