

**“ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ  
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ”  
МИЛЛИЙ ТАДҚИҚОТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.03/30.12.2019.Т.10.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**“ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ  
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ”  
МИЛЛИЙ ТАДҚИҚОТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲАМДА  
НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ**

**МАМАДЖАНОВ АБДУШОХИД БАХРОМЖОНОВИЧ**

**ГРАВИТАЦИОН ГИРДОБЛИ МИКРОГИДРОЭЛЕКТР  
СТАНЦИЯНИНГ ЭНЕРГИЯ САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ**

**05.05.07 – Қишлоқ хўжалигида электр технологиялар ва электр ускуналар**

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

**ТОШКЕНТ - 2023**

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

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

**Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on technical  
sciences**

**Мамаджанов Абдушоҳид Баҳромжонович**

Гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциянинг энергия  
самарадорлигини ошириш. .... 3

**Мамаджанов Абдушоҳид Баҳромжонович**

Повышение энергоэффективности гравитационной вихревой  
микрогидроэлектростанции. .... 25

**Mamadjanov Abdushoxid Baxromjonovich**

Improving the energy efficiency of a gravitational vortex microhydroelectric  
power plant ..... 45

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works ..... 49

**“ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ  
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ”  
МИЛЛИЙ ТАДҚИҚОТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.03/30.12.2019.Т.10.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**“ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ  
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ”  
МИЛЛИЙ ТАДҚИҚОТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲАМДА  
НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ**

**МАМАДЖАНОВ АБДУШОХИД БАХРОМЖОНОВИЧ**

**ГРАВИТАЦИОН ГИРДОБЛИ МИКРОГИДРОЭЛЕКТР  
СТАНЦИЯНИНГ ЭНЕРГИЯ САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ**

**05.05.07 – Қишлоқ хўжалигида электр технологиялар ва электр ускуналар**

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

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясининг В2023.1.PhD/T2689 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация иши “Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университети ҳамда Наманган муҳандислик куриниш институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифаси ([www.ttiame.uz](http://www.ttiame.uz)) ҳамда «ZiyoNet» ахборот-таълим порталида ([www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)) joylashtirilgan.

<b>Илмий раҳбар:</b>	<b>Захидов Ромэн Абдуллаевич</b> техника фанлари доктори, профессор, академик
<b>Расмий оппонентлар:</b>	<b>Муратов Хаким Махмудович</b> техника фанлари доктори, профессор <b>Денмухаммадиев Ақтам Мавлонович</b> техника фанлари номзоди, доцент
<b>Етачки ташкилот:</b>	<b>Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети</b>

Диссертация химояси “Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университети ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.10.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2023 йил 18 соат 14<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100000, Тошкент, Қори Ниёзий кўчаси, 39-уй. Тел.: (+99871) 237-09-45; факс: (+99871)237-38-79, e-mail: [admin@ttiame.uz](mailto:admin@ttiame.uz)).

Диссертация билан “Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин ( 257 - рақам билан рўйхатга олинган) (100000, Тошкент, Қори Ниёзий кўчаси, 39-уй. Тел.: (+99871)237-09-45; факс: (+99871)237-38-79, e-mail: [admin@ttiame.uz](mailto:admin@ttiame.uz)).

Диссертация автореферати 2023 йил «18» 02 кuni тарқатилди.  
(2023 йил «18» 02 даги 78 рақамли ресстр баённомаси).



**Б.С. Мирзаев**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

**У.Т. Кузиев**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, PhD., доцент

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

*[Handwritten signature]*

## КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти.** Жаҳон энергетика амалиётида ноанъанавий ва қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланиш кўламини кенгайтириш, углеводородли ёқилғи энергетик ресурсларни тежаш орқали глобал иқлим ўзгаришларини олдини олиш ва экологик мувозанатни барқарорлаштиришга қаратилган жумладан, кичик гидроэнергетикага оид илмий техник ишланмалар муҳим аҳамият касб этади. Шу жиҳатдан «2030 йилга бориб ривожланаётган мамлакатларда кичик энергетик тизимларнинг энергия таъминотидаги улушини 30...40 % га етказиш...»<sup>1</sup> вазифалари белгиланган. Бу борада жаҳон амалиётида кенг ривожланаётган марказлашган энергия таъминотидан ажралган, яқка ҳолдаги кичик энергетик тизимлар учун энергия манбаси ҳисобланадиган қайта тикланувчан энергия манбаларидан, жумладан микрогидроэлектр станциялардан оқилона фойдаланиш юқори суръатларда ортиб бормоқда ва ўз навбатида мазкур соҳанинг ривожланишига катта эътибор қаратилган.

