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

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

МАКСУДОВА ЛЮДМИЛА АЛЕКСЕЕВНА

НАСОС СТАНЦИЯЛАРИНИНГ ЭКСПЛУАТАЦИЯ РЕЖИМИГА ОҚИЗИҚЛАРНИНГ ТАЪСИРИ

05.09.06 – Гидротехника ва мелиорация қурилиши

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2026

УДК: 627.157:631.624:004(043)

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Содержание автореферата диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам

Contents of the dissertation abstract of the Doctor of Philosophy (PhD) on technical sciences

Максудова Людмила Алексеевна
Насос станцияларининг эксплуатация режимига оқизиқларнинг таъсири 3

Максудова Людмила Алексеевна
Влияние наносов на режим эксплуатации насосных станций 21

Maksudova Lyudmila Alekseevna
Influence of sediments on the operating mode of pumping stations 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати
Список опубликованных работ
List of published works 43

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

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

МАКСУДОВА ЛЮДМИЛА АЛЕКСЕЕВНА

НАСОС СТАНЦИЯЛАРИНИНГ ЭКСПЛУАТАЦИЯ РЕЖИМИГА ОҚИЗИҚЛАРНИНГ ТАЪСИРИ

05.09.06 – Гидротехника ва мелиорация қурилиши

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2026

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида № B2024.1.PhD/T4524 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация «Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти» Миллий тадқиқот университетида бажарилган.

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

Илмий раҳбар:	**Базаров Дилшод Райимович** техника фанлари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	**Файзиев Хомитхон** техника фанлари доктори, профессор
	Шакиров Бахтиёр Махмудович техника фанлари доктори, профессор
Етакчи ташкилот:	**Тошкент давлат техника университети**

Диссертация ҳимояси «Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти» Миллий тадқиқот университети ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.10.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2026 йил «____» _____ соат ____ даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил: 100000, Тошкент ш., Қори Ниёзий кўчаси, 39 уй. Тел.: (+99871) 237-22-67, факс: (+99871) 237-54-79, e-mail: admin@tiiame.uz.

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

Диссертация автореферати 2026 йил «____» _____ куни тарқатилди.
(2026 йил «____» _____ даги ____ рақамли реестр баённомаси).

М.Х. Хамидов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, қ.х.ф.д., профессор

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

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда насос станциялари иш режимининг оқим динамикаси ва гидродинамик тавсифларига таъсирини башоратлаш ўзан гидравликасининг энг муҳим масалаларидан бири ҳисобланади. Айниқса, Марказий Осиёнинг энг лойқа дарёларидан бири бўлган Амударёдан тўғонсиз сув олиш шароитида бу масала янада долзарб аҳамият касб этади. Насос станцияларининг самарадорлигини ошириш ва насос агрегатларининг абразив ейилишини камайтириш учун насос станциясига кафолатланган ҳажмдаги сувни етказиб бериш ҳамда машина каналининг сув келтирувчи қисмида оқимни тиндириш алоҳида аҳамиятга эга. Насос станцияларининг ишончлилиги ва фаолиятига таъсир кўрсатувчи оқизиқларнинг аванкамераларга келиб тушиш динамикасини ўрганиш, машина канали ўзанининг сув ўтказиш қобилиятини камайтирувчи лойқа босиш жадаллиги ва йўналишини аниқлаш ҳамда туб ва муаллақ оқизиқлар миқдори энг кам бўлган кафолатланган ҳажмдаги сувни етказиб беришни таъминловчи тадбирларни ишлаб чиқишга қаратилган илмий тадқиқотлар ўтказиш насос станцияларидан фойдаланишда долзарб вазифа ҳисобланади.

Жаҳоннинг етакчи илмий муассасаларида насос станцияларининг эксплуатация режимини мақбуллаштириш, сув оқимининг гидравлик тузилишини яхшилаш, сув қабул қилиш иншоотларида оқизиқлар чўкишининг олдини олиш, энергия сарфини камайтириш, янги техник ечимлар ва технологияларни ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада иншоотлардаги сув оқимининг мақбул гидравлик тузилишини тадқиқ этиш ва илмий асослаш, насос станциялари аванкамераларида сув оқимини бошқариш, насос агрегатларининг иш режимларини оптималлаштириш, уларнинг эксплуатацион самарадорлигини ошириш ва бошқариш масалаларига алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамиз сув хўжалигида насос станцияларини модернизация ва реконструкция қилиш, иншоот ва жиҳозларнинг эксплуатацион самарадорлигини ошириш, эскирган жиҳозларни замонавий энергия тежамкор жиҳозлар билан алмаштириш, сув оқимининг гидравлик режимини тартибга солиш ҳисобига иншоотларнинг иш режимини такомиллаштириш бўйича кенг кўламли чора-тадбирлар амалга оширилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида суғориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини яхшилаш, мелиорация ва ирригация объектларини ривожлантириш ҳамда қишлоқ хўжалигига сув ва ресурсларни тежайдиган замонавий агротехнологияларни жорий этиш вазифалари белгиланган.[1] Бугунги кунда республикадаги суғориладиган ерларнинг 55 фоиздан ортиғи, яъни 2,4 млн гектар экин майдони насос станциялари ёрдамида суғорилмоқда ва уларнинг

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

фаолияти учун 2020 йилда 7,172 млрд кВт·соат (мамлакат электр энергияси истеъмолининг 10,4 фоизи) электр энергияси сарфланган. 2025 йилнинг сув хўжалиги тизимида «Насослар самарадорлигини ошириш йили» деб эълон қилингани ҳам ушбу йўналишнинг долзарблигини тасдиқлайди. Электр энергияси истеъмолининг ўта юқори даражаси насос станцияларида энергия тежовчи технологияларни, жумладан, янги конструктив ва техник ечимларни тадқиқ этиш ва жорий қилишни кенг қўллашга алоҳида эътибор қаратишни тақозо этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон «2022–2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги, 2020 йил 10 июлдаги ПФ-6024-сон «Ўзбекистон Республикаси сув хўжалигини ривожлантиришнинг 2020–2030 йилларга мўлжалланган концепциясини тасдиқлаш тўғрисида»ги фармонлари ҳамда мазкур соҳага тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялари ривожланишининг III. «Энергетика, энергия ва ресурс тежамкорлик» ҳамда V. «Қишлоқ хўжалиги, биотехнология, экология ва атроф-муҳит муҳофазаси» устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Ҳозирги вақтда насос станцияларидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш, сув келтирувчи каналлар ва сув қабул қилиш иншоотлари конструкцияларини такомиллаштириш, суғориш сувининг ортиб бораётган танқислигини ҳисобга олган ҳолда замонавий лойиҳалаш усулларини жорий этиш билан боғлиқ муаммолар B.Dhillon, Ch.Singh, M.Stark, K.Ostermann, A.Baghlani, G.Sebestyen, F.Stvrteczky, А.Буззони, Х.Кумамото, Г.Тойкура, J.L.Cheng, J.S.Liu, Д.Т.Гаевика, Б.Попов, В.В.Рычагов, Н.Н.Накладов, А.И.Степанов, В.Я.Карелин, М.И.Бальзанников, В.В.Елистратов, В.И.Виссарионов, О.Н.Померанцев ва бошқа тадқиқотчиларнинг илмий ишларида батафсил ёритилган, ижобий натижаларга эришилган ва уларнинг усуллари амалиётга жорий этилган.

Тўғонсиз сув олиш иншоотларининг сув келтирувчи каналлар ва насос станциялари иншоотларига таъсири муаммоларини гидравлик жиҳатдан тадқиқ этиш билан С.Т.Алтунин, С.Х.Абальянц, А.М.Мухамедов, Х.А.Ирмухамедов, Х.А.Исмагилов, И.А.Бузунов, Р.Уркинбаев, Ж.Кучкаров, Д.Р.Базаров ва бошқалар шуғулланган бўлиб, улар эришган натижалар маълум даражада амалиётга жорий этилган.

Сув ўтказувчи каналлар ва иншоотлар конструкцияларини мақбуллаштириш ҳамда уларнинг ишончлилиги масалалари С.К.Переверзев, К.Р.Аллаев, Ш.Х.Рахимов, Т.С.Камалов, О.Я.Гловацкий, М.М.Мухаммадиев, М.Мамажанов, Р.Р.Эргашев, Б.Уришев, У.У.Жонкобилов ва бошқаларнинг илмий ишларида ёритилган ҳамда насос станцияларидан фойдаланишда

самарадорлик ва ишончлилик кўрсаткичларини ошириш бўйича ечимлар таклиф этилган.

Шу билан бирга, лойқалиги юқори бўлган дарёлардан сув оладиган насос станцияларида оқизиқларнинг аванкамераларда чўкиш жараёнини уларнинг концентрацияси ва гранулометрик таркибини ҳисобга олган ҳолда баҳолаш ҳамда оқизиқларнинг насос агрегатлари эксплуатацион кўрсаткичларига таъсирини комплекс ўрганиш масалалари етарли даражада тадқиқ этилмаган.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти «Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти» Миллий тадқиқот университетининг илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ 25/2021-сонли «Қарши магистрал канали 1-насос станциясига сув олиш ҳудудида земснарядлар ишлаш самарадорлигини ошириш бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш» ҳамда 33/22-сонли (2022 й.) «Қарши магистрал канали биринчи насос станцияси канали узунлиги бўйлаб оқизиқлар чўкиш жойларини аниқлаш ва Туркманистон ҳудудида жойлашган магистрал каналнинг сув ўтказиш қобилиятини ошириш бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш» мавзусидаги хўжалик шартномалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади насос станцияларининг эксплуатация режимига оқизиқларнинг таъсирини баҳолашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

насос станцияларининг сув келтирувчи каналлари ва сув қабул қилиш иншоотларида оқизиқлар чўкишининг олдини олиш бўйича мавжуд илмий тадқиқотлар, усуллар ва конструктив ечимларни таҳлил қилиш;

оқизиқларнинг гранулометрик таркиби ва оқимнинг гидравлик тавсифларини ҳисобга олган ҳолда уларнинг насос агрегатлари элементларининг гидроабразив ейилишига ва эксплуатацион кўрсаткичларига таъсирини баҳолаш;

насос станцияларининг сув келтирувчи каналлари ва аванкамераларида оқизиқларнинг тўпланиш жараёнларини ўрганиш ҳамда уларнинг насос станциялари иш режимларига таъсирини баҳолаш;

насос станцияларининг сув келтирувчи каналлари ва аванкамераларидаги гидравлик жараёнларни дала шароитида тадқиқ этиш, аванкамералардаги мақбул сув сатҳларини аниқлаш ҳамда насос агрегатларининг рационал иш режимларини асослаш;

сонли моделлаштириш асосида ўқий насосларнинг оқим қисмидаги гидродинамик жараёнларни тадқиқ этиш ҳамда насос агрегатларининг эксплуатацион самарадорлигини ошириш мақсадида йўналтирувчи аппарат конструкциясини такомиллаштириш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Қарши магистрал канали тизимидаги насос станциялари, уларнинг сув келтирувчи каналлари ва сув қабул қилиш иншоотлари олинган.

Тадқиқотнинг предметини Қарши магистрал канали насос станцияларининг сув келтирувчи каналлари ва аванкамераларида муаллақ оқизиқли сув оқимининг гидравлик қонуниятлари, оқизиқ заррачаларининг ҳаракатланиши ва чўкиш жараёнлари, оқим лойқалигининг ўзгариши ҳамда ушбу жараёнларнинг насос агрегатлари иш режимлари ва эксплуатацион кўрсаткичларига таъсири ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида экспериментал ва дала кузатув усуллари, оқизиқларнинг чўкиш жараёнини гидравлик моделлаштириш, насос қурилмалари параметрларини аниқлашнинг графоаналитик усуллари, тажрибаларни ўтказиш ва уларнинг натижаларига ишлов беришда математик статистика, тажрибаларни режалаштириш усуллари, ANSYS Fluent дастурида оқимни сонли (CFD) моделлаштириш ҳамда иншоотларда сув оқимини моделлаштириш қонуниятларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

оқизиқларнинг гранулометрик таркиби ва оқимнинг гидравлик тавсифларини ҳисобга олган ҳолда уларнинг насос агрегатлари оқим қисми элементларининг гидроабразив ейилишига ва эксплуатацион кўрсаткичларининг ўзгаришига таъсир этиш қонуниятлари аниқланган;

насос станцияларининг сув келтирувчи каналлари ва аванкамераларида оқизиқларнинг тўпланиши ва тақсимланиш хусусиятлари ҳамда уларнинг сув келтирувчи иншоотларнинг гидравлик режимига ва насос агрегатлари ишининг барқарорлигига таъсири аниқланган;

сув келтирувчи каналлардаги гидравлик шароитлар, сув сатҳларининг ўзгариши ва насос жиҳозларининг эксплуатацион ҳолатини ҳисобга олган ҳолда насос станциялари аванкамераларидаги мақбул сув сатҳлари ҳамда насос агрегатларининг сув узатиш режимларини тартибга солиш параметрлари асосланган;

насоснинг оқим қисмидаги гидродинамик жараёнларни сонли моделлаштириш натижалари асосида тескари оқимларни камайтириш, гидравлик йўқотишларни пасайтириш ва насос агрегатининг эксплуатацион самарадорлигини ошириш имконини берувчи ўқий насоснинг оқимни йўналтирувчи аппарати конструкцияси такомиллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

насос станцияларининг сув келтирувчи каналлари ва аванкамераларида оқизиқларнинг гидравлик шароитларга таъсирини баҳолаш, лойқа босиш жараёнларининг жадаллигини камайтириш ҳамда барқарор сув узатишни таъминлаш бўйича амалий тавсиялар ишлаб чиқилган;

насос станциялари аванкамераларидаги мақбул сув сатҳлари ҳамда сув келтирувчи каналларнинг гидравлик шароитлари ва насос жиҳозларининг эксплуатацион ҳолатини ҳисобга олган ҳолда насос агрегатларининг сув узатиш режимларини тартибга солиш бўйича тавсиялар асосланган;

насос агрегатларининг эксплуатацион параметрлари асосида ҳақиқий сув сарфини аниқлашнинг ҳисоблаш усули таклиф этилган бўлиб, у сув узатишни назорат қилиш аниқлигини ошириш ва қўшимча сув ўлчаш

