

**ИРРИГАЦИЯ ВА СУВ МУАММОЛАРИ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ
ИНСТИТУТИ ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.41/30.04.2021.Т.131.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

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

МУРОДОВ НАВРУЗ ҚУРБОНОВИЧ

**ЙИРИК ДАРЁЛАРДАГИ ТЎҒОНСИЗ СУВ ОЛИШ ИНШООТЛАРИДАН
ИШОНЧЛИ ВА САМАРАЛИ ФОЙДАЛАНИШНИНГ ИЛМИЙ
АСОСЛАРИ**

05.09.07–Гидравлика ва муҳандислик гидрологияси

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент–2025

Докторлик (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата докторской (DSc) диссертации

Contents of the Doctoral (DSc) Dissertation Abstract

Муродов Навруз Қурбонович

Йирик дарёлардаги тўғонсиз сув олиш иншоотларидан ишончли ва самарали фойдаланишнинг илмий асослари..... 3

Муродов Навруз Қурбонович

Научные основы надежной и эффективной эксплуатации бесплотинных водозаборов на крупных реках..... 25

Murodov Navruz Kurbonovich

Scientific basis for reliable and efficient operation of damless water intakes on large rivers 47

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 51

**ИРРИГАЦИЯ ВА СУВ МУАММОЛАРИ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ
ИНСТИТУТИ ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.41/30.04.2021.Т.131.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

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

МУРОДОВ НАВРУЗ ҚУРБОНОВИЧ

**ЙИРИК ДАРЁЛАРДАГИ ТЎҒОНСИЗ СУВ ОЛИШ ИНШООТЛАРИДАН
ИШОНЧЛИ ВА САМАРАЛИ ФОЙДАЛАНИШНИНГ ИЛМИЙ
АСОСЛАРИ**

05.09.07–Гидравлика ва муҳандислик гидрологияси

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент–2025

Техника фанлари бўйича фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги хузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2024.4.DSc/T-865 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Ирригация ва сув муаммолари илмий-тадқиқот институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифаси (www.ismiti.uz) ва «ZiyoNet» ахборот-таълим тармоғида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи: Махмудов Илхомжон Эрназарович
техника фанлари доктори, профессор.

Расмий оппонентлар: Худайкулов Совет Ишонкулович
техника фанлари доктори, профессор

Гаппаров Фуркат Ахматович
техника фанлари доктори, профессор

Эшев Собир Саматович
техника фанлари доктори, профессор


Етакчи ташкилот: Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети.

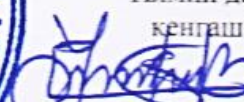
Диссертация химояси Ирригация ва сув муаммолари илмий-тадқиқот институти хузуридаги DSc.41/30.04.2021.T.131.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2025 йил «23» «08» соат 10 даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100187, Тошкент ш, Қорасу-4 мавзеси, 11-уй. Тел: (99) 434-43-28, e-mail: ismiti@minwater.uz).

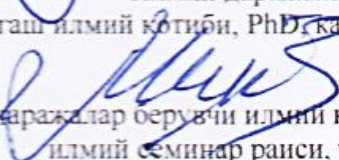
Диссертация билан Ирригация ва сув муаммолари илмий-тадқиқот институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (6 рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100187, Тошкент ш, Қорасу-4 мавзеси, 11-уй. Тел: (99) 434-43-28, e-mail: ismiti@minwater.uz.

Диссертация автореферати 2025 йил «30» 07 кuni таркатилди.
(2025 йил «30» 07 даги 6 рақамли реестер баённомаси).




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


У.А.Садиев
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, PhD, катта илмий ходим


М.Р.Икрамова
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (докторлик диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда тўғонсиз сув олиш иншоотларини лойиҳалаш, қуриш ва улардан самарали фойдаланиш, иншоотларни ишончилигини таъминлашнинг инновацион технологияларни жорий этишга алоҳида аҳамият берилмоқда. Ҳозирги кунда ривожланган давлатларда, жумладан АҚШ, Австралия, Бразилия, Испания, Германия, Жанубий Корея, Япония, Хитой, Россия, Қозоғистон, Қирғизистон, Тожикистон ва бошқа давлатларда дарёлар сув оқимидаги лойқа оқизиклар ҳаракати назариясини такомиллаштириш, ўзанининг деформация параметрлари динамикасини прогноз қилиш, сув оқимидаги муаллақ ва туб лойқа оқизикларнинг динамик моделлаштириш ва ўзан морфометрик параметрларини аниқлаш бўйича вазифалар белгиланган. Бу борада, жумладан дарёдаги сув оқимининг гидравлик ҳамда дарё ўзанидаги морфометрик параметрларнинг ўзгаришини прогноз қилишда ишончли ва самарали технологиялардан фойдаланиш, тўғонсиз сув олиш иншоотларидан фойдаланиш даврида турғунлигини ошириш ва хавфсизлигини таъминлашга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда тўғонсиз сув олиш иншоотларининг хавфсизлик ҳолатини таъминлаш технологияларини ишлаб чиқиш ва амалиётга кенг тадбиқ этиш, уларнинг ишончли ва самарали ишлашини таъминлашнинг янги илмий-техникавий ечимларини ишлаб чиқишга қаратилган илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан, каскадли машина каналларининг сув манбаларида сув оқими ва ўзан морфологияси параметрлари динамикасини ишлаб чиқиш бўйича тадқиқотлар устивор ҳисобланмоқда. Шу билан бирга, деформацияланувчи дарё ўзанларида лойқа оқизиклари ҳаракатининг имитация модели ҳамда земснарядларни ҳаракатини мақбул бошқаришни гидравлик моделларини ишлаб чиқиш долзарб вазифалардан ҳисобланмоқда.

Республикамизда йирик каскадли машина каналларини турғун сув билан таъминлаш, улардаги гидротехника иншоотларидан фойдаланиш даврида хизмат кўрсатиш муддатини узайтириш, бузилиш ва ишдан чиқишдан бўладиган зарарларни камайтириш, шунингдек земснарядларни самарали ишлаш тизимини такомиллаштириш бўйича технологик усулларни ишлаб чиқиш юзасидан кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг «Ўзбекистон Республикаси сув хўжалигини ривожлантиришнинг 2020-2030 йилларга мўлжалланган концепциясини тасдиқлаш тўғрисида»ги Фармонида «...миллий иқтисодиётнинг рақобатбардошлигини ошириш учун мелиорация ва ирригация объектлари тармоқларини ривожлантириш»¹ вазифалари белгилаб берилган. Ушбу вазифаларни амалга оширишда, жумладан, сув ресурслари тақчиллиги даврида йирик дарёлардаги тўғонсиз сув олиш иншоотларидан ишончли ва самарали фойдаланишнинг илмий асосларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 10 июлдаги «Ўзбекистон Республикаси сув хўжалигини ривожлантиришнинг

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг «Ўзбекистон Республикаси сув хўжалигини ривожлантиришнинг 2020-2030 йилларга мўлжалланган концепциясини тасдиқлаш тўғрисида»ги ПФ-6024-сон Фармони

2020-2030 йилларга мўлжалланган концепциясини тасдиқлаш тўғрисида”ги ПФ-6024-сонли, 2022 йил 28 январдаги “2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида”ги ПФ-60-сонли Фармонлари, Ўзбекистон Республикасининг 2023 йил 30 августдаги “Гидротехника иншоотларининг хавфсизлиги тўғрисида” ЎРҚ-865-сонли Қонуни, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2024 йил 5 январдаги “Қуйи бўғинда сув ресурсларини бошқариш тизимини такомиллаштириш ҳамда сув ресурсларидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида” ПҚ-5-сонли, 2023 йил 1 апрелдаги “Сув ресурсларидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш бўйича кечиктириб бўлмайдиган чора-тадбирлар тўғрисида” ПҚ-107-сонли Қарорлари, Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2022 йил 19 апрелдаги “Қуйи бўғинда сув ресурсларини бошқариш самарадорлигини ошириш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги 196-сон қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация иши муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Диссертация иши бўйича тадқиқот фан ва технологиялар ривожланишининг V. “Қишлоқ хўжалиги, биотехнология, экология ва атроф муҳит муҳофазаси” устувор йўналишига мос келади.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотларнинг шарҳи². Ҳозирги вақтда дунёнинг етакчи илмий марказлари ва университетлари тўғонсиз сув олиш иншоотларидан фойдаланиш даврида турғунлигини ошириш ва хавфсизлигини таъминлаш масалалари устида ишламоқдалар, жумладан Америка қўшма штатларининг Висксбург ва Колорадо университети лабораториялари базасида, School of Engineering of Melbourne (Австралия), Institute of Water and Environmental Engineering, Valencia (Испания), Induk Institute of Technology (Жанубий Корея), Гидротехника институти (Россия), Б.Е.Веденеев номидаги Умумроссия гидротехника илмий-тадқиқот институти, Москва давлат атроф-муҳит муҳандислиги институти, Нижегород давлат архитектура-қурилиш университети, Тожикистон Фанлар академияси сув муаммолари, гидроэнергетика ва экология институти, “Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университети, Ирригация ва сув муаммолари илмий-тадқиқот институти (Ўзбекистон) томонидан кенг қамровли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Деформацияланувчи тубга эга ўзанлардаги гидравлик жараёнлар ўта мураккаб масала ҳисобланиб, ушбу масалалар ҳам назарий ва экспериментал жиҳатдан ҳозирги кунга қадар яхши ўрганилмаган. Дунёнинг ривожланган мамлакатларидаги махсус лабораторияларда 100 йилдан ортиқ вақт давомида турли хусусиятларга эга дарё ўзанларини экспериментал имитация моделларини яратиш борасида тадқиқотлар амалга оширилмоқда. Жумладан, юқорида қайд этилган илмий-тадқиқот лабораторияларида ўтказилаётган тадқиқотлар қайси

² Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи <https://www.scopus.com/>; <https://www.springer.com/>; <https://www.scienceproblems.ru/>; <https://scholar.google.com/>; <https://www.sciencedirect.com> ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган.

бир турдаги ўзан жараёнларини шаклланиш сабаблари ва хусусиятларини ҳамда ўзан рельефини шаклланиши ва динамикасини, лойқа чўкинди оқизиклар ҳаракатини, дарё ўзанларига табиий ва антропоген омиллар таъсирини лаборатория шароитларида етарлича ўрганилмоқда.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дарёлар сув оқимидаги лойқа оқизиклар ҳаракати назариясини такомиллаштириш билан боғлиқ масалалар В.М.Маккавеев, В.В.Глушков, В.Н.Гончарова, А.Хазен, Н.Крамеров, М.А.Великанов, В.Ф.Пушкарев, И.В.Егиазаров, К.И.Россинский, Н.С.Знаменский, Н.А.Михайлов, Г.И.Шамов, Г.В.Лопатин, Г.С.Башкирова, А.В.Караушев, М.А.Дементьева, Г.И.Баренблатт, А.Н.Колмогоров, О.Чепа, А.Я.Шварцман, Г.С.Башкиров, Х.Свенсон, А.М.Мухамедов, Х.Исмагилов, Ё.Мухамедов, Д.Р.Базаров ва ҳ.к. каби олимлар ишларида яхши ўрганилган. Сув оқимидаги муаллақ ва туб лойқа оқизикларнинг динамик моделларини ишлаб чиқишда, сув оқими ва лойқа заррачаларининг ўзаро таъсирда вужудга келадиган жараёнларнинг қонуниятларини билиш зарур бўлади. Ушбу қонуниятлар В.Эри, Д.Стокс, А.Хазен, Р.Ричардс, Б.В.Архангельский, В.Н.Гончаров, В.В.Романовский каби олимлар ишларида яхши ўрганилган. Улар томонидан муаллақ лойқа заррачаларини тадқиқ этишда диффузион назарияни қўллаш таклиф этилган. Лойқа чўкиндилар транспортини ҳисоблаш услублари, диффузион назария инструментлари орқали куйидаги Г.С.Башкиров, А.В.Караушев, Т.Карман, О.Брайен, Н.А.Михайлов, Г.И.Баренблатт, Ф.И.Франклен, О.Чепа, А.Я.Шварцман ва ҳ.к. каби олимлар ишларида янада такомиллаштирилган. Ушбу тадқиқотлар назарий жиҳатдан катта аҳамиятга эга ҳисобланиб, аммо амалий жиҳатдан кенг миқёсда жорий этилмасдан қолган. Шу билан бир қаторда муаллақ лойқа оқизик оқимлари характеристикаларини ҳудудий умумлаштириш ҳамда уларни шаклланиш шартлари ва режимларини баҳолаб таҳлил қилиш масалалари АҚШ, Россия, Хитой, Миср, Япония каби мамлакатларнинг етакчи илмий тадқиқот муассасалари томонидан етарлича ўрганилиб келинмоқда. Жумладан етакчи илмий-тадқиқот муассасалари томонидан ўзан жараёнларининг динамик табақаланиши ва уларнинг турлари яхши ўрганилган.

Текисликдаги дарёлар оқимида лойқа чўкиндиларни транспорт масалаларига бағишланган илмий-тадқиқот ишларининг ретроспектив таҳлилларига кўра, лойқа чўкиндиларнинг транспорт масалаларини ечишда асосан диффузион ва гравитацион назариялар услублари кенг қўлланилиб келинмоқда. Йирик тўғонсиз сув олиш иншоотлари ва дарё сув оқимини ростловчи иншоотлар жойлашган қисмида рўй берадиган мураккаб гидрологик, гидравлик ва марфологик жараёнларни тадқиқ қилиш, борасида А.М.Мухамедов, Ё.С.Мухамедов, Х.Исмагилов, Д.Р.Базаров, Ф.Ҳ.Ҳикматов, Э.Ж.Махмудов, М.Бакиев, О.Я.Гловацкий, А.М.Арифжанов, М.Р.Икрамова, Ҳ.Х.Ишанов, С.И.Худайкулов, И.Э.Махмудов ва бошқа олимлар ишларида янада такомиллаштирилган.

Лойқа чўкиндиларнинг турбулент кўчиши уч ўлчовли фаза ва ностационар ҳолат учун умумий ҳолда келтирилган. Ундан ташқари муаллақ лойқа чўкиндилар заррачаларининг ҳаракатини диффузион тенгламалари, динамик

яъни гравитацион назария тенгламалари билан узвий боғланган. Аммо ушбу тенгламаларни сонли ечимларини амалга ошириш учун чегаравий ва бошланғич шартлардан ташқари, тенгламалардаги асосий параметрлар учун эмпирик ёки ярим эмпирик тенгламаларни киритиш талаб этилади. Ушбу эмпирик ёки ярим эмпирик ифодаларнинг адекватлиги кенг қамровли экспериментал тадқиқотлар асосида текширилиши талаб этилади. Юқорида қайд этилган ҳолатлар йирик дарёлардаги тўғонсиз сув олиш иншоотларидан ишончли ва самарали фойдаланишнинг илмий асосларини ишлаб чиқишни тақозо этади.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режаси билан боғлиқлиги. Диссертация иши Ирригация ва сув муаммолари илмий-тадқиқот институтининг илмий-тадқиқотлари режасининг ПЗ-2020112930 “Йирик дарёлардан тўғонсиз сув олиш гидротехника иншоотларидан фойдаланишда гидравлик мослаш технологиясини ишлаб чиқиш” мавзусидаги амалий лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади тўғонсиз сув олиш иншоотлари жойлашган дарё участкаларида сув оқими ва ўзанининг деформация параметрлари динамикасини прогноз қилиш асосида земснарядлар ҳаракатини мақбул бошқаришнинг гидравлик усулларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

текисликдаги дарёлардаги лойқа чўкиндиларни шаклланиш ва транспорти билан боғлиқ илмий ишларнинг ретроспектив таҳлили;

Қарши машина каналининг бош сув олиш иншооти жойлашган Амударё участкаси ҳамда I-насос станцияга сув келтирувчи каналда сув оқимининг гидравлик ва ўзан морфометрик параметрларини аниқлаш бўйича эксперимент тадқиқотларни ўтказиш;

Амударёнинг тўғонсиз сув олиш иншооти (ҚМК) жойлашган қисмининг ва сув олиб келувчи каналнинг гидравлик ва морфологик параметрлари хусусиятларини лаборатория шароитида тадқиқ қилиш;

дарёнинг тўғонсиз сув олиш иншоотлари жойлашган қисми ва сув олиб келувчи каналдаги земснарядларни мақбул ишлашини таъминловчи технологик ва стохастик параметрларни тадқиқ қилиш;

Қарши машина каналига сув келтирувчи каналдаги лойқани тозаловчи земснарядларни самарали ва ишончли ишлашини баҳолашни услубини такомиллаштириш;

дарё ўзани тубида лойқа оқизиклар динамикасининг гидравлик моделини ишлаб чиқиш;

деформацияланувчи дарё ўзанларида лойқа оқизиклари ҳаракатининг имитация моделини ишлаб чиқиш;

земснарядларни ҳаракатини мақбул бошқаришни гидравлик моделини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Қарши машина каналининг бош сув олиш иншооти жойлашган Амударё участкаси ҳамда I-насос станцияга сув келтирувчи канал танлаб олинган.

