

**ИРРИГАЦИЯ ВА СУВ МУАММОЛАРИ ИЛМИЙ ТАДҚИҚОТ
ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.17/2025.27.12.T.01.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

ЖУРАЕВ САНЖАР РАШИДОВИЧ

**СУҒОРИШ ТИЗИМИ НАСОС СТАНЦИЯЛАРИНИНГ ЭНЕРГИЯ
ВА ФОЙДАЛАНИШ САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШНИНГ
ИЛМИЙ АСОСЛАРИ**

05.09.06 – Гидротехника ва мелиорация қурилиши

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

Тошкент-2026

**Техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси автореферати
мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора наук (DSc) по
техническим наукам**

Contents of the of Doctoral (DSc) dissertation abstract

Жураев Санжар Рашидович

Суғориш тизими насос станцияларининг энергия ва фойдаланиш
самарадорлигини оширишнинг илмий асослари..... 3

Жураев Санжар Рашидович

Научные основы повышения энергетической и эксплуатационной
эффективности насосных станций оросительных систем..... 29

Juraev Sanjar Rashidovich

Scientific foundations for improving the energy and operational efficiency
of pumping stations in irrigation systems..... 55

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 59

**ИРРИГАЦИЯ ВА СУВ МУАММОЛАРИ ИЛМИЙ ТАДҚИҚОТ
ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.17/2025.27.12.T.01.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

ЖУРАЕВ САНЖАР РАШИДОВИЧ

**СУҒОРИШ ТИЗИМИ НАСОС СТАНЦИЯЛАРИНИНГ ЭНЕРГИЯ
ВА ФОЙДАЛАНИШ САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШНИНГ
ИЛМИЙ АСОСЛАРИ**

05.09.06 – Гидротехника ва мелиорация қурилиши

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

Тошкент-2026

Фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Олий аттестация комиссиясида B2026.1.DSc/T1046 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университетида бажарилган.
Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.ismiti.uz) ва «ZiyoNet» ахборот-таълим порталида (www.ziyo.net) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:

Мухаммадиев Мурадулла Мухаммадиевич
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Шакиров Бахтияр Махмудович
техника фанлари доктори, профессор

Хўжакулов Рустам
техника фанлари доктори, профессор

Базаров Дилшод Райимович
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот

Тошкент архитектура-қурилиш
университети (ТАҚУ)

Диссертация химояси Ирригация ва сув муаммолари илмий тадқиқот институти ҳузуридаги Илмий даражалар берувчи DSc.17/2025.27.12.T.01.01 рақамли илмий кенгашнинг «21» август 2026 йил соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100187, Тошкент, Қорасув-4 мавзеси, 11-уй. Тел.: (99899)-434-43-28, e-mail: ismiti@minwater.uz).

Диссертация билан Ирригация ва сув муаммолари илмий тадқиқот институти библиотекасида танишиш мумкин (№ 5 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100187, Тошкент, Қорасув-4 мавзеси, 11-уй. Тел.: (99899) 434-43-28, e-mail: ismiti@minwater.uz).

Диссертация автореферати 2026 йил «31» 07 кунни тарқатилди.

(2026 йил «31» 07 даги 5 рақамли реестр баённомаси).



И.Э. Махмудов

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

У.А. Садиев

Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш илмий котиби, PhD, к.и.х.

О.Я. Гловацкий

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

КИРИШ (докторлик (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда қишлоқ хўжалиги, ичимлик сув таъминоти ва саноатда фойдаланиладиган насос станциялар самарадорлигини ошириш, ресурслар тежамкорлигига эришиш масалаларига алоҳида аҳамият берилмоқда. Ҳозирги кунда дунё бўйича насос станциялар учун жами ишлаб чиқариш учун бериладиган энергиянинг 21 % сарф бўлмоқда¹. Бу борада, жумладан насос станцияларнинг энергия ва фойдаланиш самарадорлигини ошириш, жиҳозлар ва иншоотларининг тежамкор, ишончли ишини таъминлаш, сув етказиб бериш технологик жараёнини бошқаришнинг замонавий усулларида фойдаланиш масалаларига алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда етакчи илмий муассасаларда насос станциялари иш режимларини оптималлаштириш, иншоотлар ва жиҳозларда сув оқимининг насослар учун самарали бўлган гидравлик тизимини ташкил қилиш, агрегатлар эҳтиёжи учун “яшил” энергия манбаларидан фойдаланган ҳолда энергия самарадорлигини оширишга йўналтирилган янги техник ечимлар ва технологияларни ишлаб чиқишга қаратилган илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда^{1,2}. Ушбу йўналишда, жумладан, насос станциялари аванкамераларида сув оқимининг гидравлик режимларини такомиллаштириш, лойқа чўкмаларининг тўпланишини камайтириш ва уларни самарали тозалаш технологияларини ишлаб чиқиш, насос агрегатларининг иш режимларини энергия сарфи минимуми ва фойдаланиш самарадорлиги максимуми мезонлари асосида бошқариш ҳамда энергия тежамкор техник ечимлар ва рақамли бошқарув усуллари моделилаштириш бўйича тадқиқотлар устивор ҳисобланмоқда. Шу билан бирга, насос станциялари аванкамераларида сув оқимини бошқариш, лойқа чўкмаларини ўз вақтида, самарали тозалаш, насос агрегатларининг иш режимларини энергия сарфи минимуми ҳамда самарадорлик максимуми талаблари бўйича бошқариш усуллари ишлаб чиқиш ва илмий асослаш долзарб вазифалардан ҳисобланмоқда.

Республикамизда сув хўжалиги тизимидаги насос станцияларни модернизациялаш ва реконструкция қилиш, эскирган жиҳозларни янги, замонавий жиҳозларга алмаштириш, улардан фойдаланишнинг замонавий илғор усуллари қўллаш ва бошқарув тизимини такомиллаштириш юзасидан кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. Бу борада “Ўзбекистон – 2030” стратегиясида “энергия тежамкор қурилмалар ўрнатиш, насос станцияларини модернизация қилиш, уларнинг йиллик электр энергияси истеъмолини 30 фоизга камайтириш”³, шунингдек Ўзбекистон Республикаси сув хўжалигини ривожлантиришнинг

¹ Xingcheng Gan, Ji Pei, Giorgio Pavesi, ShouqiYuan, WenjieWang. Application of intelligent methods in energy efficiency enhancement of pump system: A review. Energy Reports 8(2022). 11592–11606 pp. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.09.016>

² Levon Gevorgov, Ehsan Saebnoori, José Luis Domínguez-García and Luis Trilla. Renewable Energy-Driven Pumping Systems and Application for Desalination: A Review of Technologies and Future Directions. Appl. Sci. 2026, 16, 862. <https://doi.org/10.3390/app16020862>

³ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2023 йил 11 сентябрдаги “Ўзбекистон 2030” стратегияси тўғрисида”ги ПФ-158-сон Фармони, <https://lex.uz/docs/6600413>

2020 – 2030 йилларга мўлжалланган концепциясида “...сув хўжалиги насос станцияларининг энергия самарадорлигини ошириш ва фойдаланиш харажатларини камайтириш...”, вазифалари белгилаб берилган⁴. Мазкур вазифаларни амалга ошириш насос станцияларда тежамкор технологияларни амалиётга кенг жорий этишга алоҳида аҳамият беришни талаб этмоқда, жумладан, энергия ва фойдаланиш самарадорлигини оширадиган янги усуллар, конструкциялар ва технологик ечимларни тадқиқ қилиш ҳамда уларни жорий этиш муҳим вазифалардан ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2023 йил 11 сентябрдаги “Ўзбекистон 2030” стратегияси тўғрисида”ги ПФ-158-сон, 2022 йил 28 январдаги “2022 - 2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг Тараққиёт стратегияси тўғрисида” ги ПФ-60-сонли Фармонлари, 2020 йил 10 июлдаги “Ўзбекистон Республикаси сув хўжалигини ривожлантиришнинг 2020 – 2030 йилларга мўлжалланган концепциясини тасдиқлаш тўғрисида” ги ПФ-6024-сон Қарорида ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳукукий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

Диссертация мавзуси бўйича хорижий тадқиқотларни таҳлили⁵. Суғориш насос станцияларининг энергия ва фойдаланиш самарадорлигини оширишга қаратилган янги технологик ечимлар, конструкциялар ва ҳисоблаш усуллари бўйича тадқиқотлар дунёнинг етакчи илмий марказларида, жумладан Хитойнинг Jiangsu, Yangzhou, Hohai, АҚШнинг GIW Hydraulic Laboratory KSB, Technology Platform for Hydraulic Machine, Буюк Британиянинг Sheffield, Nottingham, Германиянинг Fluidmachinery, Graz University of Technology, Канаданинг McMaster, University of Toronto, Италиянинг Padova, Ҳиндистоннинг Vellore, Санкт-Петербург политехника университети, Москва давлат қурилиш университети, Беларус Миллий техника университети, Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети, “Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари” Миллий тадқиқот университети, Қарши давлат техника университетларида, Австралиянинг Institute Hydraulic Engineering, Мисрнинг International water Management (IWMI), Mechanical & Electrical Research, Испаниянинг Catalonia Institute for Energy Research, Германиянинг Institute of Hydraulic,

⁴ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 10 июлдаги “Ўзбекистон Республикаси сув хўжалигини ривожлантиришнинг 2020 — 2030 йилларга мўлжалланган концепциясини тасдиқлаш тўғрисида” ги ПФ-6024-сон Қарори. <https://lex.uz/docs/4892953>

⁵ Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи қуйидаги манбалар: <https://doi.org/10.1016/j.egvr.2022.09.016>; [http://dx.doi.org/10.1016/S0262-1762\(04\)00261-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0262-1762(04)00261-5); <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2010.09.003>; <https://doi.org/10.3390/app16020862>; <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.08.070>; DOI: [10.1109/ICSTC.2018.8528643](https://doi.org/10.1109/ICSTC.2018.8528643); <https://doi.org/10.3390/app16020862>; <https://doi.org/10.3390/en1522852> ва бошқа манбалар асосида бажарилди

К.А.Тимирязев номидаги Россия давлат аграр университетининг А.Н. Костяков номидаги мелиорация, сув хўжалиги ва қурилиш институти, Ирригация ва сув муаммолари илмий-тадқиқот институти (Ўзбекистон), Андижон қишлоқ хўжалиги ва агротехнологиялар институтларида, шунингдек илмий муассасалар - International Association for Hydro-Environment Engineeving and Research (IAHR) ассоциацияси (ХХР), АҚШнинг Hydraulic Institute (HI) институти, Бельгиядаги Europump асоссиацияси, American society of civil Engineers илмий жамиятида, Польшанинг Polish Naval Academy ва бошқа муассасаларда кенг қамровли илмий –тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Насос станциялар иншоотлари ва қувурлар тизимида сув оқимининг гидравлик тузилмасини тадқиқ қилиш масалалари бўйича Yangzhou, Sheffield университетлари ва Австралиянинг Institute Hudraulic Engineering институти мутахассислари бир қанча янги илмий-техник йўналишлар бўйича тадқиқотлар олиб бормоқдалар.

Насос станциялари аванкамераларида сув оқимининг оптимал тузилмасини тадқиқ қилиш ва аванкамераларда лойқа чўкишининг олдини олиш ва лойқа чўкмаларини тозалаш усуллари бўйича илмий – тадқиқотлар Нohai, Ислom Каримов номидаги Тошкент давлат техника университет, Қарши давлат техника университетларида, А.Н. Костяков номидаги мелиорация, сув хўжалиги ва қурилиш институти ҳамда Ирригация ва сув муаммолари илмий-тадқиқот институти, Андижон қишлоқ хўжалиги ва агротехнологиялар институтларида олиб борилмоқда.

Насос агрегатларининг иш режимларини оптималлаштириш ва бошқариш бўйича тадқиқотлар Буюк Британиянинг Sheffield, Nottingham, Канаданинг McMaster, Беларус миллий техника университетларида, Мисрнинг Mechanical & Electrical Research Institute институтида салмоқли илмий – тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Марказдан қочма насосларнинг энергия самарадорлиги масалалари бўйича мажмуавий тадқиқотлар Ҳиндистоннинг Vellore универсиетида бажарилган, АҚШнинг Hydraulic Institute (HI) да насосларни ишлатиш бўйича йўриқномалар, стандартлар ва бошқа меъёрий ҳужжатлар устида ишлашади, Исроилдаги Ashdod шаҳрида жойлашган насос станция жиҳозларини танлаш бўйича Халқаро илмий-тадқиқот марказида насос станциялар қувурлар тизими ва улардаги жиҳозлар ўлчамларини оптималлаштириш масалалари билан шуғулланишади. Польшанинг Polish Naval Academy мутахассислари кўп насосли станцияларда насосларнинг оптимал бошқаруви бўйича тадқиқот ишларини олиб боришади.

Жаҳонда насос станциялар энергия ва фойдаланиш самарадорлигини ошириш бўйича бажарилаётган илмий-тадқиқот ишларининг асосий йўналишлари сифатида насос станцияси иш режимларини ресурслар ва электр энергияси истеъмоли минимуми бўйича оптималлаштириш, иншоотлар ва жиҳозлар турлари, ўлчамларини энергия сарфи минимуми талабига мос равишда танлаш, насос станциясида IT-технологиялар, жумладан сунъий интеллектга асосланган “ақлли” бошқарув тизимларини жорий қилиш

масалалари бўйича бажарилаётган илмий-тадқиқот ишларини келтириш мумкин.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Сўғориш насос станцияларнинг энергия ва фойдаланиш самарадорлигини оширишга бағишланган илмий –тадқиқот ишлари билан дунёнинг етакчи олимлари, жумладан мустақил ҳамдўстлик давлатлари олимларидан В.И. Виссарионов, В.Я. Карелин, В.В. Рычагов, В.В. Елистратов, М.М. Флоринский, В.Ф. Чебаевский, К.П. Вишневский, А.Д. Петрик, Б.С. Лезнов, Б.Ф. Лямаев, Р.А. Новодережкин, В.Г. Николаев, В.С. Костышин, А.Л. Андронов, В.Л. Еловик, И.В. Войтов, Некрасов В.М, Накладов ва бошқалар, шунингдек, чет эл олимларидан Napierała M. A., B. Stoffel, Anibal T. de Almeida, Kaya D., Pawel Olszewski, Viktor Nenja, Y.M. Chiang, L.C. Chang, Zheng Y, Arun Shankar, Pemberton M., Sychta L., da Costa Bortoni E., Augustyn T., Tamminen J. ва бошқалар шуғулланишган.

Ўзбекистонда сўғориш насос станциялари энергия ва фойдаланиш самарадорлигига оид тадқиқотлар билан шуғулланган олимлар қаторига академик Қ.Р. Аллаев, профессорлар М. Мамажонов, М.М. Мухаммадиев, Б.У. Уришев, О.Я. Гловацкий, Т.С. Тулаганов, Т.С. Камолов, О.Х. Ишназаров, Ш.Х. Рахимов, С.К. Переверзев, Б.М. Шакиров, Э.К. Кан, Ф.Ж. Носиров, В.А. Хохлов ва бошқаларни келтириш мумкин.

Насос станцияларнинг энергия ва фойдаланиш самарадорлигига оид қуйидаги масалалар чуқурроқ ўрганилган ва самарали ечимлари таклиф этилган.

- насос агрегатлари иш режимларини электродвигателга бериладиган электр токи частотасини ўзгартириш усули (қисқача частотани ўзгартириш усули) билан ростлаш;

- насос агрегатлари, электродвигателлар маркалари ва сонини, жиҳозларни ҳамда иш режимларини генетик алгоритм ёрдамида танлаш;

- насос станциялар иншоотлари (аванкамера, сув қабул қилиш камераси, босимли қувур, сув чиқариш иншооти) конструкцияларини такомиллаштириш, уларда янги техник ечимлардан фойдаланиш;

- насос станциялар босимли қувурларида гидравлик зарбани тадқиқ қилиш ва зарба энергиясини пасайтириш;

- насос станциялар энергия таъминотида қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланиш;

- насос станцияларнинг бошқарувида тўлиқ автоматлаштирилган “smart” IT технологиялардан фойдаланиш.

Шу билан бир қаторда юқорида келтирилган олимлар ишлари натижаларининг муҳимлиги ва салмоқлигини эътироф этган ҳолда таъкидлаш жоизки, насос станциялар жиҳозларининг оптимал параметрларини аниқлаш ва иш режимларини ростлаш, насос станцияларда энергия истеъмолини оширмасдан сув бериш унумдорлигини ошириш, лойқали сув оқимини ҳайдаб беришнинг насослар самарадорлигига таъсири, аванкамерани лойқа чўкмаларидан тозалашнинг самарали усулини ишлаб чиқиш, насос станцияларда қуёш энергиясини қўллаш ва энергия тўловида

дифференциаллашган тарифлардан фойдаланиш масалалари етарли даражада тадқиқ қилинмаган.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университетининг ИОТ-2012-5-11 “Насос станция аванкамерасида лойқа босишининг олдини олиш учун мослама яратиш ва тадбиқ этиш” (2012-2013), А-4-24 “Кичик қувватли гидротўплаш электр станциясини қўллаган ҳолда қайта тикланувчи гидравлик энергиядан фойдаланиш технологияларини ишлаб чиқиш ва ривожлантириш” (2015-2017) ҳамда, F-ОТ-2021-235 «Гидроэнергетикани ривожлантиришда гидроэнергетик комплекслардан фойдаланишнинг назарий асослари» (2021-2025) мавзусидаги амалий тадқиқотлар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади насос станциялар энергия ва фойдаланиш самарадорлигини ошириш бўйича янги конструктив ва технологик ечимларни ишлаб чиқиш ҳамда уларнинг гидравлик, техник, энергетик параметрларини асослашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

насос станциялар энергия ва фойдаланиш самарадорлиги масалалари бўйича бажарилган илмий – тадқиқотлар, чоп этилган манбаларни таҳлил қилиш ва тадқиқотларни бажариш дастурини тузиш;

насос станциялар босимли қувурлари ва улардаги жиҳозларининг оптимал параметрларини аниқлаш услубиётини ишлаб чиқиш;

параллел ишлаётган марказдан қочма насослар иш режимларини оптимал ростлаш усулини ишлаб чиқиш;

насос станцияларда энергия истеъмолини оширмасдан сув бериш унумдорлигини ошириш усули ва схемасини ишлаб чиқиш;

насос станцияси аванкамерасини лойқа чўкмалардан тозалаш қурилмасини ишлаб чиқиш;

насос станцияси аванкамерасини лойқа чўкмалардан тозалаш қурилмаси напор-сув сарфи характеристикасининг аналитик ифодасини ишлаб чиқиш;

насос станцияси аванкамерасини лойқа чўкмалардан тозалаш қурилмасининг лаборатория тадқиқотларини ўтказиш;

лойқали сув оқимини ҳайдаб беришнинг насослар самарадорлигига таъсирини аниқлаш;

насос станцияларда қуёш энергиясидан максимал фойдаланишни таъминлайдиган насослар оптимал иш режими ва параметрларини аниқлашнинг услубиёти ишлаб чиқиш;

суғориш насос станцияларида энергия тўловини дифференциаллаштирилган тарифларга ўтказиш ҳамда энергетика тизимида насос станциялардан “истеъмолчи – ростловчи” режимида фойдаланиш самарадорлигини аниқлашнинг услубиётини ишлаб чиқиш.

Тадқиқот объекти сифатида Ўзбекистон Республикаси сув хўжалиги Вазирлиги тизимидаги суғориш насос станциялари қабул қилинган.

Тадқиқот предмети насос агрегатларининг гидравлик ва энергетик параметрлари, насосларнинг ишчи характеристикалари, қувурларда сув оқимининг, шу жумладан лойқали оқимнинг напор-сув сарфи параметрлари, аванкамераларда лойқа чўкиши жараёни параметрлари, фотоэлектрик қурилмалар кўрсаткичлари, энергия тўлови тарифлари ташкил этади.

Тадқиқот усуллари. Тадқиқотларда насос станциялар жиҳозлари ва иншоотларида сув оқими жараёнини гидравлик моделлаштириш, қурилмалар ва насос агрегатининг параметрларини аниқлашнинг аналитик, график, графоаналитик усуллари, экспериментларни ўтказиш ва натижаларга ишлов беришда математик статистика, экспериментларни режалаштириш усулларида фойдаланилди.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

лойқали сув оқимини ҳайдаб берадиган насос станцияларда оқимнинг гидравлик параметрларининг ўзгаришини инобатга олиб, бу жараённинг насослар самарадорлигига таъсирини аниқлаш услубиёти такомиллаштирилган;

насос станциялар аванкамераларида лойқа чўкмаларини тозалашнинг гидрооқимчали насосдан фойдаланишга асосланган самарали янги қурилмаси таклиф этилди ва ушбу қурилманинг оптимал параметрларини аниқлаш имконини берадиган напор – лойқа сув сарфи характеристикасининг аналитик ифодаси таклиф этилган;

лойқа чўкмаларини тозалаш учун хизмат қиладиган гидрооқимчали насоснинг тажрибавий тадқиқотлари асосида напор – лойқа сув характеристикаси ва унинг эмпирик тенгламаси олинган;

параллел ишлаётган марказдан қочма насосларнинг иш режимларини ФИК максимуми мезони бўйича ростлаш, қувурлар ва улардаги жиҳозлар ўлчамларини ҳамда энергия истеъмолини улар учун сарф бўлган харажатларнинг минимуми бўйича оптималлаштириш услубиёти ишлаб чиқилган;

насос станция сув бериш унумдорлигини ошириш учун гидрооқимчали насосдан фойдаланиш ва бу жараёнда асосий насос иш режимини частота ўзгартиргич ёрдамида ростлашнинг янги тизими таклиф этилди ва ушбу тизим асосида станциянинг сув бериш унумдорлигини ошириш ҳамда энергия истеъмолини камайтириш мезонлари бўйича оптимал параметрларини аниқлаш усулбўиёти ишлаб чиқилган;

қуёш энергиясидан таъминланадиган насос станциялар иш режими ва параметрларини агрегатларининг максимал фойдали иш коэффициентини таъминлаш ҳамда қуёш энергиясидан максимал фойдаланиш мезонлари бўйича оптималлаштириш услубиёти ишлаб чиқилган;

суғориш тизимидаги насос станцияларда энергия тўловини дифференциаллаштирилган (табақалаштирилган) тарифларга ўтказиш ҳамда энергетика тизимида насос станциялардан “истеъмолчи – ростловчи” режимида фойдаланиш параметрларини ва самарадорлигини аниқлаш услубиёти ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

насос станцияси аванкамерасида лойқа чўкмаларини тозалаш бўйича янги самарали қурилма схемаси ишлаб чиқилган ва параметрлари аниқланган;

насос станцияси аванкамерасидаги лойқа чўкмаларини тозалаш қурилмасининг напор-сув сарфи характеристикасини аниқлаш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилган;

насос станция сув бериш унумдорлигини ошириш бўйича гидрооқимчали насосдан фойдаланишга асосланган янги қурилма схемаси ишлаб чиқилган ва параметрлари аниқланган;

насос станцияларда энергиянинг ортиқча сарфини камайтириш ва лойқали сув оқимининг насослар самарадорлигига таъсирини аниқлаш усулларини такомиллаштириш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилган;