қурилмаларидан фойдаланиш заруратини камайтириш имконини беради;

ўқий насоснинг оқимни йўналтирувчи аппарати конструкциясини такомиллаштириш бўйича тескари оқимлар жадаллигини камайтириш, гидравлик йўқотишларни пасайтириш ва насос агрегатларининг эксплуатацион самарадорлигини оширишга қаратилган конструктив ечимлар ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Назарий тадқиқотларнинг умумэътироф этилган математик ва физик қонуниятларга асосланганлиги, тажрибаларнинг ўрганилаётган жараёнларни моделлаштириш қонуниятларига мувофиқ ўтказилганлиги, олинган натижаларнинг назарий ҳисоблашлар, сонли моделлаштириш ва натура синовлари маълумотлари билан ўзаро мувофиқлиги, шунингдек, бошқа тадқиқотчилар томонидан олинган илмий натижалар билан қиёсий таҳлил қилиш орқали текширилганлиги билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти насос станциялари сув келтирувчи канали ва аванкамерасида оқизиқ заррачаларининг чўкишини башоратлаш ва унинг олдини олишнинг янги усулини ишлаб чиқиш, бунда оқимнинг насос станцияси эксплуатация режими ва заррачаларнинг чўкиш жараёнига таъсирини баҳолаш, аванкамера ва тиндиргични чўкиндилардан тозалаш усулларини ҳамда насос станциясининг сув узатиш самарадорлигини ошириш мақсадида ушбу усулларни қўллашда параметрларни аниқлаш услубиятини ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти насос станциясидан фойдаланиш даврида аванкамерада оқизиқлар тўпланишининг олдини олиш ва уларни тозалашнинг самарали ҳамда кам харажатли усуллари ҳисобига агрегатларнинг фойдали иш коэффициентини ошириш ва ортиқча энергия сарфини бартараф этиш, насос агрегати йўналтирувчи аппаратининг конструктив элементлари ҳамда насос станциясининг сув узатиш самарадорлигини ошириш учун оқизиқ ушлаб қолувчи қурилмаларни жойлаштиришнинг гидравлик схемаси ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Насос станцияларининг эксплуатация режимига оқизиқлар таъсирини баҳолаш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

насос станциялари аванкамераларида оқизиқлар концентрациясини инобатга олган ҳолда заррачаларнинг чўкиш траекториясини ҳисоблаш усули ҳамда насос станциясининг иш режимига мос равишда аванкамерадаги оқизиқларни чиқариб ташлаш учун ишлаб чиқилган янги қурилма схемалари Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалиги вазирлиги ҳузуридаги Қарши магистрал каналидан фойдаланиш бошқармасида амалиётга жорий этилган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2025 йил 2 декабрдаги 04/20-6350-сон маълумотномаси). Натижада, насос станцияси аванкамерасини оқизиқлардан тозалаш харажатлари ва электр энергияси йўқотишларини камайтириш ҳисобига йилига 40–250 миллион сўм маблағни иқтисод қилиш, шунингдек,

сув қабул қилиш иншоотлари тубида оқизиқлар чўкишининг олдини олиш ва насос агрегатларининг эксплуатацион кўрсаткичларини яхшилаш имконияти яратилган;

насос станцияларининг эксплуатацион самарадорлигини ошириш мақсадида ишлаб чиқилган насос агрегати йўналтирувчи аппаратининг конструктив элементлари Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалиги вазирлиги ҳузуридаги Қарши магистрал каналидан фойдаланиш бошқармасида амалиётга жорий этилган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2025 йил 2 декабрдаги 04/20-6350-сон маълумотномаси). Натижада, насос станциясининг сув узатиш самарадорлигини 15 фоизгача ошириш имконияти яратилган;

насос станцияларига оқизиқлар келиб тушишининг олдини олиш ҳисобига сув узатиш самарадорлигини ошириш учун ишлаб чиқилган қурилмани жойлаштиришнинг гидравлик схемаси Ўзбекистон Республикаси Сув хўжалиги вазирлиги ҳузуридаги Қарши магистрал каналидан фойдаланиш бошқармасида амалиётга жорий этилган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2025 йил 2 декабрдаги 04/20-6350-сон маълумотномаси). Натижада, насос станцияси аванкамерасини оқизиқлардан тозалаш харажатлари ва электр энергияси йўқотишларини камайтириш ҳисобига эксплуатация харажатларини 5–15 фоизгача тежаш имконияти яратилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 4 та халқаро ва 3 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган ва маъқулланган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 15 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий журналларда 5 та мақола, жумладан, 3 таси республика нашрларида, шунингдек, 8 та мақола хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 120 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида тадқиқотнинг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари шакллантирилган, объекти ва предмети белгиланган, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, илмий янгилиги ва амалий натижалари баён этилган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, тадқиқотнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга татбиғи, нашр этилган ишлар ҳамда диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Насос станциялари эксплуатация режими бўйича мавжуд муаммолар таҳлили»** деб номланган биринчи бобида муаллақ

оқизиқларнинг насос станциялари (НС) гидравлик тавсифлари ва эксплуатацион ишончлилигига таъсирига оид маҳаллий ва хорижий тадқиқотлар таҳлил қилинган. Оқим ўтиш қисми абразив ейилишининг физик босқичлари, оқизиқлар концентрацияси ва гранулометрик таркибининг сув келтирувчи ўзанлар ҳамда аванкамералардаги гидродинамик босим ва тезлик майдонига таъсири, шунингдек, машина каналларида лойқа босиш ва эрозияга қарши курашишнинг конструктив ва технологик усуллари кўриб чиқилган.

Оқизиқларнинг гидрокуч жиҳозларига салбий таъсири, сув келтирувчи каналлар ва сув қабул қилиш иншоотларида лойқа босиш жараёнлари, шунингдек, насос агрегатлари элементларининг гидроабразив ейилиши билан боғлиқ назарий ва амалий масалалар С.Х. Абальянц, А.М. Мухамедов, В.Я. Карелин, В.В. Рычагов, В.М. Семенков, Г.А. Воробьев, Ю.П. Иноземцев, Н.Н. Пашков, И.С. Новикова ва бошқа олимларнинг илмий ишларида тадқиқ этилган.

Ўзбекистонлик олимлар Д.Р. Базаров, О.Я. Гловацкий, М.М. Муҳаммадиев, Б.Р. Ўралов, Ф. Насиров, Э.К. Кан ва бошқаларнинг илмий тадқиқотларида насос станциялари ва уларнинг каскадларида гидравлик ҳамда эксплуатацион жараёнларни такомиллаштириш, сув узатиш режимларини мақбуллаштириш, насос агрегатларининг энергетик самарадорлиги ва эксплуатацион ишончлилигини ошириш масалаларига алоҳида эътибор қаратилган. Ушбу йўналишда сув келтирувчи каналлар ва сув қабул қилиш иншоотларида оқимнинг гидродинамик тузилишини баҳолаш, ўзан деформациялари ва оқизиқлар тўпланишининг гидравлик шароитларга таъсирини аниқлаш, насос агрегатларининг оқим ўтиш қисмида юзага келадиган гидравлик йўқотишлар ҳамда кавитацион ва гидроабразив ейилиш жараёнларини тадқиқ этиш, шунингдек, насос станцияларининг иш режимларини такомиллаштиришга қаратилган илмий-услубий ёндашувлар ва техник ечимлар кўриб чиқилган. Мазкур тадқиқотлар насос станцияларининг барқарор сув узатишини таъминлаш, эксплуатацион харажатларни камайтириш ва гидромеханик жиҳозларнинг хизмат муддатини узайтириш масалаларини илмий асослашда муҳим аҳамият касб этади.

Таҳлиллар асосида оқизиқлар концентрацияси юқори бўлганда гидродинамик босимнинг кескин пасайиши заррачаларнинг механик таъсири билан биргаликда насос станциялари фойдали иш коэффициентининг (ФИК) сезиларли камайишига олиб келиши аниқланган ҳамда диссертация ишининг мақсади ва вазифалари шакллантирилган.

Диссертациянинг **«Оқизиқларнинг насос станциялари иш режимига таъсирига оид назарий ечимлар асослари»** деб номланган иккинчи бобида насос агрегатлари иш самарадорлигини оширишнинг замонавий усуллари, оқим ўтиш қисми элементларининг коррозион, кавитацион ва механик ейилиши таҳлил қилинган ҳамда оқизиқларнинг агрегатлар иш режимига таъсирини баҳолашнинг ҳисоблаш ёндашувлари асосланган.

Лойқалиги юқори бўлган манбалардан сув оладиган насос станцияларида эксплуатацион самарадорликнинг пасайишига оқимдаги

қаттиқ абразив заррачалар ва кавитация ҳодисалари ҳал қилувчи таъсир кўрсатиши, уларнинг биргаликдаги таъсири насосларнинг сув узатиши, напори ва ФИКнинг пасайишига, энергия истеъмоли ҳамда эксплуатация харажатларининг ортишига олиб келиши кўрсатилган. Насос агрегатининг ФИК қуйидаги боғлиқлик билан аниқланади:

$$\eta = \eta_{\text{г}} \cdot \eta_{\text{об}} \cdot \eta_{\text{м}} ; \quad (1)$$

бу ерда: $\eta_{\text{г}}$ – гидравлик ФИК; $\eta_{\text{об}}$ – ҳажмий ФИК; $\eta_{\text{м}}$ – механик ФИК.

Муаллақ оқизиқлар сиртларнинг ғадир-будурлигини ва турбулентликни ошириб, гидравлик ФИКни камайтиради; ишчи сиртларнинг гидроабразив ейилиши тирқишларни катталаштириб, ички сизиб чиқишларни кўпайтиради ва ҳажмий ФИКни пасайтиради; конструкция элементларига тушадиган юкламанинг ортиши эса механик ФИКни камайтиради.

Гидравлик жиҳатдан энг мураккаб элемент бўлган аванкамерада оқим геометриясининг ўзгариши ва тезликнинг камайиши натижасида оқизиқлар жадал чўкиши, бу иншоотнинг ўтказиш қобилиятини камайтириши ва насос агрегатларига сув келтириш шароитларини ёмонлаштириши кўрсатилган. Амударёдаги Керки гидропости бўйича 2011–2024 йиллар маълумотлари таҳлили лойқаликни ўлчаш даврийлиги кўплаб энг юқори сув сарфларини қамраб олмаслигини кўрсатди. Лойқалик ўлчашларининг адекватлигини баҳолаш учун қуйидаги кўрсаткичдан фойдаланилган:

$$K_i = \frac{S_{oi}}{S_{wDi}}; \quad (2)$$

бу ерда: S – лойқалик; i – ўртача йиллик ($i = 1$) ёки максимал ($i = 2$) ўлчанган лойқалик.

Тадқиқот натижаларига кўра, лойқа сувни узоқ муддат давомида насослар орқали узатиш жараёнида ишчи ғилдирак парраклари, дисклар, зичловчи элементлар ва йўналтирувчи аппаратларнинг ейилиши нотекис хусусиятга эга бўлиб, энг юқори ейилиш жадаллиги оқим тезлиги ва оқизиқ заррачалари концентрацияси маҳаллий ошадиган, уюрмалар ва кавитацион бўшлиқлар ҳосил бўладиган соҳаларда кузатилади. Ишчи элементларнинг умумий ейилиш миқдорини баҳолаш учун қуйидаги боғланишдан фойдаланилади:

$$\Delta G = \Delta G_n + \Delta G_T = 0{,}17 A \rho_{\text{м}} \rho^{\frac{3-n}{n+2}} \Phi^{\frac{5}{n+2}} \left[\frac{\lambda p Q W^{\frac{10}{n+2}} (\sin\alpha)^{\frac{8-n}{n+2}} \cos\alpha}{ZD} + \right.$$
$$\left. + p_{\text{м}} L W_T^{\frac{12+n}{n+2}} (\cos\alpha)^{\frac{8-n}{n+2}} \sin\alpha \right] \quad (3)$$

Бунда ишчи ғилдиракнинг ташқи учки юзасига нисбатан сув оқимининг тезлиги ҳамда парракнинг ушбу юзасидаги ейилиш миқдори қуйидаги боғланишлар орқали аниқланади:

$$W_{\text{т}} = W_{\text{к}} + U \sin\beta \quad (4)$$

$$\Delta G_T = \rho_{\text{м}} L \delta \Delta S_T \quad (5)$$

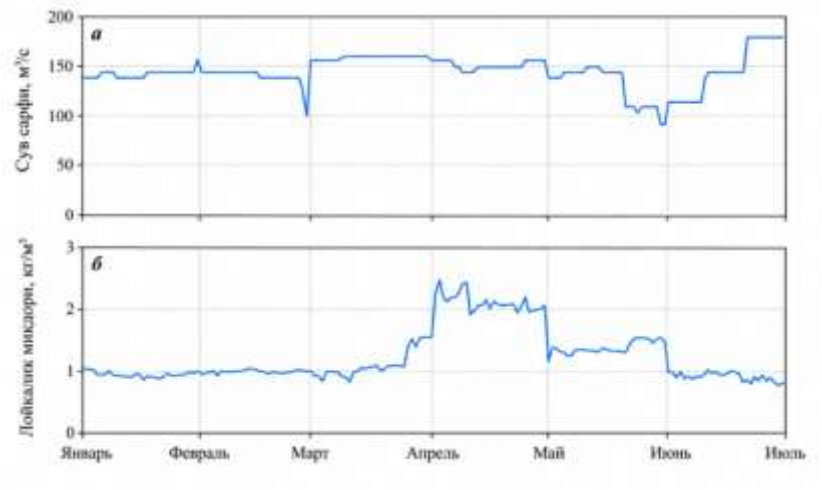
бу ерда: $\rho_{\text{м}}$ – силумин қотишмасининг зичлиги, кг/м³; L ва δ – мос равишда ишчи ғилдиракнинг ташқи четки профили узунлиги ва қалинлиги, м; ΔS_T – ишчи ғилдиракнинг учки юзасида ейилиш натижасида йўқотилган материал

қатламининг қалинлиги, м.