Тадқиқотнинг предмети сифатида Амударёнинг тўғонсиз сув олиш иншооти (ҚМК) жойлашган қисмида сув оқими ва ўзанининг морфометрик параметрларини динамикаси билан боғлиқ гидродинамик жараёнларни тадқиқ этиш ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқотлар жараёнида текислик дарёларидаги ўзан деформациясини ҳисоблашни назарий услублари, экспериментал тадқиқотларининг умумий қабул қилинган усуллари, математик моделлаштириш ва уларни сонли ечиш усулларида фойдаланилди.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

дарёнинг тўғонсиз сув олиш иншоотлари жойлашган қисми ва сув олиб келувчи каналдаги земснарядларни мақбул ишлашини таъминловчи технологик ва стохастик параметрлар дарё ёки канал участкаларида ўзан туби рельефи динамикасини прогноз қилиш орқали асосланган;

Қарши машина каналига сув келтирувчи каналдаги лойқани тозаловчи земснарядларни самарали ва ишончли ишлашини баҳолаш услуги, ўзандаги рифеллар динамикасига боғлиқ ҳолда земснарядлар иш режимини мақбуллаштириш орқали такомиллаштирилган;

сув оқимининг узлуксизлик гипотезаси ҳамда Лагранж усули асосида дарё ўзани тубида лойқа оқизиклар динамикасининг гидравлик модели ишлаб чиқилган;

муаллақ ва туб лойқа чўкинди заррачаларининг ҳаракат траекториясининг параметрик тенгламаси ҳамда Лагранж-Лиувилль динамик масаласи асосида деформацияланувчи дарё ўзанларида рифеллар ҳаракатининг имитация модели ишлаб чиқилган;

стохастик тизимлар ва бошқариш назарияси усуллари асосида земснарядларни ҳаракатини мақбул бошқаришнинг гидравлик модели ишлаб чиқилди.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

деформацияланувчи ўзан хусусиятларидан келиб чиққан ҳолда туб ва муаллақ оқизик заррачалар ҳаракат режимига аниқлик киритилган;

туб заррачаларни муаллақ ҳолатга ўтиши ёки аксинча муаллақ ҳолатдан ўзан туби бўйлаб сирпанувчи ҳаракат ҳолатига ўтиши билан боғлиқ барқарор режим даврийлигини такрорланиши асосланган;

сув оқимидаги лойқа оқизик заррачаларини муаллақ ҳаракат ҳолатига ўтишининг чегаравий тезлик компонентларини аниқлаш услуги асосида муаллақ лойқа чўкинди заррачаларининг ҳаракат траекториясини параметрик аниқлаш усули ишлаб чиқилган;

сув оқимининг турли гидравлик параметрлари динамикасини прогноз қилиш бўйича ишлаб чиқилган усуллари асосида дарё участкалари ҳамда каналларда земснарядлар иш режимини мақбул бошқариш услуги ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги назарий ечимларни ишлаб чиқишда умум қабул қилинган гидродинамика қонуниятлари ва математик усулларга асосланганлиги, олинган

назарий натижаларни амалда ўтказилган тадқиқотлар натижалари билан солиштирилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти Қарши машина каналига сув келтирувчи каналдаги лойқани тозаловчи земснарядларни самарали ва ишончли ишлашини баҳолаш услуги такомиллаштирилиши, Лагранж усули асосида дарё ўзани тубида лойқа оқизиклар динамикасининг гидравлик модели ишлаб чиқилганлиги, Лагранж-Лиувилль динамик масаласи асосида деформацияланувчи дарё ўзанларида рифеллар ҳаракатининг имитация модели ишлаб чиқилганлиги, бошқариш назарияси усуллари асосида земснарядларни ҳаракатини мақбул бошқаришнинг гидравлик модели ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, деформацияланувчи ўзан хусусиятларидан келиб чиққан ҳолда туб ва муаллақ оқизик заррачалар ҳаракат режимига аниқлик киритилган. Туб заррачаларни муаллақ ҳолатга ўтиши ёки аксинча муаллақ ҳолатдан ўзан туби бўйлаб сирпанувчи ҳаракат ҳолатига ўтиши билан боғлиқ барқарор режим даврийлигини такрорланиши асосланган. Сув оқимидаги лойқа оқизик заррачаларини муаллақ ҳаракат ҳолатига ўтишининг чегаравий тезлик компонентларини аниқлаш услуги асосида муаллақ лойқа чўкинди заррачаларининг ҳаракат траекториясини параметрик аниқлаш усули ишлаб чиқилган. Сув оқимининг турли гидравлик параметрлари динамикасини прогноз қилиш бўйича ишлаб чиқилган усуллари асосида дарё участкалари ҳамда каналларда земснарядлар иш режимини мақбул бошқариш услуги ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Тўғонсиз сув олиш иншоотлари жойлашган дарё участкаларида сув оқими ва ўзаннинг деформация параметрлари динамикасини прогноз қилиш асосида земснарядлар ҳаракатини мақбул бошқаришнинг гидравлик усуллари ишлаб чиқиш бўйича олинган натижалар асосида:

сув оқимидаги лойқа оқизик заррачаларини муаллақ ҳаракат ҳолатига ўтишининг чегаравий тезлик компонентларини аниқлаш услуги асосида ишлаб чиқилган муаллақ лойқа чўкинди заррачаларининг ҳаракат траекториясини параметрик аниқлаш усули, сув оқимининг турбулент ҳаракатида дарё ўзани тубидаги рифеллар динамикасини ҳисоблаш усули Аму-Қашқадарё ИТХБ фаолиятига жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалиги вазирлигининг 2024 йил 03 декабрдаги 05/13-4593-сонли маълумотномаси). Натижада, земснарядларни эксплуатация харажатлари 2-3 фоизга иқтисод қилиш имконини берган;

Қарши машина каналининг I-НС га сув келтирувчи каналда ишлаётган земснарядларнинг ишончлилик ва самарадорлик ҳолатини баҳолаш, уларнинг мақбул сонини аниқлаш бўйича ишлаб чиқилган тавсиялар ҳамда сув оқимининг турли гидравлик параметрлари динамикасини прогноз қилиш бўйича ишлаб чиқилган усуллар асосида ишлаб чиқилган дарё участкалари ҳамда каналларда земснарядлар иш режимини мақбул бошқариш услуги Қарши магистрал

каналдан фойдаланиш бошқармаси фаолиятига жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалиги вазирлигининг 2024 йил 03 декабрдаги 05/13-4593-сонли маълумотномаси). Натижада земснарядларни эксплуатацияси билан боғлиқ электр энергияси харажатларини 8-10 фоизга тежаш имконияти яратилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертация ишининг натижалари 4 та халқаро ва 2 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган ва маъқулланган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича 26 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 20 та мақола, жумладан 8 таси маҳаллий ва 12 таси хорижий журналларда, 4 та халқаро ва 2 та республика илмий-амалий анжуманларида нашр этилган. Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк агентлигидан илмий ишга тегишли 1 та патент ва 2 та муаллифлик гувоҳномаси олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, бешта боб, умумий хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 161 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Диссертациянинг **кириш** қисмида диссертация тадқиқотининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқот мақсади ва вазифалари ҳамда объект ва предметлари шакллантирилган, Ўзбекистон республика фан ва технологияларини ривожланишнинг устувор йўналишларига мослиги келтирилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, назарий ва амалий зарурияти ва аҳамиятлари очиб берилган, тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши, ишнинг апробацияси, нашр этилган ишлар ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Текисликдаги дарё лойқа чўкиндиларини шаклланиш ва транспорти билан боғлиқ илмий ишларнинг ретроспектив таҳлили”** деб номланган биринчи бобида текисликдаги дарё лойқа чўкиндиларини шаклланиш ва транспорти билан боғлиқ илмий ишларнинг ретроспектив таҳлили келтирилган. Жумладан, муаллақ ва туб лойқа оқизиклар динамикасини, лойқа оқизиклар ва сув оқимининг ўзаро ҳаракати, ўзанда лойқа чўкиндиларни чўкиши натижасида ўзан тубини деформацияси ва сув оқимидаги лойқа оқизикларни транспортини ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқиш ва такомиллаштиришга бағишланган илмий-тадқиқот ишларининг таҳлиллари амалга оширилган.

Сув оқимидаги муаллақ ва туб лойқа оқизикларнинг динамик моделларини ишлаб чиқишда, сув оқими ва лойқа заррачаларининг ўзаро таъсирда вужудга келадиган жараёнларнинг қонуниятлари В.Эри, Д.Стокс, А.Хазен, Р.Ричардс, Б.В.Архангельский, В.Н.Гончаров, В.В.Романовский каби олимлар ишларида яхши ўрганилган. Туб лойқа оқизиклар динамикаси ва уларни ўзан туби

рельефини шакллантириш назарияси билан, Ф.Экснер, Н.Крамеров, В.Н.Гончаров, И.В.Егиазаров, Г.В.Лопатин, К.И.Россинский, Н.С.Знаменская ва бошқ. каби олимлар чуқур шуғилланишган. Муаллақ лойқа чўкиндлар динамикасини ҳисоблаш усуллари В.Н.Гончаров, Е.Майер-Петров, Ф.Мюллер, Г.И.Шамов, Г.В.Лопатин ва ҳ.к. олимлар ишларида яхши ўрганилган.

Лойқа чўкиндлар транспортини ҳисоблаш услублари, диффузион назария инструментлари орқали қуйидаги Г.С.Башкиров, А.В.Караушев, Т.Карман, О.Брайен, Н.А.Михайлов, Г.И.Баренблатт, Ф.И.Франклен, О.Чеп, А.Я.Шварцман ва ҳ.к. каби олимлар ишларида янада такомиллаштирилган. Ушбу тадқиқотлар назарий жиҳатдан катта аҳамиятга эга ҳисобланиб, аммо амалий жиҳатдан кенг миқёсда жорий этилмасдан қолган.

М.А.Великанов, В.М.Маккаев, А.Н.Колмогоров, И.И.Леви, А.Д.Грешаев ва ҳ.к. олимларнинг ишларида лойқа чўкиндларни ҳаракатини ҳисоблаш услублари гравитацион назарияга асосланган бўлиб, муаллақ ва ўзан тубидаги лойқа оқизик заррачалари ҳаракатини ҳисоблашда сув оқими томонидан бажарилган ишни ҳисоблаш орқали аниқлаш таклиф этилган. Бунда оқим томонидан бажариладиган иш, оқимни ўрталаштириш орқали аниқланадиган пульсация энергияси орқали топилган.

Деформацияланувчи тубга эга ўзанлардаги гидравлик жараёнлар ўта мураккаб масала ҳисобланиб, ушбу масалалар ҳам назарий ва эмпирик жиҳатдан ҳозирги кунга қадар яхши ўрганилмаган.

Дунёнинг ривожланган мамлакатларидаги махсус лабораторияларда кўп йиллардан бери турли хусусиятларга эга дарё ўзанларини экспериментал имитация моделларини яратиш борасида тадқиқотлар амалга оширилган. Ушбу лаборатория тадқиқотларини амалга оширишдан мақсад турли ўзан жараёнларида дарё ўзанларини шаклланиши шартлари ва уларни ўзгариш механизмларини тадқиқ қилиш ҳисобланади. Ушбу мақсадда ўтказилаётган тадқиқотлар қайси бир турдаги ўзан жараёнларини шаклланиш сабаблари ва хусусиятларини ҳамда ўзан рельефини шаклланиши, ва динамикасини, лойқа чўкинди оқизиклар ҳаракатини, дарё ўзанларига табиий ва антропоген омиллар таъсирини лаборатория шароитларида тўлиқ ўрганиш имкониятларини яратган.

Амударё дарёсининг йирик тўғонсиз сув олиш иншоотлари ва дарё сув оқимини ростловчи иншоотлар жойлашган қисмида рўй берадиган мураккаб гидрологик, гидравлик ва морфологик жараёнларни тадқиқ қилиш борасида А.М.Мухамедов, Я.С.Мухамедов, Ҳ.Исмагилов, Д.Р.Базаров, Ф.Ҳ.Ҳикматов, Э.Ж.Махмудов, А.М.Арифжанов, М.Р.Икрамова, Ҳ.Х.Ишанов, С.И.Худайкулов, И.Э.Махмудов ва ҳ.к. ишларида дарёдаги сув оқими, лойқа оқизикларнинг гидравлик параметрларини ва ўзанда рўй берадиган мураккаб морфологик жараёнларни тадқиқ қилиш борасида етарлича ишлар амалга оширилган.

Шу билан бир қаторда йирик дарёлардаги тўғонсиз сув олиш иншоотларидан ишончли ва самарали фойдаланишнинг илмий асосларини ишлаб чиқиш масалалари етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертациянинг **“Тадқиқот объектида олиб борилган экспериментал тадқиқотлар ва уларнинг натижалари”** деб номланган иккинчи бобида дарёнинг тўғонсиз сув олиш иншооти жойлашган қисми ҳамда сув олиб келувчи

каналда сув сарфи, тезлиги, чуқурлиги ва ўзанинг морфометрик параметрларининг экспериментал тадқиқотларининг натижалари келтирилган. Экспериментал тадқиқотлар Туркманистон Республикаси ҳудудидаги дарёнинг тўғонсиз сув олиш иншооти жойлашган участкаси ҳамда Қарши машина каналининг I-насос станциясигача бўлган 21 км қисмида амалга оширилган. Эксперимент ўтказиш услубига асосан, Амударё дарёсидан каналнинг I-насос станциясигача бўлган масофада, 22 та створ танлаб олинган ва ҳар бир створларда каналдаги сув сарфи, тезлиги, чуқурлиги ва ўзан асосий морфометрик параметрлари экспериментал аниқланган.

Барча танлаб олинган створларда каналнинг кўндаланг қирқими бўйлаб сув сарфи, кўндаланг кесим юзаси (жонли қирқим юзаси), сувнинг ўртача тезлиги ва максимал чуқурлигини аниқлаш ишлари олиб борилди. Ўлчов тадқиқотлари GPS қурилмали SONTEK S5 русумли доплер-профилограф ёрдамида бажарилди (1-жадвал).

1-жадвал

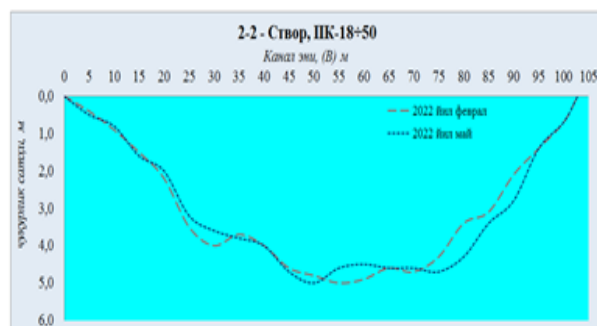
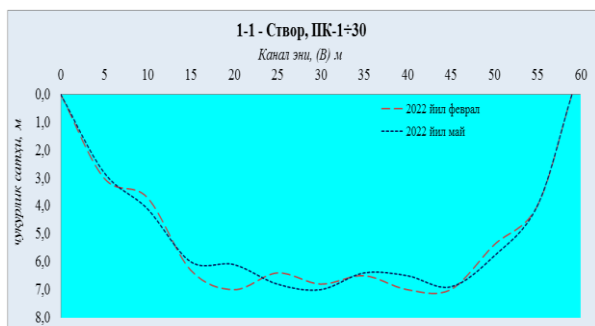
Створнинг кўндаланг қирқим юзаси, ўртача тезлик, сув сарфи ва максимал чуқурлик кўрсаткичлари

Створ рақами	Пикет рақами	Кўндаланг кесим юзаси (м ²)	Ўртача тезлик (м/с)	Сарф (м ³)	Максимал чуқурлик (м)
1	0+50	236,75	0,77	182,3	6,5
2	1+50	236,49	0,77	182,1	6,3
3	4+00	239,34	0,76	181,9	6,8
4	5+20	242,35	0,75	181,76	6,9
5	7+32	241,61	0,75	181,21	5,8
6	10+00	237,33	0,76	180,37	5,9
7	13+00	300,32	0,6	180,19	6,1
8	17+18	272,77	0,66	180,03	7,4
9	20+30	280,77	0,64	179,69	7,6
10	25+06	275,80	0,65	179,27	6,3
11	30+00	266,79	0,67	178,75	6,4
12	33+00	251,22	0,71	178,364	6,2
13	39+50	246,84	0,72	177,724	6,2
14	54+00	247,96	0,714	177,044	5,8
15	59+40	245,04	0,72	176,426	5,3
16	68+00	240,90	0,73	175,856	5,3
17	76+40	247,01	0,71	175,376	5,8
18	102+3	242,05	0,721	174,516	5,7
19	110+13	245,05	0,71	173,988	4,6
20	123+98	239,44	0,724	173,351	4,4
21	134+10	236,65	0,73	172,753	5,7
22	146+90	236,02	0,73	172,293	5,4

Дарё ўзанида ўрнатилиб ишлатилаётган 1 чи земснаряддан 50 метр масофа ўтгандан сўнг 1-створ танлаб олинган бўлса, ҚМК га кириш қисмидан 400 м узоқликда ўрнатилган земснаряддан 50 метр масофа олдинда 2-створ танлаб олинди. Танлаб олинган створларда ўлчов-тадқиқотлари олиб борилди.

1-створ-Амударё. Дарёдан ҚМК га киришга 350 метр олдинда, дарё ўзанида, сув сарфи 941,2 м³/с, кўндаланг кесим юзаси (жонли қирқим юзаси) 1238,4 м², сувнинг ўртача тезлиги 0,76 м/с, максимал чуқурлик 4,8 м эканлиги аниқланди.

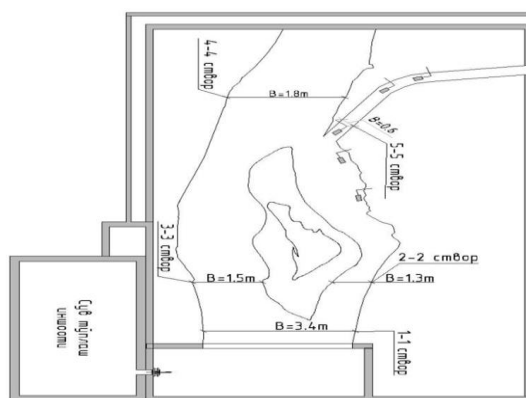
2-створ-Амударё. Дарёнинг ҚМК га кириш қисмидан 350 метр ўтганда, дарё ўзанида, сув сарфи 759,8 м³/с, кўндаланг кесим юзаси (жонли қирқим юзаси) 1039,7 м², сувнинг ўртача тезлиги 0,73 м/с, максимал чуқурлик 4,7 м эканлиги аниқланди. Дарёнинг 1 ва 2-створидаги ўлчов-тадқиқот кўрсаткичлари 1-расмда келтирилган.



Расм-1. Створнинг кўндаланг кесим юзаси ва профили

Тадқиқотлар натижалари шуни кўрсатмоқдаки, кўп сувлилик йилларида I-НС га сув олиб келтирувчи каналда лойка чўкинди заррачасининг геометрик катталиги 0,2 мм дан кичик бўлса, каналнинг бошланғич пикетидан I-НС жойлашган пикетига қадар сув оқими билан ҳаракатланади. Аммо кам сувлилик йилларида турли омиллар таъсирида ушбу катталиқдаги заррачалар канал тубига чўкиб, заррачалар ўртасида кучли тортишиш (сцепления) вужудга келади ва қаттиқ зичлашади. Бу эса ўз навбатида земснарядларни ишлаш имкониятларини чегаралайди.

Диссертациянинг **“Амударёнинг тўғонсиз сув олиш иншооти (ҚМК) жойлашган қисмини ва сув олиб келувчи канални гидравлик ва морфологик параметрларини экспериментал тадқиқотлари”** деб номланган учинчи бобида дарёнинг тўғонсиз сув олиш иншоотлари жойлашган қисмининг ва сув олиб келувчи каналнинг физик моделида лаборатория экспериментлари амалга оширилган (2-расм).



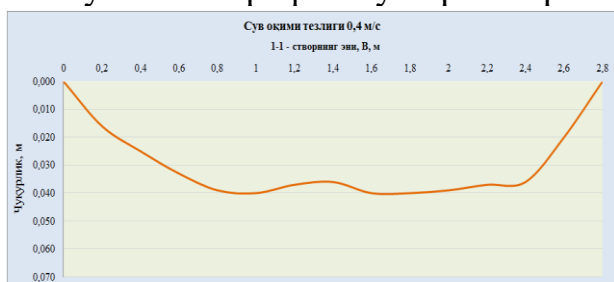
Расм-2. Физик модел ва танланган створларнинг жойлашган ўрни.

Йирик дарёлардан тўғонсиз сув олиш гидротехника иншоотларидан фойдаланишда, гидравлик мослаш технологиясини яратиш мақсадида институт ҳудудида Амударё ва ҚМК ўзанининг 1:100 масштабда физик модели қурилди.

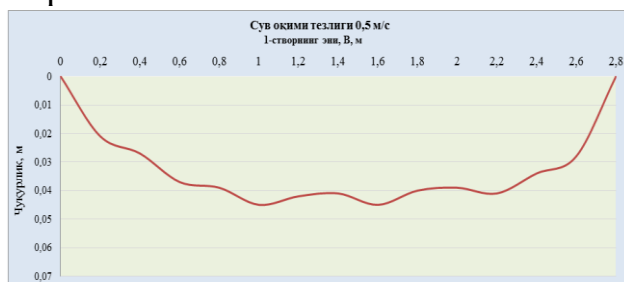
Лойқа заррачалар ҳаракати турлари лойиҳа доирасида шакллантирилган физик моделда қуйидаги услуб орқали тадқиқ қилинди:

- Лойқа заррачалари теннис шарикчалари ҳаракатини видео кадрларга фиксация қилиш орқали ўрганилди.
- Муаллақ заррачалар оқ шариклар билан, ўзан туби бўйича ҳаракатланадиган лойқа заррачалар қизғиш рангли шарчаларни ҳаракатини кузатиш орқали ўрганилди.