насос станцияларда қуёш энергиясидан ва энергия тўловларида дифференциаллаштирилган (табақалаштирилган) тарифлардан фойдаланиш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги назарий изланишларнинг кенг қўлланиладиган математик ва физик қонуниятлар асосида бажарилганлиги, уларнинг экспериментлар натижаларига мос келиши, экспериментлар моделлаштириш қонунларига мос равишда ўтказилганлиги ва уларнинг натижаларига ишлов беришда математик статистика қонуниятларидан фойдаланилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти насос станцияларининг энергия ва фойдаланиш самарадорлигини оширишнинг илмий-методологик асослари яратилганлиги ва улар насос станцияларидан фойдаланиш назарияси ва методологиясини бойитиш учун хизмат қилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларнинг амалий аҳамияти насос станциясида энергия тежамкорлигига эришиш, фойдаланиш харажатларини қисқартириш асосида насос станцияси ҳайдаб бераётган сув таннархининг камайиши ҳисобига насос станцияси самарадорлигининг ошиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Насос станцияларининг эксплуатацион самарадорлигини ошириш бўйича янги конструкциялар, технологияларни ишлаб чиқиш ва уларни тадқиқ қилиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

насос станциялари сув қабул қилиш иншооти (аванкамераси)да лойқа чўкмаларини тозалаш қурилмасига Ўзбекистон Республикаси Адлия вазирлиги ҳузуридаги Интеллектуал мулк марказининг фойдали моделига патент олинган (“Сув қабул қилиш иншооти” № FAP 00938). Натижада насос станцияси сув қабул қилиш иншоотини лойқа чўкмаларидан тозалаш харажатлари мазкур қурилманинг муқобил вариантлари - земснарядларга нисбатан 20÷30 баробар, грунт насосларга нисбатан 1,5÷2,5 баробар арзонлашиши мумкинлиги аниқланган;

насос станцияси сув бериш унумдорлигини ошириш қурилмасига Ўзбекистон Республикаси Адлия вазирлиги ҳузуридаги Интеллектуал мулк марказининг фойдали моделига патент олинган (“Унумдорлигини ошириш қурилмаси бўлган насос қурилмаси” № FAP 01200). Натижада насос станцияси сув бериш унумдорлигини 15...45 % гача ошириш насос қувватини 2,5...18,2 % гача тежаш имкони яратилган;

насос станциялари сув қабул қилиш иншооти (аванкамераси)да лойқа чўкмаларини тозалаш қурилмаси Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Қарши магистрал каналдан фойдаланиш бошқармаси таркибидаги “М-II-2” насос станцияларида жорий қилинган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2026 йил 18 майдаги 04/20-2472-сон маълумотномаси). Натижада насос станцияси аванкамерасини лойқа чўкмаларидан тозалаш харажатлари бир йилда земснарядларга нисбатан 28,8 баробар, грунт насосларга нисбатан 1,96 баробар арзонлашди ва 39400 кВт·соат электр энергияси тежалган;

насос станциялар сув бериш унумдорлигини оширишнинг гидрооқимчали насосдан фойдаланиш ва асосий насос иш режимини частота ўзгартиргич ёрдамида ростлаш тизими Сув хўжалиги вазирлиги тасарруфидаги Норин-Сирдарё ирригация тизимлари ҳавза бошқармасига қарашли “Айқорон-1” насос станциясида жорий қилинган. (Сув хўжалиги вазирлигининг 2026 йил 18 майдаги 04/20-2472-сон маълумотномаси). Натижада насос станциялар сув бериш унумдорлигини оширишда гидрооқимчали насосдан фойдаланиш туфайли келадиган фойда унга сарф қилинган маблағга нисбатан 1,19 баробар фойда келтириш имкони яратилган;

насос станцияси босим қувурлари ва улардаги жиҳозларнинг оптимал ўлчамларини аниқлаш услугиёти Аму-Қашқадарё ирригация тизимлари ҳавза бошқармаси ҳузуридаги насос станциялари ва энергетика бошқармаси тасарруфидаги “Қишлиқ” насос станциясини реконструкция қилиш ишларида қўллаш учун қабул қилинди. (Сув хўжалиги вазирлигининг 2026 йил 18 майдаги 04/20-2472-сон маълумотномаси). Натижада насос станциясида ҳар бир кубометр ҳайдаб бериладиган сув миқдори учун 0,01226 кВт·соат электр энергиясини тежаш имкони яратилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертация ишининг асосий натижалари 11 та халқаро ва 2 та республика илмий-амалий ва илмий-техник анжуманларида баён қилинган ва муҳокамадан ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 30 та илмий иш чоп этилган, шулардан Олий аттестация комиссиясининг фан доктори (DSc) диссертацияларининг асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 12 та мақола, шу жумладан 2 та хорижий журналда, 10 та республика журналларида, 1 та монография нашр этилган. Ўзбекистон Республикаси Адлия вазирлиги ҳузуридаги Интеллектуал мулк марказидан 1 та ихтирога патент, 1 та фойдали моделга патент ва 2 та ЭХМ дастурий маҳсулоти учун гувоҳномалар олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 194 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация иши мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқотнинг республика фан ва техника ривожининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, диссертация мавзуси бўйича мамлакатимиз ва жаҳонда бажарилган илмий тадқиқотларнинг шарҳи, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объекти, усуллари келтирилган, илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, уларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, ишнинг апробацияси ва натижаларининг жорий қилиниши, ҳажми ва тузилиши бўйича маълумотлар берилган.

Диссертациянинг **“Суғориш насос станцияларининг энергия ва фойдаланиш самарадорлигини ошириш масалалари таҳлили: асосий трендлар, ютуқлар ва камчиликлар”** номли биринчи бобида суғориш насос станцияларининг энергия ва фойдаланиш самарадорлигини таъминлаш бўйича замонавий тенденциялар ва бу соҳа бўйича тренддаги асосий йўналишлар таҳлили, насос станциялар (НС) аванкамераларида лойқа чўкмаларининг энергия самарадорлигига таъсирини баҳолаш ва лойқадан тозалаш усуллари, қайта тикланувчи манбалар энергиясидан фойдаланиш, энергия тизимларида НСдан ростловчи-истеъмолчи мақомида фойдаланиш ва уларнинг энергия тўловларида табақалаштирилган тарифларни қўллаш каби масалалар кўриб чиқилган.

Мазкур таҳлиллар асосида ҳозирги кунда НС энергия ва фойдаланиш самарадорлигини оширишнинг асосий йўналишлари аниқланиб, улар бўйича диссертация ишининг мақсад ва вазифалари белгилаб олинган.

Диссертация ишининг **“Насослар оптимал иш режимларини моделлаштиришда технологик жараёнлар ва янги техник ечимлар таъсирини ҳисобга олиш”** деб номланган иккинчи бобида насослар иш режими самарадорлигига қувурлардаги лойқали сув оқимининг таъсирини аниқлаш, параллел ишлаётган насослар сув ҳайдаб берадиган қувурлар тизимининг гидравлик кўрсаткичларини яхшилаш асосида энергиянинг ортиқча сарфини камайтириш, насос станцияси сув бериш унумдорлигини ошириш бўйича янги қурилманинг тадқиқотлари натижалари келтирилган.

Лойқа миқдори кўп бўлган сув оқимларини ҳайдаб берадиган НСда энергия истеъмоли кўп бўлади, чунки лойқа заррачалари гидравлик қаршилик қийматининг ошишига, насосда қўшимча зўриқиш ва титрашнинг кўпайишига олиб келади, насос сув бериш унумдорлиги камайишига сабаб бўлади, натижада лойқа оқими зичлигининг ошиши ҳисобига қўшимча энергия сарф бўлади.

Горизонтга нисбатан қия жойлашган қувурларда (кўпчилик НСдагидек) лойқали сув ҳайдаб берилганда юзага келадиган солиштирма гидравлик

қаршиликлар қийматини аниқлаш имконини берадиган тенгламалар бир қанча тадқиқотчилар томонидан таклиф этилган. Шулардан кўпроқ қўланиладиган тенгламалар Лобанов Д.П., Смолдырев А.Е. томонидан қуйидаги кўринишда таклиф этилган

$$i_{л.з.} = i_c \left[1 + 10 \cdot a \cdot \delta \frac{g \cdot D}{(g_{л.о} - \theta)^2} \right] \quad 1 < Fr_a < 10 \text{ бўлганда} \quad (1)$$

бунда, Fr_a – лойқали оқимнинг Фруд сони ва бу қиймат қуйидаги тарзда аниқланади

$$Fr_a = \frac{(g_{л.о} - \theta)^2}{a \cdot g \cdot D} \quad (2)$$

i_c – қувурда сув бўлганда юзага келадиған солиштирма гидравлик қаршилик қиймати, δ – лойқа заррачаларининг ҳажмий концентрацияси, a – лойқа заррачаларининг нисбий зичлик коэффиценти, θ – лойқа заррачаларнинг гидравлик йириклиги, $g_{л.з.}$, $g_{л.о}$ – лойқа заррачаларининг ва лойқа оқимининг тезлиги.

Ушбу усул ёрдамида $i_{л.з.}$ ни Д1250 – 65 насоси ёрдамида диаметри $D=0,4$ метр бўлган босимли қувурга $Q=0,28$ м³/с лойқали оқимни $H_f=22$ м баландликга ҳайдаб бераётган насос қурилмаси мисолида аниқлаймиз. Ҳисоблар натижаларига кўра $i_{л.з.} = i_c \cdot 1,41$ олинди, яъни лойқали сув оқимини ҳайдаб беришда i_c нинг қиймати 41 % га ошади ва бунинг натижасида узунлиги $L=150$ метр бўлган босимли қувурда насос напори қуйидаги боғланиш асосида ўзгаради.

$$H = H_f + 1,41 \cdot i_c \cdot L \cdot Q^2 \quad (3)$$

Ҳисоблар натижалари лойқа ҳажмий концентрацияси 5 % бўлган оқимни ҳайдаб беришда напор қиймати 3,7 % га ошишини, бунинг натижасида насос сув бериш унумдорлиги 0,28 м³/с дан 0,265 м³/с гача камайишини (5,3 %), электр энергияси эса 1,7 % ортиқча сарф бўлишини кўрсатди.

Насосларнинг умумий босимли қувурга бир вақтда параллел ишлаши қувурларга сарф бўладиган харажатларни кескин камайтиради, лекин параллел ишлаётган насосларда напор йўқолиши ҳисобига ортиқча энергия сарфланади ва бунинг натижасида умумий сув бериш унумдорлиги пасаяди. Напор йўқолиш қиймати гидравлик қаршиликлар ва қувур диаметри қийматларига боғлиқ бўлади. Шуни ҳисобга олиб қувур ва унда ўрнатиладиган жиҳозлар, фитинг қисмларнинг иқтисодий мақбул диаметрини қуйидаги формула билан ҳисобланадиган харажатлар минимуми бўйича аниқлаш тавсия этилади.

$$PC_i = CE_i(v + c + r) + t_e \cdot K_1 \frac{\Delta t}{\eta_i} \frac{Q_i^3}{D_{\text{оци}}^4} \rightarrow \min \quad (4)$$

бунда, PC_i – 1 метр қувур узунлигига келтирилган йиллик харажатлар, CE_i – 1 метр қувурни сотиб олиш ва ўрнатишга сарф бўлган харажатлар, v – қувур қурилишини молиялаштиришда қўлланилган банк фоизи, c – амортизация ажрими, r – жорий таъмирлаш харажатлари, t_e – электр

энергияси тарифи, $K_1 = 0,811 \left(\sum \xi_m + \lambda \frac{L_{\text{бос}}}{D_{\text{бос}}} \right)$ га тенг. Бунда асосий чегаравий шартлар куйидагича:

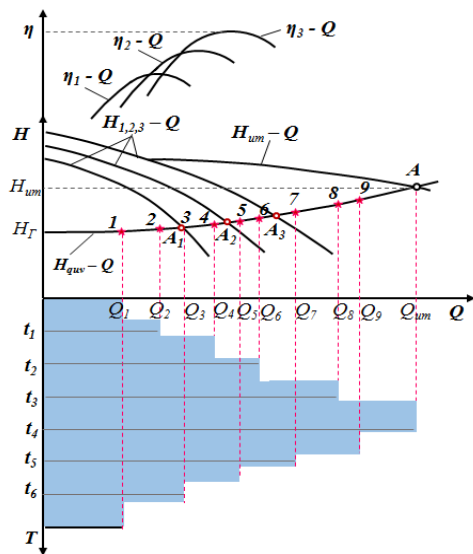
- а) $Q_i = Q_{\text{исми}}$, яъни насос сув сарфи талабга мос бўлиши керак }
 б) $\eta_i = \eta_{\text{max}}$, насослар ФИК максимал бўлиши керак. } (5)

Бу шартларни бажариш учун насослар маркалари ва сонини тўғри танлаш, уларнинг иш режимини оптимал ростлаш орқали амалга оширилади. Насослар иш режимини ростлаш жуда зарур, буни куйидаги 1-расмдаги графиклар орқали ифодалаш мумкин.

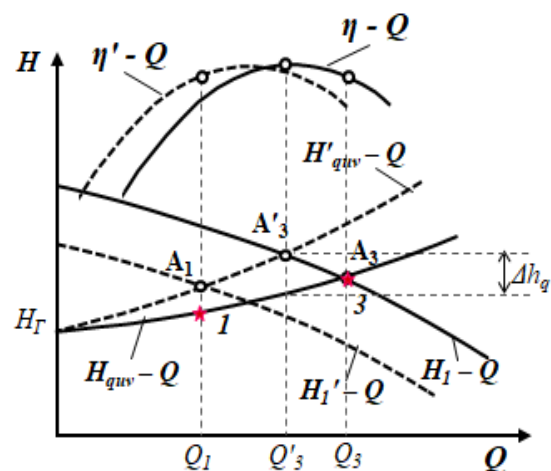
Насослар маълум T вақт давомида Q_1 дан $Q_{\text{ум}}$ гача бўлган ўзгарувчан сув сарфини (5) шартларни бажарган ҳолда бериши лозим, лекин ушбу ҳолатда фақат Q_3 ва $Q_{\text{ум}}$ қийматлари насослар ишчи нуқталарига эга, яъни $Q_i = Q_{\text{исми}}$ шарти бажарилади, қолган сув сарфи қийматлари учун насос иш режимини ростлаш лозим.

Ҳозирги кунда насосларнинг иш режимларини ростлашнинг дросселлаш ва электр токи частотасини ўзгартириш усуллари энг кўп қўлланиладиган усуллар ҳисобланади.

Ушбу усуллардан, масалан, 1 ва 2 ишчи нуқталар учун фойдаланиш мумкин, бунда Q_1 ва Q_2 сув сарфларини бериш учун частота ўзгартириш усулидан фойдаланиш керак. Буни куйидаги 2-расмдаги график орқали кўрсатиш мумкин.



1 – расм. Сув истеъмоли графиги асосида параллел ишлаётган насослар иш режимлари графиклари



2 – расм. Насос иш режимини дросселлаш ва частотани ўзгартириш усуллари ёрдамида ростлаш графиклари

Насосни Q_1 сув сарфини беришга ростлаш учун биринчи навбатда дросселлаш усулидан фойдаланиб ишчи нуқта A'_3 нуқтага ўтказилади, чунки A_3 нуқтада насос ФИК қиймати паст. Бунда Q'_3 аниқлаш учун $\eta = c \cdot Q - d \cdot Q^2$ тенгламадан фойдаланамиз.

$$Q_3' = \frac{c \pm \sqrt{c^2 - 4 \cdot d \cdot \eta_{\max}}}{2 \cdot d} \quad (6)$$

бунда, c ва d ФИК графигининг ўзгармас коэффициентлари.

Насос Q_3' сув унумдорлигини бериши учун қулфакни қанча даражага ёпиш зарурлигини унинг гидравлик қаршилик коэффициентини ҳисоблаш орқали аниқлаймиз. Насосни ФИК юқори бўлган A_3 нуқтадан A_1 нуқтага ўтказиш учун частота ўзгартириш усулидан фойдаланиб, A_1 ишчи нуқтага мос келадиган насоснинг янги напор характеристикаси $H'_1 - Q$ ҳисоблаб қурилади, натижада насос сув бериш унумдорлиги Q_1 га тенг бўлади.

Бунда (5) шарт бажарилади, чунки $\eta \rightarrow \max$ ва $Q_i = Q_{\text{устм}}$ талаблари таъминланади. Худди шу услубиёт асосида қолган ишчи нуқталар бўйича ҳам насослар иш режимларини частота ўзгартириш ва дросселлаш усуллари орқали ростлаш ишлари бажарилади.

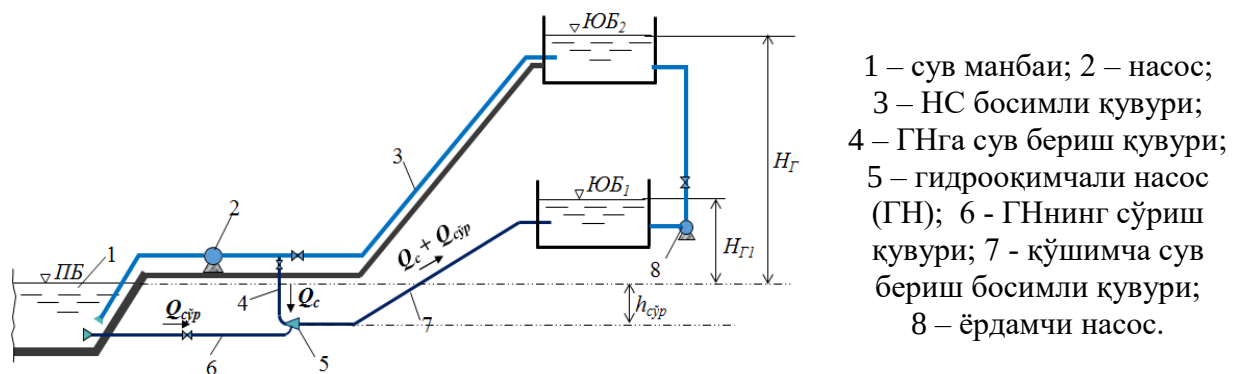
НС сув бериш унумдорлигини ошириш учун гидрооқимчали аппаратлардан фойдаланиш мумкин, бу усул асосан саноат корхоналарида, иссиқ сув етказиб бериш тизимларида, ГЭС ва НСда дренаж сувларини чиқариб ташлаш учун қўлланилади. Ушбу усул ёрдамида насос станцияси берадиган сув миқдорининг 10...80 % игача бўлган қўшимча сувни геометрик напорнинг 8,0...40 % га тенг баландлигига электр энергиясиз ҳайдаб бериш мумкин.

Гидрооқимчали насос (ГН) ёрдамида сув бериш унумдорлиги оширилган насос қурилмаси схемаси 3 – расмда келтирилган (№ FAP 01200).

ГНнинг иш режимини ифодалайдигани асосий характеристика сифатида напор – сув сарфи характеристикаси $q = f(h)$ қабул қилинади. Напор ва сув сарфи қийматларини баҳолаш учун ўлчамсиз h қиймати қабул қилинади.

$$h = \frac{h_{\text{гн}} - h_{\text{сўр}}}{H_{\text{н}} - h_{\text{сўр}}} \quad (7)$$

$H_{\text{н}}$ – асосий насос напори, $h_{\text{сўр}}$ – сўриладиган сув оқими напори, $h_{\text{гн}}$ – ГН геометрик напори.



3 – расм. Марказдан қочма ва ГНдан иборат сув ҳайдаш қурилмаси схемаси

ГНларнинг параметрларини аниқлаш бўйича энг мукаммал услубиёт Е.А. Соколов, Н.М. Зингер услубиёти ҳисобланади. Ушбу услубиётдан фойдаланган ҳолда баъзи ўзгартириш ва соддалаштиришларни киритиб, h , q

ва k ни ҳисобга олган ГНнинг асосий характеристикаси $h = f(q)$ нинг тенгламаси келтирамиз.

$$h = \frac{1,76}{k} - q^2(a - b) - q \cdot c - a \quad (8)$$

бунда $a = \frac{1,805 \cdot \varphi_n - 0,731}{k^2}$; $b = \frac{0,705}{k(k-1)}$; $c = \frac{3,61 \cdot \varphi_n - 1,462}{k^2}$; $q = \frac{Q_{сър}}{Q_c}$; $k = \omega_{ак} / \omega_{con}$

φ_n – аралаштириш камерасида насосдан берилаётган ва сўрилаётган сувнинг аралаштириш даражасини аниқловчи коэффицент.

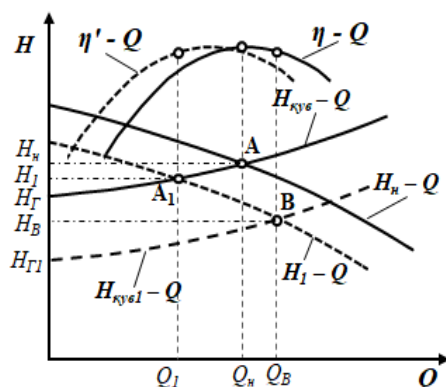
ГН ёрдамида насос станцияси сув бериш унумдорлигини ошириш параметрларини қуйидаги тартибда аниқлаймиз.

1. Сув истеъмоли талабига кўра насос сув бериш унумдорлиги Q_n ни α фоизга ошириш керак бўлса, унда соплога насосдан бериладиган сув миқдори ва янги айланишлар сони қуйидаги ифодаalar билан аниқланади.

$$Q_c = Q_{сър} / q = \alpha \cdot Q_n / q; n = n_{ном}(Q_1 / Q_2); n = n_{ном}(H_1 / H_2)^{0,5}; \quad (9)$$

бунда, $q = 0,3 \dots 1,0$ бўлиши тадқиқотлар натижаларига кўра мақбул ҳисобланади.

2. Насоснинг янги айланишлар сонига мос келадиган янги напор характеристикаси $H_1 - Q$ ва ФИК характеристикаси $\eta'_1 - Q$ ни қурамиз (4– расм). Бунда $Q_c = Q_1$.



3. Қабул қилинган q қиймати бўйича (8) формула бўйича h қийматини аниқлаймиз.

4. Сопло кўндаланг кесими юзаси ва ундаги сув тезлигини аниқлаймиз

$$\omega_{con} = Q_c / \vartheta_{con}; d_c = (1,27 \cdot \omega_{con})^{0,5} \quad (10)$$

$$\vartheta_{con} = \varphi_1 \sqrt{2g(H_n - h_{сър})}; \varphi_1 = 0,95 \quad (11)$$

4 - расм. ГНга сув беришда насос иш режими ўзгариши

5. Аралаштириш камераси ўлчамларини $k = \omega_{ак} / \omega_{con}$ га асосланиб аниқлаймиз.

$$\omega_{ак} = k \cdot \omega_{con}; d_{ак} = (1,27 \cdot \omega_{ак})^{0,5} \quad (12)$$

6. Аралаштириш камераси ва диффузор узунлигини аниқлаймиз.

$$l_{ак} = (6,0 \dots 10,0) \cdot d_{ак}; l_{диф} = (6,0 \dots 7,0) \cdot (d_{диф2} - d_{диф1}) \quad (13)$$

7. ГНга сув бериш ҳамда сўриш қувурларининг диаметрларини ҳисоблаймиз, яъни $d_{с.б} = (2,0 \dots 2,5) d_{ак}$; $d_{сър} = 3,0 \cdot d_{ак}$.