Жаҳонда электр энергияси ишлаб чиқариш учун ишончли ва экологик тоза технологиялар ва қурилмаларни ишлаб чиқиш ҳамда улардан фойдаланишнинг илмий таъминотига алоҳида эътибор қаратилмоқда. Ушбу соҳада, жумладан гравитацион гирдобли микрогидроэлектростанцияларни цилиндрсимон ҳавза геометриясини ўзгарувчан гирдобли турбинанинг самарадорлиги, ишчи паррақлар конструкциясини гирдобли турбинанинг ишлашига таъсирларини ўрганиш, рационал кўрсаткичларга эга гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциянинг экспериментал моделини ишлаб чиқиш ва унинг гидроэнергетик самарадорлик кўрсаткичларини баҳолаш алоҳида аҳамият касб этади.

Ҳозирги кунда Республикамиз иқтисодиётининг муҳим ва ажралмас тармоғи бўлган энергетика соҳасини тубдан ривожлантириш ва замонавий талаблар асосида соҳанинг техник ва технологик даражасини янгилаш, жумладан гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станция энергия самарадорлигини оширишга доир кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2022 – 2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида, жумладан «...қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланишни кенгайтириш ва қўллаб-қувватлаш дастурини ишлаб чиқиш, 2026 йилга қадар қайта тикланувчи энергия манбалари улушини 25 фоизга етказиш эвазига йилига қарийб 3 миллиард куб метр табиий газни тежаш...»<sup>2</sup> вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциянинг мақбул ўлчамларини аниқлаш асосида такомиллаштириш, цилиндрсимон ҳавза геометриясини ўзгарувчан гирдобли турбинанинг самарадорлигига боғлиқлиги, ишчи паррақлар конструкциясини гирдобли турбинанинг ишлашига таъсирини ўрганиш, рационал кўрсаткичларга эга гравитацион

<sup>1</sup>[https://www.iea.org/International\\_Energy\\_Agency](https://www.iea.org/International_Energy_Agency)

<sup>2</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги ПФ-60 сон “2022 — 2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида”ги Фармони

гирдобли микрогидроэлектр станциянинг экспериментал моделини ишлаб чиқиш ва унинг гидроэнергетик самарадорлик кўрсаткичларини баҳолаш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 22 августдаги ПҚ-4422-сон «Иқтисодиёт тармоқлари ва ижтимоий соҳанинг энергия самарадорлигини ошириш, энергия тежовчи технологияларни жорий этиш ва қайта тикланувчи энергия манбаларини ривожлантиришнинг тезкор чоратadbирлари тўғрисида»ги Қарори ва 2022 йил 9 сентябрдаги ПФ-220-сон «Энергия тежовчи технологияларни жорий қилиш ва кичик қувватли қайта тикланувчи энергия манбаларини ривожлантириш бўйича кўшимча чоратadbирлар тўғрисида»ги Фармони ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа барча меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот иши республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг II. «Энергетика, энергия ва ресурслар тежамкорлиги» ва IV. «Қайта тикланувчан энергия манбаларидан фойдаланишни ривожлантириш, бошқа илғор технологияларни яратиш» устувор йўналишларига мос келади.

**Муаммонинг ўрганилиш даражаси.** Бугунги кунга қадар гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станцияларни ривожлантиришга йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, илмий-тадқиқот марказлари, жумладан, Queen's University Belfast (Буюк Британия), University of Rostock, Water Resources Engineering and Management University of Stuttgart, Institute of Hydraulic Engineering and Technical Hydromechanics (Германия), Texas Tech University (АҚШ), Polytechnic University of Turin, Sapienza University of Rome (Италия), Ibaraki University (Япония), Universiti Malaysia Sabah (Малайзия), Iranian Research Organization for Science and Technology (Эрон), Khonkaen University (Таиланд), Universitas Udayana, Bandung Institute of Technology Jalan Ganesha, Hasanuddin University (Индонезия), Ghulam Ishaq Khan Institute of Engineering Sciences and Technology, GIK Institute of Engineering Sciences and Technology, University of Engineering and Technology Taxila (Покистон), Tribhuvan University (Непал), Алтай давлат техника университети, Санкт-Петербург давлат политехника университети, Бутун Россия қишлоқ хўжалигини электрлаштириш институти (Россия), Ош технология университети (Қирғизистон), Тошкент давлат техника университети, Фарғона политехника институти (Ўзбекистон) ва бир қатор илмий-тадқиқот университетларида кенг қамровли изланишлар олиб борилмоқда.

Гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станцияларни ривожлантириш ва уларнинг самарадорлигини оширишга қаратилган назарий ва илмий муаммоларни ҳал қилиш масалалари бўйича хорижда F.Zotloeterer, S.Mulligan, S.Dhakal, S.Wanchat, R.Suntivarakorn, M.Rahman, M.Marian, T.Vajrachaуа, В.Шницер, А.Иренбергер, Г.Мюллер, Ф.Вайчбротт, К.Лотар, С.Славчев, В.Кризик, М.Словакия, П.Левковский, Ш.Шоёкубов, М.Нарзиев,

А.Сатыбалдыев, Л.Суле, Й.Ясси, А.Ибрахим, Ч.Харон, К.Костина, С.Клыков, Б.Кажинский, А.Обозов, С.Обухов В.Елистратов, П.Свит, А.Кусков, Р.Диёров, О.Гусева, К.Барков ва бошқалар катта ҳисса қўшганлар. Мамлакатимизда эса ўзбек олимлари М.Мухаммадиев, Б.Уришев, С.Эргашев, Р.Алиев, А.Умурзаков, О.Бозоров, Т.Ҳалилов, Д.Қодиров ва бошқа олимлар томонидан ҳам илмий тадқиқот ишлари олиб борилган ва маълум маънода бир қатор ижобий натижаларга эришилган.