Физик моделдаги дарё ўзанининг 1-1 створининг максимал сув сарфдаги кенлиги $B=3,4$ м ни, кўндаланг кесим юзаси $\omega=0,136$ м² ни, оқимнинг максимал тезлиги $V=0,7$ м/с ни ва сувнинг максимал чуқурлиги $H=5,5$ см ни ташкил этди. 1-1 створда ўтказилган ўлчовлар асосида олинган натижалар орқали турли тезликлар учун дарё ўзанининг морфологияси (профили) аниқланди. 3-расмда оқим тезлиги 0,4 м/с бўлганда, 4-расмда оқим тезлиги 0,5 м/с бўлганда, 5-расмда оқим тезлиги 0,6 м/с бўлганда, 6-расмда оқим тезлиги 0,7 м/с бўлганда ўзан тубининг профили ўзгаришлари келтирилган.



Расм-3. 0,4 м/с оқим тезлигида 1-1 створ бўйича ўзан профили



Расм-4. 0,5 м/с оқим тезлигида 1-1 створ бўйича ўзан профили



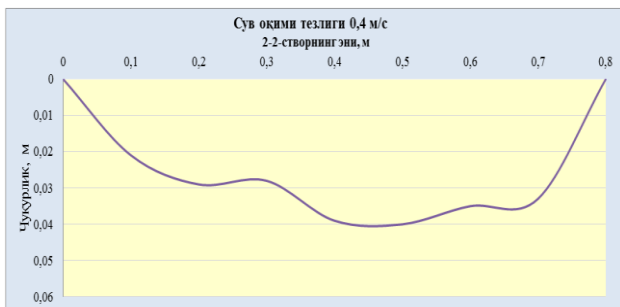
Расм-5. 0,6 м/с оқим тезлигида 1-1 створ бўйича ўзан профили



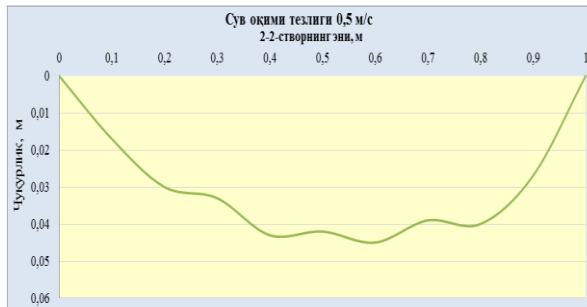
Расм-6. 0,7 м/с оқим тезлигида 1-1 створ бўйича ўзан профили

Физик моделдаги дарё ўзанининг 2-2 створининг максимал сув сарфдаги кенглиги $V=1,3$ м ни, кўндаланг кесим юзаси $\omega=0,050$ м² ни, оқимнинг максимал тезлиги $V=0,7$ м/с ни ва сувнинг максимал чуқурлиги $H=5,5$ см ни ташкил этди.

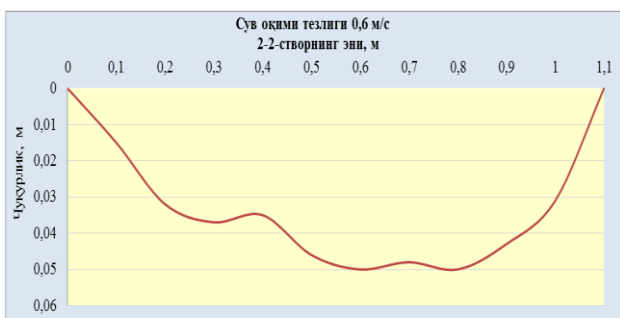
2-2 створда ўтказилган ўлчовлар асосида олинган натижалар орқали турли тезликлар учун дарё ўзанининг морфологияси (профили) аниқланди. 7-расмда оқим тезлиги 0,4 м/с бўлганда, 8-расмда оқим тезлиги 0,5 м/с бўлганда, 9-расмда оқим тезлиги 0,6 м/с бўлганда, 10-расмда оқим тезлиги 0,7 м/с бўлганда ўзан тубининг профили ўзгаришлари келтирилган.



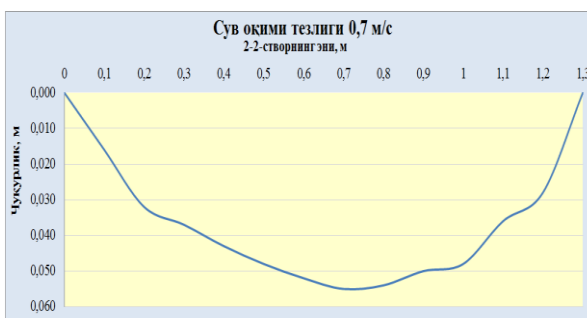
Расм-7. 0,4 м/с оқим тезлигида 2-2 створ бўйича ўзан профили



Расм-8. 0,5 м/с оқим тезлигида 2-2 створ бўйича ўзан профили



Расм-9. 0,6 м/с оқим тезлигида 2-2 створ бўйича ўзан профили

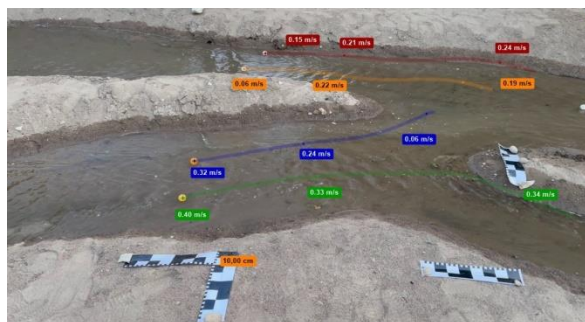


Расм-10. 0,7 м/с оқим тезлигида 2-2 створ бўйича ўзан профили

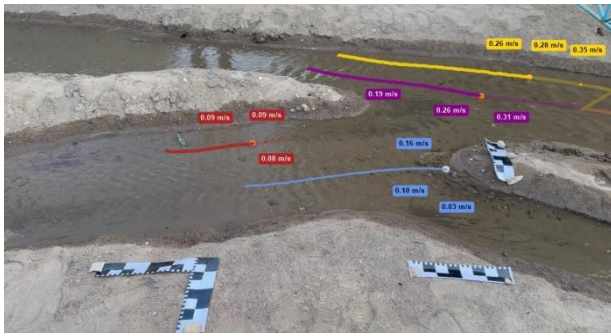
Физик моделда сув оқими билан муаллақ ва тубдан ҳаракатланаётган лойқа чўкиндиларни динамикасини тадқиқ қилиш мақсадида теннис шарикчаларидан фойдаландик. Яъни оқ шарчалар муаллақ, қизғиш рангдагиси эса тубдан ҳаракатланаётган лойқа чўкиндиларни ҳаракат динамикасини ўрганиш учун фойдаланилди (11-14-расмлар).



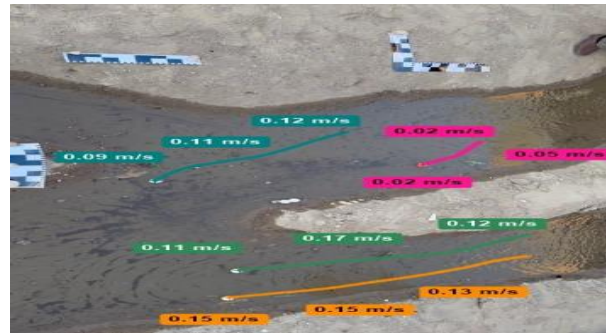
Расм-11. Физик моделда $v_{оқ} = 0,73 \frac{м}{с}$ бўлганда туб ва муаллақ оқизиқларни кинематик характеристикаси.



Расм-12. Физик моделда $v_{оқ} = 0,76 \frac{м}{с}$ бўлганда туб ва муаллақ оқизиқларни кинематик характеристикаси.



Расм-13. Физик моделда $v_{оқ} = 0,60 \frac{м}{с}$ бўлганда туб ва муаллақ оқизикларни кинематик характеристикаси.



Расм-14. Физик моделда $v_{оқ} = 0,56 \frac{м}{с}$ бўлганда туб ва муаллақ оқизикларни кинематик характеристикаси.

Тажрибаларга кўра, сув оқимининг $0,75 \text{ м/с}$ тезлигида лойқа чўкинди заррачалари $7-9 \text{ об/сек.}$ билан ҳаракати кузатилди. Лойқа заррачаси сифатида қизғиш рангдаги теннис шарчаси ҳаракатини кузатиш орқали шарча сирти атрофидаги тезлик $0,3-0,4 \text{ м/с}$ бўлиб, сув оқими тезлигига нисбатан ($0,3-0,4 \text{ м/с}$) u ни ташкил этди. Шарча диаметрини 30 мм деб қабул қилсак гидравлик йириклик қиймати ўртача 380 мм/с ёки $0,38 \text{ м/с}$ ни ташкил этди. Ушбу ҳолат лойқа чўкинди заррачаларининг оқимнинг юқори қатламларида ҳаракат қилиши учун заррачаларнинг гидравлик йириклик қийматига нисбатан сув оқимининг тезлиги икки баробар катта бўлиши керак экан.

Диссертациянинг “Дарёнинг тўғонсиз сув олиш иншоотлари жойлашган қисми ва сув олиб келувчи каналида земснарядларни ишлаш ҳолатини тадқиқ қилиш” деб номланган тўртинчи бобида дарёнинг тўғонсиз сув олиш иншоотлари (ҚМК) жойлашган қисми ва сув олиб келувчи каналида эксплуатация қилинаётган земснарядларнинг техник характеристикалари, земснарядларни эксплуатацияси билан боғлиқ илмий-техник масалалар ҳамда земснарядларни мақбул ишлашини таъминловчи технологик ва стохастик параметрлар тадқиқ қилинган. Қарши машина каналига сув келтирувчи каналдаги лойқани тозаловчи земснарядларни самарали ва ишончли ишлашини баҳолаш услуги такомиллаштирилган. Натурада амалга оширилган эксперимент ўтказиш даврида I-насос станциясига сув келтирувчи бош ўзан каналининг ПК0+00 дан ПК 209+00 гача бўлган қисмида 17 та земснарядлар томонидан яъни, Амударё ўзанини ростлаш ишларига 2 дона (дизель) ва I-насос станциясига сув келтирувчи 21 км узунликдаги Бош ўзан каналини доимий равишда лойқадан тозалаш ишларига 15 дона (электр.) земснарядлар жалб қилинган. Объектда 2022 йилнинг 13 март ҳолатига $3,0 \text{ млн.м}^3$ лойқадан тозалаш ишлари бажарилган бўлиб, $8,4 \text{ млн.квт/соат}$ электр энергия, $17,9 \text{ тонна}$ дизел ёқилғиси сарфланган.

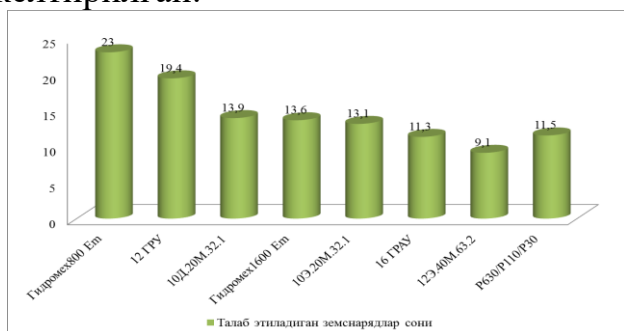
2022 йилнинг март ойида диссертация доирасида замонавий SONTEK S5-River Surveyor маркали акустик доплер-профилограф ёрдамида 21 км узунликдаги каналда сув оқимининг гидравлик параметрларини аниқлаш бўйича ўлчов ишлари амалга оширилди. Ўлчов ишлари натижаларига кўра канал ўзани бўйлаб $9,4 \text{ млн.м}^3$ чўккан қолдиқ лойқа борлиги аниқланган. Бунда, каналнинг бош қисмида канал туби лойихавий 238.00 белгидан ўртача $2,5 \text{ метр}$, сув тиндиргич қисмида лойихавий 234.5 белгидан ўртача $5-6 \text{ метр}$ гача кўтарилиб

кетганлиги аниқланган. ПК 0+00 дан 0+50 гача оқим буйлаб ўнг қирғоқда канал туби лойиҳа бўйича 238.00 белгини ва эни 27 метрни ташкил қилиб, шундан ўртача 8-9 метр жойи, ПК 6+00 дан 7+50 гача канал туби лойиҳа бўйича 238.00 белгини ва эни 27 метрни ташкил қилиб шундан тўлиқ канал туби, ПК 39+00 дан 39+50 гача канал туби лойиҳа бўйича 237.00 белгини ва эни 61 метрни ташкил қилиб, шундан оқим бўйлаб ўнг томонини 25-30 метр қисми қаттиқ тоғ жинсларидан ташкил топганлиги сабабли чуқурлаштириш имкони йўқ.

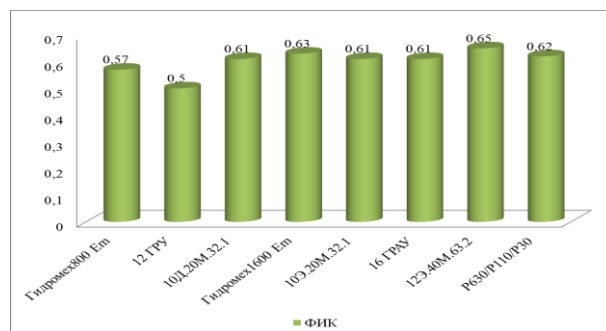
Земснарядларни ишлаш самарадорлигини баҳолаш борасида ўтказилган экспериментлар натижаларига кўра, земснарядни бир полосадан иккинчисига ўтказишга сарфланадиган вақт ўртача 4 соат, бир пикетдан иккинчисига ўтказишга сарфланадиган вақт ўртача 36 соат, земснаряддан пульпапровод орқали намыв харитасига ташланган пульпани булдозер билан суриш ишларига тахминан $1,5 \div 2$ соат, земснарядни технологик совутиш вақти $1 \div 1,5$ соатни ташкил этади.

Шундай қилиб, сўриб олинadиган лойқанинг бир хил максимал чуқурлиги ва бир хил напорда, бир бирлик вақт мобайнида земснаряд томонидан сўриб олинган материал миқдори бўйича ўлчов амалга оширилиши белгиланган.

Диссертация доирасида такомиллаштирилган услуб ёрдамида Қарши машина каналининг I-НС га сув келтирувчи каналда ишлаётган земснарядларни ишончлилик ва самарадорлик ҳолатини баҳолаш ҳамда уларнинг мақбул сонини аниқлаш бўйича таҳлиллар диаграмма кўринишида 15 ва 16-расмларда келтирилган.



Расм-15. Қарши машина каналига сув келтирувчи каналдаги лойқани тозалаш учун зарур бўлган земснарядлар сони.



Расм-16. Қарши машина каналига сув келтирувчи каналдаги лойқани тозалашда ишлатилаётган земснарядларни фойдали иш коэффициентлари (ФИК).

15-16-расмлардаги маълумотларни таҳлилдан кўриниб турибдики, каналдаги лойқани тозалашда эксплуатация қилинаётган 17 та земснаряднинг 14 таси йил давомида амалга оширилиш режалаштирилган машина соатнинг ўртача 70 фоизга бажарган. № 8-20 дизел., № 8-29 элек. ва № 458 элек. рақамли земснарядлар эса мос равишда бор йўғи 31, 42 ва 58 фоизга бажарган холос. Земснарядларни фойдали иш коэффициентлари эса 0,6 ни ташкил этган. I-НС га сув келтирувчи каналда земснарядларни ишлаш ишончлилиги ва самарадорлигини пастлиги оқибатида меъёрий ҳужжатларга асосан 13 дона земснарядларни ишлаши етарли бўлган ҳолда амалда 17 дона земснарядлар ишлатилмоқда.

Диссертациянинг “Қарши магистрал каналининг I-насос станциясига сув олиб келувчи каналда сув оқими ва ўзан морфологияси параметрлари динамикаси ҳамда земснарядларни ҳаракатини мақбул бошқаришни

гидравлик моделлари” деб номланган бешинчи бобида дарё ўзани тубида лойқа оқизиклар динамикасини гидравлик модели, деформацияланувчи дарё ўзанларида лойқа оқизиклари ҳаракатининг имитация модели ва земснарядларни ҳаракатини мақбул бошқаришнинг гидравлик моделлари келтирилган.

Гидротехникадаги аксарият илмий-техник масалалар асосан Эйлер усули билан ечилади. Диссертация доирасида сув оқимидаги муаллақ ва туб оқизиклар ҳаракатини ифодалаш мақсадида Лагранж усулидан фойдаланилади.

Физик моделда муаллақ оқизикларни оқ рангли шарикчалар билан, туб оқизикларни эса қизғич рангли шарикчалар орқали ифодаланади. Сув оқимининг турли тезликларида сув оқимидаги муаллақ ва туб оқизикларнинг кинематик параметрлари, жумладан тезликлари ва траекториялари тадқиқ қилинди. Экспериментал тадқиқот натижалари асосида гидравлик моделлаштиришни амалга оширилди. Бунинг учун ўзан туби сирти бўйлаб “оҳу” текислик белгиланди. Сув оқимидаги муаллақ ва туб оқизиклар нафақат илгариланма балки ўз ўқи атрофидаги ва координаталар текислигига нисбатан айланма ҳаракатда бўлади. Шу сабабли, ҳар бир вақт интервалида муаллақ ва туб оқизик заррачалари ҳолати 5 та координаталар орқали ифодаланади. Чизилган 2 та x, y декарт ва ψ, ϕ, ϑ Лагранж координаталари орқали аниқланади. Яъни, сув оқимидаги оқизик заррачаларининг ихтиёрий вақт моментидаги ҳолатида $x, y, \psi, \phi, \vartheta$ ва ϑ координаталар мос равишда қандайдир қийматларни қабул қилиши мумкин. “ОХУ” координата текислиги белгиланган сирт силлиқ сирт деб фараз қилсак. У ҳолда сувдаги лойқа заррачаси $x, y, \psi, \phi, \vartheta$ координаталар билан аниқланадиган ҳолатдан $x+dx, y+dy, \psi+d\psi, \phi+d\phi$ ва $\vartheta+d\vartheta$ чексиз кичик масофадаги ҳолатга узлуксиз кўчади.