Ейилиш жадаллигига валнинг айланиш частотаси, ишчи ғилдирак ўрнатилиш бурчаги ва оқимнинг гидравлик режими сезиларли таъсир кўрсатиши, мақбул параметрлардан четланиш турбулентлик, босим пульсацияси ва оқизиқлар механик таъсирининг кучайишига олиб келиши аниқланган. Оқизиқлар концентрациясининг ортиши босим пульсацияси билан кечувчи икки фазали оқимни шакллантириб, агрегатларнинг барқарор иш режимини бузиши, сув келтирувчи каналлар ва аванкамераларнинг лойқа босиши эса гидравлик қаршиликни ошириб, кавитацион режимларни юзага келтириши назарий жиҳатдан асосланган. Заррачаларнинг чўкиш траекториясини ҳисоблашнинг ишлаб чиқилган усули оқизиқлар концентрацияси ва оқим параметрларини ҳисобга олган ҳолда насос станцияларининг лойқа босишини башоратлаш имконини беради.

Диссертациянинг **«Оқизиқларнинг насос станциялари агрегатларига таъсири бўйича дала тадқиқотлари»** деб номланган учинчи бобида Қарши магистрал канали (ҚМК) насос станцияларида бажарилган натура тадқиқотлари натижалари келтирилган, каналнинг эксплуатация режимини яхшилаш чора-тадбирлари ҳамда сув узатишни тартибга солиш, насос агрегатларини ишга тушириш ва тўхтатиш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилган.

Тадқиқотлар Қарши магистрал каналининг Ўзбекистон Республикаси Қашқадарё вилояти ҳудудида жойлашган, узунлиги 105,3 км бўлган қисмида олиб борилган. Канал бош қисмининг максимал сув ўтказиш қобилияти 240 м³/с ни ташкил этади. Сув оқимининг лойқалиги белгиланган ўлчов створларида батометрлар ёрдамида ҳар беш кунда аниқланган, муаллақ оқизиқлар сарфи эса олинган маълумотлар асосида ҳисобланган (1-расм).

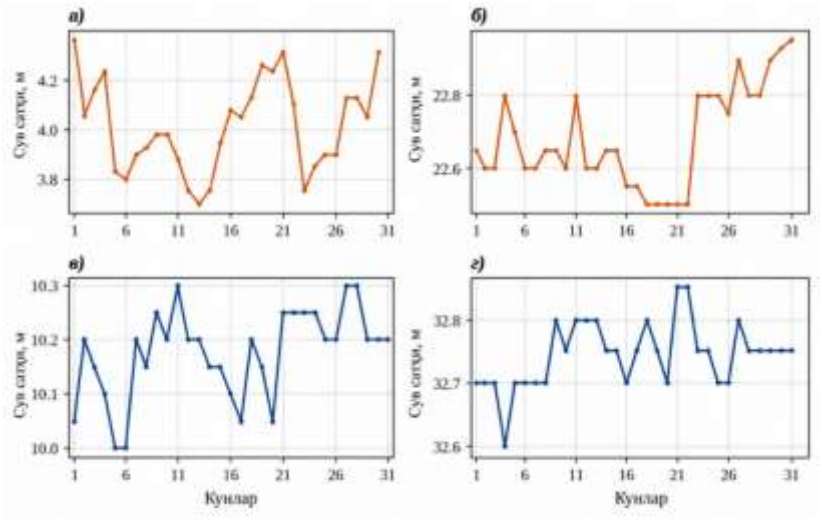


1-расм. Қарши магистрал каналининг биринчи навбатига келиб тушаётган сув оқимининг суткалик сарфи (а) ва лойқалиги (б) (2022 йил январь–июль)

1-расмда келтирилган маълумотлар таҳлили суткалик сув сарфининг ўзгариши каналга келиб тушаётган муаллақ оқизиқлар миқдори ва уларнинг ташилиш жадаллиги билан боғлиқ эканлигини кўрсатди. Олинган натижалар сув узатиш режими ва 1-насос станциясига келиб тушаётган оқизиқлар

динамикаси ўртасидаги ўзаро боғлиқликни баҳолаш ҳамда насос станциясининг мақбул эксплуатацион режимларини танлаш учун асос бўлиб хизмат қилади.

2024 йил октябрь ойида 1- ва 2-насос станцияларининг юқори ва қуйи бьефларида сув сатҳларининг ўзгариши таҳлил қилинди (2-расм). Таҳлил натижалари сув сатҳларининг тебраниши насос агрегатларининг сўриш шароитлари ва босим характеристикаларига таъсир кўрсатиши, шунингдек, ноқулай гидравлик ҳодисаларнинг юзага келиш эҳтимолини ошириши мумкинлигини кўрсатди.



2-расм. Қарши магистрал каналининг асосий ўзанида жойлашган насос станцияларининг юқори ва қуйи бьефларидаги сув сатҳлари (2024 йил 1–31 октябрь): а – 1-насос станциясининг юқори бьефи; б – 1-насос станциясининг қуйи бьефи; в – 2-насос станциясининг юқори бьефи; г – 2-насос станциясининг қуйи бьефи

Насос станциялари каскадининг юқори ва қуйи бьефларидаги характерли ҳамда мақбул сув сатҳлари 1- ва 2-жадвалларда келтирилган.

1-жадвал.

Насос станциялари каскадидаги минимал, максимал ва жадаллашган иш режимидаги сув сатҳлари

№ НС	Ишчи ғилдираклар ўқидан ҳисобланган сатҳлар, м		
	Минимал сатҳ	Максимал сатҳ	Жадаллашган сатҳ
1	4,20	7,00	6,00
2	6,50	8,50	10,20
3	6,50	8,20	8,50
4	6,50	8,50	10,20
5	6,50	8,20	9,00
6	6,50	8,50	9,00

2-жадвал.

Насос станциялари каскадининг оптимал иш режимлари ва барча олтита насос станциясидаги сув сатҳлари

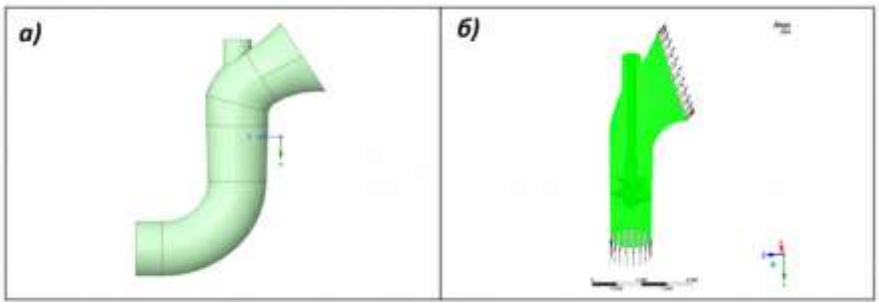
№ НС	Сифоннинг юқори қисми белгиси, м	Юқори бьеф сув сатҳи (ишчи ғилдирак ўқидан), м	
		лойиҳавий диапазон	ишчи диапазон
1	23,80	20,13–23,38	22,00–23,15
2	32,75	29,10–32,35	31,15–32,10
3	32,88	29,43–32,43	31,28–32,15
4	33,12	29,47–32,72	31,62–33,50
5	33,12	29,47–32,72	31,62–32,20
6	33,12	29,47–32,72	31,62–32,70

1-жадвалга кўра, 2–6-НС учун минимал сатҳ асосан 6,50 м, жадаллашган сатҳнинг энг юқори қиймати (10,20 м) эса 2-НС ва 4-НС учун хос.

2-жадвалдан юқори бьеф сатҳларининг ҳақиқий ишчи диапазонлари лойиҳавий қийматлардан фарқ қилиши, энг кенг ишчи диапазон 4-НС да (31,62–33,50 м) кузатилиши аниқланди. Бу рационал сув сатҳини сақлаш каскад барқарор ишлашининг ва оқизиқлар салбий таъсирини камайтиришнинг асосий шартларидан бири эканлигини тасдиқлайди.

Диссертациянинг **«Оқизиқларнинг насос станциялари эксплуатация режимига таъсирини баҳолаш»** деб номланган тўртинчи бобида ўқий насосларнинг сўриш қувурлари ва ишчи ғилдиракларида оқим ҳаракати назарий баҳоланган. ANSYS Fluent дастурида ишчи ғилдирак ва йўналтирувчи аппаратда оқимнинг тақсимланиши таҳлил қилинган ҳамда йўналтирувчи аппарат ва ишчи ғилдиракнинг ўтказиш қобилиятини оширувчи конструктив ечимлар асосланган.

Ишчи ғилдирак конструкцияси, парраклари шакли, суюқлик келтириш шароитлари ва йўналтирувчи аппаратнинг ишлаши насоснинг гидравлик кўрсаткичларига ҳал қилувчи таъсир кўрсатиши, парраклар ўрнатилиш бурчагини ўзгартириш эса сув узатиш ўзгарувчан ва лойқалик юқори бўлган шароитда юқори ФИКни сақлаш имконини бериши кўрсатилган (3-расм).



3-расм. Ўқий насос агрегати сўриш қувурининг геометрик модели: умумий кўриниш (а); ҳисоблаш модели (б)

Турбулент сув оқимини математик тавсифлашда молекуляр ва турбулент қовушқоқлик таъсирларини ҳисобга олувчи самарали

қовушқоқлик моделидан фойдаланилган. Бунда турбулент Рейнольдс сони қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$Re_T = \frac{VL}{\nu_T}, \tag{6}$$

Турбулент қовушқоқликнинг ўзгармаслиги гипотезаси асосида қувурдаги турбулент уюрмали оқим учун тезликнинг айланма ва ўқ бўйича ташкил этувчилари, босим ва узлуксизлик шарти тенгламалари тизими ёзилган:

$$\begin{cases} \frac{u^2}{r} = \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial r}; \\ \bar{v}\frac{\partial u}{\partial z} = \nu_T\left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r^2}\right); \\ \bar{v}\frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} + \nu_T\left(\frac{\partial^2 v}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial v}{\partial r}\right); \\ \frac{\partial}{\partial r}(rw) + \frac{\partial}{\partial z}(rv) = 0. \end{cases} \tag{7}$$

Уюрманинг ўқ бўйича ташкил этувчиси киритилиб, тенгламалар қулайроқ кўринишга келтирилган:

$$\omega_{\text{ZB}} = \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(ru) = \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{u}{r} \tag{8}$$

$$\frac{\partial \omega_{\text{ZB}}}{\partial z} = \eta_T\left(\frac{\partial^2 \omega_{\text{ZB}}}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial \omega_{\text{ZB}}}{\partial r}\right) \tag{9}$$

бу ерда: $\eta_T = \nu_T/V = R\cdot Re_T^{-1}$; R – қувур радиуси.

Тенгламанинг ечими асосида айланма тезлик ва циркуляциянинг тақсимланиши олинган:

$$u = \frac{\Gamma_{\text{н}}(r)}{r}\left[1 - \exp\left(-\frac{r^2}{4\eta_T z}\right)\right] \tag{10}$$

$$\Gamma = \Gamma_{\text{н}}(r)\left[1 - \exp\left(-\frac{r^2}{4\eta_T z}\right)\right] \tag{11}$$

Қувур деворларида суюқликнинг сирпанмаслик шартини ҳисобга олган ҳолда, ҳалқасимон уюрмали оқимнинг айланма тезлиги, босимнинг тақсимланиши ва оқим жонли кесимининг нисбий юзаси қуйидагича ифодаланади:

$$u(r,z) = \frac{\Gamma_{\text{н}}(r)}{r}\left[1 - \exp\left(-Re_T\frac{r^2}{4Rz}\right)\right]\left[1 - \exp\left(-Re\frac{(R-r)^2}{4Rz}\right)\right] \tag{12}$$

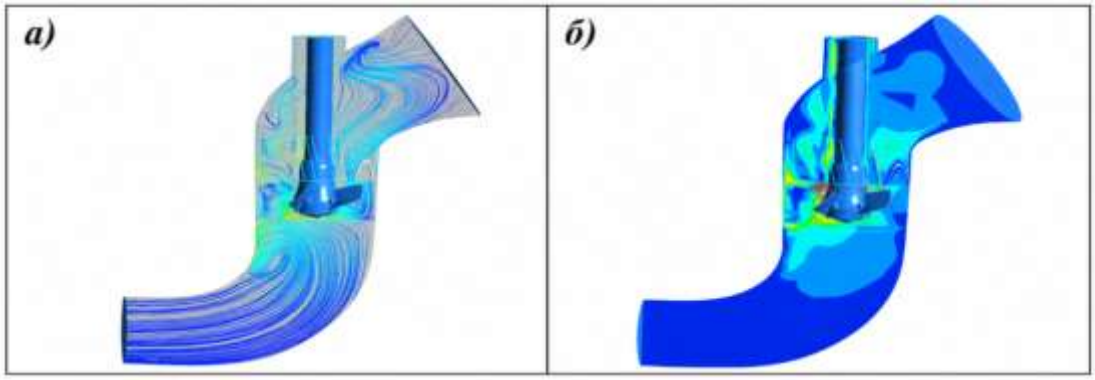
$$p(r,z) = p_{\text{я}} + \rho\int \frac{u^2}{r}dr =$$

$$= p_{\text{я}} + \rho\int \frac{\Gamma_{\text{н}}^2(r)}{r^3}\left[1 - \exp\left(-Re_T\frac{r^2}{4Rz}\right)\right]^2\left[1 - \exp\left(-Re\frac{(R-r)^2}{4Rz}\right)\right]^2 dr \tag{13}$$

$$\omega = 1 - \left(\frac{r_0}{R}\right)^2 = \omega(z) \tag{14}$$

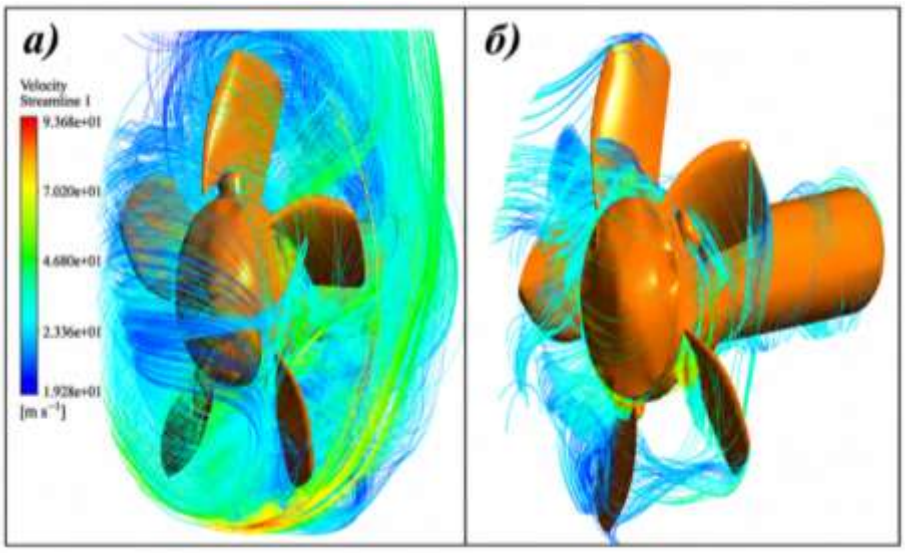
Олинган боғлиқликлар тезликнинг барча ташкил этувчилари, босим ҳамда уюрма ўзаги радиусининг бошланғич кесимдан бўлган масофа ва жорий радиусга боғлиқ ҳолда тақсимланишини, яъни v(r,z), u(r,z), w(r,z), p(r,z), $r_0(z)$ ни аниқлаш имконини беради.