8. ГН қурилмасида ва унга сув бериш қувурида напор йўқолиш қийматлари $\Sigma \Delta h_{қур.}$ ни гидравлик ҳисоблар ёрдамида аниқлаймиз ва ГНнинг напори $H_{гн}$ ни ҳисоблаймиз

$$H_{гн} = H_{Г1} + \Sigma \Delta h_{қур.} \text{ бунда } h_{гн} = H_{Г1} = h(H_1 - h_{сър}) + h_{сър} \quad (14)$$

Ҳисобларда ГН сув бериш унумдорлиги қуйидаги тарзда олинган $Q_{\text{гн}} = Q_{\text{сўр}} + Q_{\text{с}} = \alpha \cdot Q_{\text{н}} + Q_{\text{с}}$

9. ГН қурилмаси қувурлар тизимининг гидравлик қаршилик коэффиценти $c = \Sigma \Delta h_{\text{қур}} / Q_{\text{гн}}^2$ ни аниқлаймиз ва напор характеристикаси $H_{\text{қув}} - Q$ ни кураимиз. Ушбу характеристика насоснинг янги напор характеристикаси $H_1 - Q$ билан B нуктада кесишади ва бу нукта ГН қурилмасининг ишчи нуктаси ҳисобланади. Демак асосий насоснинг айланишлар частотасини камайтириб ГНга Q_1 миқдорда сув берилганда геометрик напорнинг $H_{\text{Г}}$ дан $H_{\text{Г1}}$ га камайиши ҳисобига соплота берилаётган сув сарфи $Q_{\text{В}}$ га тенг бўлади. Бундай шароитда насоснинг ГН билан биргаликдаги сув бериш унумдорлиги $Q_{\text{гн}} = Q_{\text{сўр}} + Q_{\text{В}} = q \cdot Q_{\text{В}} + Q_{\text{В}}$ га тенг бўлади. Лекин бу сувни қурилма фақат $H_{\text{Г1}}$ баландликка ҳайдаб бериши мумкин, шу сабабли $Q_{\text{гн}}$ сув сарфини $H_{\text{Г}} - H_{\text{Г1}}$ баландликка бериш учун ёрдамчи насосдан фойдаланилади.

Ушбу услубиёт асосида Д5000-32 маркали насоснинг сув бериш унумдорлигини ошириш бўйича ҳисоблари қуйидаги параметрлар асосида бажарилди: $n_{\text{ном}} = 730$ айл/мин, $D_1 = 700$ мм, $H_{\text{Г}} = 30$ м, $H_{\text{н}} = 35$ м, $Q_{\text{н}} = 1,2$ м³/с, $h_{\text{сўр}} = 2,0$ м. ГНга бериладиган сув сарфини $Q_{\text{н}}$ нинг 60 % и, яъни $Q_{\text{с}} = 0,72$ м³/с қабул қилинди. ГН босимли қувури диаметри $D_{\text{бос}} = 800$ мм, узунлиги $L_{\text{бос}} = 20$ м.

Ҳисоблар натижалари 1 – жадвалда келтирилган.

1-жадвал

НС сув бериш унумдорлигини ошириш усуллари параметрлари

$H_{\text{Г1}}$, м	Пара- метрлар	1 - усул			2 - усул		
		Асосий насос (меъёрий режим)	Қўшимча насос	Жами	Иш режими ростланган ва гидрооқимчали насослар	Ёрдамчи насос қурилмаси	Жами
18	$Q, \text{м}^3/\text{с}$	1,2	0,44	1,64	$Q_{\text{В}} = 1,31$	0,33	1,64
	$H, \text{м}$	35,0	37	37	$H_{\text{В}} = 23,8$	13,8	37,6
	η	0,89	0,75		$\eta_{\text{В}} = 0,89$	0,80	
	$N, \text{кВт}$	463	213,0	676,0	$N_{\text{В}} = 344,0$	277,0	621,0

ГНдан фойдаланиш ҳисобига асосий насос сув бериш унумдорлиги 0,44 м³/с га, яъни 36,7 % га ошади ва бунда сувни ҳайдаб беришга сарф бўладиган қувват 55 кВтга, яъни 8,1 % га камаяди. Агар насос ушбу режимда бир йилда 2000 соат ишласа, тежалган электр энергия миқдори 110000 кВт·соатни ташкил қилади.

Диссертация ишининг “**Насос станцияси сув қабул қилиш иншоотини лойқа чўкиндиляридан тозалашнинг энергия самарадор усуллари аниқлаш**” деб номланган учинчи бобида аванкамераларни лойқа чўкиндиляридан тозалашнинг янги, ГНдан фойдаланишга асосланган қурилмасининг тадқиқотлари натижалари келтирилган.

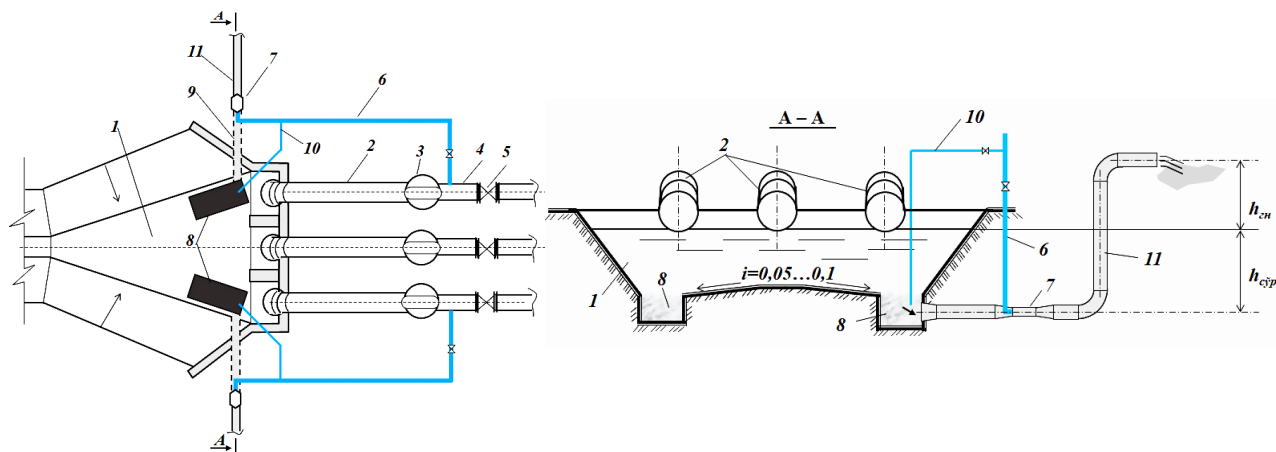
Мазкур қурилманинг ишлаши қуйидаги тарзда амалга оширилади (5-расм). Босимли қувурдан сув қувурча 6 орқали ГН 7 га берилиши натижасида хандак 8 даги лойқа пульпопровод 9 га сўрилиб, насос 7 ёрдамида

гидроаралашмани ташувчи босимли қувур 11 орқали ташқарига чиқариб юборилади.

Ушбу қурилманинг қуйидаги афзалликлари бор.

а) қурилмани ўрнатиш учун НС биноси, қувурлар тизимида ҳеч қандай конструктив ўзгартиришлар амалга оширилмайди;

б) лойқа тўплаш хандаклари чўкмаларнинг энг кўп тўпланадиган жойларига ўрнатилганлиги учун улардан аванкамерани тозалаш самарадорлиги ошади ва унинг учун кам вақт талаб қилинади;



5 – расм. Насос станцияси аванкамерасини лойқа чўкмаларидан тозалаш қурилмаси схемаси

1 – аванкамера; 2 – сўриш қувурлари; 3 – насос агрегати; 4 – босимли қувур; 5 – қулфак (затвор, задвижка); 6 – лойқа тозалашга босимли сув бериш қувурчаси; 7 – ГН; 8 – лойқани тўплаш хандаклари; 9 – пульпопровод; 10 – лойқани кўзгатиш учун бериладиган босимли сув қувурчаси, 11- ГНнинг босимли қувури.

в) қурилма учун алоҳида электр энергияси сарф бўлмайди (бериладиган сув энергиясидан ташқари).

Таклиф этилган ушбу қурилма энергия сарфининг минималлиги, конструкциясининг жуда соддалиги, уни қуриш ва ишлатиш учун минимал харажатлар талаб этилиши билан бошқа қурилмалардан ижобий томондан катта фарқ қилади.

Ушбу қурилма бўйича олиб борилган назарий тадқиқотлар асосида лойқа чўкмаларини тозалашга мўлжалланган ГН параметрларини аниқлаш учун $h=f(q_m)$ характеристикаси таклиф этилди.

$$h = 0,902 \cdot \bar{\omega} \left\{ 1,75 + 0,3 \bar{\omega} S q_m^2 (1 + \alpha) \cdot \left(\frac{\rho_c}{\rho_{л.о.}} \alpha + \frac{\rho_c}{\rho_m} \right) - \right. \\ \left. - 1,34 \bar{\omega} [1 + q_m (1 + \alpha)] \cdot \left[\frac{\rho_c}{\rho_{л.с.}} (1 + \alpha \cdot q_m) + \frac{\rho_c}{\rho_m} q_m \right] \right\} \quad (15)$$

$\bar{\omega} = \omega_1/\omega_2$ - нисбий кўндаланг кесим юзаси қиймати; ω_1 – соплонинг кўндаланг кесим юзаси; ω_2 – аралаштириш камерасининг кўндаланг кесим юзаси; h - ГН нисбий напори (7) формула билан аниқланади.

$S = 1/(1-\bar{\omega})$, $q_m = \frac{Q_m}{Q_n}$ - лойқанинг нисбий сарфи; $\alpha = \frac{Q_{суб}}{Q_m}$; бунда, $Q_{суб}$ ва Q_m - лойқали оқим таркибида сув ва лойқа (қаттиқ жисм) сарфи; $\rho_c, \rho_{л.о.}, \rho_{л.с.}, \rho_m$ - босимли сув, лойқали оқим, сув ва лойқали оқим аралашмаси, лойқадаги қаттиқ заррачалар зичликлари.

Ушбу тенгламадан олдиндан маълум бўлган $\bar{\omega}$, S ва ρ_c, ρ_m қийматлари асосида ва $\rho_{л.о.}, \rho_{л.с.}, \alpha$ қийматларини ҳисоблаб q_m қийматини қуйидаги боғланиш билан топиш мумкин

$$q_m = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A} \quad (16)$$

бунда A, B, C параметрлари қиймати қуйидаги тарзда аниқланади.

$$\begin{aligned} A &= 2 \cdot [1,34(\bar{\rho}_{л.с.} + \bar{\rho}_m) - 0,3(\bar{\rho}_{л.о.} + \bar{\rho}_m) \cdot S] \\ B &= 1,34 \cdot (3 \cdot \bar{\rho}_{л.с.} + \bar{\rho}_m) \\ C &= 2 - 0,262 \cdot h^{-1} - 0,656 \cdot \bar{\rho}_{л.с.} \end{aligned} \quad (17)$$

Нисбий зичлик: $\bar{\rho}_{л.о.} = \rho_c / \rho_{л.о.}$ - лойқали оқим, $\bar{\rho}_{л.с.} = \rho_c / \rho_{л.с.}$ - сув ва лойқали оқим аралашмаси, $\bar{\rho}_m = \rho_c / \rho_m$ - қаттиқ лойқа заррачалари.

ГН параметрларини аниқлашда кўп сонли тажрибаларга асосланган тавсиялардан фойдаланишни мақсадга мувофиқ деб ҳисоблаймиз.

а) бериладиган ишчи сув сарфининг умумий сув сарфига нисбатининг оптимал қийматлари қуйидагича бўлиши лозим

$$Q_c / (Q_c + Q_{л.о.}) = 0,3 \dots 0,6 \quad (18)$$

б) геометрик ўлчамлар нисбатини Г.С. Щербинанинг қуйидаги тавсиялари билан таққослаш лозим:

$$\frac{d_k}{d_{con}} = 2,0 \dots 4,5 \quad (19)$$

в) ГНнинг напорини ҳам Г.С. Щербина таклиф қилган боғланиш билан аниқлаш мақсадга мувофиқ.

$$\frac{h_{сн}}{H_n} = 0,242 \left(\frac{\rho_c \cdot Q_c}{\rho_{л.о.} \cdot Q_{л.о.}} \right)^{0,779} \quad (20)$$

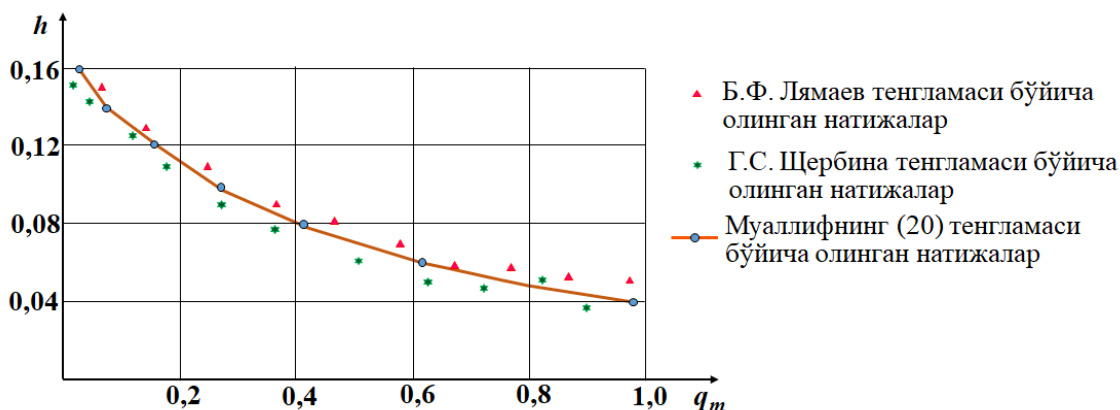
бунда $\rho_c, \rho_{л.о.}$ - сув ва лойқали оқимнинг зичликлари, Q_c - насосдан бериладиган босимли сув сарфи, $Q_{л.о.}$ - лойқали оқим сарфи, H_n - асосий насос напори.

Юқорида келтирилган тавсиялар ва (15), (16) ва (17) тенгламалар асосида ГНнинг напор-лойқа сарфи характеристикасини қуйидаги кўринишда тақдим этиш мумкин (6-расм). Бунда бирламчи параметрлар қуйидагига тенг: $Q_c = 25$ м³/соат, напор $H_n = 40 \dots 62$ метр, $\rho_m = 2200$ кг/м³, сўриш баландлиги $h_{ср} = 2,5$ метр.

ГН билан лойқа тозалаш жараёнининг экспериментал қонуниятларини ўрганиш, ГНнинг асосий параметрлари орасидаги узаро боғлиқликни намоён этувчи боғлиқларни, жумладан напор - лойқа сарфи характеристикасини

аниқлаш мақсадида лаборатория тадқиқотлари ҳам ўтказилди. Тадқиқотлар қуйидаги параметрлар асосида ўтказилди.

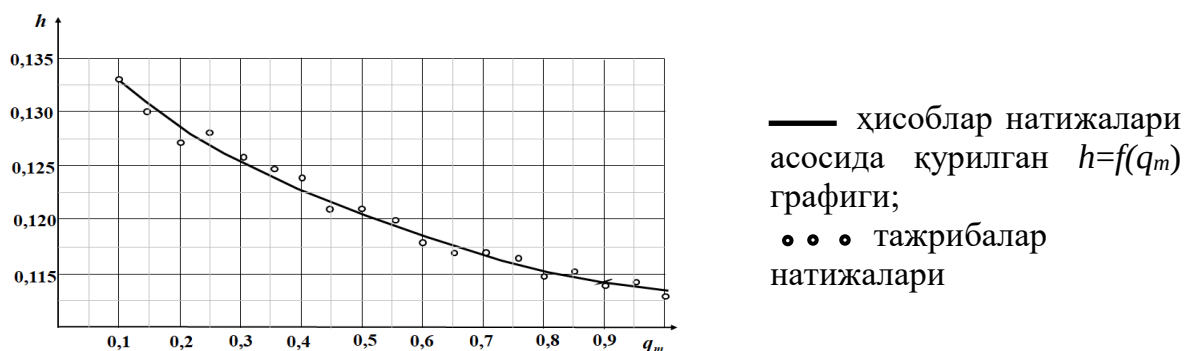
$$d_{кам}/d_{con}=2,14; \quad H_n=31,7...35 \text{ м.}; \quad Q_c=1,96...2,80 \text{ л/с}; \quad h_{сўр}=0,6 \text{ м.}$$



6– расм. ГН напор-лойқа сарфи характеристикаси графиги

Лаборатория тадқиқотлари натижаларига асосланиб ГНнинг напор – лойқа сарфи характеристикаси аниқланди (7 – расм).

Юқоридаги графикда (15), (16), (17), (20) тенгламалар асосида ҳисобланган натижалар $h=f(q_m)$ функцияси кўринишда келтирилган ва унинг натижалари тажрибалар натижаларига мос келади (ўрта квадрат оғиш қиймати 5 %). Ушбу функционал боғланиш қийматлари асосий насос напори H_n , ГНга бериладиган сув сарфи Q_c , сўриш баландлиги $h_{сўр}$, геометрик ўлчамлар $d_{кам}/d_{con}$ нисбати, лойқадаги қаттиқ заррачалар зичлиги ρ_m га боғлиқ равишда ўзгаради.



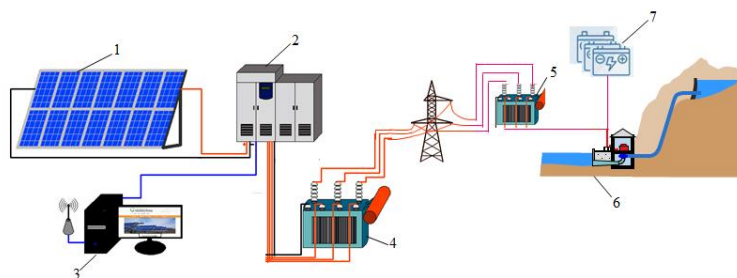
7-расм. ГН напор-лойқа сарфи характеристикаси графиги

Диссертациянинг “Насос станцияси энергия самарадорлигини оширишга йўналтирилган технологик моделлардан фойдаланиш” номли тўртинчи бобида НС энергия таъминотида қайта тикланувчан энергия манбаларидан фойдаланиш схемалари ва технологик жараёнини моделлаштириш ҳамда станцияларни “истеъмолчи – ростловчи” режимида ишлатиш ва улар учун энергия тўловларини табақалаштирилган тарифларда амалга оширишнинг самарадорлиги бўйича тадқиқотлар натижалари келтирилган.

НСларни фотоэлектрик станция (ФЭС) энергияси билан таъминлашнинг асосий мезони сифатида қуёш энергиясидан максимал фойдаланиш ва НС эҳтиёжини тўлиқ қондиришни таъминлаш талаблари келтириш мумкин:

$$\mathcal{E}_{\Phi\mathcal{E}C}(T) \rightarrow \max; \mathcal{E}_{\Phi\mathcal{E}C}(T) = \mathcal{E}_{HC}(T) \quad (21)$$

Ушбу мезонни бажаришда асосий чекловлар ва ишлаш шартлари қуйидагилардан иборат:



8- расм. Насос станциясини қуёш энергиясидан таъминлаш тизими схемаси

1 – қуёш панеллари; 2 – тармоқ инвертори; 3 – бошқарув маркази; 4 – кучланишни ошириш трансформатори; 5 – кучланишни камайтириш трансформатори; 6 – насос станцияси, 7-энергия тўплаш қурилмаси.

а) НСнинг $T=t_2 - t_1$ вақт давомида ҳайдаб берган сув миқдори V_{HC} истеъмолчи томонидан талаб қилган сув миқдори V_{uct} дан кам бўлмаслиги керак, яъни:

$$V_{uct} - \int_{t_1}^{t_2} Q_{HC}(t) dt = \mathcal{E}_{HC} \cdot 367 \int_{t_1}^{t_2} H^{-1}(t) \cdot \eta(t) dt - \int_{t_1}^{t_2} Q_{HC}(t) dt = 0 \quad (22)$$

б) насос агрегатлари ФИК юқори қийматларда бўлиши керак, яъни:

$$0,98 \cdot \eta_{max} \leq \eta(t) \leq \eta_{max} \quad (23)$$

в) насос напори қийматларида ҳам чеклов мавжуд, яъни:

$$H_{min} \leq H \leq H_{max} \quad (24)$$

Юқорида келтирилган мезон асосида V_{uct} сув ҳажмини ҳайдаб беришда НС энергия истеъмоли $\mathcal{E}_{HC}$ ни таъминлаш учун зарур бўлган N_{HC} , $N_{\Phi\mathcal{E}C}$ қийматлари ва насослар сони маркасини аниқлаш ҳисоблари алгоритми блок-схемасини 9 - расмда келтирамиз.

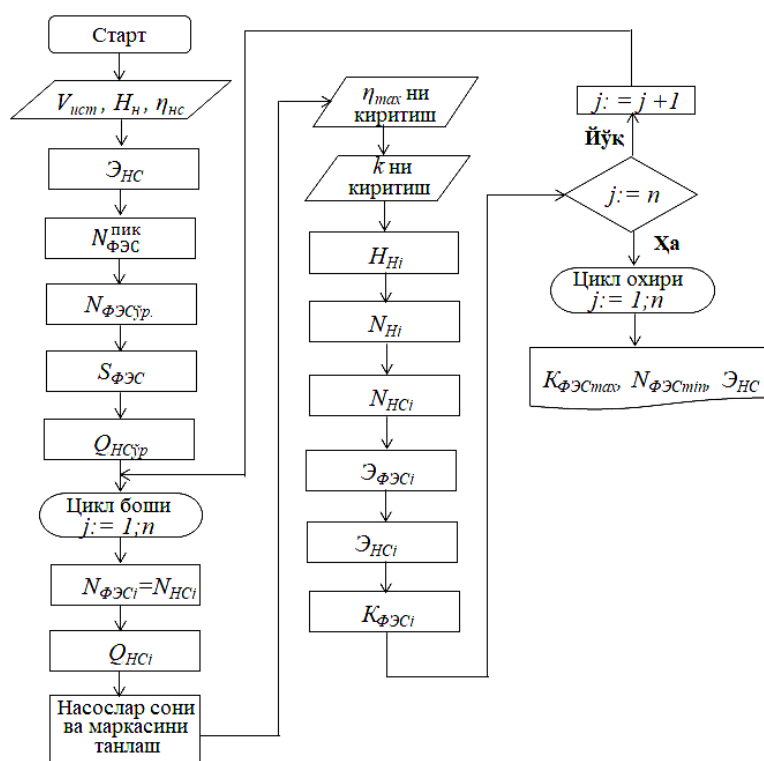
ФЭС (НС) ўртача қуввати ва сув бериш унумдорлиги қийматини қуйидаги тарзда аниқлаш мумкин

$$N_{\Phi\mathcal{E}C\dot{y}p} = \mathcal{E}_{HC} / T_{\Phi\mathcal{E}C\dot{y}p}, \text{ кВт}, \quad Q_{HC\dot{y}p} = N_{\Phi\mathcal{E}C\dot{y}p} \cdot \eta_{HC} / 9,81 \cdot H_n, \text{ м}^3/\text{с} \quad (25)$$

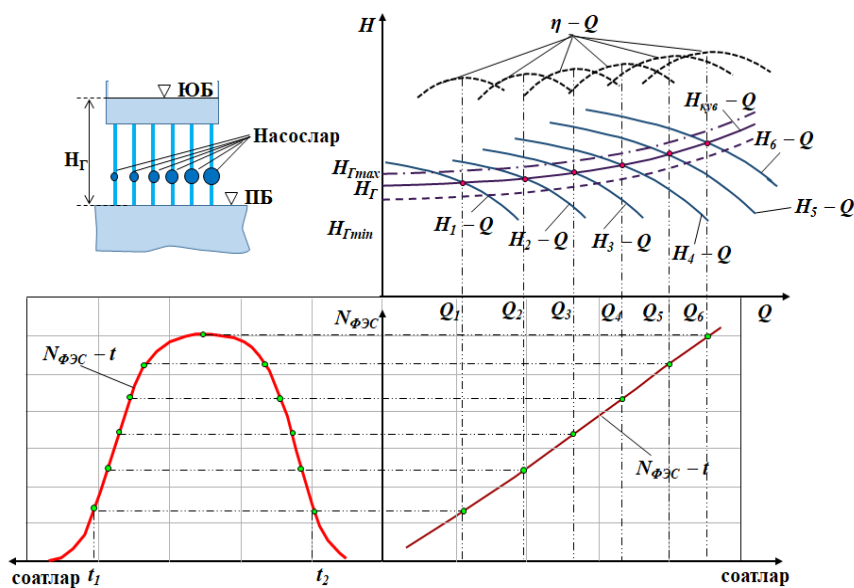
бунда $T_{\Phi\mathcal{E}C\dot{y}p}$ – ФЭС нинг кун давомида ўртача ишлаш вақти, соат.