Амударё дарёсининг тўғонсиз сув олиш иншооти ҚМК нинг I-НС га сув келтирувчи канални сув олиш участкасида сувни лойқалигини аниқлаш бўйича олинган намуналарни лаборатория таҳлилларига кўра сув оқимида фракцияси 0,05-0,01 мм бўлган оқизик заррачалари ўртача 70,3 фоизни, <0,01мм-14,3 фоизни, <0,001мм-3,73 фоизни, 0,10-0,05мм- 5 фоизни, 0,01-0,005 мм-5,6 фоизни ташкил этади. Шу сабабли оқимдаги оқизик заррачаларини функциялар бўйича тизимларга ажратилади. Демак сув оқими узлуксиз муҳит сифатида қаралиб турли тизимлардан ташкил топган деб фараз қилсак. Ушбу тизимлар мос равишда q_1, q_2, \dots, q_n координталар билан аниқланади. Яъни тизимларни ихтиёрий вақт t моментидаги конфигурацияси юқорида қайд этилган координаталар орқали ифодаланади. Ҳар бир тизимдаги m_i массага эга лойқа чўкинди заррачаси ҳолатини мос равишда x_i, y_i, z_i координаталар орқали аниқланади. У ҳолда x_i, y_i ва z_i координаталар q_1, q_2, \dots, q_n катталикларини ва t вақтнинг функцияси ҳисобланади ва куйидагича ифодаланади;

$$\begin{cases} x_i = \vartheta_i(q_1, q_2, \dots, q_n, t) \\ y_i = \phi_i(q_1, q_2, \dots, q_n, t) \\ z_i = \psi_i(q_1, q_2, \dots, q_n, t) \end{cases}, \quad (1)$$

Агарда m_i массали лойқа оқизик заррачасига таъсир этувчи (ташқи ва ички) кучларнинг тенг таъсир этувчи компонентлари F_i^1, F_i^2 ва F_i^3 бўлса, у ҳолда m_i массали лойқа оқизикларнинг ҳаракат тенгламаси куйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\begin{cases} F_i^1 = m_i \frac{\partial^2 x_i}{t^2} \\ F_i^2 = m_i \frac{\partial^2 y_i}{t^2}, \\ F_i^3 = m_i \frac{\partial^2 z_i}{t^2} \end{cases} \quad (2)$$

(2) тенгламалар тизимини мос равишда $\frac{\partial \vartheta_i}{\partial q_r}$, $\frac{\partial \varphi_i}{\partial q_r}$ ва $\frac{\partial \psi_i}{\partial q_r}$ ҳолларга кўпайтириб, тизимни барча заррачалари бўйича ёзамиз. Тегишли математик амаллардан сўнг қуйидаги тенгламалар тизимига эга бўламиз:

$$\sum_i m_i \left(\frac{\partial^2 x_i}{\partial t^2} \frac{\partial \vartheta_i}{\partial q_r} + \frac{\partial^2 y_i}{\partial t^2} \frac{\partial \varphi_i}{\partial q_r} + \frac{\partial^2 z_i}{\partial t^2} \frac{\partial \psi_i}{\partial q_r} \right) = \frac{1}{2} \sum m_i \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial}{\partial \dot{q}_r} (\dot{x}_i^2 + \dot{y}_i^2 + \dot{z}_i^2) \right) - \frac{1}{2} \sum_i m_i \frac{\partial}{\partial \dot{q}_r} (\dot{x}_i^2 + \dot{y}_i^2 + \dot{z}_i^2) \quad (3)$$

(3) тенгламалар тизимидаги $\frac{1}{2} \sum m_i \left(\left(\frac{\partial x_i}{\partial t} \right)^2 + \left(\frac{\partial y_i}{\partial t} \right)^2 + \left(\frac{\partial z_i}{\partial t} \right)^2 \right)$ ифода ҳар бир функцияси оқизик заррачалар массаларини, заррачалар тезликлари квадратларига кўпайтмаси йиғиндисининг ярми лойқа оқизиклар ҳаракатининг кинетик энергиясини ифодалайди. Тегишли математик амаллардан сўнг дарё ўзани тубидаги рифель ҳаракатини ифодаловчи (4) тенгламага эга бўлдик:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\delta E_k}{\delta \dot{q}_r} \right) - \frac{\delta E_k}{\delta \dot{q}_k} = F_r, \quad r = \overline{1, n} \quad (4)$$

(4) тенгламани сонли экспериментини амалга ошириш учун уни Лагранж-Лиувилль динамик масаласига келтириб оламиз. Натижада (4) тенглама фақат q координата учун қуйидаги кўринишга келади:

$$\frac{d}{dt} (u\dot{q}) - \frac{1}{2} \frac{\delta u}{\delta \dot{q}} (\dot{q}_1^2 + \dot{q}_2^2 + \dots + \dot{q}_n^2) + Ar \cdot u_0^2 \frac{\delta u}{\delta \dot{q}} \dot{q} \quad (5)$$

Энергия тенгламасини интеграллаб, қуйидагига эга бўлдик [5]:

$$\frac{1}{2} u_0 (\dot{q}_1^2 + \dot{q}_2^2 + \dots + \dot{q}_n^2) = v \cdot \mathcal{G} \quad (6)$$

Тегишли амаллардан кейин қуйидаги тенгламага эга бўлдик:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} (u^2 \dot{q}^2) &= 2\dot{q} \frac{d}{dt} [(v \cdot \mathcal{G} + Ar \cdot u_0^3)u] \\ u^2 \dot{q}^2 &= 2\dot{q} [(v \cdot \mathcal{G} + Ar \cdot u_0^3)u] \Rightarrow u^2 \dot{q}^2 = 2\dot{q}u [v \cdot \mathcal{G} + Ar \cdot u_0^3] \\ u^2 &= \frac{2}{\dot{q}} [v\mathcal{G} + Ar \cdot u_0^3] \end{aligned} \quad (7)$$

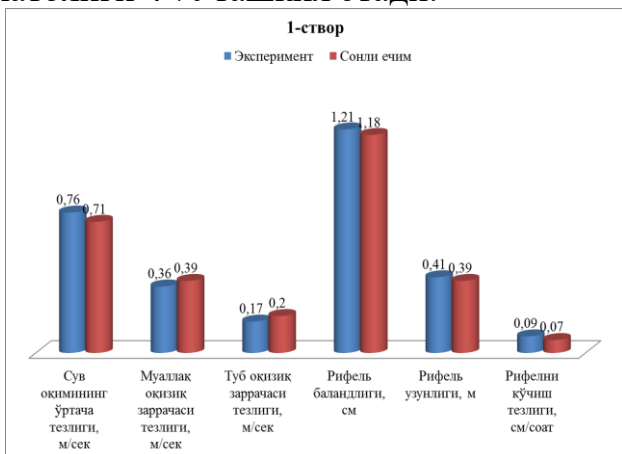
$$u = \sqrt{\frac{2}{\dot{q}} (v\mathcal{G} + Ar \cdot u_0^3)} \quad (8)$$

[7] даги $\dot{q} = au_1 + bu_2$ ифодани эътиборга олсак, u ҳолда (8) тенгламани қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

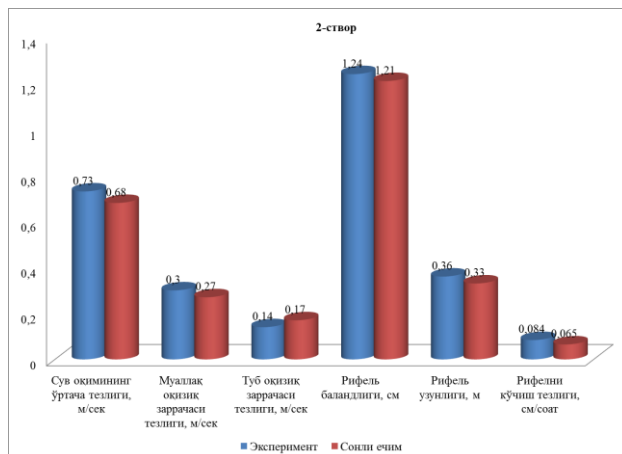
$$u = \sqrt{2 \cdot \frac{v\mathcal{G} + Ar \cdot u_0^3}{au_1 + bu_2}} \quad (9)$$

бу ерда: u_1 – муаллақ оқизик заррачаларининг тезлиги, u_2 – туб оқизик заррачаларининг тезлиги, a ва b – эксперимент доимийси. Натижада сув оқимининг турбулент ҳаракатида дарё ўзани тубидаги рифель ҳаракат тезлигини ифодаловчи гидравлик моделга эга бўлади. Энди натура ва экспериментал тадқиқот натижалари асосида (9) тенглама ечимини келтирдик. Сонли эксперимент, физик моделда ва натурада ўтказилган тадқиқот натижаларини

таққослаш таҳлиллари 17–18 расмларда келтирилган. Таққослаш натижалари хатолиги 4 % ташкил этади.



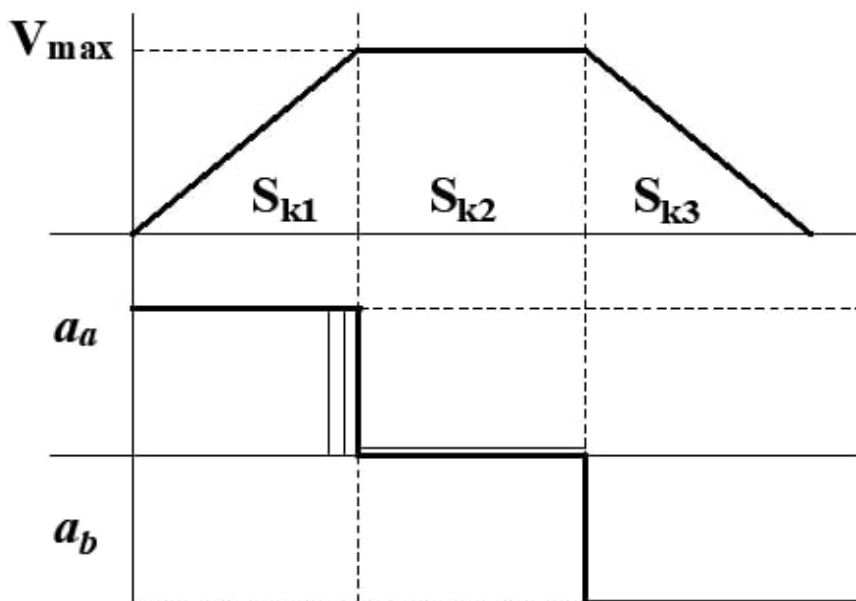
Расм-17. Физик моделдаги 1-створда сув оқимини ва лойқа оқизикларнинг кинематик параметрларини экспериментал ва сонли ечим натижаларини таққослаш диаграммаси.



Расм-18. Физик моделдаги 2-створда сув оқимини ва лойқа оқизикларнинг кинематик параметрларини экспериментал ва сонли ечим натижаларини таққослаш диаграммаси.

Сув оқимининг турлича гидравлик параметрларида ўзан морфологиясининг ўзига ҳос хусусиятларининг экспериментал параметрлари асосида дарё участкаси ҳамда I-НС га сув келтирувчи каналда земснарядлар иш режимини оптимал бошқариш билан боғлиқ илмий-техник масалани ечими олинди.

Земснаряд жойидан ҳаракатланиш тезланиши a_a ва секинланиши a_b , ҳамда аниқ технологик жараёндаги максимал тезлиги V_{max} қабул қилинди. У ҳолда ҳар бир S_{k1} , S_{k2} ва S_{k3} кесмаларда моддий нукта тезлигини ўзгариш қоидасига асосан мос равишда $V(t)$ тезлик функцияси ва $a(t)$ –тезланиш функциясининг ҳарактерли хусусиятлари кўрилди (19-расм).



Расм-19. Земснаряд ҳаракатланиш тезлиги ва тезланишининг ўзгариш графиги.

У ҳолда, A_0 ҳолатдан A_1 ҳолатга қадар синиқ чизиқли ҳаракатланади. Земснаряд A_0 нуқтадан A_1 нуқтага қадар синиқ чизиқли кесмалар бўйича кўчадиган бўлса, у ҳолда A_0 ва A_1 нуқталарни туташтирувчи синиқ чизиқларнинг параметрлари тенгламасини қуйидагича ифодалаш мумкин.

$$R_1(t) = \begin{pmatrix} x(\tau) \\ y(\tau) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_0 + \tau(x_1 - x_0) \\ y_0 + \tau(y_1 - y_0) \end{pmatrix} \quad (10)$$

(10) Тенгламани ечиш учун қуйидаги бошланғич шартлари киритилди:

$$\left. \begin{aligned} R_1(0) &= A_0 \\ R_1(1) &= A_1 \\ \tau_1^0 &= 0 \\ \tau_1^1 &= 1 \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Оптимал бошқаришнинг қуйидаги масаласини шакллантириб оламиз. **ХОУ** текисликда (10) ва (11) траектория берилган бўлиб, ушбу траектория бўйича земснаряднинг ҳаракати минимал четлашишга эга бўлиши керак.

$$R_1(t) = \begin{pmatrix} x_0 + \tau(x_1 - x_0) \\ y_0 + \tau(y_1 - y_0) \end{pmatrix} \rightarrow \min \quad (12)$$

Яъни (12) тенгламага қуйидагича оптималлик шarti қўйилади:

$$|R_1(t)| \leq \varepsilon \quad (13)$$

Яъни (13) шартни маъноси земснаряд ε кенгликдаги полосадан чиқмаслиги керак.

(12) тенгламани параметри t , $[0,1]$ интервалда ўзгаради деб фараз қилсак у ҳолда $t_0=0$, $t_1=1$ бўлади. Натижада [13] да келтирилган тенгламага асосан қуйидаги параметрик тенгламага эга бўламиз:

$$\begin{aligned} R_1(t) &= R_1(\tau_1^0) + [R_1(\tau_1^1 + (\tau_1^1 - \tau_1^0)P(t_0 t_1, t_1 - t_0)) - R_1(\tau_1^0)] = \\ &= \begin{pmatrix} x_0 + P(t, 0.1)(x_1 - x_0) \\ y_0 + P(t, 0.1)(y_1 - y_0) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_1 - x_0 \\ y_1 - y_0 \end{pmatrix} P(t, 0.1) = A_0 + (A_1 - \\ &A_0) \frac{1}{2} (1 + |t| - |t - 1|) \end{aligned}$$

ёки

$$R_1(t) = A_0 + (A_1 - A_0) \frac{1}{2} (1 + |t| - |t - 1|) \quad (14)$$

Натижада A_0 ва A_1 нуқтагача бўлган синиқ чизиқлар тенгламасига эга бўлди. Масалани шартига кўра

$$J[R_1(t)] = \int_0^1 \left[A_0 + (A_1 - A_0) \frac{1}{2} |1 + |t| - |t - 1|| \right]^2 dt < \varepsilon^2 \quad (15)$$

бўлиши шарт.

(15) шарт земснаряд ҳаракатининг оптимал бошқариш шартини аниқлатади.

ХУЛОСА

“Йирик дарёлардаги тўғонсиз сув олиш ншоотларидан ишончли ва самарали фойдаланишнинг илмий асослари” мавзусидаги докторлик диссертацияси доирасида олиб борилган тадқиқотлар асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Тадқиқотлар натижалари шуни кўрсатмоқдаки, Амударёнинг кўп сувлилик йилларида I-НС га сув олиб келтирувчи каналда лойқа чўкинди заррачасининг геометрик катталиги 0,2 мм дан кичик бўлса, каналнинг

бошланғич пикетидан I-НС жойлашган пикетига қадар сув оқими билан ҳаракатланади. Аммо кам сувлилик йилларида турли омиллар таъсирида ушбу катталиқдаги заррачалар канал тубига чўкиб, заррачалар ўртасида кучли тортишиш (сцепления) вужудга келади ва қаттиқ зичлашади. Бу эса ўз навбатида земснарядларни ишлаш имкониятларини чегаралайди.

2. Амалга оширилган эксперимент натижаларига кўра, лойқа заррачаларининг ўзан тубидан сакраш momentiда ҳаракатдаги заррачага таъсир этувчи кўтариш кучи максимал қийматга эга бўлади. Яъни, лойқа чўкинди заррачаси траекториясининг ўсувчи тармоғи пасаювчи тармоққа нисбатан кескин юқорига йўналган бўлади. Тадқиқотлар шуни кўрсатдики, ўзан тубидаги лойқа чўкинди заррачаларига таъсир этувчи кўтариш кучи, заррача остидаги секинлашувчи оқимдаги босим ва заррача устидаги тезлашувчи оқим босимлари фарқи натижасида ҳосил бўлади.

3. Йирик дарёлардан тўғонсиз сув олиш гидротехника иншоотларидан фойдаланишда, гидравлик мослаш технологиясини яратиш мақсадида институт ҳудудида Амударё участкаси ва ҚМК ўзанининг 1:100 масштабда физик модели курилди.

Лойқа заррачалар ҳаракати турлари физик моделда куйидаги услуб орқали тадқиқ қилинди:

- *Лойқа заррачалари теннис шарикчалари ҳаракатини видео кадрларга фиксация қилиш орқали ўрганилди.*

- *Муаллақ заррачалар оқ шариклар билан, ўзан туби бўйича ҳаракатланадиган лойқа заррачалар қизғиш рангли шарчаларни ҳаракатини кузатиш орқали ўрганилди.*

4. Физик моделда ўтказилган тажрибаларга кўра, сув оқимининг 0,75 м/с тезлигида лойқа чўкинди заррачалари 7-9 об/сек. билан ҳаракати кузатилди. Лойқа заррачаси сифатида қизғиш рангдаги теннис шарчаси ҳаракатини кузатиш орқали шарча сирти атрофидаги тезлик 0,3-0,4 м/с бўлиб, сув оқими тезлигига нисбатан (0,3-0,4 м/с) *u* ни ташкил этди. Шарча диаметрини 30 мм деб қабул қилсак гидравлик йириклик қиймати ўртача 380 мм/с ёки 0,38 м/с ни ташкил этди. Ушбу ҳолат лойқа чўкинди заррачаларининг оқимнинг юқори қатламларида ҳаракат қилиши учун заррачаларнинг гидравлик йириклик қийматига нисбатан сув оқимининг тезлиги икки баробар катта бўлиши керак экан.

5. I-Насос станциясига сув келтирувчи каналининг ПК0+00 дан ПК 209+00 гача бўлган қисмида 17 та земснарядлар томонидан яъни, Амударё ўзанини ростлаш ишларига 2 дона (*дизель*) ва 1-насос станциясига сув келтирувчи 21 км узунликдаги Бош ўзан каналини доимий равишда лойқадан тозалаш ишларига 15 дона (*электр.*) земснарядлар жалб қилинган. Объектда 2022 йилнинг 13 март ҳолатига **3,0 млн.м³** лойқадан тозалаш ишлари бажарилган бўлиб, 8,4 млн.квт/соат электр энергия, 17,9 тонна дизел ёқилғиси сарфланди. 2021 йил Бош ўзан каналини лойқадан тозалаш учун жалб қилинган земснарядлар ёрдамида 8,2 млн.м³ тозалаш ишлари бажарилган. Шунингдек, I-насос станция орқали 3,5 млн.м³ лойқа чиқиб кетган.

6. 2023 йилнинг март ойида лойиҳа доирасида замонавий SONTEK S5-River Surveyor маркали акустик доплер-профилограф ёрдамида 21 км

узуликдаги каналда сув оқимининг гидравлик параметрларини аниқлаш бўйича ўлчов ишлари амалга оширилди. Ўлчов ишлари натижаларига кўра канал ўзани буйлаб 9,4 млн.м³ чўккан қолдиқ лойқа борлиги аниқланган. Бунда, каналнинг бош қисмида канал туби лойиҳавий 238.00 белгидан ўртача 2,5 метр, сув тиндиргич қисмида лойиҳавий 234.5 белгидан ўртача 5-6 метргача кўтарилиб кетганлиги аниқланган.

7. Тадқиқот натижаларидан кўришиб турибдики, каналдаги лойқани тозалашда эксплуатация қилинаётган 17 та земснаряднинг 14 таси йил давомида амалга оширилиш режалаштирилган машина соатнинг ўртача 70 фоизга бажарган. №8-20 дизел., №8-29 элек. ва №458 элек. рақамли земснарядлар эса мос равишда атиги 31, 42 ва 58 фоизга бажарган холос. Земснарядларни фойдали иш коэффициентлари ўртача 0,6 ни ташкил этган. I-НС га сув келтирувчи каналда земснарядларни ишлаш ишончилиги ва самарадорлигини пастлиги оқибатида меъёрий хужжатларга асосан 13 дона земснарядларнинг ишлаши етарли бўлган ҳолда амалда 17 дона земснарядлар ишлатилмоқда.

8. Лагранж усули асосида ўзан деформациясини ва лойқа чўкиндилар ҳаракатини ҳисоблаш усули такомиллаштирилди. Сув оқимининг турбулент ҳаракатида дарё ўзани тубидаги рифеллар ҳаракат тезлигини ифодаловчи гидравлик модель ишлаб чиқилди.