ҚМК насос станциялари жиҳозлари учун ANSYS Fluent дастурида CFD моделлаштириш бажарилган. Ишчи ғилдирак диаметри 2400 мм, айланиш частотаси 250 мин$^{-1}$, максимал сарф 37 м^3/с ва лойиҳавий напор 17 м бўлганда ўқий насоснинг ФИК 86,84 фоизга етиши аниқланган (4-расм).



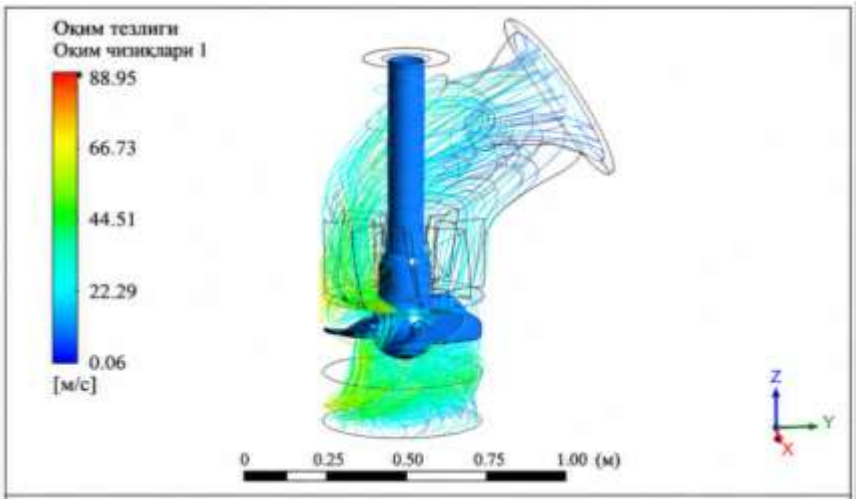
4-расм. Ўқий насос, унинг кириш ва чиқиш қисмида CFD моделлаштириш натижалари: оқимнинг чизиқли тақсимланиши (а); тезлик майдонининг тақсимланиши (б)

Оқизиқлар ишчи ғилдиракнинг ташқи қиррасига таъсир қилганда тирқишда тескари оқим пайдо бўлиши ҳамда диск ва қиррадаги ишқаланиш йўқотишлари ортиши ҳисобига босим ва самарадорлик пасаяди. Лойиҳадан ташқари шароитларда ишчи ғилдирак зонасидаги максимал тезлик 93,68 м/с гача етиши мумкин, бу жадал ейилиш ва кавитация зоналари ривожланишини кўрсатади (5-расм).



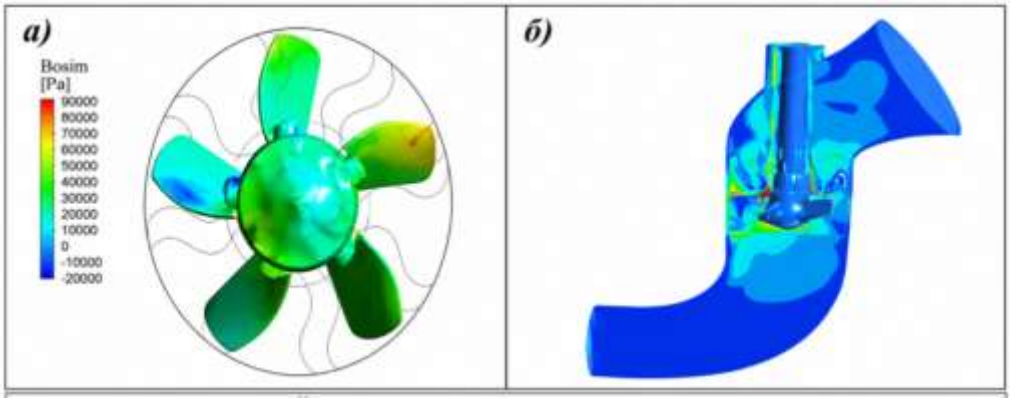
5-расм. Ишчи ғилдирак ва йўналтирувчи аппарат орасидаги тирқишда турбулентликнинг ортиши ва тескари оқимларнинг ҳосил бўлиши: олд томондан кўриниш (а); ён томондан кўриниш (б)

Сонли моделлаштириш натижалари физик синовлар билан таққосланган: 30 м³/с сарф ва 180 мин⁻¹ да синовдаги самарадорлик 86,3 фоиз, напор 13,30 м ни ташкил этди; 36 м³/с сарф ва 250 мин⁻¹ да максимал самарадорлик 86,69 фоизга етди, сонли ва экспериментал натижалар орасидаги фарқ 0,15 фоиз пунктни ташкил этди (6-расм).



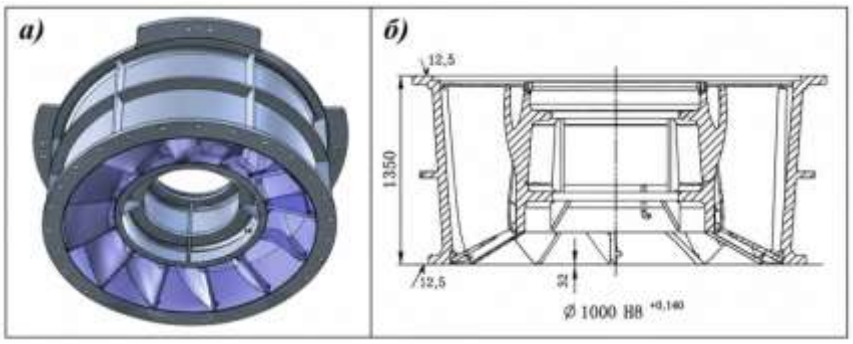
6-расм. Ўқий насоснинг оқим қисмида CFD моделлаштириш натижалари: оқим чизиқлари ва тезлик майдонининг тақсимланиши

Ишчи ғилдирак ва йўналтирувчи аппарат орасидаги тирқиш сабабли ишчи ғилдирак чиқишида босим юқори, киришида эса паст бўлиб, уюрмали ва тескари оқим шаклланади. Лойиҳавий шароитда тирқишдаги тескари оқим 1,78 м³/с ни (насос сарфининг тахминан 4,8 фоизини) ташкил этиб, тезликлар тақсимланиши ва напор йўқотишларига сезиларли таъсир кўрсатади (7-расм).



7-расм. Ўқий насосда босимнинг тақсимланишини CFD моделлаштириш натижалари: ишчи ғилдирак сиртида босимнинг тақсимланиши (а); насоснинг оқим қисмида босимнинг тақсимланиши (б)

ҚМК насос-куч жиҳозларининг 46 йиллик эксплуатацияси, илгари қўлланилган пайвандланган конструкцияларнинг Амударё суви шароитида талаб этилган ресурсни таъминламагани ва пастки бьеф сатҳи пасайганда абразив-кавитацион ейилиш юзага келиши оқим ўтиш қисмини модернизация қилиш заруратини кўрсатди. 25Л пўлат ўрнига 25ГСЛ пўлатни қўллаш, ўлчамни 250 см дан 160 см гача камайтириш, паррак кириш ва чиқиш қирраларини қалинлаштириш ва геометриясини ўзгартириш, корпус девори қалинлигини ошириш ҳисобига йўналтирувчи аппаратнинг модернизацияланган конструкцияси таклиф этилган (8-расм). Дастлабки ҳисобларга кўра, унинг иқтисодий самараси 560 000 кВт·соат электр энергиясини ташкил этади.



8-расм. Модернизация қилинган янги йўналтирувчи аппаратнинг конструкцияси: умумий кўриниши (а); асосий ўлчамлари кўрсатилган бўйлама кесими (б)

Модель тадқиқотларига кўра, таклиф этилган конструкция напор ва сўриш бўшлиғида мураккаб қурилмаларсиз тескари оқимлар ҳажмининг 90–98 фоизини сўндиради, кавитацион шовқин ва тебранишни пасайтиради ҳамда барқарорлик захирасини сақлаган ҳолда ФИКни оширади. Шундай қилиб, гидравлик йўқотишлар ва тескари оқимларни камайтириш, ишчи ғилдирак ва йўналтирувчи аппарат геометриясини мақбуллаштириш ҳамда материалларни модернизация қилиш насос жиҳозлари ФИКни ошириш, кавитация ва абразив ейилишни камайтириш ҳамда ҚМК насос станцияларидан узоқ муддат самарали фойдаланиш имконини беради.

ХУЛОСА

«Насос станцияларининг эксплуатация режимига оқизиқларнинг таъсири» мавзусидаги фалсафа доктори **(PhD)** диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар чиқарилди:

1. Қарши магистрал каналининг бош қисмида сув ўтказиш қобилияти 240 м³/с гача ва биринчи насос станциясининг сув келтирувчи канали узунлиги 19,8 км бўлган шароитда ҳар йили каналга келиб тушадиган оқизиқлар ҳажми 12–16 млн м³ ни ташкил этиши, шундан 4,5–5,0 млн м³ оқизиқлар тўпланиши аниқланган. Бу каналнинг кўндаланг кесим юзасининг камайишига, гидравлик қаршиликнинг ортишига ва насос агрегатларининг эксплуатация шароитлари ёмонлашишига олиб келади.

2. Назарий ва дала тадқиқотлари асосида сув оқимининг ўртача тезлиги 1,0 м/с дан 0,4 м/с гача камайганда, муаллақ оқизиқларнинг йирик фракциялари чўкиши учун қулай шароит юзага келиши, уларнинг улуши қаттиқ оқизиқлар умумий ҳажмининг 60 % ига етиши, шунингдек, биринчи насос станцияси аванкамерасининг айрим соҳаларида чўккан оқизиқлар қатламининг қалинлиги 2,0 м дан ошиши аниқланган. Оқизиқларнинг гранулометрик таркиби ва оқимнинг гидравлик тавсифларини ҳисобга олган ҳолда оқизиқ заррачаларининг чўкиш траекторияларини ҳисоблаш усули ишлаб чиқилган.

3. Насос агрегатлари оқим қисми элементларининг гидроабразив ейилиши нотекис хусусиятга эга эканлиги аниқланган: 2680 соат

эксплуатациядан сўнг ишчи ғилдирак парракларининг кириш қисмида қалинлиги бўйича ейилиш 0,3–0,5 мм ни, чиқиш қисмида эса 2,60–2,86 мм ни ташкил этган. Бунда ишчи ғилдирак парракларининг юзаларидаги баъзи жойлардаги чуқурлиги 1,5 мм гача, ишчи ғилдирак дискларининг ички юзаларидаги ейилиш эса 2,17 мм гача етган. Бу қаттиқ заррачаларнинг насос жиҳозларининг техник ҳолати ва эксплуатацион тавсифларига сезиларли таъсир кўрсатишини тасдиқлайди.

4. Сув келтирувчи каналнинг лойқа босиши ва аванкамерада сув сатҳининг пасайиши шароитида Қарши магистрал каналининг биринчи насос станциясида иккита насос агрегати ишлаганда сув узатиш сарфи 70–75 м³/с ни ташкил этиши, бироқ учинчи агрегатнинг ишга туширилиши ноқулай кавитацион шароитларнинг юзага келишига олиб келиши аниқланган. ОП10-260Г ва ОП11-260Г маркали ўқий насосларнинг сув узатиш сарфини ҳақиқий сув сатҳлари ва агрегатларнинг техник ҳолатини ҳисобга олган ҳолда ишчи ғилдирак парракларининг ўрнатилиш бурчагини ўзгартириш орқали 27–37 м³/с оралиғида тартибга солиш таклиф этилган.

5. Насос агрегатларининг эксплуатацион тавсифлари асосида уларнинг ҳақиқий сув узатиш сарфини аниқлашнинг ҳисоблаш ёндашуви ишлаб чиқилган бўлиб, сув сарфини аниқлашдаги хатолик 1,5–2,0 % оралиғида бўлиши таъминланган. Таклиф этилган ёндашувни қўллаш насос агрегатларининг гидравлик параметрларини тезкор баҳолаш ҳамда сув узатиш шароитларининг ўзгаришини ҳисобга олган ҳолда уларнинг иш режимларини асосли танлаш имконини беради.

6. Ишчи ғилдираги диаметри 2400 мм ва айланиш частотаси 250 мин⁻¹ бўлган ўқий насоснинг оқим қисмидаги гидродинамик жараёнларни сонли моделлаштириш асосида сув узатиш сарфи 37 м³/с ва напор 17 м бўлганда фойдали иш коэффициентининг ҳисобий қиймати 86,84 % ни ташкил этиши аниқланган. Модель синовлари натижаларига кўра, сув узатиш сарфи 36 м³/с бўлганда фойдали иш коэффициенти 86,69 % ни ташкил этган. Фойдали иш коэффициентининг ҳисобий ва экспериментал қийматлари орасидаги фарқ тахминан 0,15 фоиз пунктни ташкил этиши сонли моделлаштириш ва экспериментал тадқиқотлар натижаларининг ўзаро яхши мувофиқлигини кўрсатади.