ФЭСнинг ўзгарувчан қувватидан максимал фойдаланиш учун кун давомида унга мос келадиган насос маркаларини танлаймиз. Бу жараён 10- расмда келтирилган схема асосида амалга оширилади. Схемадан кўриниб турибдики, ФЭСнинг деярли барча қувватларига мос келадиган насослар танланади ва бунда улар η_{max} қийматга эга бўлишади. Ушбу схема бўйича насослар иш режимини частота ўзгартириш усули билан ҳам ростлаш мумкин.

Катта қувватли НСлар учун ФЭС ва иссиқлик электр станция (ИЭС)лар негизида комбинацияланган электр таъминотидан фойдаланилганда энергия харажатлари қуйидаги мақсад функцияси асосида ҳисобланиши мумкин.



9 - расм. НС ни қуёш энергияси билан таъминлашнинг энг самарали вариантыни ҳисоблаш алгоритмининг блок-схемаси

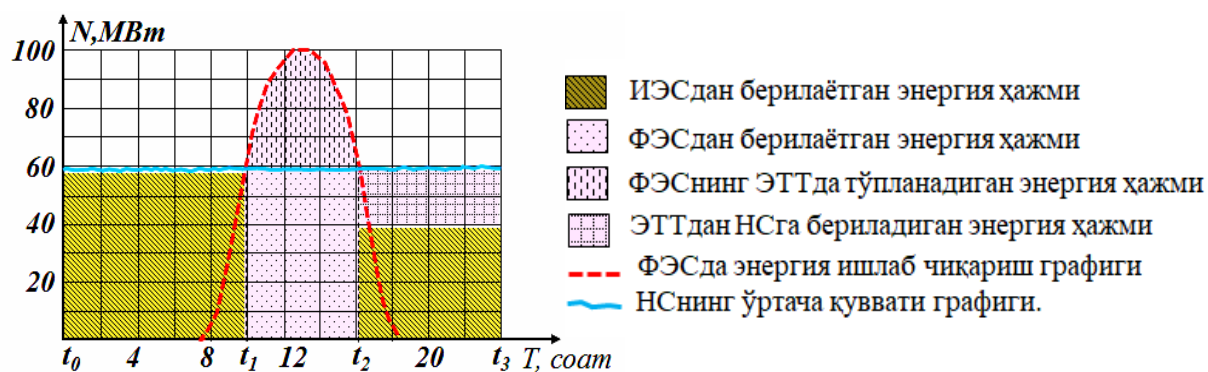


10 – расм. ФЭС қуввати асосида насосларни танлаш ва уларнинг иш режимини аниқлаш графиклари

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{НС} = & N_{НС}^{ИЭС}(t_1 - t_0) a_{эл}^{ИЭС} + N_{НС}^{ФЭС}(t_2 - t_1) a_{эл}^{ФЭС} + \sum_{i=1}^{t_2-t_1} N_{НСi}^{ЭТТ1}(t_{2i} - t_{1i-1}) a_{эл}^{ФЭС} + \\ & + N_{НС}^{ЭТТ2}(t_3 - t_2) a_{эл}^{ЭТТ} + N_{НС}^{ИЭС}(t_3 - t_2) a_{эл}^{ИЭС} \longrightarrow \min \end{aligned} \quad (26)$$

бунда, $\sum_{i=1}^{t_2-t_1} N_{НСi}^{ЭТТ1}(t_{2i} - t_{1i-1})$ – ФЭСнинг энергия тўплаш тизими (ЭТТ) га бериладиган энергия микдори, $N_{НС}^{ЭТТ2}(t_3 - t_2)$ – тўпланган энергиядан НС

эхтиёжи учун бериладиган энергия миқдори, $a_{эл}^{ФЭС}$, $a_{эл}^{ИЭС}$, $a_{эл}^{ЭТТ}$ – ФЭС, ИЭС и ЭТТларда электр энергияси нархлари (тарифлари) (11-расм).



11-расм. ФЭС, ИЭС ишлаб чиқарган энергия билан НС ни таъминлаш энергия тизимларининг иш режими графиклари

Ушбу график асосида НС иш режимини оптималлаштириш энергия харажатларини минималлаштириш орқали амалга оширилади, бунда қуйидаги шартлар бажарилиши керак.

$$\left. \begin{array}{l} 1. Q_{HCmin} \leq Q_{HCi} \leq Q_{HCmax} \\ 2. V_{min} \leq \sum_{i=1}^T Q_{HCi} t_i \leq V_{max} \\ 3. 0 \leq \gamma_Q \cdot V_{max} \leq \mathcal{E}_{HC} \end{array} \right\} \quad (27)$$

бунда, γ_Q – 1 м³ сувни ҳайдаб бериш учун НС истеъмол қилган электр энергияси миқдори, кВт·соат/м³.

НСда энергия харажатларини минималлаштиришнинг яна бир усули энергия учун тўловларни дифференциаллаштирилган (табақалаштирилган) тарифларга ўтказиш ва бунда НСлардан “истеъмолчи – ростловчи” иш режимида фойдаланишдир.

Истеъмолчи - ростловчи иш режимида НС учун асосий самара дифференциаллаштирилган (табақалаштирилган) тарифлар амалда бўлса, ишни асосан энергия арзон бўлган соатларда максимал қувват билан ташкил этиб, энергия қиммат бўлган ҳолларда минимал қувватга ўтиш орқали олиниши мумкин. Ушбу жараён кунлик иш режимида 12-расмда кўрсатилган.

Табақалаштирилган тарифлардан фойдаланилганда ва НС қуввати бошқарилганда энергия харажатларининг тежалиш миқдорини 12-расмдаги график бўйича қуйидаги тенглама билан аниқлаш мумкин.

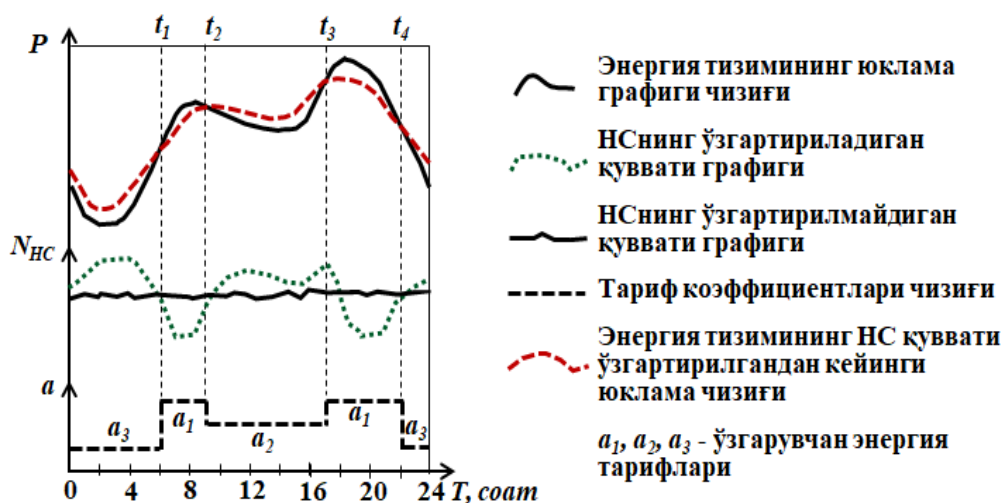
$$\Delta \mathcal{E}_{HC}(T) = a_2 \int_{t_0}^T N_{HC}(t) dt - a_1 \int_{t_2}^{t_1} N_{HC}(t) dt - a_2 \int_{t_2}^{t_3} N_{HC}(t) dt - a_1 \int_{t_3}^{t_4} N_{HC}(t) dt - a_3 \int_{t_4}^{t_1} N_{HC}(t) dt \quad (28)$$

Суғориш НСлар иншоотларидаги мавжуд гидроэнергетик салоҳиятдан электр энергияси ишлаб чиқаришда фойдаланиш бўйича ГЭСли сув олиш иншооти схемаси таклиф этилди (№ IAP 05378).

ГЭСли сув олиш иншоотининг ушбу конструкцияси қуйидаги афзалликларга эга:

а) қурилма учун босимли қувур ёки тўғон зарур эмас, иш жараёни мавжуд

напор ва сув сарфи асосида амалга оширилади шу сабабли, қурилмага сарф бўладиган харажатлар минимал бўлади;



12 – расм. Табақалаштирилган тарифлардан фойдаланилганда ва НС қуввати бошқарилганда энергия тизими юкласининг ўзгариши графикалари

б) қурилма Банки гидротурбинаси билан жиҳозланган бўлиб, унинг асосий афзалликлари сифатида паст напор (1,5...5,0 метр) қийматларида ҳамда номинал сув сарфининг 15 % идан 110 % гача бўлган қийматларида ҳам самарали ишлаши мумкинлигини келтириш мумкин.

Диссертация ишининг “**Насос станцияларнинг энергия ва фойдаланиш самарадорлигини ошириш бўйича таклиф этилган ечимлар, усулларнинг иқтисодий самарадорлиги**” номли бешинчи бобида насос станцияларда янги техник ва технологик ечимларнинг иқтисодий самарадорлигини аниқлашнинг асосий масалалари ёритилган, ҳамда уларда энергия ва фойдаланиш самарадорлигини ошириш бўйича тавсиялар келтирилган.

Насосларнинг параллел ишида қувурлар тизимида напорнинг ортиқча йўқолишини камайтириб гидравлик кўрсаткичларини яхшилаш орқали насосларда бекорга сарф бўладиган электр энергияни тежаш миқдорини ҳисоблаш услубиётида берилган (4) тенглама асосида (5) шартларни бажарилиши таъминланган ҳолда Д1600–90 ($D_{н.ф.}=540$ мм, $n = 1450$ айл/мин) маркали учта насоснинг параллел ишини энергия йўқолишини минималлаштириш асосида оптималлаштиришнинг иқтисодий самарадорлигини аниқлаш бўйича ҳисоблар бажарилди. Ҳисоблаш натижалари 2 – жадвалда келтирилган.

НСнинг энергия таъминотида ФЭС энергиясидан фойдаланишнинг иқтисодий самарадорлиги қуввати 60 МВт бўлган НС учун 11-расмдаги графикка асосланган энергия тақсимотида кўра ИЭСда - 920 МВт·соат, ФЭСда - 360 МВт·соат, ФЭСнинг ЭТТда тўпланган энергияси - 180 МВт·соат, ЭТТдан НСга бериладиган энергия - 160 МВт·соат бўлган вариантда (26) мақсад функциясига кўра энергия харажатлари минимал бўлиши аниқланди. Ушбу харажатлар НСнинг энергияга бўлган эҳтиёжи ИЭСдан тўлиқ

таъминланадиган вариантга нисбатан 18,3 % га кам бўлиши ва бир кунда 33400 доллардан кам бўлмаган иқтисодий самара бериши мумкинлиги аниқланди.

2 - жадвал

Насослар параллел ишидаги оптимал параметрларни аниқлаш

$D_{\text{бос}},$ мм	$CE, \text{ минг}$ сўм	K_1	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	η	$H, \text{ м}$	$\Delta \mathcal{E}_{\text{гид.}}$ кВт·соат	$PC,$ сўм
800	1690	0,136	1,02	0,83	96,7	635,44	1091740
900	1893	0,135	1,08	0,84	94,8	463,03	974140
1000	2104	0,133	1,22	0,85	91,1	426,22	994300
1100	2315	0,130	1,36	0,84	88,5	403,60	1028650

Аванкамерани лойқа чўкмаларидан тозалашнинг иқтисодий самарадорлигини аниқлаш бўйча ҳисоблар натижалари 3 – жадвалда келтирилган.

3-жадвал

Аванкамерани лойқа чўкмаларидан тозалаш қурилмаларининг техник – иқтисодий кўрсаткичлари

Вариантлар	Капитал маблағлар миқдори, K , минг сўм	Банк тўлови, B , минг сўм	Амортизация харажатлари, PC , минг сўм		Таъмирлаш харажатлари, R , минг сўм		Электр энергия харажатлари, CE , минг сўм	Жами, OC , минг сўм
			Ажрим, %	Жами	Ажрим, %	Жами		
1	608 000	121600	10,8	65 664	3,5	21280	7500	216024
2	37 600	7520	8,91	670	2,9	1090	5500	14700
3	22000	4400	3,53	777	0,53	117	2200	7494

Республикадаги насос станцияларининг 3700 МВт ўрнатилган қувватининг тахминан учдан бир қисми (1250 МВт)да табақалаштирилган тарифлар асосида қуввати бошқариладиган НС иш режимини 12-расмдаги графикларга асосан жорий қилиш бўйича энергия харажатларининг (28) бўйича ҳисоблари натижалари 4 – жадвалда келтирилган.

4 - жадвал

НСлар қувватини бошқариш ва табақалаштирилган тарифларда энергетик харажатларни аниқлаш

Қуввати бошқарилмайдиган НС					Қуввати бошқариладиган НС				
Тариф зоналари	T , соат	$N_{\text{НС}}^{\text{сум}}$, МВт	$\mathcal{E}_{\text{НС}}$, МВт·соат	$\mathcal{E}Z_{\text{НС}}$, млрд. сум	$N_{\text{НС}}^{\text{сум}}$, МВт	$\mathcal{E}_{\text{НС}}^{\text{бош}}$, МВт·соат	a , сум/кВт·соат	$\mathcal{E}Z_{\text{НС}}^{\text{бош}}$, млрд. сум	$\Delta \mathcal{E}Z_{\text{НС}}$, млрд. сум
Энергия тигиз	8,0	1250	10000	10,0	1000	8000	1500	12,0	-2,0
Ярим пик	8,0	1250	10000	10,0	1360	10880	1000	10,88	-0,88
Тунги	8,0	1250	10000	10,0	1390	11120	500	5,56	4,44
Жами:			30000	30,0		30000		28,44	1,56

НСлар умумий қувватини бошқариш натижасида қувват пасайиши 20 % дан ошмайди ва ўсиши эса 8,0...10,0 % ни ташкил этади, ушбу қувват ўзгариши

сув ҳўжалиги истеъмолчиларига салбий таъсир қилмайди, чунки бунда кунлик умумий берилиши зарур бўлган сув миқлори таъминланади.

Ҳисоблаш натижалари НСлар қувватини бошқариш ва ҳисобларда қабул қилинган табақалаштирилган тарифларда уларни ишлатиш кунига 1 миллиард 560 миллион сўм иқтисодий самара беришини ва 1596 тонна шартли ёқилғини тежаш мумкинлигини кўрсатди.

ХУЛОСА

1. Насос станцияларда лойқали сув оқимини ҳайдаб бериш жараёнида оқимнинг гидравлик параметрларининг ўзгариши ва унинг насослар самарадорлигига таъсирини аниқлаш услубиёти такомиллаштирилди. Ушбу услубиёт асосида бажарилган ҳисоблар натижалари Д1250-65М-0 насосининг $0,28 \text{ м}^3/\text{с}$ сув сарфини 22 м баландликка ҳайдаб беришда оқимнинг лойқалик даражаси (лойқанинг ҳажмий концентрацияси) 5 % ни ташкил этганда, 500 соат иш мобайнида 690 кВт·соат ортиқча электр энергияси сарф бўлиши мумкинлиги аниқланди. Ишлаб чиқилган услубиёт насос станцияларнинг фойдаланиш кўрсаткичларини тўғри аниқлаш имконини беради.

2. Параллел ишлашга мўлжалланган марказдан қочма насосларнинг иш режимларини қувурлар ва улардаги жиҳозлар турлари, ўлчамларини ҳамда напор йўқолишининг келтирилган харажатлари минимуми бўйича оптималлаштириш ҳамда насосларнинг иш режимларини ФИК максимуми мезони асосида оптимал ростлаш услубиётлари ишлаб чиқилди. Таклиф этилган мазкур услубиёт асосида бажарилган ҳисоблар натижалари сув бериш унумдорлиги $Q_{\text{ум}} = 1,02 \dots 1,36 \text{ м}^3/\text{с}$, напори $H = 88,5 \dots 96,7$ метр бўлган насос станцияси бир йилда ўртача $T = 1500$ соат ишлаганда босимли қувурлар ва жиҳозларнинг оптимал диаметрларини танлаш асосида ҳар бир кубометр ҳайдаб бериладиган сув миқдори учун 0,01226 кВт·соат электр энергиясини тежаш мумкинлигини кўрсатди.

3. Насослар сув бериш унумдорлигини ошириш учун гидрооқимчали насосдан фойдаланиш тизими ва бу жараёнда асосий насос иш режимини частота ўзгартиргич ёрдамида ростлаш усули таклиф этилди (бу усул фойдали моделга патент билан тасдиқланган). Ушбу усулдан фойдаланиш натижасида Д5000-32 насоси бериши керак бўлган сув миқдорининг 15...45 % ини сув гидрооқимчали насос орқали етказиб бериш натижасида талаб қилинадиган насос қувватини 2,5...18,2 % гача тежаш мумкинлиги ҳисоблар натижалари асосида аниқланди.

4. Насос станциялар аванкамераларида лойқа чўкмаларини тозалашнинг энергия ва капитал маблағлар сарфи минимал бўлган, фойдаланиш учун жуда қулай ва ишончли бўлган, алоҳида энергия талаб қилмайдиган янги конструкцияси таклиф этилди. Мазкур конструкция насос станцияси ишлаётган пайтда, уни тўхтатмасдан аванкамерани лойқа чўкмалардан тозалаш имконини беради. Ушбу усулдан фойдаланиш натижасида сув бериш унумдорлиги $5,4 \text{ м}^3/\text{с}$, напори 31,5 метр бўлган насос станцияси бир йилда 1000 соат ишласа, аванкамерани лойқа босиши шароитида ортиқча

сарфланадиган 39400 кВт·соат миқдордаги электр энергияси тежалади, бу эса ҳозирги электр энергияси тарифи бўйича 39,4 млн сўмни ташкил қилади. Аванкамерани лойқа чўкмаларидан гидрооқимчали насос билан тозалаш харажатлари мазкур ишнинг муқобил вариантлари – земснарядларга нисбатан 28,8 баробар, грунт насосларга нисбатан 1,96 баробар арзон бўлади.

5. Таклиф этилган лойқа тозалаш қурилмасининг параметрларини аниқлашнинг янги услубиёти ишлаб чиқилди. Ушбу услубиётда гидрооқимчали насосларнинг оптимал параметрларини аниқлаш имконини берадиган напор – лойқа сув сарфи характеристикасининг аналитик ифодаси таклиф этилди.

6. Лойқа чўкмаларини тозалаш учун хизмат қиладиган гидрооқимчали насоснинг лаборатория қурилмасида тажрибавий тадқиқотлар бажарилди ва қурилманинг напор – лойқа сув характеристикаси ва унинг эмпирик тенгламаси олинди. Гидрооқимчали насосли лойқа тозалаш қурилмаси напор – лойқа сув характеристикасининг назарий тадқиқотларда ҳисобланган натижалари билан экспериментлар жараёнида олинган натижалар бир-бирига мос келади ва улар орасидаги фарқ 5 % дан ошмайди.

7. Қуёш энергиясидан таъминланадиган насос станциялар иш режими ва параметрларини аниқлашнинг қуёш энергиясидан максимал фойдаланиш ва иш жараёнида насос агрегатларининг максимал фойдали иш коэффициентларини таъминлаш мезонлари бўйича математик модели ишлаб чиқилди. Ушбу модель бўйича бажарилган ҳисоблар натижалари насос станциясининг оптимал иш режими ва параметрлари қўлланилганда қуёш энергиясидан фойдаланиш коэффициенти 6 % га ошиши ва бунинг ҳисобига фотоэлектрик станция максимал қуввати 15 % га камайиши мумкинлиги аниқланди.

8. Қуёш энергиясидан таъминланадиган ва унинг эҳтиёждан ортиқ энергиясини тўплаш, зарур бўлганда уни насос станцияси эҳтиёжи учун беришни таъминлайдиган комбинациялашган тизимнинг энергетик харажатларини аниқлаш методикаси ишлаб чиқилди. Мазкур методика бўйича бажарилган ҳисоблар натижалари қуввати 60 МВт бўлган насос станциясини ушбу тизим орқали энергия билан таъминлаш харажатлари, марказлашган энергия тизимидан таъминлашга нисбатан, ҳар куни 33400 доллар фойда келтириши мумкинлиги аниқланди.

9. Суғориш тизимдаги насос станцияларда энергия тўловини табақалаштирилган тарифларга ўтказиш ҳамда энергетика тизимида насос станциялардан “истеъмолчи – ростловчи” режимида фойдаланиш самарадорлигини аниқлашнинг услубиёти ишлаб чиқилди. Ушбу услубиёт бўйича бажарилган ҳисоблар натижалари Республикадаги сув хўжалиги тизимидаги насос станцияларнинг умумий қуввати 1250 МВт бўлган учдан бир қисмида табақалаштирилган тарифлар асосида қуввати бошқариладиган НСлар иш режими жорий қилинса, бир кунда одатдаги тариф ва қуввати бошқарилмайдиган иш режимга нисбатан 1,5 млрд. сўмдан ортиқ иқтисодий самара олиш ва 1596 тонна ёқилғи тежалиши мумкинлигини кўрсатди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.17/2025.27.12.T.01.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ
ИНСТИТУТЕ ИРРИГАЦИИ И ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**

ЖУРАЕВ САНЖАР РАШИДОВИЧ

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И
ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАСОСНЫХ
СТАНЦИЙ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

05.09.06 – Гидротехническое и мелиоративное строительство

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

Ташкент-2026

Тема докторской диссертации по техническим наукам (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии под номером B2026.1.DSc/T1046.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова.

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

Научный консультант:

Мухаммадиев Мурадулла Мухаммадиевич
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Шакиров Бахтияр Махмудович
доктор технических наук, профессор

Хужакулов Рустам
доктор технических наук, профессор

Базаров Дилшод Райимович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Ташкентский архитектурно-строительный университет (ТАСУ)

Защита диссертации состоится «21» август 2026 г. 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.17/2025.27.12.T.01.01 при Научно-исследовательском институте ирригации и водных проблем (Адрес: 100187, г.Ташкент, Карасув-4, дом 11. Тел/Факс: (99899) 434-43-28, e-mail: ismiti@minwater.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Научно-исследовательского института ирригации и водных проблем. (регистрационный номер № 5). (Адрес 100187, г. Ташкент, ул. Карасув-4, дом 11. Тел.: (99899) 434-43-28, e-mail: ismiti@minwater.uz).

Автореферат диссертации разослан «31» 07 2026 года.