9. Деформацияланувчи ўзан хусусиятларидан келиб чиққан ҳолда туб ва муаллақ оқизик заррачалар ҳаракат режимига аниқлик киритилди. Туб заррачаларни муаллақ ҳолатга ўтиши ёки аксинча муаллақ ҳолатдан ўзан туби бўйлаб сирпанувчи ҳаракат ҳолатига ўтиши билан боғлиқ режим даврийлиги такрорланиши асосланди. Ёки ушбу ҳолатни янада аниқроқ таҳлил қилиш учун лойқа оқизик заррачаси ҳаракатини вақт ўқи бўйлаб иккита интервалга бўлиб ўрганиш асосланди:

I-интервал: ушбу интервалда туб оқизик заррача рифель сирти бўйлаб сакрашсиз ҳаракатда бўлади. Бунда $N = N(t) = mg \cos \alpha - mA\omega^2 \sin \beta \cdot \sin \omega t - T_y$ муносабат билан ифодаланувчи нормаль реакция кучлари $V(t)$ катталиги мусбат қийматларга эга бўлиб, сакрашсиз $\sin \omega t < \frac{g \cos \alpha - k_y}{A\omega^2 \cdot \sin \beta} = z_0$ тенгсизлик бажарилади.

II-интервал: ушбу ҳаракат интервали туб оқизик заррачаларини муаллақ ҳаракат режимига ўтиши билан ҳарактерланади. Ушбу ҳаракат режимида

$$z_0 = \frac{g \cos \alpha - \frac{3\lambda\rho T_x}{4\rho_0 q d_{0q}}}{A10^2 \cdot \sin \beta} \leq 1 \text{ тенгсизлик ўринли бўлади.}$$

10. Заррачаларини муаллақ ҳаракат ҳолатига ўтишининг чегаравий тезлик компонентларини аниқлаш тенгламаси асосида муаллақ лойқа чўкинди заррачаларининг ҳаракат траекториясининг параметрик тенгламаси ишлаб чиқилди.

11. Сув оқимининг турли гидравлик параметрларида ўзан морфологиясининг ўзига хос хусусиятларини ифодаловчи гидравлик моделлар асосида дарё участкаси ҳамда I-НС га сув келтирувчи каналда земснарядлар иш режимини оптимал бошқаришнинг гидравлик модели ишлаб чиқилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.41/30.04.2021.Т.131.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ
ИНСТИТУТЕ ИРРИГАЦИИ И ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ**

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

МУРОДОВ НАВРУЗ КУРБОНОВИЧ

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ НАДЁЖНОЙ И ЭФФЕКТИВНОЙ
ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕСПЛОТИННЫХ ВОДОЗАБОРОВ НА КРУПНЫХ
РЕКАХ**

05.09.07-Гидравлика и инженерная гидрология

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК (DSc)**

Ташкент–2025

Тема докторской диссертации по техническим наукам (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве Высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № B2024.4.DSc/T-865

Диссертация выполнена в Научно-исследовательском институте Ирригации и водных проблем. Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета по адресу (www.ismiti.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу (www.ziynet.uz).

Научный консультант: Махмудов Илхомжон Эрназарович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Худайкулов Совет Ишонкулович
доктор технических наук, профессор

Гашиаров Фуркат Ахматович
доктор технических наук, профессор

Эшев Собир Саматович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека.


Защита диссертации состоится 23 08 2025 года в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.41/30.04.2021.T.131.01 при Научно-исследовательском институте ирригации и водных проблем. (Адрес: 100187, г.Ташкент, массив Карасу-4, 11. Тел.: (99) 434-43-28, e-mail: ismiti@minwater.uz).

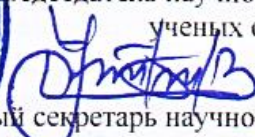
С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Научно-исследовательского института ирригации и водных проблем (регистрационный номер № 6). Адрес: 100187, г.Ташкент, ул. массив Карасу-4, 11. Тел.: (99) 434-43-28, e-mail: ismiti@minwater.uz.

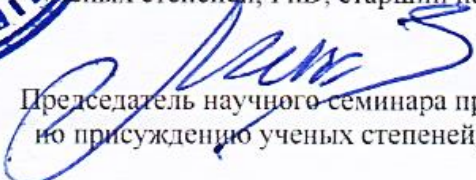
Автореферат диссертации разослан 30 02 2025 года.

(реестр протокола рассылки № 6 от 30 02 2025 года).



 **О.Я.Гловацкий**
Председатель научного совета по присуждению
ученых степеней, д.т.н., профессор

 **У.А.Садиев**
Ученый секретарь научного совета по присуждению
ученых степеней, PhD, старший научный сотрудник

 **М.Р.Икрамова**
Председатель научного семинара при научном совете
по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире применение эффективных и инновационных технологий для проектирования, строительства и эксплуатации безплотинных водозаборных сооружений занимает одну из передовых мест. В настоящее время в развитых странах, включая США, Австралию, Бразилию, Испанию, Германию, Южную Корею, Японию, Китай, Россию, Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан и другие страны, ставятся задачи по совершенствованию теории движения мутных потоков в русле рек, прогнозированию динамики параметры деформации русла, динамическое моделирование взвешенных и донных наносов в воде. Этому уделяется особое внимание, в том числе использованию надежных и эффективных технологий для прогнозирования изменений гидравлического расхода воды в реке и морфометрических параметров русла, повышения надёжности и обеспечения безопасности в период использования безплотинных водозаборных сооружений.

В мире проводятся научные исследования, направленные на разработку технологий обеспечения безопасного состояния безплотинных водозаборных сооружений и разработку новых научно-технических решений для их широкого внедрения на практике, обеспечения их надежной и эффективной эксплуатации. Исследования в этом направлении, включая разработку динамики параметров водного потока и морфологии русла в водных источниках каскадных машинных каналов, считаются приоритетными. При этом из текущих задач рассматривается разработка имитационной модели движения мутных потоков в деформирующихся речных берегах и гидравлических моделей оптимального управления движением земснарядов

В нашей республике осуществляются широкомасштабные мероприятия по стабильному обеспечению водой крупных каскадных машинных каналов, продлению срока службы гидротехнических сооружений в период их эксплуатации, снижению ущерба от поломок и аварий, а также разработаны технологические методы по совершенствованию системы эффективной работы земснарядов, и достигнуты определенные результаты. В нашей республике реализованы комплексные меры по обеспечению стабильной водой крупных каскадных машинных каналов, продлению срока службы в период эксплуатации в них гидротехнических сооружений, снижению ущерба от поломок и отказов, а также разработке технологических методов совершенствования системы эффективной эксплуатации земснарядов и достижению определенных результатов. В указе Президента Республики Узбекистан "Об утверждении концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы"...для повышения конкурентоспособности национальной экономики определены задачи "развития отраслей мелиорации и ирригационных сооружений". При реализации этих задач важно разработать научные основы надежного и эффективного использования безплотинных водозаборных сооружений на крупных реках, в том числе в период дефицита водных ресурсов¹. При реализации данных задач важное значение имеет разработка научных основ надежного и эффективного использования безплотинных водозаборных

¹ Указ Президента Республики Узбекистан от 07 февраля 2017 года за № УП-4947 "О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан"

сооружений на крупных реках, в том числе в периоды дефицита водных ресурсов.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан от 10 июля 2020 года за № УП-6024 «Об утверждении концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020–2030 годы», Указе Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года за № УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы», Законе Республики Узбекистан от 30 августа 2023 года за № ЗРУ-865 «О безопасности гидротехнических сооружений», Постановлении Президента Республики Узбекистан от 9 октября 2019 года за № ПП-4486 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления водными ресурсами», Постановлении Президента Республики Узбекистан от 5 января 2024 года за № ПП-5 «О мерах по совершенствованию системы управления водными ресурсами и повышению эффективности их использования в низовом звене», Постановлении Президента Республики Узбекистан от 1 апреля 2023 г. № ПП-107 «О неотложных мерах по повышению эффективности использования водных ресурсов», Постановлении Кабинета Министров Республики Узбекистан от 19 апреля 2022 года за № 196 «О дополнительных мерах по повышению эффективности управления водными ресурсами в низовом звене», а также в других нормативно-правовых документах, касающиеся данной деятельности.

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологии республики. Исследование по диссертационной работе выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологии Республики: V. «Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации². В настоящее время ведущие научные центры и университеты мира работают над повышением устойчивости и обеспечением безопасности бесплотинных водозаборных сооружений в процессе их эксплуатации, в том числе научно-исследовательские работы ведутся на базе лаборатории Виксбурга и лаборатории Университета Колорадо в Соединенных Штатах Америки, School of Engineering of Melbourne (Австралия), Institute of Water and Environmental Engineering, Валенсия (Испания), Induk Institute of Technology (Южная Корея), Институтом гидротехники (Россия), Всероссийским научно-исследовательским институтом гидротехники им. Б.Е.Веденева, Московским государственным институтом природообустройства, Нижегородским государственным архитектурно-строительным университетом, Институтом водных проблем, гидроэнергетики и экологии Академии наук Таджикистана, Национальным исследовательским университетом «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», Научно-исследовательским институтом ирригации и водных проблем (Узбекистан).

Гидравлические процессы в руслах с деформируемым дном считаются чрезвычайно сложными задачами, и на сегодняшний день эти вопросы недостаточно хорошо изучены теоретически и экспериментально. На

² Обзор зарубежных научных исследований по диссертации выполнен по <https://www.scopus.com/>; <https://www.springer.com/>; <https://www.scienceproblems.ru/>; <https://scholar.google.com/>; <https://www.sciencedirect.com> и другим источникам.

протяжении более 100 лет в специализированных лабораториях развитых стран мира осуществляются исследования по созданию экспериментальных имитационных моделей русел рек с различными характеристиками. В частности, исследования, проводимые в вышеуказанных научно-исследовательских лабораториях, в достаточной степени изучают причины и особенности формирования отдельных типов русловых процессов, а также формирование и динамику рельефа русла реки, движение потоков взвешенных наносов, влияние природных и антропогенных факторов на русла рек в лабораторных условиях.

Степень изученности проблемы. Задачи, связанные с совершенствованием теории движения взвешенных наносов в речных потоках хорошо изучены в трудах таких ученых, как В.М.Маккавеева, В.В.Глушкова, В.Н.Гончарова, А.Хазена, Н.Крамерова, М.А.Великанова, В.Ф.Пушкарева, И.В.Егиазарова, К.И.Россинского, Н.С.Знаменского, Н.А.Михайлова, Г.И.Шамова, Г.В.Лопатина, Г.С.Башкирова, А.В.Караушева, М.А.Дементьева, Г.И.Баренблатта, А.Н.Колмогорова, О.Чепа, А.Я.Шварцмана, Г.С.Башкирова, Х.Свенсона, А.М.Мухамедова, Х.Исмагилова, Ё.Мухамедова, Д.Р.Базарова и другие. При разработке динамических моделей взвешенных и донных наносов в потоке воды необходимо знать закономерности процессов, возникающих при взаимодействии потока воды и взвешенных частиц. Эти закономерности хорошо изучены в работах таких ученых, как В.Эри, Д.Стокса, А.Хазена, Р.Ричардса, Б.В.Архангельского, В.Н.Гончарова, В.В.Романовского и др. В.Г.Глушковым, Д.Ж.Тейлором и В.Шмидтом внедрены новые подходы и методы. Ими было предложено применение теории диффузии при изучении взвешенных частиц. Методы расчета транспортировки взвешенных наносов с использованием инструментов теории диффузии были усовершенствованы в работах таких ученых, как Г.С.Башкирова, А.В.Караушева, Т.Кармана, О.Брайена, Н.А.Михайлова, Г.И.Баренблатта, Ф.И.Франклена, О.Чепа, А.Я.Шварцмана и другие. Наряду с этим вопросы регионального обобщения характеристик взвешенных наносов, а также оценки и анализа условий и режимов их формирования достаточно изучаются ведущими научно-исследовательскими учреждениями таких стран, как США, Россия, Китай, Египет и Япония. В частности, динамическая дифференциация русловых процессов и их типы хорошо изучены ведущими научно-исследовательскими институтами.

Согласно ретроспективному анализу исследовательских работ по проблемам переноса илистых отложений в русле рек на равнинах, методы диффузионной и гравитационной теорий широко используются, главным образом, при решении проблем переноса илистых отложений. Исследование сложных гидрологических, гидротехнических и марфологических процессов, происходящих в той части, где расположены крупные бесплотинные водозаборные сооружения и сооружения для регулирования речного стока, А.М.Мухамедова, Ю.С.Мухамедова, Х.Исмагилова, Д.Р.Базарова, Ф.Х.Хикматова, Э.Ж.Махмудова, М.Бакиева, О.Я.Гловаского, А.М.Арифжанова, М.Р.Икрамова, Х.Х.Ишанова, С.И.Худайкулова, И.Э.Махмудова и другими учеными усовершенствованы эти работы.

Здесь турбулентный перенос взвешенных наносов представлен в общем случае для трехмерного пространства и нестационарных условий. Кроме того, уравнения диффузии движения взвешенных наносов тесно связаны с уравнениями динамической, то есть гравитационной теории. Однако для

реализации численных решений данных уравнений, помимо граничных и начальных условий, необходимо ввести эмпирические или полуэмпирические уравнения для основных параметров уравнений. Адекватность этих эмпирических или полуэмпирических выражений должна быть проверена на основе обширных экспериментальных исследований. Приведенные выше случаи требуют разработки научных основ надежного и эффективного использования бесплотинных водозаборных сооружений на крупных реках.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в рамках плана научно-исследовательских работ Научно-исследовательского института ирригации и водных проблем по прикладному проекту на тему ПЗ-2020112930 “Разработка технологии гидравлической адаптации при эксплуатации гидротехнических сооружений бесплотинного водозабора из крупных рек”.

Целью исследований является разработка гидравлических методов оптимального управления движением земснарядов на основании прогнозирования параметров динамики потока воды и деформации русла на участках рек, где расположены бесплотинные водозаборные сооружения.

Задачи исследований:

ретроспективный анализ научных работ, связанных с формированием и транспортировкой взвешенных наносов в равнинных реках;

проведение экспериментальных исследований по определению гидравлических параметров потока воды и морфометрических параметров русла на Амударьинском участке Каршинского машинного канала, где расположено головное водозаборное сооружение, а также на подводящем воду к I-й насосной станции канале;

лабораторные исследования особенностей гидравлических и морфологических параметров участка реки Амударья, на котором расположено бесплотинное водозаборное сооружение (КМК) и подводящего канала;

исследование технологических и стохастических параметров, обеспечивающих оптимальную работу земснарядов на участке реки, где расположено бесплотинное водозаборное сооружение и в подводящем канале;

совершенствование методики оценки эффективности и надежности работы земснарядов, очищающих от наносов русло подводящего канала Каршинского машинного канала;

разработка гидравлической модели динамики взвешенных наносов на дне русла реки;

разработка имитационной модели движения взвешенных наносов в деформирующихся руслах рек;

разработка гидравлической модели оптимального управления движением земснарядов.

Объектами исследований приняты Амударьинский участок Каршинского машинного канала расположенный в головном водозаборном сооружении, а также канал, подводящий воду к I-й насосной станции

Предметом исследований является исследование гидродинамических процессов, связанных с динамикой потока воды и морфометрическими параметрами участка реки Амударья, на котором расположено бесплотинное водозаборное сооружение (КМК)

Методы исследований. В ходе исследований использовались теоретические методы расчета деформаций русла равнинных рек, общепринятые методы экспериментальных исследований, математическое моделирование и методы их численного решения.

Научная новизна исследований заключается в следующем:

на основе прогноза динамики донного рельефа участка реки или канала, обоснованы технологические и стохастические параметры, обеспечивающие оптимальную работу земснарядов на участке реки, где расположено бесплотинное водозаборное сооружение и в подводящем канале

в зависимости от динамики рифеллов и на основе оптимизации режима работы земснарядов усовершенствована методика оценки эффективности и надежности работы земснарядов, очищающих от наносов русло подводящего канала Каршинского машинного канала;

на основании гипотезы сплошности потока воды и метода Лагранжа разработана гидравлическая модель динамики донных наносов на дне русла реки;

на основе параметрического уравнение траектории движения частиц взвешанных и донных наносов а также, динамической задачи Лагранжа-Лиувилля разработана имитационная модель движения рифелей в деформирующихся руслах рек;

на основе методов стохастических систем и теории управления разработана гидравлическая модель оптимального управления движением земснарядов.

Практические результаты исследований заключаются в следующем:

исходя из характеристик деформируемого русла уточнен режим движения донных наносов и взвешенных частиц;

обосновано повторение периодичности стационарного режима, связанного с переходом донных частиц во взвешенное состояние или, наоборот, из взвешенного состояния в состояние скользящего движения по дну;

разработан метод параметрического определения траектории движения частиц взвешенных наносов на основании метода определения граничных компонентов скорости перехода в водном потоке илистых частиц в состояние взвешенного движения;

на основании разработанных методов прогнозирования динамики различных гидравлических параметров водного потока разработан метод оптимального управления режимом работы земснарядов на участках рек и каналов.

Достоверность результатов исследований. Достоверность результатов исследований объясняется тем, что разработка теоретических решений проводилась на основе общепринятых гидродинамических законов и математических методов, а также сопоставлением полученных теоретических результатов с результатами практически проведенных исследований.

Научная и практическая значимость результатов исследований. Научная значимость результатов исследований заключается в совершенствовании методики оценки эффективности и надежности работы земснарядов по очистке ила в русле подводящего канала в Каршинский машинный канал, разработке гидравлической модели динамики донных наносов на дне русла реки на основании метода Лагранжа, разработке имитационной

модели движения рифелей в деформирующихся руслах рек на основании динамической задачи Лагранжа-Лиувилля, разработке гидравлической модели оптимального управления движением земснарядов на основании методов теории управления.

Практическая значимость результатов исследований заключается в уточнении режима движения частиц донных и взвешенных наносов исходя из характеристик деформации русла. Обосновано повторение периодичности стационарного режима, связанного с переходом донных частиц во взвешенное состояние или, наоборот, из взвешенного состояния в состояние скользящего движения по дну. Разработан метод параметрического определения траектории движения частиц взвешенных наносов на основании метода определения граничных компонентов скорости перехода в водном потоке илистых частиц в состояние взвешенного движения. Разработан метод оптимального управления режимом работы земснарядов на участках рек и каналов на основании разработанных методов прогнозирования динамики различных гидравлических параметров водного потока.

Внедрение результатов исследований. На основании результатов, полученных по разработке гидравлических методов оптимального управления движением земснарядов на основании прогнозирования динамики потока воды и параметров деформации русла на участках рек, где расположены безплотинные водозаборные сооружения:

Метод параметрического определения траектории движения взвешенных частиц, разработанный на основании метода определения граничных компонентов скорости перехода в водном потоке илистых частиц в состояние взвешенного движения, метод расчета динамики рифелей на дне русла реки при турбулентном потоке воды внедрены в деятельность Аму-Кашкадарьинского БУИС (Справка Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан №05/13-4593 от 3 декабря 2024 года). В результате достигнута экономия эксплуатационных затрат земснарядов на 2–3 процента.

Оценка надежности и эффективности состояний земснарядов, работающих на водоподводящем к I-НС канале Каршинского машинного канала, разработанные рекомендации по определению их оптимального количества, а также метод оптимального управления режимом работы земснарядов на участках рек и каналов, разработанный на основе разработанных методов прогнозирования динамики различных гидравлических параметров потока воды приняты в деятельности Управления эксплуатацией Каршинского магистрального канала (Справка Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан №05/13-4593 от 3 декабря 2024 года). В результате создана возможность экономии 8–10 процентов затрат на электроэнергию, связанную с эксплуатацией земснарядов.