7. Ўқий насоснинг ишчи ғилдираги ва йўналтирувчи аппарати орасида насос умумий сув сарфининг 4,8 % ини (1,78 м³/с) ташкил этувчи тескари оқимлар аниқланган. Такомиллаштирилган йўналтирувчи аппарат конструкцияси ушбу оқимларни 90–98 % га камайтириши, оқим тузилишини яхшилаши ва қўшимча гидравлик йўқотишларни пасайтириши модел тадқиқотларида асосланган.

8. Насос агрегатларининг ишончлилиги ва энергетик самарадорлигини ошириш учун такомиллаштирилган йўналтирувчи аппаратдан сув сатҳи, оқизиқлар концентрацияси ва гидроабразив ейилишни ҳисобга олган ҳолда фойдаланиш тавсия этилади. Бу кавитация ва энергия йўқотишларини камайтириш ҳамда насос жиҳозларининг хизмат муддатини узайтириш имконини беради.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.T.10.02
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАЦИОНАЛЬНОМ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ «ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»**

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

МАКСУДОВА ЛЮДМИЛА АЛЕКСЕЕВНА

ВЛИЯНИЕ НАНОСОВ НА РЕЖИМ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

05.09.06 – Гидротехническое и мелиоративное строительство

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

Ташкент – 2026

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Академии наук Республики Узбекистан за номером B2024.1.PhD/T4524.

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

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещён на веб-странице Научного совета (www.tiiame.uz) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:	**Базаров Дилшод Райимович** доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	**Файзиев Хомитхон** доктор технических наук, профессор
	Шакиров Бахтиёр Махмудович доктор технических наук, профессор
Ведущая организация:	**Ташкентский государственный технический университет**

Защита диссертации состоится «____» _____ 2026 г. в ____ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.T.10.02 при Национальном исследовательском университете «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» (Адрес: 100000, г. Ташкент, ул. Кары Ниязий, д. 39. Тел.: (+99871) 237-22-67, факс: (+99871) 237-54-79; E-mail: admin@tiiame.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Национального исследовательского университета «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» (зарегистрирован № ____). Адрес: 100000, г. Ташкент, ул. Кары Ниязий, д. 39. Тел.: (+99871) 237-19-45. E-mail: admin@tiiame.uz.

Автореферат диссертации разослан «____» _____ 2026 г.
(реестр протокола рассылки № ____ от «____» _____ 2026 г.).

М.Х. Хамидов
Председатель научного совета по присуждению учёных степеней, д.с.-х.н., профессор

Ф.А. Гаппаров
Учёный секретарь научного совета по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире прогнозирование влияния режимов работы насосных станций на динамику потока и его гидродинамические характеристики является одной из важнейших задач русловой гидравлики. Особую актуальность данная проблема приобретает в условиях бесплотинного водозабора из реки Амударьи, являющейся одной из наиболее насыщенных наносами рек Центральной Азии. Для повышения эффективности работы насосных станций и снижения абразивного износа насосных агрегатов особую актуальность приобретают обеспечение гарантированного объёма подачи воды к насосной станции и осветление потока на подводящем участке машинного канала. Проведение научных исследований по изучению динамики поступления наносов в аванкамеры насосных станций, влияющих на надёжность и функционирование насосной станции, по определению интенсивности и направленности заиления русла машинного канала, уменьшающего его пропускную способность, а также разработка мероприятий по обеспечению поступления гарантированного объёма воды с минимальным количеством донных и взвешенных наносов являются актуальной задачей эксплуатационных служб насосных станций.

В ведущих мировых научных учреждениях проводятся научно-исследовательские работы, направленные на оптимизацию эксплуатационного режима работы насосных станций, улучшение гидравлической структуры потока воды и предотвращение осаждения наносов в водоприёмных сооружениях, снижение энергозатрат, разработку новых технических решений и технологий. В этом аспекте особое внимание уделяется исследованию и научному обоснованию оптимальной гидравлической структуры потока воды в сооружениях, управлению потоком воды в аванкамерах насосных станций, оптимизации режимов работы насосных агрегатов, повышению их эксплуатационной эффективности и управлению ими.

В водном хозяйстве нашей Республики проводятся широкомасштабные меры и достигнуты определённые результаты по модернизации и реконструкции насосных станций, повышению эксплуатационной эффективности сооружений и оборудования, замене устаревшего оборудования современным энергоэффективным, совершенствованию режима работы сооружений за счёт регулирования гидравлического режима потока. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан были определены задачи по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель, развитию мелиоративных и ирригационных сооружений, а также внедрению в сельское хозяйство современных водо- и ресурсосберегающих агротехнологий.[1] Сегодня в Республике более 55 %

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

орошаемых земель, т.е. 2,4 млн гектаров пашни, орошаются с помощью насосных станций, на работу которых в 2020 году израсходовано 7,172 млрд кВт·ч (10,4 % энергопотребления страны). Об актуальности данного направления свидетельствует и то, что 2025 год был объявлен в системе водного хозяйства «Годом повышения эффективности насосов». Чрезвычайно высокий уровень потребления электроэнергии требует особого внимания к повсеместному внедрению энергосберегающих технологий на насосных станциях, включая исследование и внедрение новых конструктивных и технических решений.

Данное диссертационное исследование в определённой степени служит выполнению задач, предусмотренных указами Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы», от 10 июля 2020 года № УП-6024 «Об утверждении Концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020–2030 годы», а также другими нормативно-правовыми актами, относящимися к данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики III. «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение» и V. «Сельское хозяйство, биотехнология, экология и охрана окружающей среды».

Степень изученности проблемы. В настоящее время проблемы, связанные с повышением эффективности эксплуатации насосных станций, совершенствованием конструкций подводящих каналов и водоприёмных сооружений, внедрением современных методов проектирования с учётом возрастающего дефицита оросительной воды, подробно отражены в научных работах ряда исследователей, в том числе B.Dhillon, Ch.Singh, M.Stark, K.Ostermann, A.Baghlani, G.Sebestyen, F.Stvrteczky, А.Буззони, Х.Кумамото, Г.Тойкура, J.L.Cheng, J.S.Liu, Д.Т.Гаевика, Б.Попов, В.В.Рычагов, Н.Н.Накладов, А.И.Степанов, В.Я.Карелин, М.И.Бальзанников, В.В.Елистратов, В.И.Виссарионов, О.Н.Померанцев и др., которые достигли положительных результатов, а их методы внедрены на практике.

Гидравлическими исследованиями проблем влияния бесплотинных водозаборов на подводящие каналы и сооружения насосных станций занимались С.Т.Алтунин, С.Х.Абальянц, А.М.Мухамедов, Х.А.Ирмухамедов, Х.А.Исмагилов, И.А.Бузунов, Р.Уркинбаев, Ж.Кучкаров, Д.Р.Базаров и другие, результаты которых в известной степени внедрены на практике.

Вопросы оптимизации конструкций водопроводящих каналов и сооружений и их надёжности освещены в научных работах С.К.Переверзева, К.Р.Аллаева, Ш.Х.Рахимова, Т.С.Камалова, О.Я.Гловацкого, М.М.Мухаммадиева, М.Мамажанова, Р.Р.Эргашева, Б.Уришева, У.У.Жонкобилова и др., в которых сформулированы решения по повышению показателей эффективности и надёжности при эксплуатации насосных станций.

Вместе с тем вопросы оценки процесса осаждения наносов в аванкамерах насосных станций, забирающих воду из рек с высокой мутностью, с учётом их концентрации и гранулометрического состава, а также комплексного изучения влияния наносов на эксплуатационные показатели насосных агрегатов исследованы недостаточно.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в соответствии с планами научно-исследовательских работ Национального исследовательского университета «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» в рамках хозяйственных договоров № 25/2021 «Разработка рекомендаций по повышению эффективности работы земснарядов в районе забора воды к насосной станции № 1 Каршинского магистрального канала» и № 33/22 (2022 г.) «Определение мест отложения наносов по длине канала первой насосной станции Каршинского магистрального канала и разработка рекомендаций по увеличению водопропускной способности магистрального канала, расположенного на территории Туркменистана».

Целью исследования является оценка влияния наносов на режим эксплуатации насосных станций.

Задачи исследования:

провести анализ существующих научных исследований, методов и конструктивных решений по предотвращению осаждения наносов в подводящих каналах и водоприёмных сооружениях насосных станций;

оценить влияние наносов на гидроабразивный износ элементов насосных агрегатов и их эксплуатационные показатели с учётом гранулометрического состава наносов и гидравлических характеристик потока;

изучить процессы накопления наносов в подводящих каналах и аванкамерах насосных станций и оценить их влияние на режимы работы насосных станций;

исследовать гидравлические процессы в подводящих каналах и аванкамерах насосных станций в натурных условиях, определить рациональные уровни воды в аванкамерах и обосновать рациональные режимы работы насосных агрегатов;

исследовать гидродинамические процессы в проточной части осевых насосов на основе численного моделирования и усовершенствовать конструкцию направляющего аппарата для повышения эксплуатационной эффективности насосных агрегатов.

Объектом исследования являются насосные станции системы Каршинского магистрального канала, их подводящие каналы и водоприёмные сооружения.

Предметом исследования являются гидравлические закономерности течения воды, содержащей взвешенные наносы, в подводящих каналах и аванкамерах насосных станций Каршинского магистрального канала,

процессы движения и осаждения частиц наносов, изменение мутности потока, а также влияние указанных процессов на режимы работы и эксплуатационные показатели насосных агрегатов.

Методы исследования. В процессе исследований использованы экспериментальные методы, методы полевых наблюдений, гидравлическое моделирование процесса осаждения частиц наносов, графоаналитические методы определения параметров устройств и насосных агрегатов, математическая статистика при проведении экспериментов и обработке результатов, методы планирования экспериментов, численное (CFD) моделирование течения в программном комплексе ANSYS Fluent, законы моделирования течений воды в сооружениях.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

установлены закономерности влияния гранулометрического состава наносов на гидроабразивный износ элементов проточной части насосных агрегатов и изменение их эксплуатационных показателей с учётом гидравлических характеристик потока;

выявлены особенности накопления и распределения наносов в подводящих каналах и аванкамерах насосных станций, а также установлено их влияние на гидравлический режим водоподводящих сооружений и устойчивость работы насосных агрегатов;

обоснованы рациональные уровни воды в аванкамерах насосных станций и параметры регулирования режимов водоподачи насосных агрегатов с учётом гидравлических условий подводящих каналов, изменения уровней воды и эксплуатационного состояния насосного оборудования;

усовершенствована конструкция выправляющего аппарата осевого насоса на основе результатов численного моделирования гидродинамических процессов в проточной части, обеспечивающая уменьшение обратных течений, снижение гидравлических потерь и повышение эксплуатационной эффективности насосного агрегата.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны практические рекомендации по оценке влияния наносов на гидравлические условия подводящих каналов и аванкамер насосных станций, направленные на снижение интенсивности заиления и обеспечение устойчивой водоподачи;

обоснованы рациональные уровни воды в аванкамерах насосных станций и рекомендации по регулированию режимов водоподачи насосных агрегатов с учётом гидравлических условий подводящих каналов и эксплуатационного состояния насосного оборудования;

предложен расчётный подход к определению фактической подачи насосных агрегатов на основе их эксплуатационных параметров, позволяющий повысить точность контроля водоподачи и сократить необходимость применения дополнительных водоизмерительных устройств;

разработаны конструктивные решения по совершенствованию выправляющего аппарата осевого насоса, обеспечивающие снижение интенсивности обратных течений, уменьшение гидравлических потерь и

повышение эксплуатационной эффективности насосных агрегатов.

Достоверность результатов исследования обоснована тем, что теоретические исследования выполнены на основе общепризнанных математических и физических закономерностей, эксперименты проведены в соответствии с законами моделирования изучаемых процессов, полученные результаты согласуются с данными теоретических расчётов, численного моделирования и натурных испытаний, а также подтверждены путём сравнительного анализа с результатами научных исследований, полученными другими исследователями.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в возможности прогнозирования осаждения частиц наносов в подводящем канале и аванкамере насосных станций и разработке нового метода его предотвращения с оценкой влияния потока на эксплуатационный режим насосной станции и процесс осаждения частиц, в разработке методов очистки аванкамеры и отстойника от отложений и методики определения параметров при использовании данных методов для повышения эффективности подачи воды насосной станцией.

Практическая значимость результатов исследования заключается в повышении КПД агрегатов и устранении излишних энергозатрат за счёт эффективных и малозатратных методов предотвращения отложения и очистки наносов в аванкамере в период эксплуатации насосной станции, в разработке конструктивных элементов направляющего аппарата насосного агрегата и гидравлической схемы расположения наносоудерживающих устройств для повышения эффективности водоподачи насосной станции.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по оценке влияния наносов на режим эксплуатации насосных станций:

метод расчёта траектории осаждения частиц с учётом концентрации наносов в аванкамерах насосных станций, а также новые схемы устройств для удаления наносов из аванкамеры, разработанные с учётом режима работы насосной станции, внедрены в Управлении эксплуатации Каршинского магистрального канала при Министерстве водного хозяйства Республики Узбекистан (справка Министерства водного хозяйства № 04/20-6350 от 2 декабря 2025 года). В результате за счёт снижения затрат на очистку аванкамеры насосной станции от наносов и потерь электроэнергии обеспечена возможность экономии 40–250 млн сумов в год, а также предотвращение осаждения наносов на дне водоприёмных сооружений и улучшения эксплуатационных показателей насосных агрегатов;

конструктивные элементы направляющего аппарата насосного агрегата, разработанные для повышения эксплуатационной эффективности насосных станций, внедрены в Управлении эксплуатации Каршинского магистрального канала при Министерстве водного хозяйства Республики Узбекистан (справка Министерства водного хозяйства № 04/20-6350 от 2 декабря 2025 года). В результате обеспечена возможность повышения эффективности

водоподачи насосной станции до 15 %;

гидравлическая схема расположения устройства для повышения эффективности водоподачи за счёт предотвращения поступления наносов на насосные станции внедрена в Управлении эксплуатации Каршинского магистрального канала при Министерстве водного хозяйства Республики Узбекистан (справка Министерства водного хозяйства № 04/20-6350 от 2 декабря 2025 года). В результате за счёт снижения затрат на очистку аванкамеры насосной станции от наносов и потерь электроэнергии обеспечена возможность экономии 5–15 % эксплуатационных расходов.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования обсуждены и одобрены на 4 международных и 3 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 15 научных работ, из них 5 статей в научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций доктора философии (PhD), в том числе 3 в республиканских изданиях, а также 8 статей в зарубежных журналах.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объём диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обоснованы актуальность и востребованность исследований, сформулированы цель и задачи, объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследований, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта теоретическая и практическая значимость полученных результатов, даны предложения по внедрению результатов исследований, приведены сведения по изданным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Анализ существующих проблем по режиму эксплуатации насосных станций»** проанализированы отечественные и зарубежные исследования влияния взвешенных наносов на гидравлические характеристики и эксплуатационную надёжность насосных станций (НС). Рассмотрены физические стадии абразивного износа проточной части, влияние концентрации и гранулометрического состава наносов на гидродинамическое давление и поле скоростей в подводящих руслах и аванкамерах, а также конструктивные и технологические методы борьбы с заилением и эрозией машинных каналов.