(реестр протокола рассылки № 5 от «31» 07 2026 года.)



И.Э. Махмудов

Председатель Научного совета
по присуждению ученых степеней
доктор технических наук, профессор

У.А. Садиев

Ученый секретарь научного совета
по присуждению ученых степеней
PhD, старший научный сотрудник

О.Я. Гловацкий

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской (DSc) диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. Сегодня вопросы повышения эффективности насосных станций, используемых в сельском хозяйстве, системах питьевого водоснабжения и промышленности, а также обеспечения ресурсосбережения в их деятельности, имеют особое значение. В настоящее время около 21 % от всей используемой для производственных целей электроэнергии, расходуется на работу насосных станций¹. В этой связи вопросам повышения энергетической и эксплуатационной эффективности насосных станций, обеспечения экономичной и надежной работы оборудования и сооружений, а также применения современных методов управления технологическими процессами водоподачи уделяется особое внимание.

В ведущих научных учреждениях мира проводятся исследования, направленные на оптимизацию режимов работы насосных станций, формирование гидравлических систем движения потока воды, обеспечивающих наиболее эффективную работу насосов, а также разработку новых технических решений и технологий, ориентированных на повышение энергоэффективности за счет использования «зеленых» источников энергии для собственных нужд агрегатов^{1,2}. В данном направлении приоритетными являются исследования по совершенствованию гидравлических режимов движения воды в аванкамерах насосных станций, снижению накопления наносов и разработке эффективных технологий их удаления, управлению режимами работы насосных агрегатов на основе критериев минимального энергопотребления и максимальной эксплуатационной эффективности, а также моделированию энергосберегающих технических решений и цифровых методов управления. Вместе с тем разработка и научное обоснование методов управления потоком воды в аванкамерах насосных станций, своевременной и эффективной очистки их от наносов, а также управления режимами работы насосных агрегатов по критериям минимального энергопотребления и максимальной эффективности являются актуальными научно-техническими задачами.

В Республике Узбекистан последовательно реализуются масштабные мероприятия по модернизации и реконструкции насосных станций системы водного хозяйства, замене морально и физически устаревшего оборудования современными высокоэффективными установками, внедрению передовых методов их эксплуатации и совершенствованию систем управления. В частности, в Стратегии «Узбекистан – 2030» поставлена задача по «установке энергосберегающего оборудования, модернизации насосных станций и снижению их годового потребления электрической энергии на 30 %»³. Кроме

¹ Xingcheng Gan, Ji Pei, Giorgio Pavesi, Shouqi Yuan, Wenjie Wang. Application of intelligent methods in energy efficiency enhancement of pump system: A review. Energy Reports 8(2022). 11592–11606 pp. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.09.016>

² Levon Gevorgov, Ehsan Saebnoori, José Luis Domínguez-García and Luis Trilla. Renewable Energy-Driven Pumping Systems and Application for Desalination: A Review of Technologies and Future Directions. Appl. Sci. 2026, 16, 862. <https://doi.org/10.3390/app16020862>

³ Указ Президента Республики Узбекистан № УП-158 от 11 сентября 2023 года «О Стратегии “Узбекистан – 2030”», <https://lex.uz/docs/6600413>

того, в Концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020–2030 годы определены задачи по «повышению энергетической эффективности насосных станций водного хозяйства и снижению эксплуатационных затрат»⁴. Реализация указанных задач требует широкого внедрения в практику энергосберегающих технологий на насосных станциях, в том числе проведения исследований и внедрения новых методов, конструктивных решений и технологических разработок, обеспечивающих повышение энергетической и эксплуатационной эффективности.

Настоящее диссертационное исследование в определенной степени направлено на реализацию задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан от 11 сентября 2023 года № УП-158 «О Стратегии "Узбекистан – 2030"», Указом Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы», Указом Президента Республики Узбекистан 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, регулирующими данную сферу деятельности.

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики. Данное исследование выполнено в рамках приоритетного направления развития науки и технологии республики V «Сельское хозяйство, биотехнология, водные проблемы, экология и охрана окружающей среды».

Обзор зарубежных исследований по теме диссертации⁵.

Исследования по новым технологическим решениям, конструкциям и методам расчёта, направленным на повышение энергетической и эксплуатационной эффективности ирригационных насосных станций, широко проводятся в ведущих научных центрах мира, в том числе в Jiangsu, Yangzhou, Hohai (Китай), GIW Hydraulic Laboratory KSB и Technology Platform for Hydraulic Machine (США), в университетах Sheffield и Nottingham (Великобритания), Fluidmachinery и Graz University of Technology (Германия), McMaster и University of Toronto (Канада), Padova (Италия), Vellore (Индия), Санкт-Петербургском государственном политехническом университете, Московском государственном строительном университете, Белорусском национальном техническом университете, Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова, Национальном исследовательском университете «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», Каршинском государственном техническом университете, Institute of Hydraulic Engineering (Австралия), International Water Management Institute (IWMI, Египет), Mechanical & Electrical Research Institute, Catalonia Institute for Energy Research

⁴ Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-6024 от 10 июля 2020 года «Об утверждении Концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020–2030 годы». <https://lex.uz/docs/4892953>

⁵ Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации представлен в следующих источниках: <https://doi.org/10.1016/j.egvr.2022.09.016>; [http://dx.doi.org/10.1016/S0262-1762\(04\)00261-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0262-1762(04)00261-5); <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2010.09.003>; <https://doi.org/10.3390/app16020862>; <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.08.070>; DOI: [10.1109/ICSTC.2018.8528643](https://doi.org/10.1109/ICSTC.2018.8528643); <https://doi.org/10.3390/app16020862>; <https://doi.org/10.3390/en1522852> и выполнена на основе и других источников

(Испания), Institute of Hydraulic Engineering (Германия), Российском государственном аграрном университете – МСХА имени К.А. Тимирязева, Научно-исследовательском институте проблем водного хозяйства и ирригации (Узбекистан), Андижанском институте сельского хозяйства и агротехнологий, а также в международных научных организациях, таких как International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR, КНР), Hydraulic Institute (США), Europump (Бельгия), American Society of Civil Engineers, Polish Naval Academy (Польша) и других учреждениях, где ведутся масштабные научно-исследовательские работы.

Вопросы исследования гидравлической структуры потока воды в сооружениях насосных станций и трубопроводных системах в настоящее время активно исследуются специалистами университетов Yangzhou и Sheffield, а также Института гидравлической инженерии Австралии, где ведутся исследования по ряду новых научно-технических направлений.

Научно-исследовательские работы по изучению оптимальной структуры потока воды в аванкамерах насосных станций, предотвращению заиливания и разработке методов очистки наносов в аванкамерах проводятся в Hohai, Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова, Каршинском государственном техническом университете, Научно-исследовательском институте мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, Научно-исследовательском институте проблем водного хозяйства и ирригации, а также в Андижанском институте сельского хозяйства и агротехнологий.

Исследования по оптимизации и управлению режимами работы насосных агрегатов активно и на высоком научном уровне проводятся в Университетах Sheffield и Nottingham Великобритании, McMaster Канады, Белорусском национальном техническом университете, а также в Институте механических и электрических исследований Египта.

Комплексные исследования по вопросам энергоэффективности центробежных насосов были выполнены в Университете Vellore (Индия). В Hydraulic Institute (HI) США ведутся работы по разработке инструкций по эксплуатации насосов, стандартов и других нормативных документов. В международном научно-исследовательском центре по подбору оборудования насосных станций, расположенном в городе Ашдод (Израиль), занимаются вопросами оптимизации трубопроводных систем насосных станций и размеров оборудования в них. Специалисты Польской военно-морской академии (Polish Naval Academy) проводят исследования по оптимальному управлению насосами в многонасосных станциях.

В мире основными направлениями научно-исследовательских работ по повышению энергетической и эксплуатационной эффективности насосных станций являются оптимизация режимов работы насосных станций с точки зрения минимизации потребления ресурсов и электроэнергии, подбор типов и размеров сооружений и оборудования в соответствии с требованиями минимального энергопотребления, а также внедрение IT-технологий, включая системы «умного» управления на основе искусственного интеллекта на насосных станциях.

Степень изученности проблемы. Научно-исследовательскими работами, посвящёнными повышению энергетической и эксплуатационной эффективности ирригационных насосных станций, занимались ведущие учёные мира, в том числе учёные стран Содружества Независимых Государств В.И. Виссарионов, В.Я. Карелин, В.В. Рычагов, В.В. Елистратов, М.М. Флоринский, В.Ф. Чебаевский, К.П. Вишневский, А.Д. Петрик, Б.С. Лезнов, Б.Ф. Лямаев, Р.А. Новодережкин, В.Г. Николаев, В.С. Костышин, А.Л. Андронов, В.Л. Еловик, И.В. Войтов, В.М. Некрасов, Накладов и другие, а также зарубежные учёные Napierała M. A., B. Stoffel, Anibal T. de Almeida, D. Kaya, Paweł Olszewski, Viktor Nenja, Y. M. Chiang, L. C. Chang, Zheng Y., Arun Shankar, Pemberton M., Sychta L., da Costa Bortoni E., Augustyn T., Tamminen J. и другие.

К числу учёных, занимавшихся исследованиями, связанными с повышением энергетической и эксплуатационной эффективности оросительных насосных станций в Узбекистане, относятся академик К.Р. Аллаев, профессора М. Мамажонов, М.М. Мухаммадиев, Б.У. Уришев, О.Я. Гловацкий, Т.С. Тулаганов, Т.С. Камолов, О.Х. Ишназаров, Ш.Х. Рахимов, С.К. Переверзев, Б.М. Шакиров, Э.К. Кан, Ф.Ж. Носиров, В.А. Хохлов и другие.

В рамках данных исследований были более глубоко изучены вопросы, связанные с энергетической и эксплуатационной эффективностью насосных станций, и предложены их эффективные решения.

- регулирование режимов работы насосных агрегатов методом изменения частоты электрического тока, подаваемого на электродвигатель (кратко - метод частотного регулирования);

- подбор марок и количества насосных агрегатов и электродвигателей, оборудования и режимов работы с использованием генетических алгоритмов;

- совершенствование конструкций сооружений насосных станций (аванкамеры, водоприёмной камеры, напорного трубопровода, водоотводящих сооружений) с применением новых технических решений;

- исследование гидравлического удара в напорных трубопроводах насосных станций и снижение энергии гидравлического удара;

- использование возобновляемых источников энергии в системе энергоснабжения насосных станций;

- применение полностью автоматизированных «smart» IT-технологий в управлении насосными станциями.

Наряду с этим, признавая важность и значимость результатов работ вышеуказанных учёных, следует отметить, что вопросы определения оптимальных параметров оборудования насосных станций и регулирования режимов их работы, повышения производительности насосов без увеличения энергопотребления, влияния перекачки мутных водных потоков на эффективность насосов, разработки эффективных методов очистки аванкамер от наносов, применения солнечной энергии на насосных станциях, а также вопросы использования дифференцированных тарифов на оплату электроэнергии на насосных станциях изучены недостаточно.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работы ВУЗа, в котором выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках прикладных научных проектов Ташкентского государственного технического университета: ИОТ-2012-5-11 «Создание и внедрение устройства для предотвращения заилиения в аванкамере насосной станции» (2012–2013), А-4-24 «Разработка и развитие технологий использования возобновляемой гидравлической энергии с применением маломощной гидроаккумулирующей электростанции» (2015–2017), а также F-ОТ-2021-235 «Теоретические основы использования гидроэнергетических комплексов в развитии гидроэнергетики» (2021–2025).

Цель исследований является разработка новых конструктивных и технологических решений по повышению энерго-и эксплуатационной эффективности насосных станций, а также обоснование их гидравлических, технических и энергетических параметров.

Задачи исследований:

анализ проведённых научно-исследовательских работ, посвящённых вопросам энергетической и эксплуатационной эффективности насосных станций, изучение опубликованных источников и составление программы выполнения исследований;

разработка методики определения оптимальных параметров напорных трубопроводных систем насосных станций;

разработка метода оптимального регулирования режимов работы параллельно работающих центробежных насосов;

разработка способа и схемы повышения производительности подачи воды на насосных станциях без увеличения энергопотребления;

разработка устройства для очистки аванкамеры насосной станции от наносов;

разработка аналитического выражения напорно-расходной характеристики устройства очистки аванкамеры насосной станции от наносов;

проведение лабораторных исследований устройства очистки аванкамеры насосной станции от наносов;

определение влияния перекачки наносных водных потоков на эффективность работы насосов;

разработка методики определения оптимальных режимов работы и параметров насосов, обеспечивающих максимальное использование солнечной энергии на насосных станциях;

разработка методики перехода на дифференцированные тарифы оплаты электроэнергии в ирригационных насосных станциях и определения эффективности использования насосных станций в энергетической системе в режиме «потребитель – регулятор».

Объектом исследований являются оросительные насосные станции системы Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан.

Предметом исследования являются гидравлические и энергетические параметры насосных агрегатов, рабочие характеристики насосов, параметры напорно-расходных характеристик потока воды в трубопроводах, включая поток с содержанием наносов, параметры процесса осаждения наносов в

аванкамерах, показатели фотоэлектрических установок, а также тарифы на оплату электроэнергии.

Методы исследований. В исследованиях использованы гидравлическое моделирование процесса потока воды в оборудовании и сооружениях насосных станций, аналитические, графические, графоаналитические методы определения параметров оборудования и насосных агрегатов, методы математической статистики и планирования эксперимента при проведении экспериментов и обработке полученных результатов..

Научная новизна исследований заключается в следующем:

усовершенствована методика определения влияния процесса перекачки потоков с наносами на эффективность насосов с учётом изменения гидравлических параметров потока;

предложено новое эффективное устройство для очистки аванкамер насосных станций от отложений, основанное на использовании гидроструйного насоса, и предложено аналитическое выражение напорно-расходной характеристики установки, позволяющее определять оптимальные параметры гидроструйного насоса;

на основе экспериментальных исследований гидроструйного насоса, предназначенного для очистки аванкамеры от наносов, получена напорно-расходная характеристика установки и её эмпирическое уравнение;

разработана методика регулирования режимов работы параллельно работающих центробежных насосов по критерию максимума коэффициента полезного действия (КПД), а также оптимальных размеров трубопроводов с установленными в них оборудованиями и энергопотребления на основе минимума затрат;

предложена новая система повышения производительности насосной станции на основе использования гидроструйного насоса и регулирования режима работы основного насоса с частотным преобразователем и разработана методика определения оптимальных параметров данной системы по критериям повышения производительности насосной станции и снижения энергопотребления;

разработана методика оптимизации режима работы и параметров насосных станций, питаемых солнечной энергией, по критериям обеспечения максимального коэффициента полезного действия агрегатов и максимального использования солнечной энергии;

разработана методика определения эффективности внедрения дифференцированных тарифов за плату электроэнергии и использования режима «потребитель – регулятор» в оросительных насосных станциях.

Практические результаты исследования состоят в следующем:

разработана схема и определены параметры нового эффективного устройства по очистке наносов в аванкамере насосной станции;

разработаны рекомендации по определению напорно-расходной характеристики устройства очистки наносов в аванкамере насосной станции;

разработана схема и определены параметры нового устройства, основанного на использовании гидроструйного насоса для повышения производительности подачи воды насосной станцией;

разработаны рекомендации по снижению избыточного энергопотребления на насосных станциях и совершенствованию методов определения влияния мутного стока на эффективность насосов;

разработаны рекомендации по использованию солнечной энергии на насосных станциях и дифференцированных тарифов на оплату энергии.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования обосновывается выполнением теоретических исследований на основе широко используемых математических и физических закономерностей, их соответствием результатам экспериментов, проведением экспериментов в соответствии с законами моделирования и использованием закономерностей математической статистики при обработке их результатов.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в создании научно-методологических основ повышения энергетической и эксплуатационной эффективности насосных станций, а также в развитии теории и методологии эксплуатации насосных станций.

Практическая значимость результатов исследования заключается в достижении энергоэффективности насосной станции, повышении эффективности насосной станции на основе снижения себестоимости перекачиваемой воды за счет снижения эксплуатационных затрат.

Внедрение результатов исследований. На основе полученных научных результатов по разработке и исследованию новых конструкций и технологий повышения эксплуатационной эффективности насосных станций:

на устройство для очистки наносов в водоприёмном сооружении (аванкамере) насосных станций получен патент на полезную модель в Центре интеллектуальной собственности при Министерстве юстиции Республики Узбекистан («Водоприёмное сооружение» № FAP 00938, РУз). В результате установлено, что затраты на очистку водоприёмного сооружения насосной станции от наносов с использованием данного устройства могут быть снижены по сравнению с альтернативными вариантами - земснарядами в 20–30 раз, а по сравнению с грунтовыми насосами - в 1,5–2,5 раза.

на устройство для повышения производительности насосной станции получен патент на полезную модель в Центре интеллектуальной собственности при Министерстве юстиции Республики Узбекистан («Насосное устройство с устройством для повышения ее производительности» № FAP 01200). В результате установлено, что производительность подачи воды насосной станции может быть увеличена на 15...45 %, а при этом экономия потребления электроэнергии насосом составляет 2,5...18,2 %.

устройство для очистки наносов в водоприёмном сооружении (аванкамере) насосных станций внедрено на насосных станциях «М-II-2», входящих в состав управления эксплуатации Каршинского магистрального канала Министерства водного хозяйства (справка Министерства водного хозяйства № 04/20-2472 от 18 мая 2026 года). В результате установлено, что годовые затраты на очистку аванкамеры насосной станции от наносов снизились по сравнению с земснарядами в 28,8 раза, по сравнению с

грунтовыми насосами в 1,96 раза, а также обеспечена экономия 39 400 кВт·ч электроэнергии.

система повышения производительности подачи воды насосных станций с использованием гидроструйного насоса и регулированием режима работы основного насоса с помощью частотного преобразователя внедрена на насосной станции «Айкорон-1», входящей в состав Нарын-Сырдарьинского бассейнового управления ирригационных систем, находящегося в ведении Министерства водного хозяйства (справка Министерства водного хозяйства № 04/20-2472 от 18 мая 2026 года). В результате установлено, что прибыль от использования гидроструйного насоса при повышении производительности подачи воды насосными станциями увеличилась в 1,19 раза по сравнению с затраченными на него средствами;

методика определения оптимальных размеров напорных трубопроводов насосных станций и установленного в них оборудования принята для применения при реконструкции насосной станции «Кишлик», находящейся в ведении управления насосных станций и энергетики бассейнового управления ирригационных систем Аму-Кашкадарья (справка Министерства водного хозяйства № 04/20-2472 от 18 мая 2026 года). В результате на насосной станции обеспечена экономия электроэнергии в размере 0,01226 кВт·час на каждый кубометр перекачиваемой воды.

Апробация результатов исследований. Основные результаты диссертационной работы были изложены и обсуждены на 11 международных и 2 республиканских научно-практических и научно-технических конференциях.

Публикация результатов исследований. По теме диссертации опубликовано всего 30 научных работ, из них 12 статей - в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией для публикации основных научных результатов докторских (DSc) диссертаций, в том числе 2 - в зарубежных журналах и 10 - в республиканских изданиях, а также издана 1 монография. Получен 1 патент на изобретение и 1 патент на полезную модель и 2 свидетельства на программные продукты для ЭВМ в Центре интеллектуальной собственности при Министерстве юстиции Республики Узбекистан.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объём диссертации составляет 194 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и необходимость темы диссертационной работы, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и техники республики, приведён обзор научных исследований, выполненных по теме диссертации в нашей стране и за рубежом, изложены цель и задачи исследования, объекты и методы, представлены научная новизна и практические результаты, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта их научная и практическая

значимость, приведены сведения об апробации работы и внедрении результатов, а также о объёме и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **"Анализ вопросов повышения энерго-и эксплуатационной эффективности оросительных насосных станций: основные тренды, достижения и недостатки"** рассмотрены современные тенденции обеспечения энерго-и эксплуатационной эффективности оросительных насосных станций и анализ основных трендов и направлений в этой области, оценка влияния наносов в аванкамерах насосных станций (НС) на энергоэффективность и методы очистки от наносов, использование энергии возобновляемых источников, использование НС в энергосистемах в режиме регулятора-потребителя и применение дифференцированных тарифов при их оплате за энергию.

На основе проведённого анализа с учетом основных направлений повышения энергетической и эксплуатационной эффективности насосных станций, определены цели и задачи диссертационной работы.

Во второй главе диссертации **«Учёт влияния технологических процессов и новых технических решений при моделировании оптимальных режимов работы насосов»** приведены результаты исследований по определению влияния потока гидросмеси с наносами в трубопроводах на эффективность режимов работы насосов, снижению избыточного расхода энергии на основе улучшения гидравлических показателей трубопроводных систем при параллельной работе насосов, а также результаты исследований нового устройства, направленного на повышение производительности насосной станции.

В НС, перекачивающей потоки воды с большим количеством наносов, энергопотребление больше, чем в НС, перекачивающей чистую воду, это связано с тем, что большое количество частиц наносов отрицательно влияет на гидравлические параметры потока, приводит к увеличению значения гидравлического сопротивления, увеличению дополнительных напряжений и вибрации в насосе, вызывает снижение производительности насоса, в результате чего дополнительно расходуется энергия, в том числе и за счет увеличения плотности потока гидросмеси.

Уравнения, позволяющие определить величину удельного гидравлического сопротивления, возникающего при закачке мутной воды в трубах, расположенных наклонно к горизонту (как и в большинстве НС), предложены рядом исследователей. Наиболее часто используемые уравнения из них предложены Лобановым Д.П., Смолдыревым А.Е. в следующем виде

$$\text{при } 1 < Fr_a < 10 \quad i_q = i_g \left[1 + 10 \cdot a \cdot \delta \frac{g \cdot D}{(g_{n.n} - \theta)^2} \right] \quad (1)$$

где, Fr_a – число Фруда для потока с наносами и его значение определяется следующим образом:

$$Fr_a = \frac{(g_{n.n} - \theta)^2}{a \cdot g \cdot D} \quad (2)$$

i_B – удельное гидравлическое сопротивление, возникающее при наличии воды в трубопроводе, δ – объемная концентрация частиц наносов, a – коэффициент

относительной плотности частиц наносов, θ – гидравлическая крупность частиц наносов, $g_{\text{ч}}$, $g_{\text{п.п}}$ – скорость частиц и потока наносов.

С помощью данного метода определим удельное значение коэффициента гидравлического сопротивления наносного потока $i_{\text{ч}}$ на примере насосной установки, где насос Д1250–65 подаёт наносной поток расходом $Q=0,28 \text{ м}^3/\text{с}$ в напорный трубопровод диаметром $D=0,4 \text{ м}$, при этом насос поднимает поток на высоту $H_{\text{г}}=22 \text{ м}$. Плотность частиц наносов $\rho_{\text{ч}}=2000 \text{ кг/м}^3$, плотность воды $\rho_{\text{в}}=1000 \text{ кг/м}^3$, плотность потока наносов $\rho_{\text{п.п}}=1050 \text{ кг/м}^3$, средний размер частиц $d_{\text{ср}}=0,5$, значение гидравлической крупности $\theta=5,24 \text{ см/с}$.