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

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. По теме диссертации опубликованы 26 научные работы, 20 статей в научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций (DSc),

в том числе 8 в республиканских и 12 в зарубежных журналах, 4 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях. По теме научной работы получены 1 патент и 2 авторских свидетельства Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключений, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 161 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** диссертации обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, сформированы цели и задачи, объект и предмет исследований, приведено соответствие выполненных исследований приоритетным направлениям развития науки и технологии республики, раскрыты научная новизна и практические результаты исследований, обоснована достоверность полученных результатов, описаны теоретическая и практическая значимости, а также их значение, приведена информация о внедрении результатов исследования, апробации работы, опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием **«Ретроспективный анализ научных работ, связанных с формированием и транспортировкой донных наносов равнинных рек»** приведен ретроспективный анализ научных работ, связанных с формированием и транспортировкой донных наносов равнинных рек. В частности, проведен анализ научно-исследовательских работ, посвященный динамике взвешенных и донных наносов, взаимосвязанному движению взвешенных наносов и потока воды, разработке и совершенствованию методов расчета деформации дна русла и транспортировки взвешенных наносов в потоке воды в результате донных мутных наносов в русле.

Закономерности процессов, возникающих при разработке динамических моделей потоков взвешенных и донных наносов в потоке воды, а также взаимодействии потока воды с илистыми частицами хорошо изучены в трудах таких ученых, как В.Эри, Д.Стокса, А.Хазена, Р.Ричардса, Б.В.Архангельского, В.Н.Гончарова, В.В.Романовского и другие. Динамикой взвешенных наносов и теорией формирования ими рельефа дна русла реки глубоко занимались такие ученые, как Ф.Экснера, Н.Крамерова, В.Н.Гончарова, И.В.Егиазарова, Г.В.Лопатина, К.И.Россинского, Н.С.Знаменская и другие. Методы расчета динамики взвешенных наносов хорошо изучен в работах таких ученых, как В.Н.Гончарова, Е.Майер-Петров, Ф.Мюллера, Г.И.Шамова, Г.В.Лопатина и др.

Методы расчета транспортировки взвешенных наносов с использованием инструментов теории диффузии были усовершенствованы в работах таких ученых, как Г.С.Башкирова, А.В.Караушева, Т.Кармана, О.Брайена, Н.А.Михайлова, Г.И.Баренблатта, Ф.И.Франклена, О.Чепа, А.Я.Шварцмана и другие. Данные исследования считаются имеющими большое теоретическое значение, однако не получили широкого практического применения.

В работах М.А.Великанова, В.М.Маккавеева, А.Н.Колмогорова, И.И.Леви, А.Д.Грешаева и других ученых методы расчета движения взвешенных наносов основаны на теории гравитации, расчет движения илистых частиц во

взвешенном и донном состоянии предлагается определять путем расчета работы, совершаемой потоком воды. В этом случае работа, совершаемая потоком, находится через энергию пульсации, которая определяется путем усреднения потока.

Гидравлические процессы в руслах с деформируемым дном считаются чрезвычайно сложной задачей, и на сегодняшний день теоретически и эмпирически эти вопросы изучены недостаточно.

На протяжении многих лет в специализированных лабораториях развитых стран мира осуществляются исследования по созданию экспериментальных имитационных моделей русел рек с различными характеристиками. Целью проведения данных лабораторных исследований является изучение условий формирования русел рек и механизмов их изменения при различных речных процессах. Проводимые с этой целью исследования создают возможности для всестороннего изучения причин и особенностей формирования отдельных типов русловых процессов, а также формирования и динамики рельефа русла, движения взвешенных наносов, воздействия природных и антропогенных факторов на русла рек в лабораторных условиях.

По исследованию сложных гидрологических, гидравлических и морфологических процессов, происходящих на участке реки Амударья, где расположены крупные бесплотинные водозаборные сооружения и сооружения регулирующие поток воды в реке в работах таких ученых, как А.М.Мухамедов, Я.С.Мухамедова, Х.Исмагилова, Д.Р.Базарова, Ф.Х.Хикматова, Э.Ж.Махмудова, А.М.Арифжанова, М.Р.Икрамова, Х.Х.Ишанова, С.И.Худайкулова, И.Э.Махмудова и других проведены значительные работы по изучению потока воды в реке, гидравлических параметров взвешенных наносов, сложных морфологических процессов, происходящих в русле реки.

Наряду с этим вопросы разработки научных основ надежного и эффективного использования бесплотинных водозаборных сооружений на крупных реках изучены недостаточно.

Во второй главе диссертации под названием **«Экспериментальные исследования, проведенные на объекте исследований и их результаты»** приведены результаты экспериментальных исследований расхода, скорости, глубины воды и морфометрических параметров русла на участке реки, где расположено бесплотинное водозаборное сооружение, а также в подводящем канале. Экспериментальные исследования проводились на территории Республики Туркменистан, на участке реки, где расположено бесплотинное водозаборное сооружение, а также на участке Каршинского машинного канала протяженностью 21 км до I-й насосной станции. На основании метода проведения экспериментов было выбрано всего 22 створа по длине канала от реки Амударья до I насосной станции и на каждом створе экспериментально определены расход, скорость, глубина воды и основные морфометрические параметры русла.

На всех выбранных створах по поперечному сечению канала проведены работы по определению расхода воды, площади поперечного сечения (площадь живого сечения), средней скорости воды и максимальной глубины. Измерительные исследования проводились при помощи доплер-профилографа марки SONTEK S5 с устройством GPS (таблица 1).

Таблица 1

Показатели площади поперечного, средней скорости, расхода воды и максимальной глубины створа

№ створа	№ пи-кета	Площадь попе-речного сечения (м ²)	Средняя скорость (м/с)	Расход воды (м ³)	Максимальная глубина (м)
1	0+50	236,75	0,77	182,3	6,5
2	1+50	236,49	0,77	182,1	6,3
3	4+00	239,34	0,76	181,9	6,8
4	5+20	242,35	0,75	181,76	6,9
5	7+32	241,61	0,75	181,21	5,8
6	10+00	237,33	0,76	180,37	5,9
7	13+00	300,32	0,6	180,19	6,1
8	17+18	272,77	0,66	180,03	7,4
9	20+30	280,77	0,64	179,69	7,6
10	25+06	275,80	0,65	179,27	6,3
11	30+00	266,79	0,67	178,75	6,4
12	33+00	251,22	0,71	178,364	6,2
13	39+50	246,84	0,72	177,724	6,2
14	54+00	247,96	0,714	177,044	5,8
15	59+40	245,04	0,72	176,426	5,3
16	68+00	240,90	0,73	175,856	5,3
17	76+40	247,01	0,71	175,376	5,8
18	102+3	242,05	0,721	174,516	5,7
19	110+13	245,05	0,71	173,988	4,6
20	123+98	239,44	0,724	173,351	4,4
21	134+10	236,65	0,73	172,753	5,7
22	146+90	236,02	0,73	172,293	5,4

В то время как первый створ был выбран на 50 метров после первого работающего земснаряда, установленного в русле реки, второй створ был выбран на 50 метров выше земснаряда, установленного в 400 метрах от входной части в КМК. Измерительные исследования проводились на выбранных створах.

1-створ – Амударья. Определено, что за 350 метров до водозабора из реки в КМК, в русле реки, расход воды составляет 941,173 м³/с, площадь поперечного сечения (площадь живого сечения) – 1238,4 м², средняя скорость воды – 0,76 м/с, а максимальная глубина – 4,8 м.

2-створ – Амударья. Установлено, что через 350 метров после водозабора из реки в КМК, в русле реки, расход воды составляет 759,8 м³/с, площадь поперечного сечения (площадь живого сечения) – 1039,7 м², средняя скорость воды – 0,73 м/с, а максимальная глубина – 4,7 м. Показатели измерительных исследований на 1-м и 2-м створах реки представлены на рисунке 1.

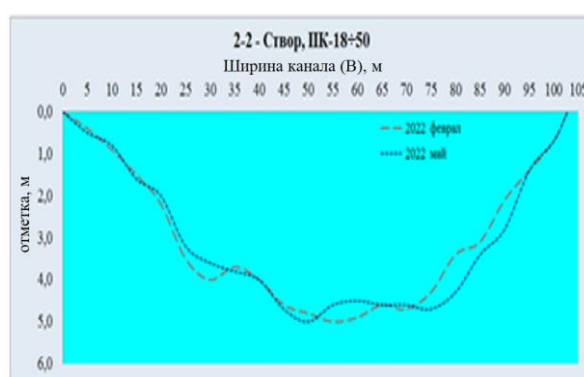
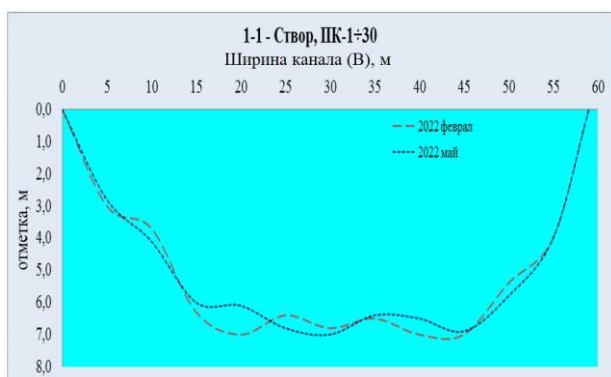


Рис. 1. Площадь поперечного сечения и профиль створа

Результаты исследований показывают, что в многоводные годы, если геометрическая крупность взвешенных частиц в водоподводящем канале к I-НС, составляет менее 0,2 мм, то от начального пикета канала до пикета, где расположена I-НС она передвигается с потоком воды. Однако в маловодные годы под воздействием различных факторов частицы такого размера оседают на дно русла, при этом между частицами возникает сильное притяжение (сцепление) и они сильно уплотняются. Это, в свою очередь, ограничивает возможности работы земснарядов.

В третьей главе диссертации под названием “**Экспериментальные исследования гидравлических и морфологических параметров участка Амударьи с безплотинным водозаборным сооружением (КМК) и водоподводящего канала**” проведены лабораторные эксперименты на физической модели участка реки, на котором расположено безплотинное водозаборное сооружение и водоподводящий канал (рисунок 2).

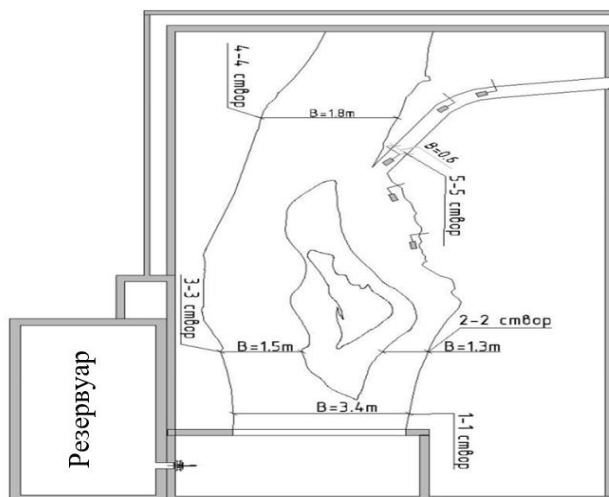


Рис. 2. Физическая модель и расположение выбранных створов

С целью проведения физического моделирования на территории института создана физическая модель участка русла реки Амударья и КМК в масштабе 1:100.

В физической модели исследованы типы движения взвешенных частиц с использованием следующих методов:

- Взвешенные частицы изучались путем фиксации на видеокдрах движения теннисных шариков.
- Взвешенные частицы изучались путем наблюдения за движением белых шариков, а донные частицы, движущиеся по дну русла, изучались путем наблюдения за движением красных шариков.

При максимальном расходе воды в створе 1-1 русла реки на физической модели ширина составила $B=3,4$ м, площадь поперечного сечения $\omega=0,136$ м², максимальная скорость потока $V=0,7$ м/с, максимальная глубина воды $H=5,5$ см. На основании полученных результатов измерений, проведенных на створе 1-1 определена морфология (профиль) русла реки для различных скоростей. Изменения профиля дна русла приведены на рисунке 3 при скорости потока 0,4 м/с, на рисунке 4 при скорости потока 0,5 м/с, на рисунке 5 при скорости потока 0,6 м/с, на рисунке 6 при скорости потока 0,7 м/с.

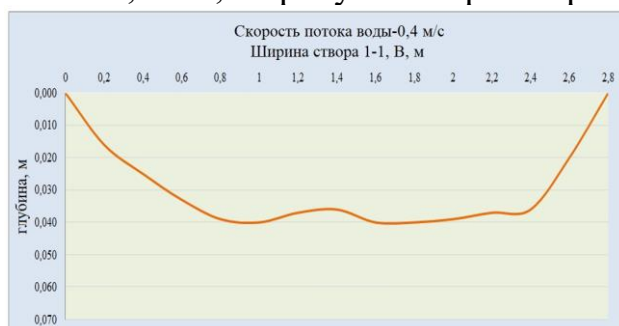


Рис. 3. Профиль русла створа 1-1 при скорости потока 0,4 м/с



Рис. 4. Профиль русла створа 1-1 при скорости потока 0,5 м/с



Рис. 5. Профиль русла створа 1-1 при скорости потока 0,6 м/с



Рис. 6. Профиль русла створа 1-1 при скорости потока 0,7 м/с

При максимальном расходе воды в створе 2-2 русла реки на физической модели ширина составила $B=1,3$ м, площадь поперечного сечения $\omega=0,050$ м², максимальная скорость потока $V=0,7$ м/с, максимальная глубина воды $H=5,5$ см.

На основании полученных результатов измерений, проведенных на створе 2-2 определена морфология (профиль) русла реки для различных скоростей. Изменения профиля дна русла приведены на рисунке 7 при скорости потока 0,4 м/с, на рисунке 8 при скорости потока 0,5 м/с, на рисунке 9 при скорости потока 0,6 м/с, на рисунке 10 при скорости потока 0,7 м/с.

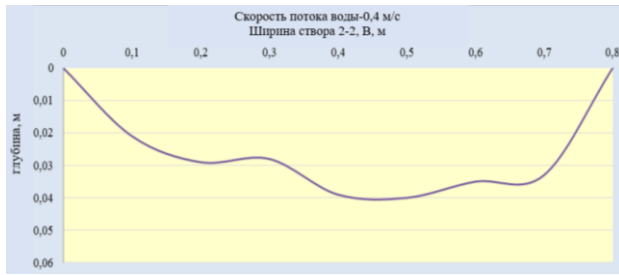


Рис. 7. Профиль русла створа 2-2 при скорости потока 0,4 м/с



Рис. 8. Профиль русла створа 2-2 при скорости потока 0,5 м/с



Рис. 9. Профиль русла створа 2-2 при скорости потока 0,6 м/с



Рис. 10. Профиль русла створа 2-2 при скорости потока 0,7 м/с

С целью исследования динамики движения взвешенных и донных наносов движущихся в потоке воды в физической модели использованы теннисные шарики. То есть белые шарики использовались для изучения динамики движения взвешенных наносов, а красные для донных наносов. (рисунки 11-14).



Рис. 11. Кинематическая характеристика взвешенных и донных наносов на физической модели при $v_{\text{бел}} = 0,73 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

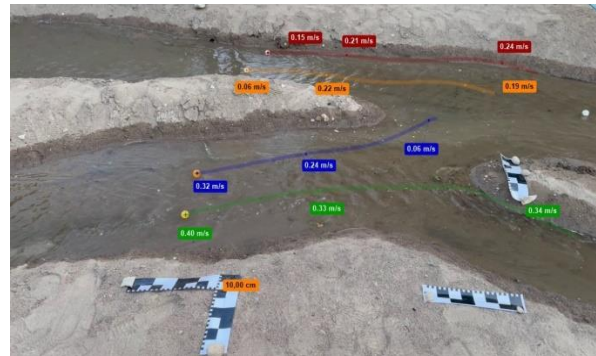


Рис. 12. Кинематическая характеристика взвешенных и донных наносов на физической модели при $v_{\text{бел}} = 0,76 \frac{\text{м}}{\text{с}}$



Рис. 13. Кинематическая характеристика взвешенных и донных наносов на физической модели при $v_{\text{бел}} = 0,60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

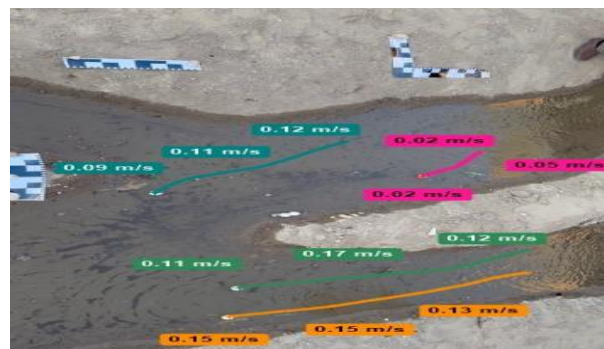


Рис. 14. Кинематическая характеристика взвешенных и донных наносов на физической модели при $v_{\text{бел}} = 0,56 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Согласно экспериментам, проведенным на физической модели при скорости потока воды 0,75 м/с движение взвешенных частиц составило 7-9 об/сек. При наблюдении за движением красных теннисных шариков в качестве взвешенных частицы скорость вокруг поверхности шарика составила 0,3–0,4 м/с, что относительно скорости потока воды составило u (0,3–0,4 м/с). Если принять, что диаметр шарика составляет 30 мм, то средняя гидравлическая крупность составила 380 мм/с или 0,38 м/с. Это означает, что для перемещения взвешенных частиц в верхних слоях потока скорость потока воды должна быть в два раза больше гидравлической крупности частиц.

В четвертой главе диссертации под названием **“Изучение состояния работ земснарядов на участке реки, где расположены безплотинные водозаборные сооружения и на водоподводящем канале”** исследованы технические характеристики земснарядов, используемых на участке реки, где расположены безплотинные водозаборные сооружения (КМК) и на водоподводящем канале, научно-технические вопросы, связанные с эксплуатацией земснарядов, а также технологические и стохастические параметры, обеспечивающие оптимальную работу земснарядов. Усовершенствована методика оценки эффективности и надежности работы земснарядов, очищающих от наносов подводящий канал Каршинского машинного канала. В ходе проведенных натурных экспериментов на участке от ПК0+00 до ПК209+00 главного русла подводящего к I-й насосной станции канала, было задействовано 17 земснарядов, в том числе 2 (дизельных) земснаряда для регулирования русла реки Амударья и 15 (электрических) земснарядов на постоянной основе для очистки от наносов головного русла подводящего к I-й насосной станции канала протяженностью 21 км. По состоянию на 13 марта 2022 года на объекте очищено 3,0 млн м³ наносов, на что израсходовано 8,4 млн. кВт·ч электроэнергии и 17,9 тонн дизельного топлива.

В марте 2022 года в рамках проекта были проведены измерительные работы по определению гидравлических параметров потока воды в канале протяженностью 21 км с использованием современного акустического доплеровского профилографа SONTEK S5-River Surveyor. По результатам измерительных работ установлено, что по руслу канала имеется 9,351 млн. м³ донных отложений. Установлено, что в головной части канала дно канала поднялось в среднем на 2,5 метра выше проектной отметки 238,00, а на участке отстойника в среднем на 5-6 метров выше проектной отметки 234,5.

От ПК 0+00 до 0+50 вдоль по течению проектная отметка дна канала на правом берегу составляет 238,00 и шириной 27 метров, из них участок в среднем 8-9 метров, с ПК 6+00 до 7+50 имеет проектную отметку дна канала 238,00 и ширину 27 метров, при этом согласно проекту, дно канала от ПК 39+00 до 39+50 составляет 237,00 и ширину 61 метр, а правая сторона русла вдоль по течению протяженностью 25-30 метров состоит из твердой горной породы, что не позволяет заглоблению данного участка.

По результатам экспериментов, проведенных по оценке эффективности работы земснарядов, среднее время перехода земснаряда с одной полосы на другую составляет 4 часа, среднее время перехода земснаряда с одного пикета на другой составляет 36 часов, время, затрачиваемое на передвижение бульдозером пульпы, сбрасываемой с земснаряда по пульпопроводу на карту намыва, составляет примерно 1,5-2 часа, технологическое время остывания земснаряда

составляет 1-1,5 часа.

Таким образом, установлено, что измерения осуществлялись на основании количества материала, всасываемого земснарядом за единицу времени, при одинаковой максимальной глубине всасываемого ила и при одинаковом напоре.