Вопросы негативного воздействия наносов на гидросиловое оборудование, процессы заиления подводящих каналов и водоприёмных сооружений, а также теоретические и практические аспекты

гидроабразивного износа элементов насосных агрегатов исследованы в научных трудах С.Х. Абальянца, А.М. Мухамедова, В.Я. Карелина, В.В. Рычагова, В.М. Семенкова, Г.А. Воробьева, Ю.П. Иноземцева, Н.Н. Пашкова, И.С. Новиковой и других учёных.

В научных исследованиях учёных Узбекистана Д.Р. Базарова, О.Я. Гловацкого, М.М. Мухаммадиева, Б.Р. Уралова, Ф. Насирова, Э.К. Кана и других особое внимание уделено вопросам совершенствования гидравлических и эксплуатационных процессов на насосных станциях и их каскадах, оптимизации режимов водоподачи, повышения энергетической эффективности и эксплуатационной надёжности насосных агрегатов. В рамках данного научного направления рассмотрены научно-методические подходы и технические решения, направленные на оценку гидродинамической структуры потока в подводящих каналах и водоприёмных сооружениях, определение влияния русловых деформаций и накопления наносов на гидравлические условия, исследование гидравлических потерь, возникающих в проточной части насосных агрегатов, а также процессов кавитационного и гидроабразивного износа и совершенствование режимов эксплуатации насосных станций. Указанные исследования имеют важное значение для научного обоснования вопросов обеспечения устойчивой водоподачи насосных станций, снижения эксплуатационных затрат и увеличения срока службы гидромеханического оборудования.

На основе анализа установлено, что резкое снижение гидродинамического давления в совокупности с механическим воздействием частиц при высокой концентрации наносов приводит к существенному падению коэффициента полезного действия (КПД) насосных станций; сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Во второй главе диссертации **«Основы теоретических решений влияния наносов на режим работы насосных станций»** рассмотрены современные методы повышения эффективности работы насосных агрегатов, проанализированы процессы коррозионного, кавитационного и механического износа элементов проточной части и обоснованы расчётные подходы к оценке влияния наносов на режим работы агрегатов.

Показано, что на насосных станциях, забирающих воду из источников с повышенной мутностью, определяющее влияние на снижение эксплуатационной эффективности оказывают твёрдые абразивные частицы и кавитационные явления, совместное действие которых приводит к снижению подачи, напора и КПД насосов, росту энергопотребления и эксплуатационных затрат. КПД насосного агрегата определяется зависимостью

$$\eta = \eta_{\text{г}} \cdot \eta_{\text{об}} \cdot \eta_{\text{м}} \qquad (1)$$

где: $\eta_{\text{г}}$ – гидравлический КПД; $\eta_{об}$ – объёмный КПД; $\eta_{м}$ – механический КПД.

Взвешенные наносы увеличивают шероховатость поверхностей и турбулентность, снижая гидравлический КПД; гидроабразивный износ рабочих поверхностей увеличивает зазоры и внутренние утечки, снижая

объёмный КПД; рост нагрузок на элементы конструкции снижает механический КПД.

Показано, что в аванкамере – наиболее сложном в гидравлическом отношении элементе – вследствие изменения геометрии потока и уменьшения скоростей происходит интенсивное осаждение наносов, что снижает пропускную способность сооружения и ухудшает условия подвода воды к агрегатам. Анализ данных гидропоста Керки на Амударье за 2011–2024 годы показал, что частота измерений мутности не охватывает многие пиковые расходы воды. Для оценки адекватности измерений мутности использован показатель:

$$K_i = \frac{S_{oi}}{S_{wDi}} \tag{2}$$

где: S – мутность; i – среднегодовая $(i = 1)$ или максимальная $(i = 2)$ измеренная мутность.

Установлено, что при длительной перекачке мутной воды износ лопастей рабочих колёс, дисков, уплотняющих элементов и направляющих устройств носит неравномерный характер, а наибольшая интенсивность разрушения наблюдается в зонах локального повышения скоростей и концентрации частиц, образования вихрей и кавитационных полостей. Для оценки суммарного износа рабочих элементов используется зависимость

$$\Delta G = \Delta G_n + \Delta G_T = 0{,}17 A \rho_M \rho^{\frac{3-n}{n+2}} \Phi^{\frac{5}{n+2}} \left[\frac{\lambda p Q W^{\frac{10}{n+2}} (\sin\alpha)^{\frac{8-n}{n+2}} \cos\alpha}{ZD} + \right.$$
$$\left. + p_M L W_T^{\frac{12+n}{n+2}} (\cos\alpha)^{\frac{8-n}{n+2}} \sin\alpha \right] \tag{3}$$

При этом скорость потока относительно торцевой части рабочего колеса и износ торцевой части лопасти определяются зависимостями:

$$W_т = W_к + U\sin\beta \tag{4}$$

$$\Delta G_T = \rho_M L \delta \Delta S_T \tag{5}$$

где: $\rho_м$ – плотность силуминового сплава, кг/м³; L и δ – соответственно длина и толщина периферийного профиля лопасти, м; ΔST – толщина износа торцевой части лопасти, м.

Установлено, что на интенсивность изнашивания существенно влияют частота вращения вала, угол установки лопастей и гидравлический режим потока, а отклонение от оптимальных параметров усиливает турбулентность, пульсации давления и механическое воздействие наносов. Теоретически обосновано, что рост концентрации наносов приводит к формированию двухфазного потока с пульсациями давления и нарушением устойчивого режима работы агрегатов, а заиление подводящих каналов и аванкамер – к росту гидравлических сопротивлений и возникновению кавитационных режимов. Разработанный метод расчёта траектории осаждения частиц позволяет с учётом концентрации наносов и параметров потока прогнозировать заиление насосных станций.

В третьей главе диссертации **«Натурные исследования влияния наносов на агрегаты насосных станций»** приведены результаты натурных

исследований на насосных станциях Каршинского магистрального канала (КМК), обоснованы меры по улучшению эксплуатационного режима канала и разработаны рекомендации по регулированию подачи воды, пуску и остановке насосных агрегатов.

Исследования проводились на участке Каршинского магистрального канала протяжённостью 105,3 км, расположенном на территории Кашкадарьинской области Республики Узбекистан. Максимальная пропускная способность головного участка канала составляет 240 м³/с. Мутность водного потока определялась каждые пять дней в установленных измерительных створах с помощью батометров, а расход взвешенных наносов рассчитывался на основе полученных данных (рис. 1).

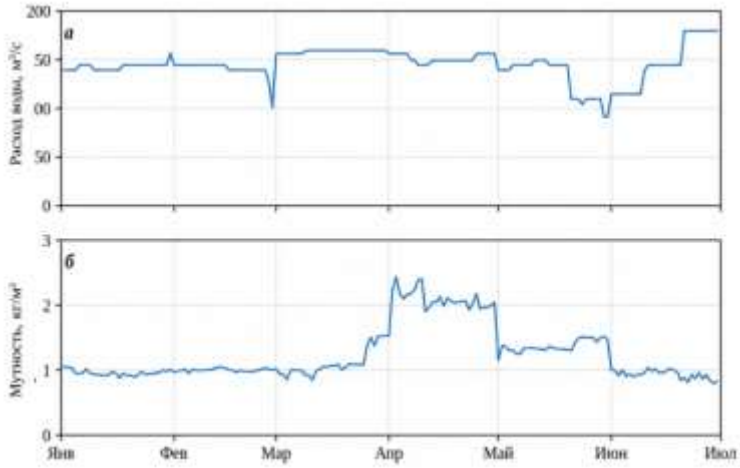


Рисунок 1. Суточный расход воды (а) и мутность (б) потока, поступающего в 1-ю очередь КМК (январь–июль 2022 г.)

Анализ рис. 1 показал, что изменение суточного расхода воды сопровождается изменением интенсивности поступления взвешенных наносов в систему. Это позволило установить зависимость между режимом водоподачи и динамикой наносов, поступающих к НС-1, и выбрать рациональные эксплуатационные режимы.

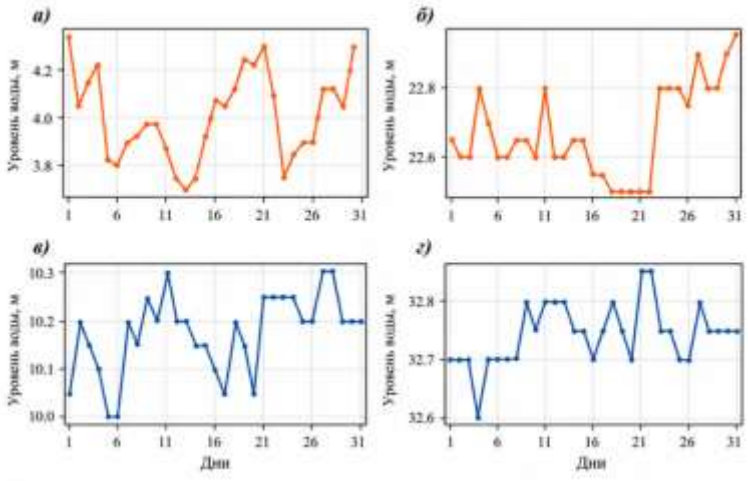


Рисунок 2. Уровни воды в бьефах насосных станций на основном канале КМК (1–31 октября 2024 г.): а – верхний бьеф НС-1; б – нижний бьеф НС-1; в – верхний бьеф НС-2; г – нижний бьеф НС-2

Анализ уровней верхнего и нижнего бьефов НС-1 и НС-2 в октябре 2024 г. (рис. 2) показал, что их колебания изменяют условия всасывания и напорный режим насосных агрегатов и определяют вероятность возникновения неблагоприятных гидравлических явлений.

Характерные и рациональные уровни воды на насосных станциях каскада приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1.

Уровни воды в каскаде насосных станций при минимальном, максимальном и форсированном режимах работы

№ НС	Уровни воды относительно оси рабочих колёс, м		
	Минимальный уровень	Максимальный уровень	Форсированный уровень
1	4,20	7,00	6,00
2	6,50	8,50	10,20
3	6,50	8,20	8,50
4	6,50	8,50	10,20
5	6,50	8,20	9,00
6	6,50	8,50	9,00

Таблица 2.

Оптимальные режимы работы каскада насосных станций и уровни воды на всех шести насосных станциях

№ НС	Отметка гребня сифона, м	Уровень воды в верхнем бьефе (относительно оси рабочего колеса), м	
		проектный диапазон	рабочий диапазон
1	23,80	20,13–23,38	22,00–23,15
2	32,75	29,10–32,35	31,15–32,10
3	32,88	29,43–32,43	31,28–32,15
4	33,12	29,47–32,72	31,62–33,50
5	33,12	29,47–32,72	31,62–32,20
6	33,12	29,47–32,72	31,62–32,70

Согласно таблице 1, для НС-2–6 минимальный горизонт в основном поддерживается на уровне 6,50 м, а наибольшее значение форсированного горизонта (10,20 м) характерно для НС-2 и НС-4. Из таблицы 2 следует, что фактические рабочие диапазоны уровней верхнего бьефа отличаются от проектных, а наиболее широкий рабочий диапазон характерен для НС-4 (31,62–33,50 м). Это подтверждает, что поддержание рационального уровня воды является одним из основных условий устойчивой работы каскада и снижения отрицательного влияния наносов.

В четвёртой главе диссертации **«Оценка влияния наносов на режим эксплуатации насосных станций»** выполнена теоретическая оценка движения потока во всасывающих трубопроводах и рабочих колёсах осевых насосов, проанализировано распределение потока в рабочем колесе и

направляющем аппарате с помощью программного комплекса ANSYS Fluent и обоснованы конструктивные решения по повышению пропускной способности выправляющего аппарата и рабочего колеса.

Показано, что конструкция рабочего колеса, форма лопастей, условия подвода жидкости и работа направляющего аппарата определяют гидравлические показатели насоса, а изменение угла установки лопастей позволяет поддерживать высокий КПД при изменяющейся водоподаче и повышенной мутности потока (рис. 3).