По результатам расчётов получено значение $i_{\text{ч}}=i_{\text{в}} \cdot 1,41$, то есть при перекачке наносной воды значение $i_{\text{с}}$ увеличивается на 41%, и в результате этого в напорном трубопроводе длиной $L=150 \text{ метров}$ напор насоса изменяется в соответствии со следующей зависимостью (рис. 1).

$$H = H_{\text{г}} + 1,41 \cdot i_{\text{в}} \cdot L \cdot Q^2 \quad (3)$$

Результаты расчетов показали, что при перекачки потока с объемной концентрацией наносов 5% значение напора увеличивается на 3,7%, вследствие чего производительность насоса снижается с $0,28 \text{ м}^3/\text{с}$ до $0,265 \text{ м}^3/\text{с}$ (5,3%), а расход электрической энергии увеличивается на 1,7%.

Параллельная работа насосов в общий напорный трубопровод резко снижает затраты на монтаж трубопроводов, но в параллельно работающих насосах из-за потери напора расходуется непроизводительная энергия, и в результате этого снижается общая производительность подачи воды.

Учитывая это, экономически оптимальный диаметр трубопровода, а также устанавливаемого на нём оборудования и фитинговых частей, определяется по минимуму затрат, вычисляемых по следующей формуле.

$$PC_i = CE_i(v + c + r) + t_e \cdot K_1 \frac{\Delta t}{\eta_i} \frac{Q_i^3}{D_{\text{нани}}^4} \rightarrow \min \quad (4)$$

где PC_i – годовые затраты на 1 метр длины трубопровода, CE_i – затраты на приобретение и установку 1 метра трубопровода, v – банковский процент, использованный для финансирования строительства трубопровода, c – амортизационные отчисления, r – расходы на текущий ремонт, t_e – тариф на электроэнергию, при этом $K_1 = 0,811 \left(\sum \xi_m + \lambda \frac{L_{\text{нан}}}{D_{\text{нани}}} \right)$. При этом основные граничные условия следующие:

- а) $Q_i = Q_{\text{номи}}$, т.е. производительность насоса Q_i равна потреблению $Q_{\text{номи}}$;
- б) $\eta_i = \eta_{i \text{ max}}$, КПД насосов должен быть максимальным.

(5)

Для выполнения этих условий необходимо правильно выбрать марки и количество насосов, а также осуществлять оптимальное регулирование их рабочего режима, которое можно проиллюстрировать с помощью графиков на рис. 1.

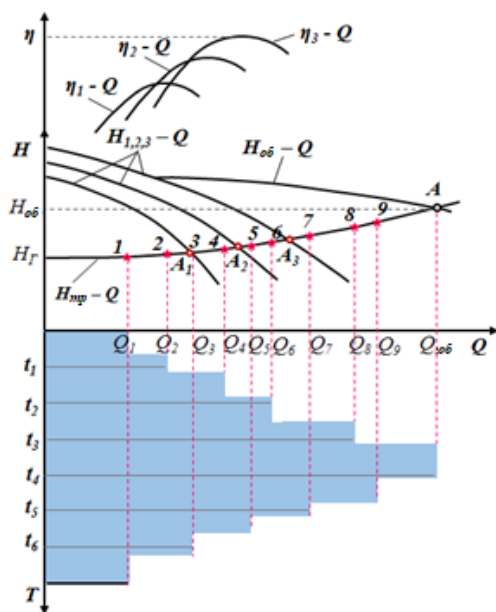


Рис. 1. Графики режимов работы параллельно работающих насосов на основе графика водопотребления

Эти методы могут быть использованы, например, для рабочих точек 1 и 2, где для обеспечения расходов воды Q_1 и Q_2 необходимо использовать метод частотного преобразования. Это можно проиллюстрировать на рис. 2.

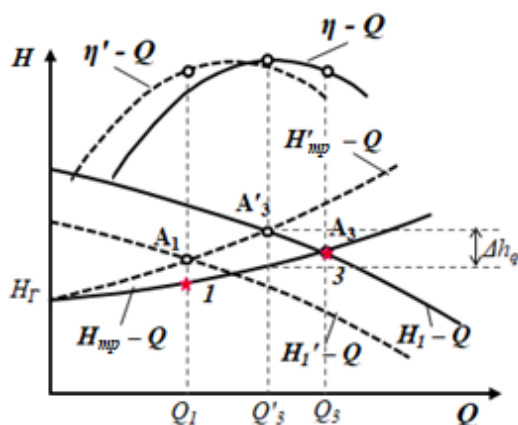


Рис. 2. Графики регулирования режима работы насоса методами дросселирования и изменения частоты

Насосы в течение времени T должны подавать переменный расход воды от Q_1 до $Q_{ум}$ при выполнении условий (5), однако в данном случае только значения Q_3 и $Q_{ум}$ имеют рабочие точки насосов, то есть выполняется условие $Q_i = Q_{устoi}$, а для остальных значений расхода воды необходимо регулирование режима работы насосов. В настоящее время наиболее широко применяемыми способами регулирования режима работы насосов являются дросселирование и изменение частоты электрического тока.

Для регулирования подачи насоса до расхода Q_1 в первую очередь применяется метод дросселирования, при котором рабочая точка переводится в точку A'_3 , поскольку в точке A_3 коэффициент полезного действия насоса имеет низкое значение. В данном случае для определения Q'_3 используем уравнение $\eta = c \cdot Q - d \cdot Q^2$.

$$Q'_3 = \frac{c \pm \sqrt{c^2 - 4 \cdot d \cdot \eta_{\max}}}{2 \cdot d} \quad (6)$$

где c и d постоянные коэффициенты графика КПД.

Для перевода насоса с точки A'_3 , где КПД максимален, в рабочую точку A_1 используется метод частотного регулирования. При этом рассчитывается и строится новая напорная характеристика насоса $H'_1 - Q$, соответствующая точке A_1 , в результате чего подача насоса становится равной Q_1 .

При этом выполняется условие (5), поскольку обеспечиваются требования $\eta \rightarrow \max$ и $Q_i = Q_{nomi}$. Аналогично на основе данной методики по остальным рабочим точкам также выполняется регулирование режимов работы насосов посредством методов частотного регулирования и дросселирования.

В процессе эксплуатации НС часто возникает необходимость увеличения подачи воды, в таких случаях можно использовать гидроструйных аппаратов, которые в основном используются на промышленных предприятиях, в системах горячего водоснабжения, для отвода дренажных вод на ГЭС и НС. С помощью данного метода можно без использования электрической энергии перекачивать дополнительный объем воды, составляющий от 10 до 80 % подачи насосной станции, на высоту, равную 8,0...40 % от геометрического напора.

Схема насосной установки с повышенной производительностью с использованием гидроструйного насоса (ГН) приведена на рис. 3 (№ FAP 01200).

В качестве основной характеристики, описывающей режим работы ГН, принимается напорно-расходная характеристика $q = f(h)$. Для оценки значений напора и расхода принимается безразмерная величина h .

$$h = \frac{h_{гн} - h_{вс}}{H_n - h_{вс}} \quad (7)$$

H_n – напор основного насоса, $h_{вс}$ – напор всасываемого потока воды, $h_{гн}$ – геометрический напор ГН.

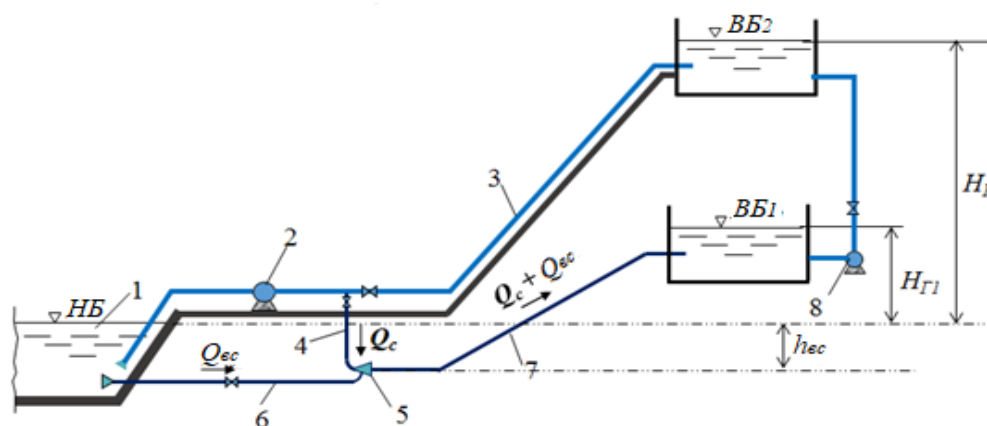


Рис. 3. Схема водоподъемной установки, состоящей из центробежного и гидроструйного насоса

1 – источник воды; 2 – насос; 3 – напорный трубопровод НС; 4 – трубопровод подачи воды к ГН; 5 – гидроструйный насос (ГН); 6 – всасывающий трубопровод ГН; 7 – напорный трубопровод ГН; 8 – вспомогательный насос.

Наиболее совершенной методикой определения параметров ГН является методика Е.А. Соколова, Н.М. Зингера. Используя данную методику, внеся некоторые изменения и упрощения с учётом h , q и k , получаем основную характеристику гидроструйного насоса (ГН) в виде уравнения $h = f(q)$.

$$h = \frac{1,76}{k} - q^2(a - b) - q \cdot c - a \quad (8)$$

где $a = \frac{1,805 \cdot \varphi_n - 0,731}{k^2}$; $b = \frac{0,705}{k(k-1)}$; $c = \frac{3,61 \cdot \varphi_n - 1,462}{k^2}$; $q = \frac{Q_{вс}}{Q_c}$; $k = \omega_{ак} / \omega_{кон}$

φ_n – коэффициент, определяющий степень смешивания воды, подаваемой из насоса, и всасываемой в смесительной камере.

С помощью ГН определяем параметры повышения производительности насосной станцией в следующем порядке.

1. Если в соответствии с требованием водопотребления необходимо увеличить производительность насоса Q_n на α процентов, то объем воды, подаваемой насосом в сопло, а также новое число оборотов вала насоса определяются следующими выражениями.

$$Q_c = Q_{вс} / q = \alpha \cdot Q_n / q; n = n_{ном} (Q_1 / Q_2); n = n_{ном} (H_1 / H_2)^{0,5} \quad (9)$$

при этом $q = 0,3 \dots 1,0$ является оптимальным по результатам исследований.

2. Построим новую напорную характеристику $H_1 - Q$ и характеристику КПД $\eta'_1 - Q$, соответствующую новому числу оборотов насоса (рис. 4). При этом $Q_c = Q_1$.

3. По принятому значению q определяем значение h по формуле (8).

4. Определим площадь поперечного сечения и диаметр сопла.

$$\omega_{con} = Q_c / g_{con}; d_c = (1,27 \cdot \omega_{con})^{0,5} \quad (10)$$

$$g_{con} = \phi_1 \sqrt{2g(H_n - h_{вс})}; \phi_1 = 0,95 \quad (11)$$

5. Определяем размеры смесительной камеры на основе $k = \omega_{ак} / \omega_{con}$.

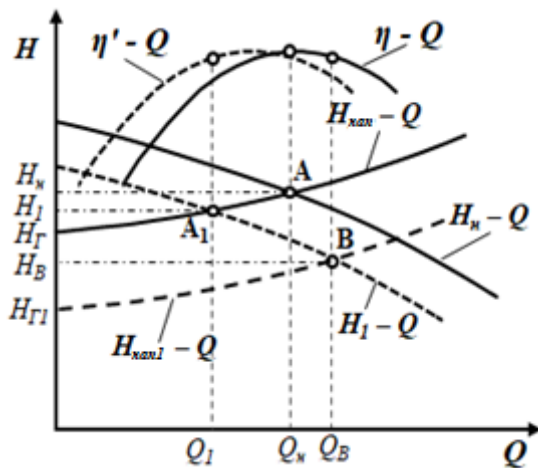


Рис. 4. Изменение режима работы насоса при подаче воды в ГН

$$\omega_{ак} = k \cdot \omega_{con}; d_{ак} = (1,27 \cdot \omega_{ак})^{0,5} \quad (12)$$

6. Определяем длину смесительной камеры и диффузора.

$$l_{ак} = (6,0 \dots 10,0) \cdot d_{ак};$$

$$l_{диф} = (6,0 \dots 7,0) \cdot (d_{диф2} - d_{диф1}) \quad (13)$$

7. Вычисляем диаметры подающего и всасывающего трубопроводов ГН, т.е. $d_{с.б} = (2,0 \dots 2,5) d_{ак}; d_{вс} = 3,0 \cdot d_{ак}$.

8. С помощью гидравлических расчетов определяем значения потерь напора в установке ГН и в подводящем к нему трубопроводе $\Sigma \Delta h_{кур.}$ и вычисляем напор $H_{гн}$.

$$H_{гн} = H_{Г1} + \Sigma \Delta h_{уст.} \text{ здесь } h_{гн} = H_{Г1} = h(H_1 - h_{вс}) + h_{вс} \quad (14)$$

В расчетах производительность водоподачи ГН получена следующим образом: $Q_{гн} = Q_{вс} + Q_c = \alpha \cdot Q_n + Q_c$.

9. Определяем коэффициент гидравлического сопротивления трубопроводной системы установки ГН $s = \Sigma \Delta h_{уст.} / Q_{гн}^2$ и строим напорную характеристику $H_{мп1} - Q$. Эта характеристика пересекается с новой напорной характеристикой насоса $H_1 - Q$ в точке B, и эта точка является рабочей точкой устройства ГН. Следовательно, при уменьшении частоты вращения основного насоса и подаче к ГН воды в количестве Q_1 , за счёт снижения геометрического напора с $H_{Г1}$ до $H_{Г1}$ расход воды, подаваемой в сопло, становится равным Q_B . В этих условиях производительность подачи воды насосом совместно с ГН будет равна $Q_{гн} = Q_{вс} + Q_B = q \cdot Q_B + Q_B$. Однако устройство может перекачивать

эту воду только на высоту $H_{ГЛ}$, поэтому для перекачки расхода воды $Q_{гн}$ на высоту $H_{Г} - H_{ГЛ}$ используется вспомогательный насос.

На основе данной методики расчеты по повышению производительности насоса марки Д5000-32 выполнены на основе следующих параметров: $n_{ном} = 730$ об/мин, $D_1 = 700$ мм, $H_{Г} = 30$ м, $H_{н} = 35$ м, $Q_{н} = 1,2$ м³/с, $h_{гс} = 2,0$ м. Расход воды, подаваемой в ГН, принят равным 60% от $Q_{н}$, т.е. $Q_c = 0,72$ м³/с. Диаметр напорного трубопровода ГН $D_{нап} = 800$ мм, длина $L_{нап} = 20$ м.

Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры способов повышения производительности водоподачи НС

$H_{ГЛ}$, м	Параметры	1-й способ			2-й способ		
		Основной насос (нормальный режим)	Вспомогательный насос	Итого	Регулируемый режим основного насоса с гидроструй. насосом	Вспомогательная насосная установка	Итого
18	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	1,2	0,44	1,64	$Q_B = 1,31$	0,33	1,64
	$H, \text{ м}$	35,0	37	37	$H_B = 23,8$	13,8	37,6
	η	0,89	0,75		$\eta_B = 0,89$	0,80	
	$N, \text{ кВт}$	463	213,0	676,0	$N_B = 344,0$	277,0	621,0

За счет использования ГН производительность подачи воды основным насосом повышается на 0,44 м³/с, т.е. на 36,7%, а мощность, затрачиваемая на перекачку воды, снижается на 55 кВт, т.е. на 8,1%. Если насос будет работать в этом режиме 2000 часов в год, то количество сэкономленной электроэнергии составит 110000 кВт·час.

В третьей главе диссертации «**Определение энергоэффективных способов очистки водоприёмного сооружения насосной станции от отложений наносов**», представлены результаты исследований нового устройства для очистки аванкамер от отложений наносов, основанного на использовании ГН.

Работа данного устройства осуществляется следующим образом (рис.5). Вода из напорного трубопровода через трубопровод 6 подаётся в ГН 7, в результате чего наносы из прямка 8 засасываются в пульпопровод 9, а гидросмесь с помощью гидроструйного насоса 7 по транспортирующему трубопроводу 11 выводится за пределы сооружения.

Данное устройство имеет следующие преимущества.

- а) для установки устройства не требуется внесения каких-либо конструктивных изменений в здание НС и систему трубопроводов;
- б) поскольку отстойные прямки расположены в зонах наибольшего накопления наносов, повышается эффективность очистки аванкамеры и сокращается время, необходимое для её выполнения;
- в) для работы устройства не требуется дополнительного расхода электрической энергии (за исключением энергии подаваемой воды).

Предложенное устройство отличается от других устройств минимальным энергопотреблением, очень простой конструкцией, минимальными затратами на его строительство и эксплуатацию.

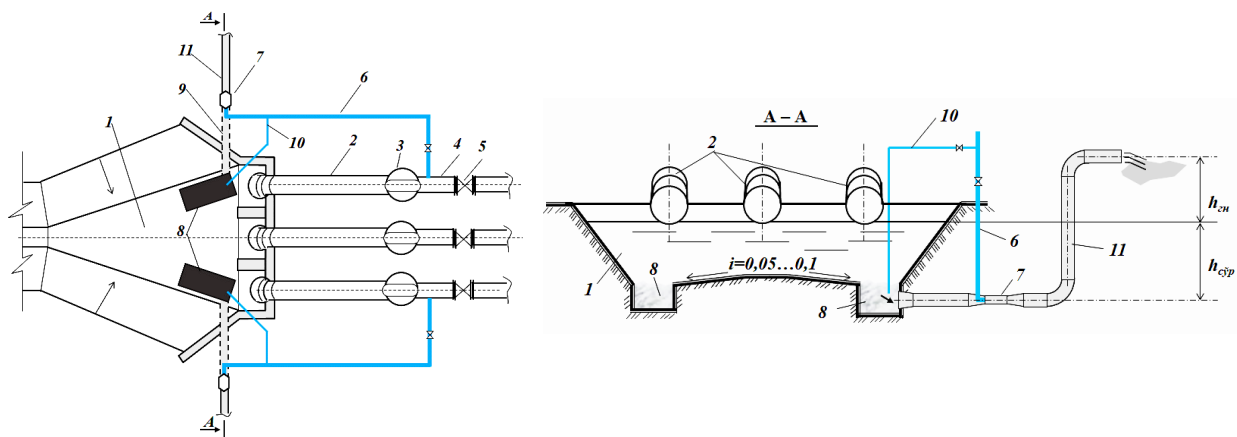


Рис. 5. Схема устройства очистки аванкамеры насосной станции от наносных отложений.

1 – аванкамера; 2 – всасывающие трубопроводы; 3 – насосный агрегат; 4 – напорный трубопровод; 5 – запор (затвор, задвижка); 6 – трубопровод подачи напорной воды в ГН; 7 – гидроструйный насос (ГН); 8 – отстойные (сборные) прямки для наносов; 9 – пульпопровод; 10 – трубопровод подачи напорной воды для разрыхления наносов, 11 – напорный трубопровод ГН.

На основе теоретических исследований, проведенных по данному устройству, предложена характеристика $h=f(q_m)$ для определения параметров ГН, предназначенных для очистки наносных отложений.

$$h = 0,902 \cdot \bar{\omega} \left\{ 1,75 + 0,3\bar{\omega}Sq_m^2(1+\alpha) \cdot \left(\frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{н.н.}}} \alpha + \frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{м}}} \right) - \right. \\ \left. - 1,34\bar{\omega} [1 + q_m(1+\alpha)] \cdot \left[\frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{см}}} (1 + \alpha \cdot q_m) + \frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{м}}} q_m \right] \right\} \quad (15)$$

$\bar{\omega} = \omega_1/\omega_2$ – значение относительной площади поперечного сечения; ω_1 – площадь поперечного сечения сопла; ω_2 – площадь поперечного сечения смесительной камеры; h – относительный напор ГН определяется по формуле (7).

$$S = 1/(1-\bar{\omega}), \quad q_m = \frac{Q_m}{Q_{\text{н}}} - \text{относительный расход наносов; } \alpha = \frac{Q_{\text{в}}}{Q_m};$$

где, $Q_{\text{в}}$ и Q_m – расход воды и наносов (твёрдого тела) в составе взвешенного потока; $\rho_{\text{в}}, \rho_{\text{н.н.}}, \rho_{\text{см}}, \rho_{\text{м}}$ – плотность напорной (подаваемой) воды, всасываемого потока с наносами, смеси напорной воды и наносов, твёрдых частиц.

На основе заранее известных значений $\bar{\omega}$, S и $\rho_{\text{в}}, \rho_{\text{м}}$ из этого уравнения и вычислив значения $\rho_{\text{н.н.}}, \rho_{\text{см}}, \alpha$ можно найти значение q_m по следующей зависимости

$$q_m = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A} \quad (16)$$

при этом значения параметров A, B, C определяются следующим образом.

$$\begin{aligned}
A &= 2 \cdot [1,34(\bar{\rho}_{см} + \bar{\rho}_m) - 0,3(\bar{\rho}_{н.н.} + \bar{\rho}_m) \cdot S] \\
B &= 1,34 \cdot (3 \cdot \bar{\rho}_{см} + \bar{\rho}_m) \\
C &= 2 - 0,262 \cdot h^{-1} - 0,656 \cdot \bar{\rho}_{см}
\end{aligned}
\tag{17}$$

Относительная плотность: $\bar{\rho}_{н.н.} = \rho_{\text{в}} / \rho_{н.н.}$ – потока с наносами, $\bar{\rho}_{см} = \rho_{\text{в}} / \rho_{см}$ – смеси напорной воды и наносов, $\bar{\rho}_m = \rho_{\text{в}} / \rho_m$ – твёрдых частиц.

При определении параметров ГН считаем целесообразным использовать рекомендации, основанные на результатах многочисленных экспериментальных исследований.

а) оптимальные значения отношения рабочего (подаваемого) расхода воды к общему расходу воды должны быть следующими:

$$Q_{\text{в}} / (Q_{\text{в}} + Q_{н.н.}) = 0,3 \dots 0,6 \tag{18}$$

б) геометрические размеры ГН следует определить на основе нижеследующих рекомендаций Г. С. Щербины:

$$\frac{d_k}{d_{\text{con}}} = 2,0 \dots 4,5 \tag{19}$$

в) напор ГН $h_{гн}$ также целесообразно определять по зависимости, предложенной Г.С. Щербиной.

$$\frac{h_{гн}}{H_n} = 0,242 \left(\frac{\rho_{\text{в}} \cdot Q_{\text{в}}}{\rho_{н.н.} \cdot Q_{н.н.}} \right)^{0,779} \tag{20}$$

где $\rho_{\text{в}}$, $\rho_{н.н.}$ – плотности воды и взвешенного потока, $Q_{\text{в}}$ – расход напорной воды, подаваемой насосом, $Q_{н.н.}$ – расход взвешенного потока, H_n – напор основного насоса.

На основании приведенных выше рекомендаций и уравнений (15), (16) и (17) напорно-расходная характеристика ГН может быть представлена в следующем виде (рис. 6). При этом исходные параметры равны: $Q_{\text{в}} = 25 \text{ м}^3/\text{час}$, напор $H_n = 40 \dots 62$ метра, $\rho_m = 2200 \text{ кг/м}^3$, высота всасывания $h_{\text{вс}} = 2,5$ метра.

Также были проведены лабораторные исследования с целью изучения экспериментальных закономерностей процесса очистки наносов ГН, выявления взаимосвязей, демонстрирующих взаимосвязь между основными параметрами ГН, включая напорно-расходной характеристики.