При помощи усовершенствованной методике в рамках диссертации анализа по оценке состояния надежности и эффективности земснарядов, работающих на подводящем к I-НС канале Каршинского машинного канала, а также определению их оптимального количества, представлены в виде диаграмм на рисунках 15 и 16.

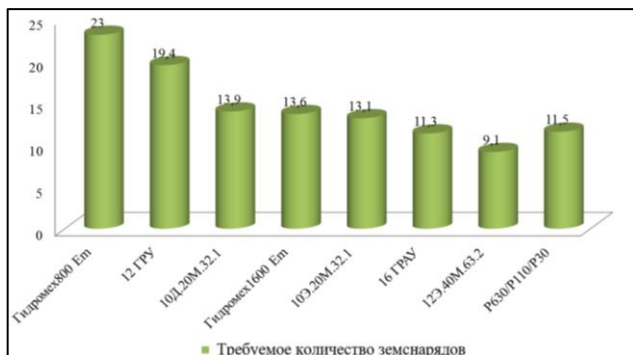


Рис. 15. Количество земснарядов, необходимых для очистки от наносов подводящего канала Каршинского машинного канала

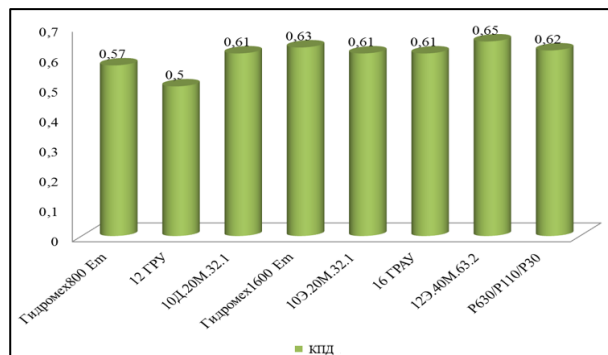


Рис. 16. Коэффициент полезного действия (КУД) земснарядов, используемых для очистки от наносов подводящем канале Каршинского машинного канала

Как видно из анализа данных, приведенных на диаграммах 15–16, 14 из 17 земснарядов, работающих на канале по очистке от наносов, в течение года выполнили в среднем 70 процентов запланированных машино-часов. Земснаряды № 8-20 дизельный, № 8-29 электрический и № 458 электрический выполнили всего 31, 42 и 58 процентов соответственно. Коэффициент полезного действия земснарядов составил 0,6. В связи с низкой надежностью и эффективностью работы земснарядов на водоподводящем канале к I-НС фактически задействовано 17 земснарядов, хотя согласно нормативным документам достаточно работы 13 земснарядов.

В пятой главе диссертации под названием “Динамика потока воды и параметров морфологии русла подводящего к I-й насосной станции канала Каршинского магистрального канала, а также гидравлические модели оптимального управления движением земснарядов” приведены гидравлическая модель динамики взвешенных наносов на дне русла реки, имитационная модель движения взвешенных наносов в деформирующихся руслах рек и гидравлические модели оптимального управления движением земснарядов.

Большинство научно-технических задач в гидротехнике решаются преимущественно при помощи метода Эйлера. В рамках диссертации с целью описания движения взвешенных и донных наносов в водном потоке используется метод Лагранжа.

В физической модели взвешенные наносы представлены белыми шариками, а донные наносы - оранжевыми шариками. Изучены кинематические параметры взвешенных и донных наносов в водном потоке, в том числе их скорости и траектории, при различных скоростях потока воды. Выполним гидравлическое моделирование на основе результатов экспериментальных исследований. Для этого на поверхности дна русла обозначена плоскость «огу». Взвешенные и донные наносы в потоке воды совершают не только поступательное, но и вращательное движение вокруг своей оси и относительно координатной плоскости. Поэтому, состояние взвешенных и донных частиц наносов в каждый интервал времени выражается пятью координатами. Определяем двумя нарисованными декартовыми x, y и лагранжевыми ψ, ϕ, ϑ координатами. То есть координаты $x, y, \psi, \phi, \vartheta$ и ϑ могут принимать любые значения соответственно состоянию взвешенных частиц в потоке воды в любой момент времени.

Предположим, что поверхность с координатной плоскостью, обозначенной «огу» является гладкой поверхностью. В этом случае частица наносов в воде непрерывно перемещается из состояния, определяемого координатами $x, y, \psi, \phi, \vartheta$, в состояние с бесконечно малым расстоянием $x+dx, y+dy, \psi+d\psi, \phi+d\phi$ и $\vartheta+d\vartheta$.

По данным лабораторного анализа проб, отобранных для определения мутности воды на водозаборном участке подводящего канала к I-НС КМК безплотинного водозаборного сооружения реки Амударья, количество взвешенных частиц в потоке воды с фракцией 0,05-0,01 мм составило 70,3 процента, <0,01 мм-14,3 процента, <0,001 мм-3,73 процента, 0,10-0,05 мм-5 процентов, 0,01-0,005 мм - 5,6 процентов. По этой причине разделим взвешенные частицы в потоке воды на системы в зависимости от их функций. Поэтому предполагаем, что водный поток рассматривается как непрерывная среда и состоит из различных систем. Эти системы определяются координатами q_1, q_2, \dots, q_n соответственно. То есть конфигурация систем в произвольный момент времени t выражается указанными выше координатами. Положение взвешенных частиц массой m_i в каждой системе определяется соответствующими координатами x_i, y_i, z_i . В этом случае координаты x_i, y_i и z_i являются функциями величин q_1, q_2, \dots, q_n , времени t и выражаются следующим образом:

$$\begin{cases} x_i = \vartheta_i(q_1, q_2, \dots, q_n, t) \\ y_i = \varphi_i(q_1, q_2, \dots, q_n, t) \\ z_i = \psi_i(q_1, q_2, \dots, q_n, t) \end{cases}, \quad (1)$$

Если силы (внешние и внутренние), действующие на взвешенные частицы массой m_i , имеют равные влияющие компоненты F_i^1, F_i^2 и F_i^3 , тогда уравнение движения взвешенных наносов массой m_i будет иметь следующий вид:

$$\begin{cases} F_i^1 = m_i \frac{\partial^2 x_i}{t^2} \\ F_i^2 = m_i \frac{\partial^2 y_i}{t^2} \\ F_i^3 = m_i \frac{\partial^2 z_i}{t^2} \end{cases}, \quad (2)$$

Умножим систему уравнений (2) на $\frac{\partial \vartheta_i}{\partial q_r}$, $\frac{\partial \varphi_i}{\partial q_r}$ и $\frac{\partial \psi_i}{\partial q_r}$ соответственно и запишем систему по всем частицам. После соответствующих математических действий получим следующую систему уравнений:

$$\sum_i m_i \left(\frac{\partial^2 x_i}{\partial t^2} \frac{\partial \vartheta_i}{\partial q_r} + \frac{\partial^2 y_i}{\partial t^2} \frac{\partial \varphi_i}{\partial q_r} + \frac{\partial^2 z_i}{\partial t^2} \frac{\partial \psi_i}{\partial q_r} \right) = \frac{1}{2} \sum m_i \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial}{\partial \dot{q}_r} (x_i^2 + y_i^2 + z_i^2) \right) - \frac{1}{2} \sum_i m_i \frac{\partial}{\partial \dot{q}_r} (x_i^2 + y_i^2 + z_i^2) \quad (3)$$

в системе уравнений (3) каждая функция выражения $\frac{1}{2} \sum m_i \left(\left(\frac{\partial x_i}{\partial t} \right)^2 + \left(\frac{\partial y_i}{\partial t} \right)^2 + \left(\frac{\partial z_i}{\partial t} \right)^2 \right)$ представляет собой кинетическую энергию движения взвешенных наносов, половины суммы масс взвешенных частиц, умноженных на квадраты скоростей частиц. После соответствующих математических действий получаем уравнение (4), описывающее движение рифелей на дне русла реки:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\delta E_k}{\delta \dot{q}_r} \right) - \frac{\delta E_k}{\delta \dot{q}_k} = F_r, \quad r = \overline{1, n} \quad (4)$$

Для проведения численного эксперимента уравнения (4) приведем его к динамической задаче Лагранжа-Лиувилля. В результате уравнение (4) принимает следующий вид только для координаты q :

$$\frac{d}{dt} (u \dot{q}) - \frac{1}{2} \frac{\delta u}{\delta q} (\dot{q}_1^2 + \dot{q}_2^2 + \dots + \dot{q}_n^2) + Ar \cdot u_0^2 \frac{\delta u}{\delta q} \dot{q} \quad (5)$$

Интегрируя уравнение энергии, получаем следующее [5]:

$$\frac{1}{2} u_0 (\dot{q}_1^2 + \dot{q}_2^2 + \dots + \dot{q}_n^2) = v \cdot \mathcal{G} \quad (6)$$

После соответствующих операций получаем следующее уравнение:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} (u^2 \dot{q}^2) &= 2 \dot{q} \frac{d}{dt} [(v \cdot \mathcal{G} + Ar \cdot u_0^3) u] \\ u^2 \dot{q}^2 &= 2 \dot{q} [(v \cdot \mathcal{G} + Ar \cdot u_0^3) u] \Rightarrow u^2 \dot{q}^2 = 2 \dot{q} u [v \cdot \mathcal{G} + Ar \cdot u_0^3] \\ u^2 &= \frac{2}{\dot{q}} [v \mathcal{G} + Ar \cdot u_0^3] \end{aligned} \quad (7)$$

$$u = \sqrt{\frac{2}{\dot{q}} (v \mathcal{G} + Ar \cdot u_0^3)} \quad (8)$$

Если учесть выражение $\dot{q} = au_1 + bu_2$ [7], уравнение (8) можно записать следующим образом:

$$u = \sqrt{2 \cdot \frac{v \mathcal{G} + Ar \cdot u_0^3}{au_1 + bu_2}} \quad (9)$$

где: u_1 – скорость взвешенных частиц, u_2 – скорость донных частиц, а и b – экспериментальная постоянная. В результате получается гидравлическая модель, отображающая скорость движения рифелей на дне русла реки при турбулентном движении водного потока. Теперь на основании результатов натурных и экспериментальных исследований решим уравнение (9). Сравнительный анализ результатов проведенных численных экспериментов, физического моделирования и натурных исследований представлен на рисунках 17–18. Погрешность результатов сравнения составляет 4%.

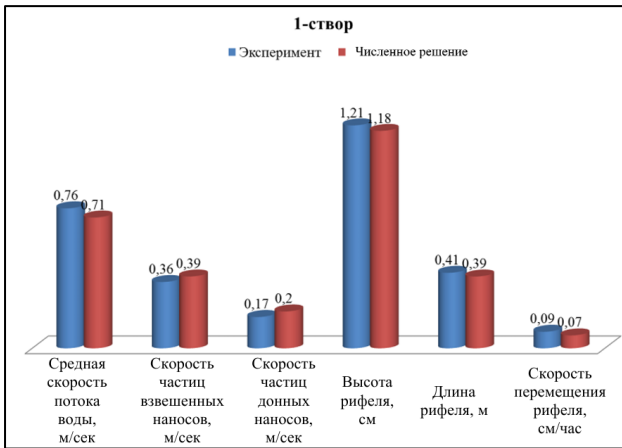


Рис. 17. Диаграмма сравнения результатов экспериментального и численного решения кинематических параметров потока воды и взвешенных наносов в 1-м створе физической модели.

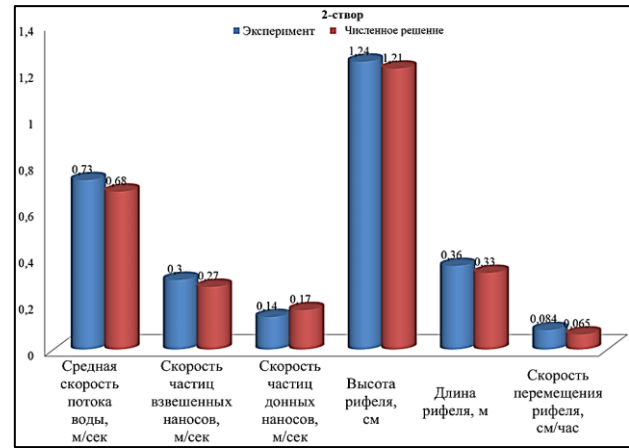


Рис. 18. Диаграмма сравнения результатов экспериментального и численного решения кинематических параметров потока воды и взвешенных наносов во 2-м створе физической модели.

На основании экспериментальных параметров особенностей морфологии русла при различных гидравлических параметрах потока воды получено решение научно-технической задачи, связанной с оптимальным управлением режимом работы земснарядов на участке реки, а также подводящем к I-НС каналу.

Ускорение a_a и замедление a_b движения земснаряда с места, а также максимальная скорость V_{max} в конкретном технологическом процессе. При этом на каждом из разрезов S_{k1} , S_{k2} и S_{k3} наблюдаются характерные особенности функции скорости $V(t)$ и функции ускорения $a(t)$, соответствующие закону изменения скорости материальной точки (рис. 19).

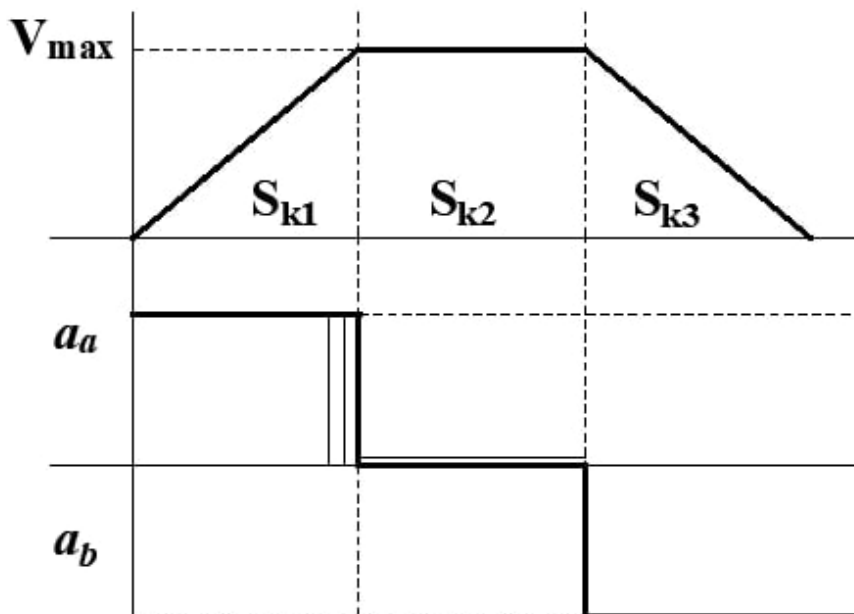


Рис. 19. График скорости движения и изменения ускорения земснаряда

В этом случае перемещается из состояния A_0 в состояние A_1 в виде ломанной линии. Если земснаряд передвигается по разрезам ломаных линий от

точки A_0 до точки A_1 , в этом случае уравнение параметров ломаных линий, соединяющих точки A_0 и A_1 , можно выразить следующим образом.

$$R_1(t) = \begin{pmatrix} x(\tau) \\ y(\tau) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_0 + \tau(x_1 - x_0) \\ y_0 + \tau(y_1 - y_0) \end{pmatrix} \quad (10)$$

Для решения уравнения (10) введем следующие начальные условия:

$$\left. \begin{aligned} R_1(0) &= A_0 \\ R_1(1) &= A_1 \\ \tau_1^0 &= 0 \\ \tau_1^1 &= 1 \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Сформулируем следующую задачу оптимального управления. Траектория (10) и (11) задана на плоскости XOY , и движение земснаряда по этой траектории должно иметь минимальное отклонение.

$$R_1(t) = \begin{pmatrix} x_0 + \tau(x_1 - x_0) \\ y_0 + \tau(y_1 - y_0) \end{pmatrix} \rightarrow \min \quad (12)$$

То есть, на уравнение (12) накладываем следующее условие оптимальности:

$$|R_1(t)| \leq \varepsilon \quad (13)$$

То есть смысл условия (13) состоит в том, что земснаряд не должен выходить за пределы полосы шириной ε .

Если предположить, что параметр t уравнения (12) изменяется в интервале $[0,1]$, то $t_0=0$, $t_1=1$. В результате, исходя из уравнения, приведенного в [13], имеем следующее параметрическое уравнение:

$$\begin{aligned} R_1(t) &= R_1(\tau_1^0) + [R_1(\tau_1^1 + (\tau_1^1 - \tau_1^0)P(t_0 t_1, t_1 - t_0)) - R_1(\tau_1^0)] = \\ &= \begin{pmatrix} x_0 + P(t, 0.1)(x_1 - x_0) \\ y_0 + P(t, 0.1)(y_1 - y_0) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_1 - x_0 \\ y_1 - y_0 \end{pmatrix} P(t, 0.1) = A_0 + (A_1 - \\ &A_0) \frac{1}{2}(1 + |t| - |t - 1|) \end{aligned}$$

или

$$R_1(t) = A_0 + (A_1 - A_0) \frac{1}{2}(1 + |t| - |t - 1|) \quad (14)$$

В результате имеем уравнение ломаных линий до точек A_0 и A_1 . Согласно условиям задачи должно быть:

$$J[R_1(t)] = \int_0^1 \left[A_0 + (A_1 - A_0) \frac{1}{2}(1 + |t| - |t - 1|) \right]^2 dt < \varepsilon^2 \quad (15)$$

Условие (15) представляет собой оптимальное условие управления движением земснаряда.

ВЫВОДЫ

На основании исследований, проведенных в рамках диссертации доктора наук на тему “**Научные основы надёжной и эффективной эксплуатации бесплотинных водозаборных сооружений на крупных реках**” представлены следующие выводы:

1. Результаты исследований показывают, что в многоводные годы Амударьи, если геометрическая крупность взвешенных частиц в водоподводящем канале к I-НС, составляет менее 0,2 мм, то от начального пикета канала до пикета, где расположена I-НС она передвигается с потоком

воды. Однако в маловодные годы под воздействием различных факторов частицы такого размера оседают на дно русла, при этом между частицами возникает сильное притяжение (сцепление) и они сильно уплотняются. Это, в свою очередь, ограничивает возможности работы земснарядов.

2. Согласно результатам проведенного эксперимента, подъемная сила, воздействующая на движущуюся частицу в момент подскока взвешенной частицы со дна русла достигает максимального значения. То есть восходящая сеть траектории взвешенной частицы направлена резко вверх относительно нисходящей сети. Исследования показали, что подъемная сила, действующая на взвешенные частицы на дне русла, создается в результате разницы давления между замедляющимся потоком под частицей и ускоряющимся потоком над частицей.

3. При использовании безплотинного водозаборного сооружения из крупных рек, с целью создания технологии гидравлического соответствия на территории института построена физическая модель русла Амударьи и КМК в масштабе 1:100.

В разработанной в рамках проекта физической модели типы движения взвешенных частиц исследованы с использованием следующих методов:

- *Взвешенные частицы изучались путем фиксации на видеокадрах движения теннисных шариков.*
- *Взвешенные частицы изучались путем наблюдения за движением белых шариков, а донные частицы, движущиеся по дну русла, изучались путем наблюдения за движением оранжевых шариков.*

4. Согласно экспериментам, проведенным на физической модели при скорости потока воды 0,75 м/с движение взвешенных частиц составило 7-9 об/сек. При наблюдении за движением оранжевых теннисных шариков в качестве взвешенных частицы скорость вокруг поверхности шарика составила 0,3–0,4 м/с, что относительно скорости потока воды составило u (0,3–0,4 м/с). Если принять, что диаметр шарика составляет 30 мм, то средняя гидравлическая крупность составила 380 мм/с или 0,38 м/с. Это означает, что для перемещения взвешенных частиц в верхних слоях потока скорость потока воды должна быть в два раза больше гидравлической крупности частиц.