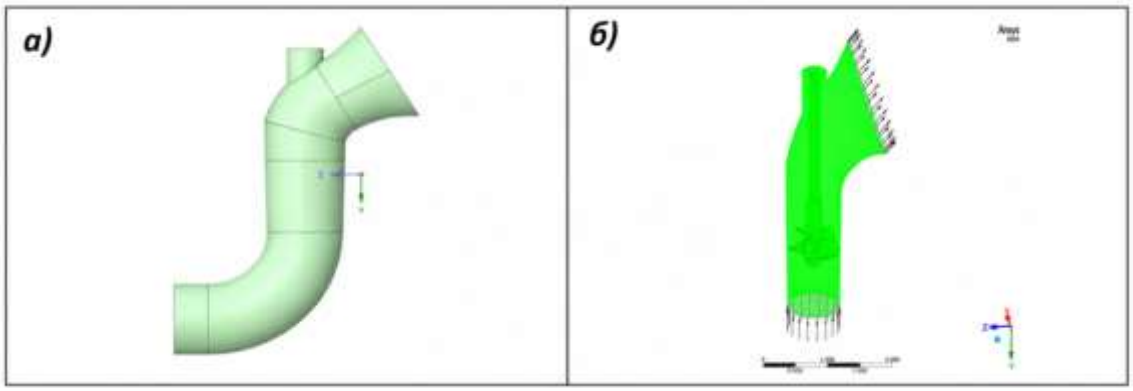


Рисунок 3. Геометрическая модель всасывающего трубопровода осевого насосного агрегата: общий вид (а); расчётная модель (б)

Для описания турбулентного течения использована модель эффективно вязкой жидкости, турбулентное число Рейнольдса определяется выражением:

$$Re_T = \frac{VL}{\nu_T}, \tag{6}$$

На основе гипотезы постоянства турбулентной вязкости записана система уравнений турбулентного закрученного потока в трубопроводе для окружной и осевой составляющих скорости, давления и условия неразрывности:

$$\begin{cases} \dfrac{u^2}{r} = \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial r}; \\ \bar{v}\dfrac{\partial u}{\partial z} = \nu_T\left(\dfrac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \dfrac{1}{r}\dfrac{\partial u}{\partial r} - \dfrac{u}{r^2}\right); \\ \bar{v}\dfrac{\partial v}{\partial z} = -\dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial z} + \nu_T\left(\dfrac{\partial^2 v}{\partial r^2} + \dfrac{1}{r}\dfrac{\partial v}{\partial r}\right); \\ \dfrac{\partial}{\partial r}(rw) + \dfrac{\partial}{\partial z}(rv) = 0. \end{cases} \tag{7}$$

Введением осевой компоненты вихря уравнения приведены к более удобной форме:

$$\omega_{\text{ZB}} = \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(ru) = \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{u}{r} \tag{8}$$

$$\frac{\partial \omega_{\text{ZB}}}{\partial z} = \eta_T\left(\frac{\partial^2 \omega_{\text{ZB}}}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial \omega_{\text{ZB}}}{\partial r}\right) \tag{9}$$

где: $\eta_T = \nu_T/V = R \cdot Re_T^{-1}$; R – радиус трубы.

На основе решения получены распределения окружной скорости и циркуляции потока:

$$u = \frac{\Gamma_н(r)}{r}\left[1 - \exp\left(-\frac{r^2}{4\eta_T z}\right)\right] \quad (10)$$

$$\Gamma = \Gamma_н(r)\left[1 - \exp\left(-\frac{r^2}{4\eta_T z}\right)\right] \quad (11)$$

С учётом условия прилипания на стенках трубопровода окружная скорость, распределение давления и относительная площадь живого сечения кольцевого закрученного потока выражаются как:

$$u(r,z) = \frac{\Gamma_н(r)}{r}\left[1 - \exp\left(-Re_T\frac{r^2}{4Rz}\right)\right]\left[1 - \exp\left(-Re\frac{(R-r)^2}{4Rz}\right)\right] \quad (12)$$

$$p(r,z) = p_я + \rho\int \frac{u^2}{r}dr =$$

$$= p_я + \rho\int \frac{\Gamma_н^2(r)}{r^3}\left[1 - \exp\left(-Re_T\frac{r^2}{4Rz}\right)\right]^2\left[1 - \exp\left(-Re\frac{(R-r)^2}{4Rz}\right)\right]^2 dr \quad (13)$$

$$\omega = 1 - \left(\frac{r_0}{R}\right)^2 = \omega(z) \quad (14)$$

Полученные зависимости позволяют определить распределения всех компонент скорости, давления и радиуса вихревого жгута в функции расстояния от начального створа и текущего радиуса: v(r,z), u(r,z), w(r,z), p(r,z), $r_0(z)$.

Для оборудования насосных станций КМК выполнено CFD-моделирование в ANSYS Fluent. Установлено, что при диаметре рабочего колеса 2400 мм, частоте вращения 250 мин$^{-1}$, максимальном расходе 37 м^3/с и проектном напоре 17 м КПД осевого насоса достигает 86,84 % (рис. 4).

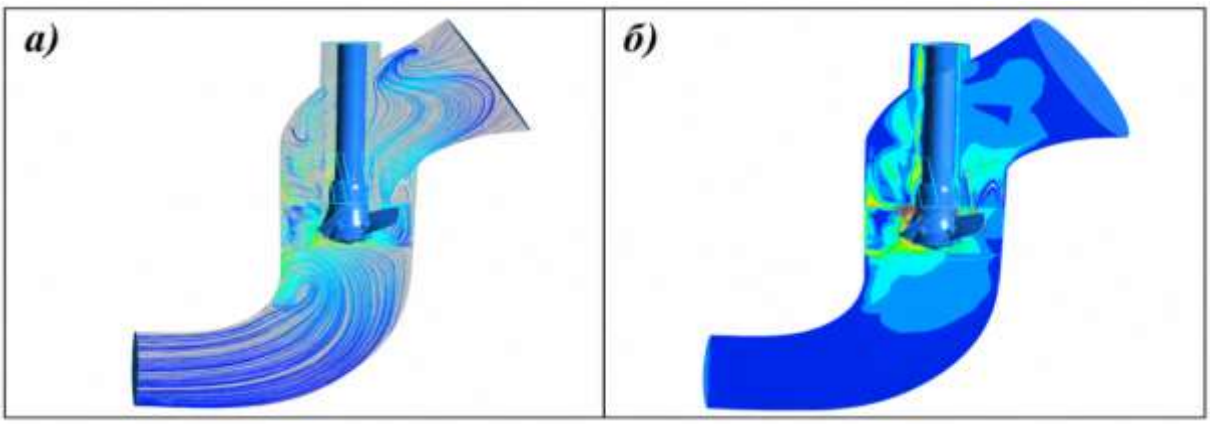


Рисунок 4. Результаты CFD-моделирования течения в осевом насосе на его входном и выходном участках: распределение линий потока (а); распределение поля скоростей (б)

При воздействии наносов на внешний край рабочего колеса давление и эффективность снижаются вследствие обратного потока в зазоре и роста потерь трения на диске и кромке колеса. В непроектных условиях максимальная скорость в зоне рабочего колеса может достигать 10,4 м/с, что указывает на развитие зон интенсивного износа и кавитации (рис. 5).

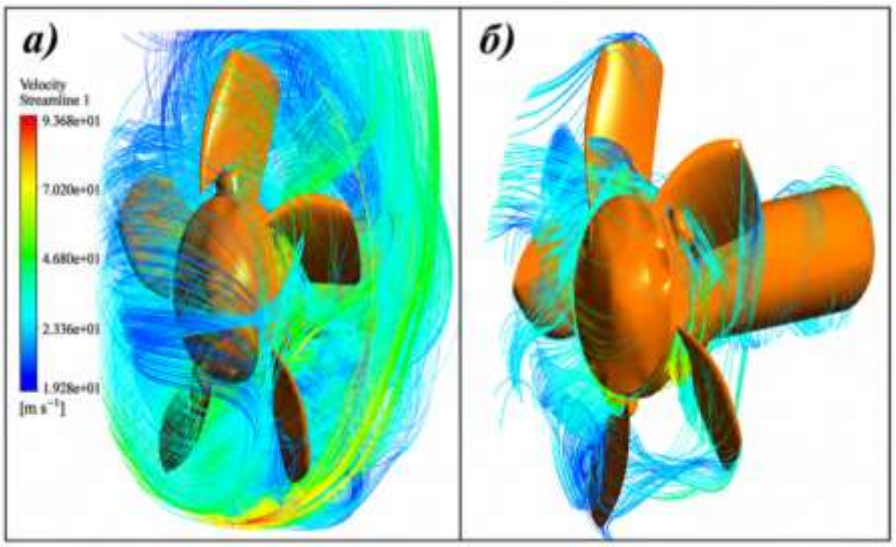


Рисунок 5. Повышение интенсивности турбулентности и образование обратных течений в зазоре между рабочим колесом и направляющим аппаратом: вид спереди (а); вид сбоку (б)

Результаты численного моделирования сопоставлены с данными испытаний: при расходе 30 м³/с и 180 мин⁻¹ КПД по данным испытаний составил 86,3 %, напор – 13,30 м; при расходе 36 м³/с и 250 мин⁻¹ максимальный КПД достиг 86,69 %, а расхождение численных и экспериментальных результатов составило 0,15 процентного пункта (рис. 6).

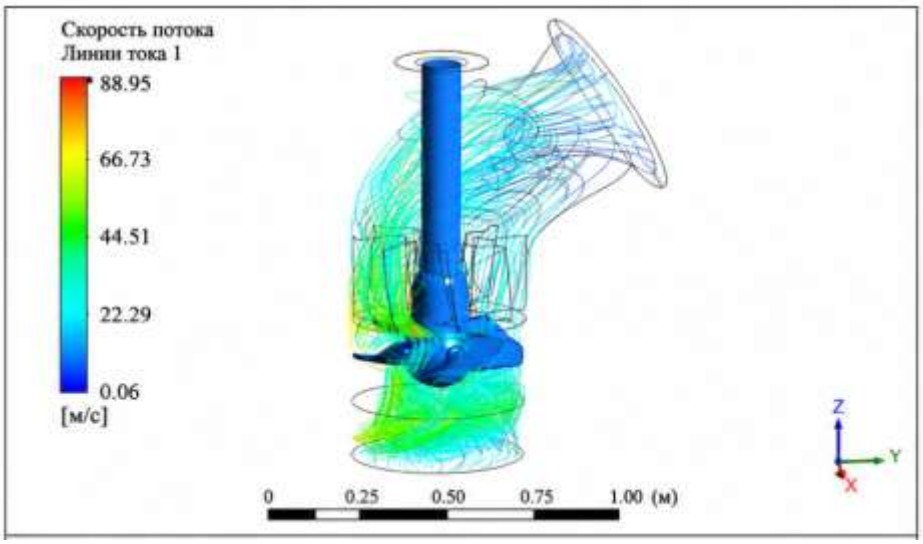


Рисунок 6. Результаты CFD-моделирования течения в проточной части осевого насоса: линии тока и распределение поля скоростей

Из-за зазора между рабочим колесом и направляющим аппаратом давление на выходе колеса остаётся высоким, а на входе – низким, что формирует вихревой и обратный потоки. В проектных условиях обратный поток в зазоре составляет 1,78 м³/с (около 4,8 % расхода насоса) и существенно влияет на распределение скоростей и потери напора (рис. 7).

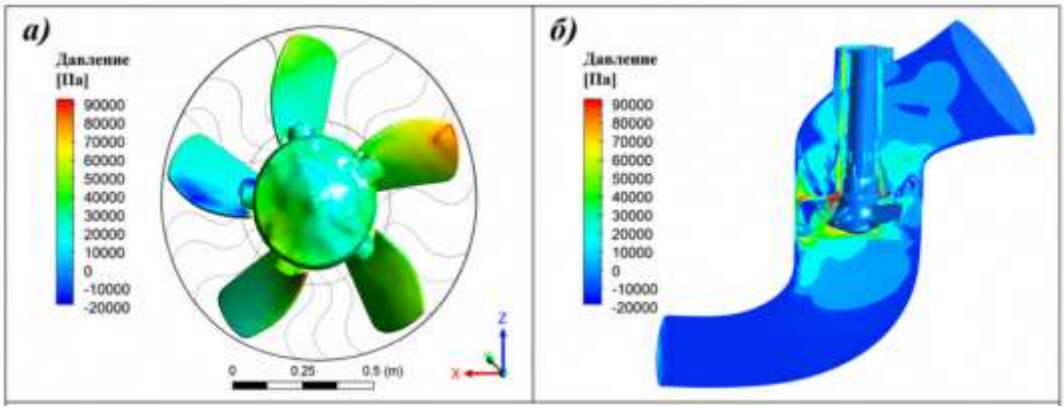


Рисунок 7. Результаты CFD-моделирования распределения давления в осевом насосе: распределение давления на поверхности рабочего колеса (а); распределение давления в проточной части насоса (б)

Длительная (46 лет) эксплуатация насосно-силового оборудования КМК, недостаточный ресурс ранее применённых сварных конструкций в условиях мутной воды Амударьи и абразивно-кавитационный износ при снижении уровня нижнего бьефа обусловили необходимость модернизации проточной части. Предложена модернизированная конструкция выправляющего аппарата: применение стали 25ГСЛ вместо 25Л, уменьшение размера с 250 до 160, утолщение и изменение геометрии входных и выходных кромок лопастей, увеличение толщины стенки корпуса (рис. 8). По предварительным расчётам экономический эффект составляет 560 000 кВт·ч электроэнергии.

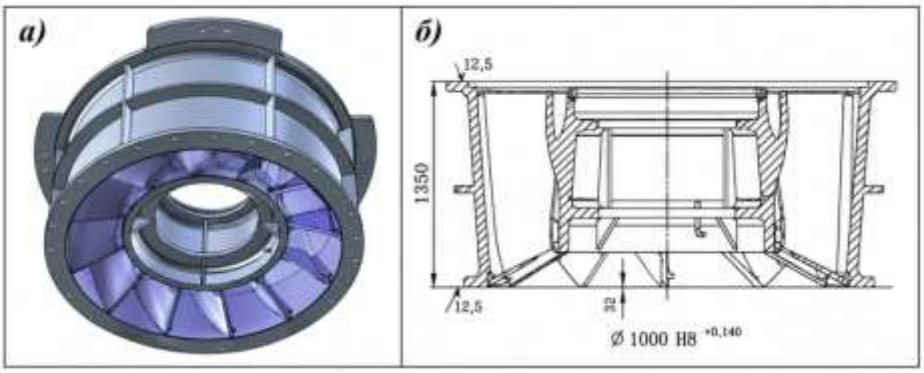


Рисунок 8. Конструкция нового модернизированного направляющего аппарата: общий вид (а); продольный разрез с указанием основных размеров (б)

По результатам модельных исследований предложенная конструкция без сложных устройств в полостях нагнетания и всасывания обеспечивает гашение 90–98 % объёмов обратных течений, снижает кавитационный шум и вибрацию и повышает КПД при сохранении запаса устойчивости. Таким образом, снижение гидравлических потерь и обратных течений, оптимизация геометрии рабочего колеса и выправляющего аппарата и модернизация материалов позволяют повысить КПД насосного оборудования, уменьшить кавитацию и абразивный износ и обеспечить длительную эффективную эксплуатацию насосных станций КМК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе исследований, проведённых по диссертации доктора философии **(PhD)** на тему **«Влияние наносов на режим эксплуатации насосных станций»**, представлены следующие выводы:

1. Установлено, что при пропускной способности головного участка Каршинского магистрального канала до 240 м³/с и протяжённости подводящего канала первой насосной станции 19,8 км ежегодный объём поступающих наносов составляет 12–16 млн м³, из которых 4,5–5,0 млн м³ накапливаются в виде отложений. Это приводит к уменьшению живого сечения канала, увеличению гидравлического сопротивления и ухудшению условий эксплуатации насосных агрегатов.