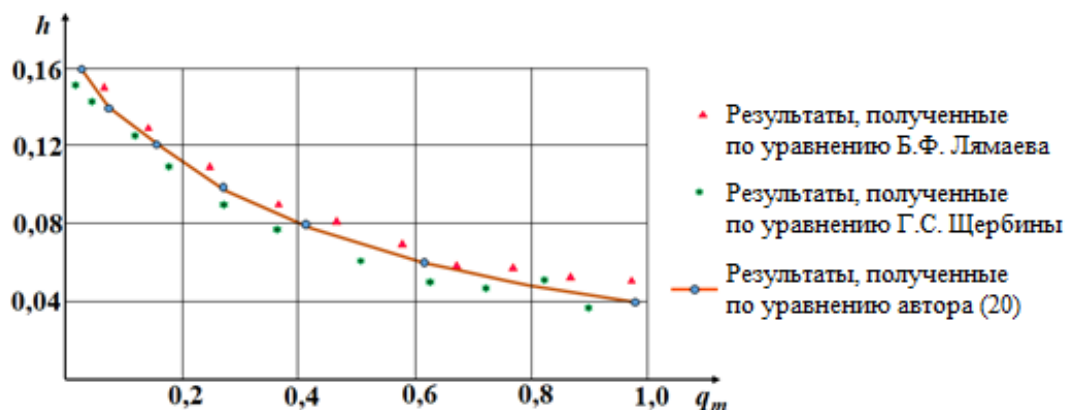


Рис. 6. График напорно-расходной характеристики ГН

Исследования проводились на основе следующих параметров.

$d_{кам}/d_{con}=2,14$; $H_n=31,7...35$ м.; $Q_в=1,96...2,80$ л/с; $h_{вс}=0,6$ м.

На основании результатов лабораторных исследований была определена напорно-расходная характеристика ГН (рис. 7).

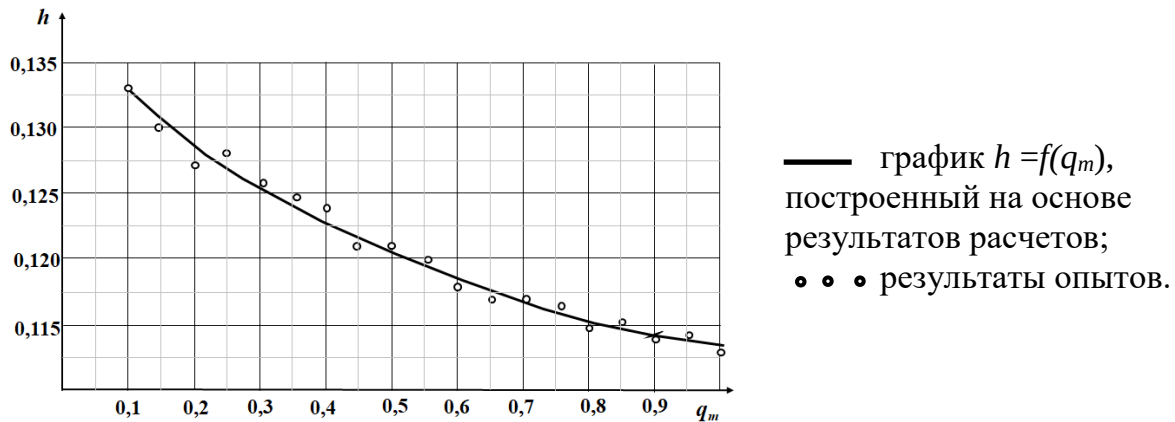


Рис. 7. График напорно-расходной характеристики ГН

На приведенном выше графике результаты, рассчитанные на основе уравнений (15), (16), (17), (20) представлены в виде функции $h=f(q_m)$, и ее результаты соответствуют результатам экспериментов (среднеквадратичное отклонение составляет 5%). Значения этой функциональной зависимости изменяются в зависимости от напора основного насоса H_n , расхода воды $Q_в$, подаваемой в ГН, высоты всасывания $h_{вс}$, соотношения геометрических размеров $d_{кам}/d_{con}$, плотности твердых частиц ρ_m в наносах.

В четвертой главе диссертации «**Использование технологических моделей, направленных на повышение энергоэффективности насосных станций**» представлены результаты исследований по моделированию схем и технологического процесса использования возобновляемых источников энергии в энергоснабжении НС, а также эффективности эксплуатации станций в режиме "потребитель-регулятор" и осуществления оплаты за энергию по дифференцированным тарифам.

В качестве основного критерия обеспечения НС энергией фотоэлектрической станции (ФЭС) (рис.8) можно привести требования по максимальному использованию солнечной энергии и обеспечению полного удовлетворения потребности в энергии НС:

$$\mathcal{E}_{ФЭС}(T) \rightarrow \max; \quad \mathcal{E}_{ФЭС}(T) = \mathcal{E}_{НС}(T) \quad (21)$$

Основными ограничениями и условиями функционирования при выполнении данного критерия являются:

а) объём воды, перекачиваемый НС за время $T=t_2 - t_1$, не должен быть меньше требуемого потребителем объёма воды V_{nom} , то есть:

$$V_{nom} - \int_{t_1}^{t_2} Q_{НС}(t)dt = \mathcal{E}_{НС} \cdot 367 \int_{t_1}^{t_2} H^{-1}(t) \cdot \eta(t)dt - \int_{t_1}^{t_2} Q_{НС}(t)dt = 0 \quad (22)$$

б) насосные агрегаты должны иметь высокие значения КПД, то есть:

$$0,98 \cdot \eta_{max} \leq \eta(t) \leq \eta_{max} \quad (23)$$

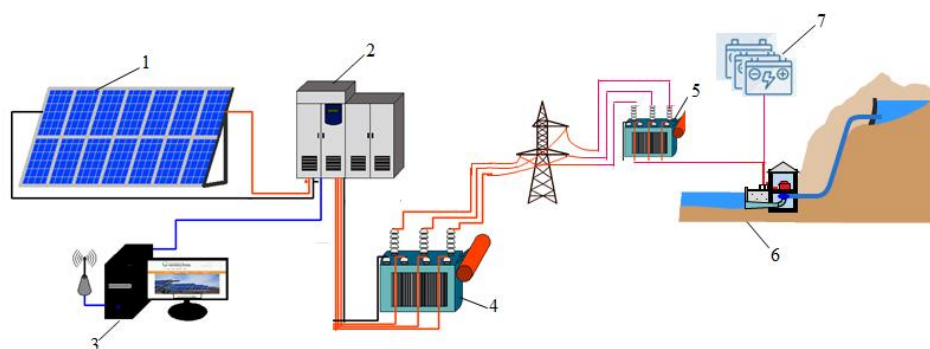


Рис. 8. Схема системы солнечного энергоснабжения насосной станции

1 - солнечные панели; 2 - сетевой инвертор; 3 - центр управления; 4 - трансформатор повышения напряжения; 5 - трансформатор снижения напряжения; 6 - насосная станция; 7 - система накопления энергии.

в) значения напора насоса также имеют ограничения, а именно:

$$H_{min} \leq H \leq H_{max} \quad (24)$$

На основании вышеприведенного критерия блок-схема алгоритма расчета значений $N_{НС}$, $N_{ФЭС}$, марки и количества насосов, необходимых для обеспечения $\mathcal{E}_{НС}$ энергопотребления НС при перекачке объема воды $V_{пот}$, представлена на рис. 9.

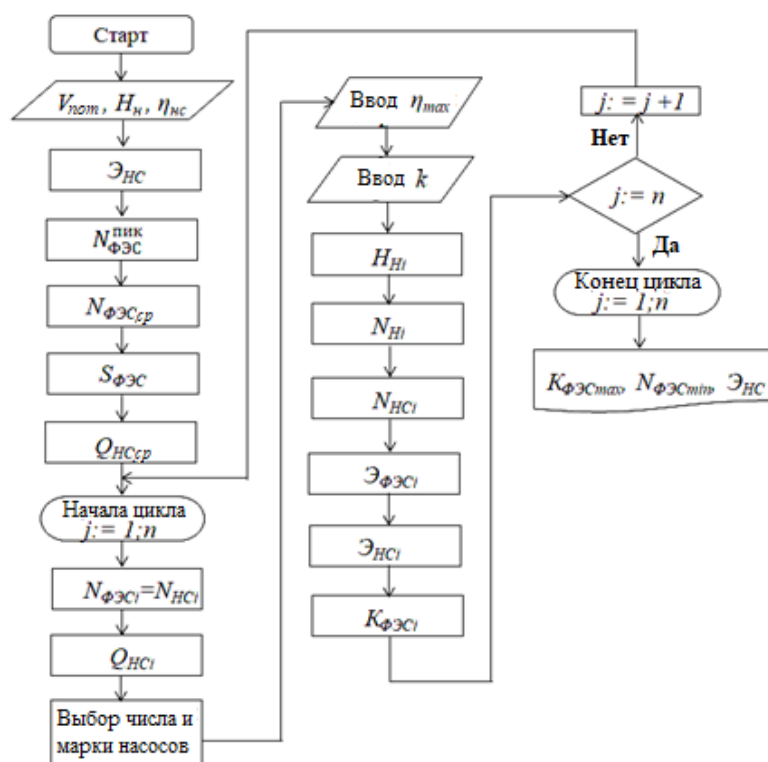


Рис. 9. Блок-схема алгоритма расчета наиболее эффективного варианта обеспечения НС солнечной энергией

Средняя мощность ФЭС (НС) и значение производительности НС можно определить следующим образом

$$N_{ФЭС_ср} = \mathcal{E}_{НС} / T_{ФЭС_ср}, \text{ кВт}, \quad Q_{НС_ср} = N_{ФЭС_ср} \cdot \eta_{нс} / 9,81 \cdot H_n, \text{ м}^3/\text{с} \quad (25)$$

где $T_{ФЭС_ср}$ – среднее время работы ФЭС в течение дня, час.

Для максимального использования переменной мощности ФЭС в течение суток выбираем соответствующие ей марки насосов. Этот процесс осуществляется на основе схемы, приведенной на рисунке 10. Как видно из схемы, подбираются насосы, соответствующие практически всем мощностям ФЭС, при этом они имеют значение η_{max} . Режим работы насосов по этой схеме можно регулировать также методом частотного регулирования.

При использовании солнечной энергии для НС большой мощности можно использовать комбинированное электроснабжение на базе ФЭС и тепловых электростанций (ТЭС). В этом случае затраты на энергию можно рассчитать на основе следующей целевой функции.

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{НС} = & N_{НС}^{ТЭС}(t_1 - t_0) a_{эл}^{ТЭС} + N_{НС}^{ФЭС}(t_2 - t_1) a_{эл}^{ФЭС} + \sum_{i=1}^{t_2-t_1} N_{НСi}^{CHЭ1}(t_{2i} - t_{1i-1}) a_{эл}^{ФЭС} + \\ & + N_{НС}^{CHЭ2}(t_3 - t_2) a_{эл}^{CHЭ} + N_{НС}^{ТЭС}(t_3 - t_2) a_{эл}^{ТЭС} \longrightarrow \min \end{aligned} \quad (26)$$

где, $\sum_{i=1}^{t_2-t_1} N_{НСi}^{CHЭ1}(t_{2i} - t_{1i-1})$ – количество энергии, подаваемой в систему накопления энергии (СНЭ) ФЭС, $N_{НС}^{CHЭ2}(t_3 - t_2)$ – количество энергии, подаваемое на нужды НС, из накопителя $a_{эл}^{ФЭС}$, $a_{эл}^{ТЭС}$, $a_{эл}^{CHЭ}$ – цены (тарифы) на электрическую энергию на ФЭС, ТЭС и СНЭ (рис. 11).

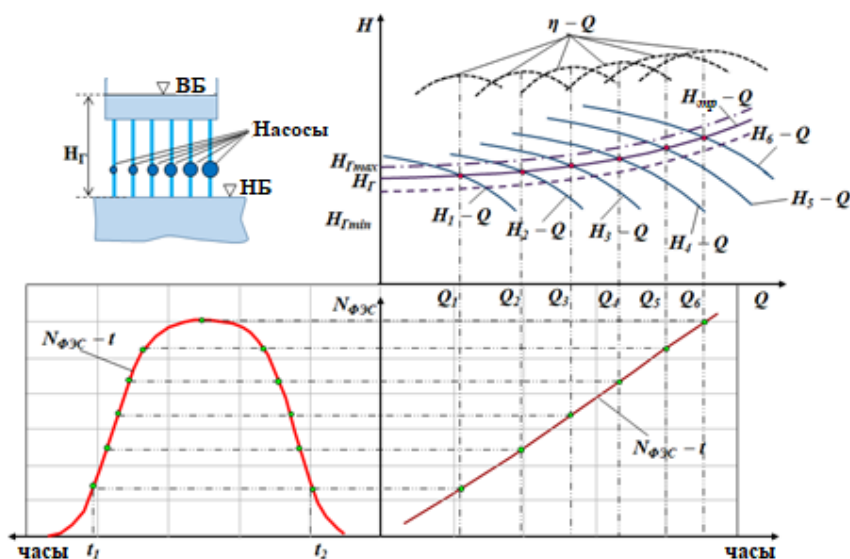


Рис. 10. Графики выбора насосов и определения режима их работы на основе мощности ФЭС

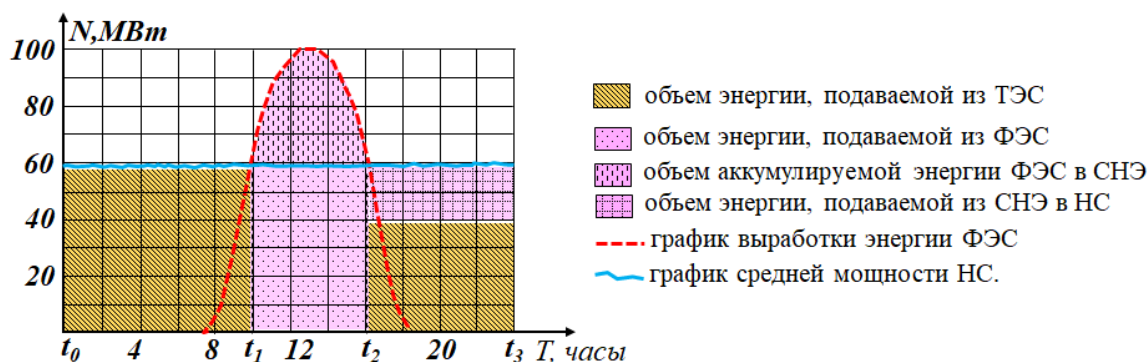


Рис. 11. Графики режимов работы энергосистемы обеспечения НС энергией, вырабатываемой ФЭС и ТЭС

На основании этого графика оптимизация режима работы НС осуществляется путем минимизации энергозатрат, при этом должны выполняться следующие условия.

$$\left. \begin{array}{l} 1. Q_{HCmin} \leq Q_{HCi} \leq Q_{HCmax} \\ 2. V_{min} \leq \sum_{i=1}^T Q_{HCi} t_i \leq V_{max} \\ 3. 0 \leq \gamma_Q \cdot V_{max} \leq \mathcal{E}_{HC} \end{array} \right\} \quad (27)$$

где γ_Q - количество электроэнергии, потребленное НС для перекачки 1 м³ воды, кВт·час/м³

Еще одним способом минимизации энергозатрат в НС является перевод на дифференцированные тарифы за энергию и использование НС в режиме работы "потребитель-регулятор."

Основной эффект для НС в режиме работы потребитель-регулятор может быть достигнут при наличии таких дифференцированных тарифов, организовав работу преимущественно с максимальной мощностью в часы, когда энергия дешевле, и переходом на минимальную мощность в случае, когда энергия дороже. Этот процесс в режиме суточной работы показан на рис. 12.

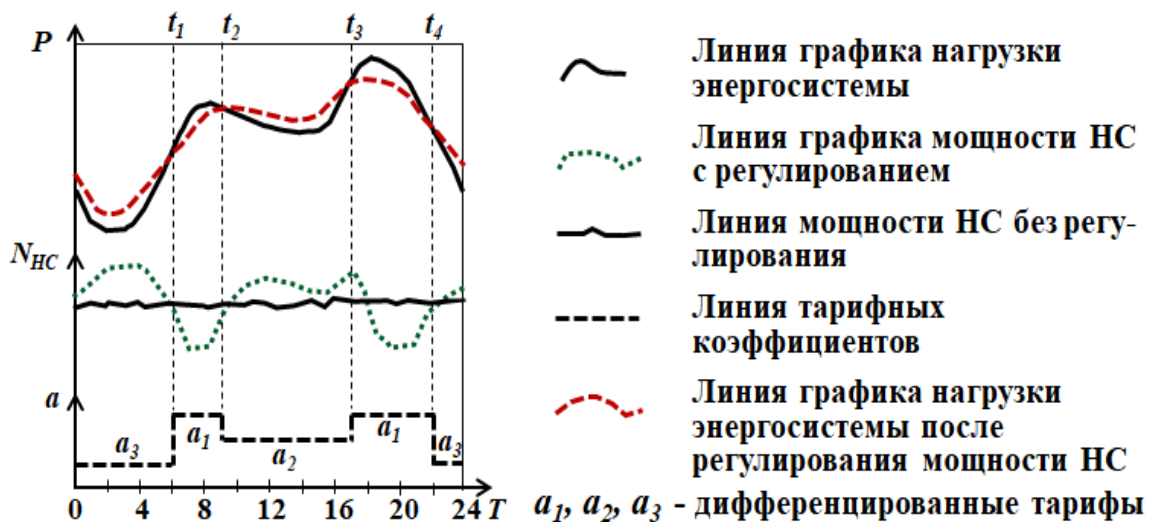


Рис. 12. Графики изменения нагрузки энергосистемы при использовании дифференцированных тарифов и управлении мощностью НС

При использовании дифференцированных тарифов и управлении мощностью НС величину экономии энергозатрат можно определить по графику на рис. 12 следующим уравнением.

$$\Delta \mathcal{E}_{HC}(T) = a_2 \int_{t_0}^T N_{HC}(t) dt - a_1 \int_{t_2}^{t_1} N_{HC}(t) dt - a_2 \int_{t_2}^{t_3} N_{HC}(t) dt - a_1 \int_{t_3}^{t_4} N_{HC}(t) dt - a_3 \int_{t_4}^{t_1} N_{HC}(t) dt \quad (28)$$

Предложена схема водозаборного сооружения с гидроэлектростанцией, позволяющая использовать существующий гидроэнергетический потенциал ирригационных сооружений для выработки электроэнергии (№ IAP 05378).

Данная конструкция водозаборного сооружения с гидроэлектростанцией имеет следующие преимущества:

а) устройство не требует напорного трубопровода или плотины, процесс эксплуатации осуществляется на основе существующего напора и расхода воды, поэтому затраты на устройство минимальны;

б) устройство оснащено гидротурбиной Банки, главными преимуществами которой являются способность эффективно работать даже при малом напоре (1,5...5,0 метров) и при значениях расхода воды 15% ...110% от его номинального значения.

В пятой главе диссертации «**Экономическая эффективность предлагаемых решений и методов по повышению энерго-и эксплуатационной эффективности насосных станций**» освещены основные вопросы определения экономической эффективности новых технических и технологических решений на насосных станциях, а также приведены рекомендации по повышению энерго-и эксплуатационной эффективности НС.

Выполнены расчеты по определению экономической эффективности оптимизации параллельной работы трех насосов Д1600 – 90 ($D_{p.k.}=540$ мм, $n = 1450$ об/мин) на основе обеспечения минимальных потерь энергии при обеспечении выполнения условий (5), приведенных в методике расчета экономии электрозатрат, на основе уравнения (4). Для расчетов приняты $L_{нап}=1,0$ метра, коэффициент шероховатости трубы равен 0,012, общая производительность всех трех насосов $Q_{об}=1,02...1,36$ м³/с, напор $H = 88,5...96,7$ метра, срок службы $T = 1500$ часов, тариф на электроэнергию $t_e = 1000$ сум/кВт·час. Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Определение оптимальных параметров при параллельной работе насосов

$D_{нап},$ мм	$CE, тыс.$ сум	K_1	$Q, м^3/с$	η	$H, м$	$\Delta E_{гид.}$ кВт·час	$PC,$ сум
800	1690	0,136	1,02	0,83	96,7	635,44	1091740
900	1893	0,135	1,08	0,84	94,8	463,03	974140
1000	2104	0,133	1,22	0,85	91,1	426,22	994300
1100	2315	0,130	1,36	0,84	88,5	403,60	1028650

Экономическая эффективность использования энергии ФЭС в энергоснабжении НС определяется по целевой функции (26). Минимальные энергозатраты получены в варианте при распределении энергии на основе графика на рис. 11 для НС мощностью 60 МВт: из ТЭС - 920 МВт·час, из ФЭС - 360 МВт·час, накопления энергии ФЭС в СНЭ - 180 МВт·час, энергией, из СНЭ в НС - 160 МВт·час. Установлено, что эти затраты могут быть на 18,3% ниже, чем в варианте с полным обеспечением потребности НС энергией от ТЭС, и дать экономический эффект не менее 33400 долларов в день.

Результаты расчетов по определению экономической эффективности устройств очистки аванкамеры от наносов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Устройств очистки аванкамеры от наносов технико-экономические показатели

Варианты	Сумма капитальных вложений, K , тыс. сум.	Банковская плата, B , тыс. сум.	Амортизационные затраты, PC , тыс. сум		Затраты на ремонт, R , тыс. сум		Расходы на электроэнергию, CE , тыс. сум	Всего, OC , тыс. сум
			Доля, %	Итого, тыс. сум.	Доля, %	Итого, тыс. сум		
1	608 000	121600	10,8	65 664	3,5	21280	7500	216024
2	37 600	7520	8,91	670	2,9	1090	5500	14700
3	22 000	4400	3,53	777	0,53	117	2200	7494

Результаты расчетов энергозатрат (28) по внедрению режима работы НС с управляемой мощностью на основе дифференцированных тарифов примерно на треть насосных станциях республики с установленной мощностью 1250 МВт по графикам на рис. 12 представлены в табл. 4.

Таблица 4

Регулирование мощности НС и определение энергетических затрат в дифференцированных тарифах

НС без регулируемой мощности					НС с регулируемой мощностью				
Тарифные зоны	T , час	$N_{НС}^{сум}$, МВт	$\Delta E_{НС}$, МВт·час	$\Delta E_{НС}$, млрд. сум	$N_{НС}^{сум}$, МВт	$\Delta E_{НС}^{гл}$, МВт·час	a , сум/кВт·час	$\Delta E_{НС}^{гл}$, млрд. сум	$\Delta \Delta E_{НС}$, млрд. сум
Пик	8,0	1250	10000	10,0	1000	8000	1500	12,0	-2,0
Полупик	8,0	1250	10000	10,0	1360	10880	1000	10,88	-0,88
Ночной	8,0	1250	10000	10,0	1390	11120	500	5,56	4,44
Итого:			30000	30,0		30000		28,44	1,56

В результате регулирования общей мощности НС снижение ее значения не превышает 20 %, а увеличение составляет 8,0...10,0 %. Изменение мощности в этих диапазонах не оказывает негативного влияния на водохозяйственные потребители, так как при этом обеспечивается необходимое количество общей суточной подачи воды.

Результаты расчетов показали, что использование дифференцированных тарифов и регулирование мощности НС в суточном режиме позволяет получить экономический эффект в размере 1 миллиарда 560 миллионов сумов в сутки и экономия 1596 тонн условного топлива.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Усовершенствована методика определения изменения гидравлических параметров перекачиваемого потока с наносами и оценки его влияния на эффективность насосов. На основе данной методики установлено, что при перекачке насосом Д1250–65М–0 расхода воды 0,28 м³/с на высоту 22 м при концентрации наносов (объемной доле взвешенных частиц) 5 % за 500 часов работы возможно дополнительное потребление электроэнергии в объеме

690 кВт·час. Разработанная методика позволяет более точно определять энергетические затраты насосных станций.