5. На участке от ПК0+00 до ПК209+00 главного русла подводящего к I-й насосной станции канала, задействовано 17 земснарядов, т.е. 2 (дизельных) земснаряда для регулирования русла реки Амударья и 15 (электрических) земснарядов на постоянной основе для очистки от наносов головного русла подводящего к I-й насосной станции канала протяженностью 21 км. По состоянию на 13 марта 2022 года выполнено **3,0 млн м³** работ по очистке от наносов, на что израсходовано 8,4 млн. кВт·ч электроэнергии и 17,9 тонн дизельного топлива. В 2021 году с использованием земснарядов, задействованных для очистки головного русла канала от наносов, выполнено 8,117 млн м³ очистных работ. Также 3,512 млн. м³ наносов было вынесено через I насосную станцию.

6. В марте текущего года в рамках проекта были проведены измерительные работы по определению гидравлических параметров потока воды в канале

протяженностью 21 км с использованием современного акустического доплеровского профилографа SONTEK S5-River Surveyor. По результатам измерительных работ установлено, что по руслу канала имеется 9,351 млн. м³ донных отложений. Установлено, что в головной части канала дно канала поднялось в среднем на 2,5 метра выше проектной отметки 238,00, а на участке отстойника в среднем на 5-6 метров выше проектной отметки 234,5.

7. Как видно из анализа данных, приведенных на диаграммах 15–16, 14 из 17 земснарядов, работающих на канале по очистке от наносов, в течение года выполнили в среднем 70 процентов запланированных машино-часов. Земснаряды № 8-20 дизельный, № 8-29 электрический и № 458 электрический выполнили всего 31, 42 и 58 процентов соответственно. Коэффициент полезного действия земснарядов в среднем составил 0,6. В связи с низкой надежностью и эффективностью работы земснарядов на водоподводящем канале к I-НС фактически задействовано 17 земснарядов, хотя согласно нормативным документам достаточно работы 13 земснарядов.

8. Усовершенствован метод расчета деформации русла реки и движения взвешенных наносов на основе метода Лагранжа. Разработана гидравлическая модель, отображающая скорость движения рифелей на дне русла реки при турбулентном потоке воды.

9. Исходя из характеристик деформируемого русла уточнен режим движения взвешенных и донных частиц наносов. Обосновано, что периодичность стационарного состояния связана с переходом донных частиц во взвешенное состояние или, наоборот, из взвешенного состояния в состояние скользящего движения по дну. Или, если проанализировать эту ситуацию более точно, движение взвешенных частиц обосновано изучением разделив на два интервала по оси времени:

I-интервал: в данном интервале частица донного наноса будет двигаться вдоль поверхности рифеля без скачков. При этом нормальные силы реакции величины $V(t)$, выраженные соотношением $N = N(t) = mg \cos \alpha - mA\omega^2 \sin \beta \cdot \sin \omega t - T_y$ имеют положительные значения и неравенство $\sin \omega t < \frac{g \cos \alpha - k_y}{A\omega^2 \cdot \sin \beta} = z_0$ выполняется без скачков.

II-интервал: Этот интервал движения характеризуется переходом частиц донных наносов во взвешенный режим движения. В этом режиме движения

справедливо неравенство $z_0 = \frac{g \cos \alpha - \frac{3\lambda\rho T_x}{4\rho_{oq}d_{oq}}}{A10^2 \cdot \sin \beta} \leq 1$.

10. На основании уравнения определения предельных компонентов скорости перехода частиц в состояние взвешенного движения разработано параметрическое уравнение траектории движения частиц взвешенных наносов.

11. На основании гидравлических моделей, отражающих особенности морфологии русла при различных гидравлических параметрах потока воды разработана гидравлическая модель оптимального управления режимом работы земснарядов на участке реки, а также на подводящем к I-НС канале.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.41/30.04.2021.T.131.01 ON AWARDING
ACADEMIC DEGREES AT SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF
IRRIGATION AND WATER PROBLEMS**

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

MURODOV NAVRUZ KURBONOVICH

**SCIENTIFIC BASIS FOR RELIABLE AND EFFICIENT OPERATION OF
DAMLESS WATER INTAKES ON LARGE RIVERS**

05.09.07 - Hydraulics and engineering hydrology

**ABSTRACT OF DOCTORAL DISSERTATION (DSc)
ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent–2025

The theme of the doctoral dissertation (DSc) on technical science was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher education, science and innovation of the Republic of Uzbekistan with number № B2024.4.DSc/T-865

The dissertation has been prepared at the Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems. The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is placed on website (www.ismiti.uz) and information-educational portal Ziyonet at the address (www.ziyonet.uz).

Scientific consultant: **Makhmudov Ikhomjon Ernazarovich**
doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Khudaykulov Savet Ishonkulovich**
doctor of technical sciences, professor

Gapparov Furqat Axmatovich
doctor of technical sciences, professor

Eshev Sobir Samatovich
doctor of technical sciences, professor

Leading organization: **National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek**

The defense of the thesis will be held "23" 08 2025 at 10⁰⁰ hours at the meeting of the Scientific council DSc.41/30.04.2021.T.131.01at the Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems. (Adress: 100000, Tashkent, Karasu 4, 11. Tel: (99899) 434-43-28; e-mail: ismiti@minwater.uz).

The doctoral dissertation can be found at the Information Resource Center of the Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems (registered with № 6) at the address: 100187. Tashkent, Karasu 4, 11. Tel: (99899) 434-43-28, e-mail: ismiti@minwater.uz.

Abstract of dissertation was sent «30» 07 2025.

(register of the distribution protocol № 6 from «30» 07 2025).



O. Ya. Glovatskiy
O. Ya. Glovatskiy
Chairman of the Scientific Council
for awarding of academic degrees,
doctor of technical sciences, professor

U. A. Sadiev
U. A. Sadiev
Scientific secretary of the scientific council
for awarding of academic degrees,
PhD, senior scientific researcher

M. R. Ikramova
M. R. Ikramova
Chairman of the scientific seminar of the
Scientific Council for awarding of degrees,
doctor of technical sciences, professor

ABSTRACT (introduction)
of the Doctor of Science (DSc) Dissertation of Technical Science

The aim of the research work is to develop hydraulic methods for optimal control of dredger movement based on forecasting the dynamics of water flow and channel deformation parameters in river sections where damless water intake facilities are located.

The objects of research the Amudarya section of the Karshi machine channel located in the main intake structure, as well as the channel supplying water to the I-pumping station.

The scientific novelty of the research are:

Technological and stochastic parameters have been developed to ensure optimal operation of dredgers in the river section where the damless intake structure is located and in the supply channel;

The methodology for evaluating the efficiency and reliability of dredgers that clean sediment from the channel of the supply channel of the Karshinsky machine channel has been improved;

A hydraulic model of the dynamics of suspended sediments at the bottom of a riverbed based on the Lagrange method has been developed;

A simulation model of the movement of slates in deforming riverbeds based on the Lagrange-Liouville dynamic problem has been developed;

Based on the methods of control theory, a hydraulic model for optimal control of the movement of dredgers has been developed.

Implementation of research results.

Based on the results obtained on the development of hydraulic methods for optimal control of dredger movement based on forecasting the dynamics of water flow and channel deformation parameters in river sections where located a damless water intake facility:

A method for parametric determination of the trajectory of suspended particles, developed on the basis of a method for determining the boundary components of the rate of transition in a water stream of silty particles to a state of suspended motion, a method for calculating the dynamics of riffles at the bottom of a riverbed with a turbulent water flow, has been implemented in the activity of the Amu-Kashkadarya Basin Irrigation System Administration under the Ministry of Water Resources (Certificate of the Ministry of Water Resources No. 05/13-4593 dated December 3, 2024). As a result, it is achieved the dredger's operating cost savings by 2-3 percent;

Assessment of the reliability and efficiency of dredgers operating at the water supply to the I-pumping station of the Karshi machine canal, developed recommendations for determining their optimal number, as well as a method for optimal control of dredger operation in river and canal sections, developed on the basis of developed methods for predicting the dynamics of various hydraulic parameters of the water flow adopted in the activity of the Karshi Main Canal Operation Administration under the Ministry of Water Resources (Certificate of the Ministry of Water Resources No. 05/13-4593 dated December 3, 2025). As a result, it is achieved

opportunity to save 8-10 percent of the energy costs related to the operation of dredgers.

The volume and structure of the dissertation: The dissertation consist of an introduction part, five chapters, summary, list of references and annexes. The volume of dissertation is 161 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Н.Муродов, М.Рўзиев, Ж.Шоназаров Амударёнинг Қарши машина канали сув олиш иншооти жойлашган қисмида сув оқимининг гидравлик ва ўзаннинг морфологик параметрлари экспериментал тадқиқотлари. / *Agro Ilm* №6 (95), Toshkent 2023 ISSN 2091-5616, b.58-62. (05.00.00; № 3).

2. Н.Муродов, У.Жовлиев, У.Абдурахманов Амударё ва 1 насос станцияга сув келтирувчи каналда земснарядларни ҳаракатини мақбул бошқаришнинг математик модели. / *МЕ'МОРЧИЛИК ва ҚУРИЛИШ МУАММОЛАРИ (ilmiy-texnik jurnal)* Samarqand. 2024, №1 b.281-294. (05.00.00; № 14).

3. Н.Муродов, А.Ражабов, Б.Улуғбеков, С.Камалова, У.Абдурахмонов Амударё дарёсидан қарши машина каналининг 1-насос станциясига сув келтирувчи каналдаги қирғоқ химоя иншоотлари билан сув оқимининг ўзаро таъсири жараёнларини гидравлик моделлаштириш. / *Ме'morchilik va qurilish muammolari (ilmiy-texnik jurnal)* Samarqand. 2024, №3 b.192-198. (05.00.00; № 14).

4. Н.Муродов, А.Ражабов, М.Рўзиев, Ж.Шоназаров Қарши машина каналига сув келтирувчи каналдаги лойқани тозаловчи земснарядларни самарали ва ишончли ишлашини баҳолашнинг услуги. / *Ме'morchilik va qurilish muammolari (ilmiy-texnik jurnal)* Samarqand. 2023, №3 b.171-173. (05.00.00; № 14).

5. Н.К. Муродов, Э.А. Казаков, Д.А. Матказиев. Деформацияланувчи дарё ўзанларида лойқа оқизиклари ҳаракатининг имитация модели. / *Arxitektura, qurilish va dizayn (ilmiy amaliy jurnal)* Toshkent. Vol.18, №4. 2023y. b.329-333. (05.00.00; № 4).

6. Н.К. Муродов. Деформацияланувчи дарё ўзанларида лойқа оқизиклари ҳаракатининг имитация модели. / *AGRO ILM* №2 (99), Toshkent 2024 ISSN 2091-5616, b.59-61. (05.00.00; № 3).

7. N.K. Murodov. Amudaryo daryosi suv oqimi tarkibidagi loyqa oqiziqalar dinamikasining imitatsion modeli. / *Innovatsion texnologiyalar ilmiy jurnal Qarshi*. Vol. 51, No. 3, 2023 ISSN 2181-4732 b.64-69. (05.00.00; № 38).

8. I.E. Makhmudov, N.K. Murodov, E.A. Kazakov, R.A. Mamutov. International experience on inter-basin distribution of water resources. / *экономика и социум* ISSN 2225-1545 №12 (91) – 2022, б.312-317. (11.00.00; № 11)

9. I.E. Makhmudov, N.K. Murodov, A.A. Mirzaev, A.I. Ernazarov, A.Kh. Rajabov, Sh.M. Musaev, J.J. Narziev, B.B. Ulugbekov, Sh.R. Ustemirov. Socio-Economic Situation In The Water Management Of The Republic Of Uzbekistan And The Regulatory-Legal And Economical Frameworks For The Implementing Of Water-Saving Technologies. / *Journal of Positive School Psychology* 2022, Vol. 6, No. 5, 2951-2955. (Impact factor- 0.87 (SJIF 2022)).

10. I.E. Makhmudov, N.K. Murodov, A.A. Mirzaev, U.A. Sadiev, U.T. Jovliev, Sh.M. Musaev, A. Rajabov, J.J. Narziev, M.O. Roziev. Probability-Statistical Model Of Reliability And Efficiency Of Irrigation Channels. / *Journal of Positive School Psychology* 2022, Vol. 6, No. 5, 2956-2960. (Impact factor- 0.87 (SJIF 2022)).

11. I.E. Makhmudov, N.K. Murodov, A.I. Ernazarov, U.T. Jovliev, A.Kh. Rajabov, Sh.M. Musaev, B.B. Ulugbekov, Sh.R. Ustemirov. The Current State Of Irrigation Networks And Their Use In The Water Sector Of The Republic Of Uzbekistan. / *Journal*

of Positive School Psychology 2022, Vol. 6, No. 5, 2947-2950. (Impact factor- 0.87 (SJIF 2022)).

12. I.E. Makhmudov, N.K. Murodov, U.A. Sadiev, A. Petrov, U. Jovliev, N. Usmonova, M. Ruziev, Sh. Rustamov. Transporting irrigation systems and problems of their tightness. / Journal of Positive School Psychology 2022, Vol. 6, No. 6, 5879-5883

13. Ikhomjon Makhmudov, Navruz Murodov, Rasul Turaev, Aybek Seytov, Umidjon Sadiev, Uktam Jovliev, Dilbar Makhmudova, Muzaffar Ruziev, Mamatkobil Esonturdiyev. Optimal Management Of Water Resources Of Large Main Canals With Cascades Of Pumping Stations. / Journal of Positive School Psychology 2022, Vol. 6, No. 6, 6878-6884. (Impact factor- 0.87 (SJIF 2022)).

14. N.K. Murodov, I.E. Makhmudov, B. Khamdamov, M.O. Ruziev, J.E. Shonazarov. Hydraulic Modeling of Dispersed Flow./Central Asian Journal of Theoretical and Applied Sciences.Vol.Issue p.35-38ISSN:2660-5317,b.35-38, SJR 0.54. Impact factor- 12.43.

15. N.K. Murodov, I.E. Makhmudov, B. Khamdamov, M.O. Ruziev, J.E. Shonazarov. Field Studies of Dispersed Flow. / AMERICAN journal of Engineering, Mechanics and Architecture Volume 02, Issue 03,2024 ISSN (E): 2993-2637, SJR 0.54. b.107-111. Impact factor- 6.672.

16. N.Murodov, M.Ruziyev, J.Shonazarov. Matemathical Model of Available Control of Dredger Movement. / American Journal of Engineering, Mechanics and Architecture. Volume 01, Issue 07, 2023 ISSN (E):2993-2637. SJR 0.54. Impact factor- 6.672.

17. Махмудов И.Э., Муродов Н.К., Казаков Э.А., Мамутов Р.А. International Experience on Inter-Basen Distribution of Water Resources. / Central Asian journal of Theoretical and applied sciences. Volume: 03 Issue: 01 | Jan 2022 ISSN: 2660-5317. SJR 0.54. Impact factor- 12.43.

18. Махмудов И.Э., Муродов Н.К., Казаков Э.А., Мамутов Р.А. Emperic Determination of Shezi Coefficientfor Hydraulic Calculation of Concrete-Canvas Pavement of canals. / European Journal of Innovation in Nonformal Education (EJINE) Volume 2 | Issue 1 | ISSN: 2795-8612. Impact factor- 10.48.

19. Н.К. Муродов, А.Ж. Сейтов А.Р. Кутлимуродов Р.Н. Тураев А.А.Худайберганов. Mathematical model of optimal control of the cuppyly canal to the frist pumping station of the cascade of the Karshi main canal. / «International Journal of Advanced Research in Science Engineering and technology» ISSN (Online): 2350-0328 vol 8, issue 3, March 2021 Impact factor- 6.648.

20. Н.К. Муродов, А.Ж. Сейтов, Б.Р. Ханимукулов, М.Гаипов, О.Хамидуллаева. Численные алгоритмы решения задач оптимального управления объектами Каршинского магистрального канала. / ARES academic research in iducational sciences. Vo lume 2 ISSUE 3 2021 Cite Faktor 2020-21 SJIF 2021: 5.723

II бўлим (II часть; II part)

1. I.E. Makhmudov, N.K. Murodov, M.O. Ruziev. Survey and assessment of water resources status of country main canal. /Academic Research In Modern Science International acientific-online conference b.111-115. USA 2023.

2. N. Murodov. A hydraulic model of the dynamics of turbidity at the bottom of a river bed. / International Conference on Multidisciplinary Research. Hosted from Singapore 2023, b.16-22.

3. Н.Муродов, М.Рўзиев, Ж.Нарзиев, У.Жовлиев, Ж.Шоназаров Амударё дарёсидаги тўғонсиз сув олиш иншоотларидан фойдаланишдаги мавжуд илмий-техник муаммолар ва уларни ечимига қаратилган илмий-тадқиқот ишларининг ретроспектив таҳлили./Global iqlim o'zgarishi oqibatlari, suv tanqisligini yumshatishning hozirgi holati va istiqbollari. Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya 2024 y 19-20 mart, Qarshi b.450-455.

4. Н.Муродов, М.Рўзиев, Ж.Нарзиев, У.Жовлиев, Ж.Шоназаров Қарши машина канали каскадидаги насос станциялари энергетик характеристикалари ва канал гидравлик параметрларини экспериментал тадқиқ қилиш. / Global iqlim o'zgarishi oqibatlari, suv tanqisligini yumshatishning hozirgi holati va istiqbollari. Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya 2024 y 19-20 mart, Qarshi b.439-441.

5. Н.Муродов, Б.Қурбонбоев, А.Абдурахмонов, Б.Бобоёров, У.Абдурахмонов Дарё ўзани тубида лойқа оқизиклар динамикасининг гидравлик модели. / “Yangi O'zbekiston: ilm qaldirg'ochlari - 2023” II-Respublika ko'rik tanlovi hamda talabalarning ilmiy-amaliy konferensiyasi 2-qism Jizzax-2023 20-may б.33-35.

6. Н.Муродов, М.Рўзиев, Б.Бобоёров, У.Абдурахмонов Қарши машина аналида эксплуатация қилинаётган земснарядларнинг ҳаракатини мақбул бошқариш бўйича математик модел ишлаб чиқиш. “Yangi O'zbekiston: ilm qaldirg'ochlari - 2023” II-Respublika ko'rik tanlovi hamda talabalarning ilmiy-amaliy konferensiyasi 2-qism Jizzax-2023 20-may б.25-27/

7. И.Махмудов, Н.Муродов. “Сув сатҳи ва фильтрация оқимининг лойқалигини аниқлаш ускунаси”. Патент: № SAP 02427.

8. И.Махмудов, Н.Муродов. “Земснарядларни ҳаракатини мақбул бошқариш учун маслаҳатчи дастур”. Гувоҳнома: № DGU 41459.

9. И.Махмудов, Н.Муродов. “Ўзан деформацияси ва лойқа чўкиндилар динамикасини ҳисоблаш модели”. Гувоҳнома: № DGU 41458.

Автореферат “IRRIGATSIYA VA MELIORATSIYA” илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилган ва унинг ўзбек, рус, инглиз (резюме) тиллардаги матнларини мослиги текширилган (05.06.2025 й.).



№ 10-3279

Bosishga ruxsat etildi: 24.07.2025 y.
Bichimi: 60x84 ^{1/16} «Times New Roman»
garniturada raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog'i 3,3. Adadi 100. Buyurtma: № 112
Tel: (99) 832 99 79; (77) 300 99 09
Guvohnoma reestr № 10-3279
“IMPRESS MEDIA” MCHJ bosmaxonasida chop etildi.
Manzil: Toshkent sh., Yakkasaroy tumani, Qushbegi ko'chasi, 6 uy.