2. На основе теоретических и натурных исследований установлено, что при снижении средней скорости течения воды с 1,0 до 0,4 м/с создаются благоприятные условия для осаждения крупных фракций взвешенных наносов, доля которых достигает 60 % общего объёма твёрдого стока, при этом толщина слоя отложений на отдельных участках аванкамеры насосной станции № 1 превышает 2,0 м. Разработан метод расчёта траекторий осаждения частиц наносов с учётом их концентрации, гранулометрического состава и гидравлических характеристик потока.

3. Выявлено, что гидроабразивный износ элементов проточной части насосных агрегатов имеет неравномерный характер: после 2680 часов эксплуатации износ лопастей рабочего колеса по толщине во входной части составляет 0,3–0,5 мм, а в выходной части достигает 2,60–2,86 мм, при этом глубина отдельных борозд на рабочих поверхностях лопастей составляет до 1,5 мм, а износ внутренних поверхностей дисков рабочего колеса — до 2,17 мм, что свидетельствует о существенном влиянии твёрдых частиц на техническое состояние и эксплуатационные характеристики насосного оборудования.

4. Установлено, что в условиях заиления подводящего канала и понижения уровня воды в аванкамере первая насосная станция Каршинского магистрального канала при работе двух насосных агрегатов обеспечивает подачу 70–75 м³/с; однако включение третьего агрегата приводит к возникновению неблагоприятных кавитационных условий. Предлагается регулировать производительность осевых насосов типов ОП10-260Г и ОП11-260Г в диапазоне 27–37 м³/с путём изменения угла установки лопастей рабочего колеса, с учётом фактических уровней воды и технического состояния агрегатов.

5. Разработан расчётный подход к определению фактической водоподачи насосных агрегатов на основе их эксплуатационных характеристик, обеспечивающий погрешность определения расхода воды в пределах 1,5–2,0 %. Применение предложенного подхода позволяет осуществлять оперативную оценку гидравлических параметров насосных агрегатов и обоснованно выбирать режимы их работы с учётом изменяющихся условий водоподачи.

6. На основе численного моделирования гидродинамических процессов в проточной части осевого насоса диаметром рабочего колеса 2400 мм при частоте вращения 250 об/мин установлено, что при подаче 37 м³/с и напоре 17 м расчётное значение коэффициента полезного действия составляет 86,84 %, тогда как по результатам модельных испытаний при подаче 36 м³/с получено значение КПД 86,69 %. Разность между расчётным и экспериментальным значениями КПД составляет около 0,15 процентного пункта, что свидетельствует о хорошем согласовании результатов численного моделирования и экспериментальных исследований.

7. Между рабочим колесом и направляющим аппаратом осевого насоса выявлены обратные потоки, составляющие 4,8 % (1,78 м³/с) от общего расхода воды насосного агрегата. По результатам модельных исследований установлено, что усовершенствованная конструкция направляющего аппарата обеспечивает снижение обратных потоков на 90–98 %, улучшение структуры потока и уменьшение дополнительных гидравлических потерь.

8. Для повышения эксплуатационной надёжности и энергетической эффективности насосных агрегатов рекомендуется использовать усовершенствованный направляющий аппарат с учётом уровня воды, концентрации наносов и степени гидроабразивного износа. Это позволяет снизить кавитационные воздействия и энергетические потери, а также продлить срок службы насосного оборудования.

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

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

MAKSUDOVA LYUDMILA ALEKSEEVNA

INFLUENCE OF SEDIMENTS ON THE OPERATING MODE OF PUMPING STATIONS

05.09.06 – Hydraulic Engineering and Land Reclamation Construction

ABSTRACT OF THE DISSERTATION OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) IN TECHNICAL SCIENCES

Tashkent – 2026

The topic of the Doctor of Philosophy (PhD) dissertation in technical sciences has been registered with the Higher Attestation Commission under the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan under No. B2024.1.PhD/T4524.

The dissertation was carried out at the "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) on the website of the Scientific Council (www.tiiame.uz) and on the «ZiyoNet» Information and educational portal (www.ziyonet.uz).

Scientific supervisor:	**Bazarov Dilshod Rayimovich** Doctor of Technical Sciences, Professor
Official opponents:	**Fayziev Khomitkhon** Doctor of Technical Sciences, Professor
	Shakirov Bakhtiyor Makhmudovich Doctor of Technical Sciences, Professor
Leading organization:	**Tashkent State Technical University**

The defense of the dissertation will take place on «____» _____ 2026 at ____ at a meeting of the Scientific Council DSc.03/30.12.2019.T.10.02 for Awarding Academic Degrees at the "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University (Address: 39 Kari Niyaziy Street, Tashkent, 100000, Uzbekistan. Tel.: +998 71 237-22-67; Fax: +998 71 237-54-79; E-mail: admin@tiiame.uz).

The dissertation is available at the Information Resource Centre of the «Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers» National Research University (registered under No. ____). (Address: 39 Kari Niyaziy Street, Tashkent, 100000, Uzbekistan; Tel.: +998 71 237-19-45; E-mail: admin@tiiame.uz).

The abstract of the dissertation was distributed on «____» _____ 2026.
(Registry record No. ____ dated «____» _____ 2026).

M.Kh. Khamidov
Chairman of the Scientific Council for Awarding Academic Degrees, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

F.A. Gapparov
Scientific Secretary of the Scientific Council for Awarding Academic Degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

M.R. Bakiev
Chairman of the Scientific Seminar under the Scientific Council for Awarding Academic Degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of the Doctor of Philosophy (PhD) dissertation)

The aim of the research is to assess the influence of sediment on the operating mode of pumping stations.

The object of the research comprises the pumping stations of the Karshi Main Canal system, their approach canals, and water intake structures.

The scientific novelty of the research is as follows:

the relationships between the particle size distribution of sediment, hydroabrasive wear of the flow passage components of pumping units, and changes in their operational performance have been established, taking into account the hydraulic characteristics of the flow;

the characteristics of sediment accumulation and distribution in the approach canals and forebays of pumping stations have been identified, and their influence on the hydraulic regime of water conveyance structures and the operational stability of pumping units has been determined;

rational water levels in pumping station forebays and parameters for regulating the water delivery regimes of pumping units have been substantiated, taking into account the hydraulic conditions of approach canals, variations in water levels, and the operational condition of pumping equipment;

the design of the flow-straightening apparatus of an axial-flow pump has been improved based on the results of numerical modelling of hydrodynamic processes in the pump flow passage, which reduces reverse flows and hydraulic losses and improves the operational efficiency of the pumping unit.

Implementation of the research results. Based on the scientific results obtained from assessing the influence of sediment on the operating mode of pumping stations:

the method for calculating particle settling trajectories, taking into account sediment concentration in pumping station forebays, as well as new configurations of sediment removal devices developed with consideration of the pumping station operating regime, have been implemented by the Karshi Main Canal Operation Department under the Ministry of Water Resources of the Republic of Uzbekistan (Certificate of the Ministry of Water Resources No. 04/20-6350 dated 2 December 2025). As a result, it has become possible to save 40–250 million Uzbek soums annually through reduced costs of sediment removal from pumping station forebays and lower electricity losses, along with the prevention of sediment deposition on the bottom of water intake structures and improvements in the operational performance of pumping units;

the structural components of the pumping unit flow-straightening apparatus, developed to improve the operational efficiency of pumping stations, have been implemented by the Karshi Main Canal Operation Department under the Ministry of Water Resources of the Republic of Uzbekistan (Certificate of the Ministry of Water Resources No. 04/20-6350 dated 2 December 2025). As a result, the potential to increase the water delivery efficiency of the pumping station by up to 15% has been demonstrated;

the hydraulic layout of a device designed to improve water delivery efficiency

by preventing sediment from entering pumping stations has been implemented by the Karshi Main Canal Operation Department under the Ministry of Water Resources of the Republic of Uzbekistan (Certificate of the Ministry of Water Resources No. 04/20-6350 dated 2 December 2025). As a result, potential savings of 5–15% in operating costs have been demonstrated through reduced expenditure on sediment removal from pumping station forebays and lower electricity losses.

Structure and length of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Базаров Д.Р., Хидиров С.К., Норкулов Б., Мавлянова Д., Максудова (Луценко) Л. Математическое моделирование движения потока в сильно меандрирующих руслах и его верификация // Irrigatsiya va Melioratsiya. – 2015. – № 2. – С. 76–84. (05.00.00; №22).

2. Bazarov D.R., Vokhidov O.F., Maksudova (Lutsenko) L.A., Sultanov S. Restrictions Applied When Solving One-Dimensional Hydrodynamic Equations // Proceedings of EECE 2019. Lecture Notes in Civil Engineering. – Springer International Publishing, 2020. – Vol. 70. – P. 299–305. DOI: 10.1007/978-3-030-42351-3_26.

3. Rakhmatov N., Maksudova L., Jamolov F., Ashirov B., Tajieva D. The concept of creating a new water management system in the region // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – Vol. 883, No. 1. – Art. 012007. DOI: 10.1088/1757-899X/883/1/012007.

4. Uralov B., Li M., Qalqonov E., Ishankulov Z., Akhmadi M., Maksudova L. Hydraulic resistances experimental and field studies of supply canals and pumping stations structures // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – Vol. 264. – Art. 03075. DOI: 10.1051/e3sconf/202126403075.

5. Uralov B., Choriev R., Maksudova L., Sapaeva M., Shernaev A., Nurmatov P. Substantiation of the influence of the channel shape and the roughness of machine canals on the pressure loss of irrigation pumping stations // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2021. – Vol. 1030, No. 1. – Art. 012148. DOI: 10.1088/1757-899X/1030/1/012148.

6. Uralov B., Berdiev S., Rakhmatov M., Vokhidov O., Maksudova L., Raimova I. Theoretical models and dependences for calculating intensity of hydroabrasive wear of pump working parts // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Vol. 365. – Art. 03019. DOI: 10.1051/e3sconf/202336503019.

7. Uralov B., Eshev S., Shaazizov F., Raimova I., Arzieva D., Maksudova L. Study of operating mode of axial and centrifugal pumps with hydroabrasive wear of parts in flow section of pumping units // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Vol. 401. – Art. 01051. DOI: 10.1051/e3sconf/202340101051.

8. Уралов Б.Р., Вохидов О.Ф., Максудова Л.А., Шодиев Б.Н., Нишонбаева С.Х., Арзиева Д.Б. Исследование режима работы осевых и центробежных насосов при гидроабразивном износе деталей проточной части насосных установок // Universum: технические науки. – 2024. – № 2 (119). – С. 9–15. DOI: 10.32743/UniTech.2024.119.2.16928.

9. Максудова Л.А. Моделирование распределения потока и влияния наносов в рабочем колесе осевого насоса // «Raqamli iqtisodiyot» ilmiy-elektron jurnali. – 2026. – № 15. – С. 276–287.

10. Хафизова М., Пулатов С., Максудова (Луценко) Л., Нигматулина А. Анализ современного состояния динамики водных ресурсов рек бассейна Аральского моря // Межвузовский сборник научных трудов «Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук». – Ташкент, 2016. – Ч. 2. – С. 208–212.

11. Пулатов С.Х., Максудова (Луценко) Л.А., Нигматулина А., Хафизова М. Основные аспекты интегрированного управления водными ресурсами бассейна реки Амударья // Актуальные вопросы технических и социально-экономических наук: Республиканский межвузовский сборник научных трудов. – Ташкент, 2016. – Ч. II. – С. 212–216.

12. Раимов Х., Максудова (Луценко) Л., Пулатов С. Некоторые проблемы управления водными ресурсами рек бассейна Аральского моря // Сборник материалов XV Республиканской традиционной научно-практической конференции одарённых студентов, магистрантов и молодых учёных «Современные проблемы сельского и водного хозяйства». – Ташкент, 2016. – Ч. 1. – С. 181–184.

13. Базаров Д.Р., Матякубов Б.Ш., Хусеинов А., Нишанбаев Х.А., Луценко Л.А. Практические аспекты решения проблемы зарегулированности верхнего течения реки Амударья // Северный морской путь, водные и сухопутные транспортные коридоры как основа развития Сибири и Арктики в XXI веке: сборник докладов XX Международной научно-практической конференции. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2018. – С. 22–28.

14. Максудова (Луценко) Л.А. Анализ водохозяйственных проблем Узбекистана // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием, 19–24 ноября 2018 г. Инженерно-строительный институт. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2018. – С. 282–284.

15. Максудова Л.А., Мирзаахмедов Ж., Нематов А.С. Анализ влияния наносов на эффективность работы насосных станций // «Zamonaviy dunyoda innovatsion tadqiqotlar: nazariya va amaliyot» nomli ilmiy, masofaviy onlayn konferensiya materiallari. – 2026. – С. 98–104.

Автореферат «IRRIGATSIYA VA MELIORATSIYA» илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз (резюме) тилларидаги матнлари мослиги текширилди (23.09.2026 й.)

Bosishga ruxsat etildi: 14.10.2026-yil.
Bichimi 60x84 $^{1/16}$, “Times New Roman”
garniturada raqamli bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog‘i 2.8. Adadi: 100. Buyurtma: № 136.
Tel (99) 817 44 54.
Guvohnoma reyestr № 219951
“PUBLISHING HIGH FUTURE” OK nashriyotida bosildi.
Toshkent sh., Uchtepa tumani, Ali qushchi ko‘chasi, 2A-uy.