2. Разработана методика оптимизации режимов работы центробежных насосов, предназначенных для параллельной работы, с учетом типов, размеров трубопроводов и оборудования на них, с критериями достижения минимальных приведенных потерь напора и максимума КПД насосов. Результаты расчётов, выполненных на основе предложенной методики, показали, что при подаче $Q_{об} = 1,02\text{--}1,36 \text{ м}^3/\text{с}$ и напоре $H = 88,5\text{--}96,7 \text{ м}$ для насосной станции, работающей в среднем $T = 1500$ часов в год, за счёт оптимального подбора диаметров напорных трубопроводов и оборудования можно сэкономить 0,01226 кВт·час электроэнергии на каждый кубометр закачиваемой воды.

3. Предложен способ повышения производительности насосов с использованием гидроструйного насоса и регулированием режима работы основного насоса с помощью преобразователя частоты. По результатам расчетов установлено, что в результате использования данного метода подачу насоса Д5000-32 можно увеличить на 15...45% и при этом потребляемая энергия снижается на 2,5...18,2%.

4. Предложена новая конструкция для очистки отложений наносов в аванкамерах насосных станций, которая имеет минимальные затраты энергии и капитальные вложения, удобной и надежной в эксплуатации, не потребляющей электрической энергии. Данная конструкция позволяет осуществлять очистку аванкамеры от отложений наносов без остановки насосной станции в процессе её работы. В результате использования данного метода, в насосной станции, производительностью $5,4 \text{ м}^3/\text{с}$ и напором 31,5 метра, работающей 1000 часов в год за счет недопущения заиливания аванкамеры может быть сэкономлено 39400 кВт·час, что по нынешнему тарифу на электроэнергию составляет 39,4 млн сум. Затраты на очистку аванкамеры от наносов гидроструйным насосом будут дешевле, чем у альтернативных вариантов этой работы, конкретно: в 28,8 раза, чем у земснарядов, и в 1,96 раза дешевле, чем у грунтовых насосов.

5. Разработана новая методика определения параметров предлагаемого устройства для очистки наносов. В данной методике предложено аналитическое выражение напорно-расходной характеристики установки, позволяющее определить оптимальные параметры гидроструйных насосов.

6. Были проведены экспериментальные исследования на лабораторной установке гидроструйного насоса, служащего для очистки отложений наносов, и получена напорно-расходная характеристика установки и ее эмпирическое уравнение. Результаты, полученные при теоретическом расчёте напорно-расходной характеристики гидроструйного устройства для очистки наносов, хорошо согласуются с экспериментальными данными, полученными в ходе испытаний, при этом расхождение между ними не превышает 5 %.

7. Разработана математическая модель определения режима работы и параметров насосных станций, питаемых от солнечной энергии, по критериям максимального использования солнечной энергии и обеспечения

максимального коэффициента полезного действия насосных агрегатов в процессе работы. Результаты расчетов, выполненных по данной модели, показали, что при применении оптимального режима работы и параметров насосной станции коэффициент использования солнечной энергии увеличивается на 6%, и за счет этого максимальная мощность фотоэлектрической станции может быть снижена на 15%.

8. Разработана методика определения энергетических затрат комбинированной системы, питаемой от солнечной энергии и обеспечивающей накопление ее избыточной выработки и при необходимости передачу накопленной энергии на нужды насосной станции. Результаты расчетов, выполненных по данной методике, показали, что при использовании данной системы в насосной станции мощностью 60 МВт может быть получена ежедневная прибыль в размере 33400 долларов по сравнению с обеспечением энергией от централизованной энергосистемы.

9. Разработана методика определения эффективности внедрения дифференцированных тарифов за энергию и использования оросительных насосных станций в энергетической системе в режиме "потребитель-регулятор". Результаты расчетов, выполненных по данной методике, показали, что при внедрении режима работы НС с регулируемой мощностью на основе дифференцированных тарифов на одной трети насосных станций водохозяйственной системы республики общей мощностью 1250 МВт можно получить более 1,5 млрд. сумов экономического эффекта и сэкономить 1596 тонн топлива в день по сравнению с обычным тарифом и нерегулируемым режимом работы насосных станций.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.17/2025.27.12.T.01.01 AT THE SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE
OF IRRIGATION AND WATER PROBLEMS**

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY
NAMED AFTER ISLAM KARIMOV**

JURAEV SANJAR RASHIDOVICH

**SCIENTIFIC FOUNDATIONS FOR IMPROVING THE ENERGY AND
OPERATIONAL EFFICIENCY OF PUMPING STATIONS IN
IRRIGATION SYSTEMS**

05.09.06 – Construction hydrotechnics and melioration

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

Tashkent-2026

The theme of the doctoral dissertation (DSc) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission with number B2026.1.DSc/T1046.

The dissertation has been prepared at the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is placed on website (www.ismiti.uz) and information-educational portal Ziyonet at the address www.ziyonet.uz

Scientific consultant:

Mukhammadiev Muradulla Mukhammadievich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Shakirov Baxtiyar Maxmudovich
doctor of technical sciences, professor

Xujakulov Rustam
doctor of technical sciences, professor

Bazarov Dilshod Rayimovich
doctor of technical sciences, professor

Leading organization:

Tashkent architecture and construction university (TACU)

Defense of the thesis will be held «21» August 2026 at 14⁰⁰ hours at meeting of the Scientific Council DSc.17/2025.27.12.T.01.01 at the Scientific research institute of irrigation and water problems at the address: 100187, Tashkent, Karasu-4, 11. Tel.: (99899) 434-43-28, e-mail: ismiti@minwater.uz).

The doctoral dissertation can be reviewed in the Information Resource Center of the the Scientific research institute of irrigation and water problems (registered № 5). Address: 100187, Tashkent, Karasu-4, 11. Tel.: (99899) 434-43-28, e-mail: ismiti@minwater.uz).

The thesis abstract was sent out «31» 07 2026.

(Protocol of distribution № 5 from «31» 07 2026.)



I.E. Makhmudov

Chairman of the Scientific Council
forwarding academic degrees,
doctor of technical sciences, professor

U.A. Sadiev

Scientific secretary of scientific Council
forwarding academic degrees,
PhD, senior researcher

O.Ya. Glovatskiy
Chairman of the academic seminar
doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (Abstract for the dissertation of Doctor of Science (DSc))

The aim of the research is to develop new structural and technological solutions for improving the energy efficiency and operational performance of pumping stations and to substantiate their hydraulic, technical, and energy parameters.

The objectives of the research are:

to analyze published scientific studies and literature on the energy efficiency and operational performance of pumping stations and to develop a research program;

to develop a methodology for determining the optimal parameters of pressure pipelines and hydraulic equipment of pumping stations;

to develop a method for the optimal regulation of the operating modes of parallel-operated centrifugal pumps;

to develop a method and operational scheme for increasing the water delivery capacity of pumping stations without increasing energy consumption;

to develop a device for removing sediment deposits from the forebay of pumping stations;

to develop an analytical expression of the head–discharge characteristic of the device for removing sediment deposits from the forebay of pumping stations;

to conduct laboratory investigations of the device for removing sediment deposits from the forebay of pumping stations;

to determine the effect of pumping sediment-laden water on the efficiency of pumping units;

to develop a methodology for determining the optimal operating modes and parameters of pumping units that ensure the maximum utilization of solar energy at pumping stations;

to develop a methodology for evaluating the efficiency of introducing differentiated electricity tariffs at irrigation pumping stations and for operating pumping stations within the power system in the "consumer–regulator" mode.

The object of the research is irrigation pumping stations operating within the system of the Ministry of Water Resources of the Republic of Uzbekistan.

The scientific novelty of the research is as follows:

a methodology has been improved for determining the influence of changes in the hydraulic parameters of sediment-laden water flow on the efficiency of pumping units operating at pumping stations, taking into account the variation of flow characteristics;

a new efficient device based on the application of a hydro-jet pump for removing sediment deposits from the forebays of pumping stations has been proposed, and an analytical expression of the head–sediment discharge characteristic has been developed for determining its optimal operating parameters;

based on experimental investigations of the hydro-jet pump designed for sediment removal, the head–sediment discharge characteristic and its empirical equation have been obtained;

a methodology has been developed for regulating the operating modes of parallel-operated centrifugal pumps according to the criterion of maximum efficiency and for optimizing the dimensions of pipelines and hydraulic equipment, as well as energy consumption, based on the criterion of minimum total costs;

a new system has been proposed for increasing the water delivery capacity of pumping stations by using a hydro-jet pump in combination with frequency-controlled regulation of the main pump operating mode, and a methodology has been

developed for determining the optimal parameters of the system according to the criteria of maximum water delivery capacity and minimum energy consumption;

a methodology has been developed for optimizing the operating modes and parameters of solar-powered pumping stations according to the criteria of ensuring the maximum efficiency of pumping units and the maximum utilization of solar energy;

a methodology has been developed for determining the operating parameters and efficiency of pumping stations within irrigation systems under differentiated electricity tariffs and for their operation within the power system in the "consumer–regulator" mode.

Implementation of the research results. Based on the scientific results obtained in the development and investigation of new designs and technologies aimed at improving the operational efficiency of pumping stations:

a utility model patent of the Intellectual Property Center under the Ministry of Justice of the Republic of Uzbekistan was granted for a device designed to remove sediment deposits from the water intake structure (forebay) of pumping stations ("Water Intake Structure", Patent No. FAP 00938). As a result, it was established that the cost of removing sediment deposits from the water intake structure can be reduced by 20–30 times compared with dredgers and by 1.5–2.5 times compared with slurry pumps;

a utility model patent of the Intellectual Property Center under the Ministry of Justice of the Republic of Uzbekistan was granted for a device for increasing the water delivery capacity of pumping stations ("Pumping Unit Equipped with a Capacity Enhancement Device", Patent No. FAP 01200). As a result, it became possible to increase the water delivery capacity of pumping stations by 15–45% while reducing pump power consumption by 2.5–18.2%;

the device for removing sediment deposits from the forebay of pumping stations was implemented at the M-II-2 Pumping Station operated by the Karshi Main Canal Administration under the Ministry of Water Resources of the Republic of Uzbekistan (Reference No. 04/20-2472 dated May 18, 2026). As a result, the annual cost of sediment removal from the forebay was reduced by 28.8 times compared with dredgers and by 1.96 times compared with slurry pumps, while 39,400 kWh of electrical energy was saved annually;

the system for increasing the water delivery capacity of pumping stations by applying a hydro-jet pump together with frequency-controlled regulation of the main pump was implemented at the Aykoron-1 Pumping Station operated by the Naryn–Syrdarya Basin Irrigation Systems Administration under the Ministry of Water Resources (Reference No. 04/20-2472 dated May 18, 2026). The implementation demonstrated that the economic benefit obtained from using the hydro-jet pump exceeded the invested costs by 1.19 times;

the methodology for determining the optimal dimensions of pressure pipelines and hydraulic equipment of pumping stations was accepted for application in the reconstruction of the Qishliq Pumping Station operated by the Pumping Stations and Energy Administration under the Amu–Kashkadarya Basin Irrigation Systems Administration (Reference No. 04/20-2472 dated May 18, 2026). As a result, it became possible to save 0.01226 kWh of electrical energy for each cubic meter of pumped water.

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, five chapters, conclusions, a list of references, and appendices. The total volume of the dissertation comprises 194 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У., Джураев К.С., Мамадиёров Э.К., Жураев С.Р., Махмудов Ж.Х. Водозаборное сооружение с гидроэлектростанцией// Патент на изобретение IAP 05378, 18.03.2017.
<https://api-nsp.ilmiy.uz/static/uploads/blutten38ec256c-b99e-434c-aa34-ef964d88edf2.pdf>

2. Mukhammadiev M.M., Urishev B.U., Juraev S.R. Optimization of operating modes of pumping stations equipped with parallel-operated centrifugal pumps// Журнал “Универсум технические науки”. – Москва, 2026. – №6 (147), Часть 14. – С. 61-66. (02.00.00. №1).
<https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23045>

3. Juraev S.R. Hydraulic characteristics of the motion and settling of slurry particles in the forebays of pumping stations// Журнал "Экономика и социум". – Саратов, 2026. – №6 (145). www.iupr.ru (11.00.00. № 11).
https://a78cf8ac-3ef5-4670-8fcd-a900ec94fd9b.filesusr.com/ugd/b06fdc_adf5bb2b23984301ae5a5056e4292214.pdf?index=true

4. Джураев К.С., Жураев С.Р., Шадибекова Ф.Т., Мамбетов А.К. Состояние и перспективы гидроэнергетической отрасли Республики Узбекистан//“Агро Илм” журналы. – Тошкент, 2023. – № 3(91). – Б. 50-51. (05.00.00; №3).
https://arm.ssuv.uz/journal/pdf_69731b6a65ef6.pdf?utm_source

5. Маматкулов Д., Жураев С., Амиров Ш., Каримов А. Автоматическое управление насосной станции с учетом изменения уровней воды в открытых каналах// “Ўзбекистон қишлоқ ва сув хўжалиги” журналы. – Тошкент, 2021. – № 7.– Б. 40-41. (05.00.00; №8).
<https://www.slib.uz/article/14701>

6. Джураев К., Жураев С., Мамбетов А. Баланс расходов в гидроэнергетических комплексах// “Ўзбекгидроэнергетика” илмий-техник журналы. –Тошкент, 2023. –№3. –Б. 63-64. (ОАК Раёсатининг 2020 йил 30 октябрдаги 287/9.1-сон қарори).
https://upload.uzgidro.uz/upload/files/2026_07_16_20_40_176a58d1313d208.pdf

7. Джураев К., Жураев С., Мамбетов А. Напорные характеристики гидроэнергетического комплекса// “Ўзбекгидроэнергетика” илмий-техник журналы. –Тошкент, 2023. –№4. –Б. 51-52. (ОАК Раёсатининг 2020 йил 30 октябрдаги 287/9.1-сон қарори).
https://upload.uzgidro.uz/upload/files/2026_07_16_20_41_446a58d188c8f38.pdf

8. Urishev B., Juraev S.R., Urishova D.B. Hidroaralashmalarni haydab beradigan gidrooqimchali nasosning asosiy parametrlarini aniqlash// “Innovatsion texnologiyalar” ilmiy jurnal.–Qarshi, 2023.Maxsus son. –Б.34-41. (05.00.00; №38).
<https://www.slib.uz/article/26279>

9. Мухаммадиев М., Уришев Б., Жураев С.Р. Снижение энергетических затрат крупных насосных станций использованием возобновляемых

источников энергии// Журнал. «Проблемы энерго - и ресурсосбережения», – Ташкент, 2025. – №3. – С. 179-188. (05.00.00; №21).

<https://energy.tdtu.uz/index.php/journal/article/view/255>

10. Мухаммадиев М., Уришев Б., Жураев С. Анализ эффективности малых гидроаккумулирующих электрических станций// “Ўзбекгидроэнергетика” илмий-техник журнали. – Тошкент, 2025. –№3. –Б. 91-100. (ОАК Раёсатининг 2020 йил 30 октябрдаги 287/9.1-сон қарори).

<https://zenodo.org/records/17639834>

11. Jurayev S.R. Integration of solar energy and hydraulic storage in irrigation systems for sustainable agriculture// Science and Education in Karakalpakstan. ISSN 2181-9203. –№4/2 (53) 2025. 303-309p. (05.00.00; №27).

<https://drive.google.com/file/d/15l3WhYGjVhL3I193ncI5YfDneN0bwwhU/view>

12. Jurayev S.R., Uzaqbaev Q.A. Application of solar power plants to reduce energy costs in pumping stations// Science and Education in Karakalpakstan. ISSN 2181-9203. –№4/2 (53) 2025. 318-322p. (05.00.00; №27).

<https://drive.google.com/file/d/15l3WhYGjVhL3I193ncI5YfDneN0bwwhU/view>

13. Jurayev S.R. Analytical assessment of technical and economic performance indicators of renewable energy-based water pumping systems// Science and Education in Karakalpakstan. ISSN 2181-9203. –№1/2 (55) 2026. 446-449p. (05.00.00; №27).

<https://drive.google.com/file/d/1XGaZyg7ykowdUJ8FpumgZ5HvdB64gyyy/view>

II бўлим (II часть; II part)

14. Мухаммадиев М., Уришев Б., Жураев С.Р. Суғориш насос станциялари аванкамерасида лойқа чўкмаларини тозалаш самарадорлигини ошириш// Монография.- Т.: “Innovatsion rivojlanish nashriyot-matbaa uyi”, 2025, - 120 бет.

15. Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У., Носиров Ф.Ж., Эшев С.С., Жураев С.Р., Гаимназаров И.Х., Джураев К.С., Бекмуродов С.С. Унумдорлигини ошириш қурилмаси бўлган насос қурилмаси// Фойдали модел учун патент № FAP 01200, 07.04.2017.

<https://api-nsf.ilmiy.uz/static/uploads/blutten9d5baec5-6c11-4fa5-90ae-e241501b7970.pdf>

16. Мухаммадиев М.М., Джураев К.С., Жураев С.Р., Абдуазиз уулу А., Маматкулов Д.А., Муродов Х. Н. Гидроэнергетик комплекс таркибидаги гидроэнергетик қурилмалар параметрларини аниқлаш дастури// Дастурий маҳсулот учун гувоҳнома №DGU 16042, 10.05.2022.

http://baza.ima.uz/Softs/Certificate?B210_APPL_NUMBER=20221630&TRACKING_CODE=dfc0027bffc6697be1d13654b1b9ef38

17. Muxammadiyev M., Djurayev K.S., Jurayev S.R., Shadibekova F.T., Mambetov A.K. Gidroenergetik kompleks nasos stantsiyasi texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini aniqlash dasturi// Дастурий маҳсулот учун гувоҳнома №DGU 26983, 25.08.2023.

<https://ip.adliya.uz/document/check/3241da11-e62d-4648-80d4-a84c51626771>

18. Muhammadiev M., Dzuraev K., Juraev S., Abdurauf Abdiaziz Uulu., Makhmudov A. Methodology for substantiation of technical and economic indicators of PSPP in energy water management systems of Uzbekistan// IOP

Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol 264, 2021, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126404056>

19. Khushiev S., Ishnazarov O., Juraev S., Izzatillaev J., Karakulov A. Construction of an electric drive system for borehole pumps with frequency control// AIP Conference Proceedings 2686, 020018 (2022); Published Online: 05 December 2022; <https://doi.org/10.1063/5.0114016>

20. Malikov Z., Navruzov D., Hamrayev Y., Pulatov T., Juraev S. Comparative analysis of turbulence models for calculation of excess velocity and temperature for axisymmetric jet// AIP Conf. Proc. 3045, 020004 (2024); Published Online: 11 March 2024; <https://doi.org/10.1063/5.0197351>

21. Madaliyev M.E., Juraev S.R., Soxibova U.N., Khudoyberdieva G.Sh. Studying influence of turbulent intensity of SST turbulence model for 2D backward facing step problem// AIP Conf. Proc. 3256, 040034 (2025); Research article: 15 July 2025. <https://doi.org/10.1063/5.0266754>

22. Джураев Қ.С., Жураев С.Р., Сайфутдинов А.Ш., Ахмедов Ж.Т. Определение основных режимов работы и параметров гидроаккумулирующих электростанций малой мощности// НЕДЕЛЯ НАУКИ ИСИ Сборник материалов Всероссийской конференции.–Санкт-Петербург, 2024.–С.146-148. https://ice.spbstu.ru/userfiles/files/2024/ws/new/nedelya_nauki_isi_chast_1_v_polnom_sbore.pdf?utm_source

23. Жураев С.Р., Джураев К.С. Техничко-экономическое обоснование новой конструкции гидроаккумулирующей установки. “Sustainable Energy Systems and Global Energy Security: Challenges and Opportunities” International Scientific Conference, 23-24 dekabr 2025, Sumqayıt Dövlət Universiteti, Azərbaycan. – С. 186-190. https://www.ssu-conferenceproceedings.edu.az/pdf/GESCO%20toplu%202025.pdf?utm_source

24. Мухаммадиев М.М., Джураев Қ.С., Жураев С.Р. Насос станцияси аванкамерасидаги лойқа чўкмаларини насос станция энергоекисодий кўрсаткичларига таъсири// “Энергетика соҳасини ривожлантиришда муқобил энергия манбаларининг роли” мавзусида халқаро миқёсдаги илмий-амалий конференция материаллари тўплами. – Наманган 2021. –Б. 99-103.

25. Мухаммадиев М.М., Джураев К.С., Жураев С.Р. Техничко-экономическое обоснование использования гидропотенциала водовыпускных и водозаборных сооружений энерговодохозяйственных систем Узбекистана// “Энергетика соҳасини ривожлантиришда муқобил энергия манбаларининг роли” мавзусида халқаро миқёсдаги илмий-амалий конференция материаллари тўплами. –Наманган 2021. –Б. 193-198.

26. Мухаммадиев М.М., Жураев С.Р., Джураев Қ.С. Мелиоратив насос станциялар аванкамерасини лойқа чўкмаларидан тозалаш қурилмалари энергетик ва иқтисодий самарадорлигини аниқлаш// “Автоматлаштирилган электр механик ва электр технологик тизимларнинг энергия самарадорлигини оширишнинг долзарб масалалари” мавзусида халқаро миқёсдаги илмий-техник конференция материаллари тўплами. – Тошкент 2022. –Б. 204-208.

27. Мухаммадиев М.М., Джураев Қ.С., Жураев С.Р. Определение основных параметров гидроаккумулирующих электростанции, комбинированно использующей фотоэлектрический и ветроэнергетический установки// Сборник материалов II международной научной конференции

“Современные тенденции развития физики полупроводников: достижения, проблемы и перспективы”. – Ташкент, 2022. –С. 286-288.

28. Мухаммадиев М.М., Амирсаидов Б.Т., Джураев К.С., Жураев С.Р., Мамбетов А.К. Технологические основы создания гидроэнергокомплексов// Международная научно-практическая конференция “Инновационная энергетика: Фундаментальные основы энергетики и инновационные инженерные решения” –Ургенч, 2025. – С. 1355-1358.

29. Мухаммадиев М.М., Джураев Қ.С., Жураев С.Р. Влияние гидроэнергетической системы на энергетические и водохозяйственные комплексы// “Мухандис фанларни ўқитишнинг долзарб муаммолари ва ечимлари” республика илмий-техник анжуман материаллари. – Термиз, 2022. – Б. 240-244.

30. Жураев С.Р., Джураев Қ.С., Ботиржонов Ш.Б., Ўринов М.Ж. Насос станцияси аванкамерасини лойқа чўкмаларидан тозалаш усулларининг афзалликлари ва кимчиликлари// “Мухандис фанларни ўқитишнинг долзарб муаммолари ва ечимлари” республика илмий-техник анжуман материаллари. – Термиз, 2022. – Б. 182-185.

Автореферат матни “Энергия ва ресурс тежаш муаммолари” илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз (резюме) тилларидаги матнлари мослиги текширилди (01.07.2026 йил).



№ 10-3279

Босишга рухсат этилди: 27.07.2026 йил
Бичими 60x84 ^{1/16}. «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулда чоп этилди.
Шартли босма табоғи 3,9. Адади 100 . Буюртма № 87
Тел: (77) 300 99 09
Гувоҳнома реестр № 10-3279
«IMPRESS MEDIA» MChJ босмахонасида чоп этилди.
Тошкент шаҳри, Қушбеги кўчаси, 6-уй.