Бугунги кунда ушбу йўналишда олиб борилган кенг қамровли тадқиқотларга қарамадан, гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциянинг энергия самарадорлигини ошириш муаммоси етарли даражада ўрганилмаган.

Мазкур тадқиқот ишида гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциянинг мақбул ўлчамларини аниқлаш асосида такомиллаштириш, цилиндрсимон хавза геометриясини ўзгарувчан гирдобли турбинанинг самарадорлигига таъсирини ўрганиш, ишчи паррақлар конструкциясини гирдобли турбинанинг ишлашига таъсирини аниқлаш, рационал кўрсаткичларга эга гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциянинг экспериментал моделини ишлаб чиқиш ва унинг гидроэнергетик самарадорлик кўрсаткичларини баҳолаш каби масалалар атрофлича кўриб чиқилиб, унинг ечимлари таклиф этилган.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий ишлари режаси билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти «Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти» Миллий тадқиқот университетининг илмий тадқиқот ишлари режасига мувофиқ, №5/2019-сон «Паст босимли сув оқимлари ва насос станцияларининг сув ташлаш ховузларида кичик қувватли микрогидроэлектр станция ишлаб чиқиш ва ўрнатиш (Фарғона вилояти)» (2019 й.) лойиҳаси доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциянинг мақбул конструктив ўлчамларини асослаш орқали энергия самарадорлигини оширишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

мамлакатимизда мавжуд сув энергетик ресурслари салоҳиятини баҳолаш ва гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциялар бўйича жаҳонда олиб борилган тадқиқотларнинг таҳлилини қилиш;

гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станция учун сув гирдоби марказида тўлиқ ҳаво уюрмасини шакллантирувчи хавза конструкциясини ишлаб чиқиш;

микрогидроэлектр станция турбинасининг барқарор ва ўзгармас айлан-тирувчи моментини таъминловчи сув хавзасининг баландлиги ва диаметри, сув чиқиш туйнугининг диаметри, сув кириш каналининг кенглиги, чуқурлиги ва суюриш бурчагининг рационал қийматларини аниқлаш;

гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциянинг рационал конструктив параметрларини асослаш орқали энергия самарадорлигини ошириш бўйича алгоритм ишлаб чиқиш;

гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциянинг энергия самарадорлиги оширилган физик моделини ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида Сирдарё-Сўх хавза бошқармаси хузуридаги Фарғона насос станциялари ва энергетика бошқармасига қарашли Файзиобод насос станциясида жорий этилган гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станцияси олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** сифатида гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциянинг энергия самарадорлигини оширишни ташкил этади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида гидроэнергетикада умум қабул қилинган услублар, математик моделлаштириш, тажрибаларни режалаштириш, назарий ва амалий кўрсаткичларни қайта ишлашда математик статистика усуллари ҳамда замонавий симуляцион моделлаштириш усулларидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станция учун сув гирдоби марказида тўлиқ ҳаво уюрмасини шакллантирувчи хавза конструкцияси ишлаб чиқилган;

микрогидроэлектр станция турбинасининг барқарор ва ўзгармас айлан-тирувчи моментини таъминловчи сув хавзасининг баландлиги ва диаметри, сув чиқиш туйнугининг диаметри, сув кириш каналининг кенглиги, чуқурлиги ва суюриш бурчагининг рационал қийматлари аниқланган;

гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциянинг рационал конструктив параметрларини асослаш орқали энергия самарадорлигини ошириш бўйича алгоритм ишлаб чиқилган;

гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциянинг энергия самарадорлиги оширилган физик модели ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

Ansys CFD дастури ёрдамида цилиндрсимон хавзанинг геометрияси ва ишчи паррақлар конструкциясини ўзгарувчан гирдобли турбинанинг самарадорлигига таъсирини ўрганиш ва таҳлил қилиш орқали гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциянинг такомиллаштирилган симуляцион модели ишлаб чиқилган;

гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станцияси сув кириш каналининг суюриш бурчагини аниқлаш ва хавзадаги максимал гирдоб баландлигини таъминлаш бўйича ҳисоблаш модели ишлаб чиқилган;

гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциянинг конструктив параметрларини мақбуллаш орқали энергия самарадорлигини оширилган физик модели ишлаб чиқилган ва амалиётда қўлланилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишонччилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишонччилиги изланишларни замонавий усул ва воситалардан фойдаланган ҳолда ўтказилганлиги, тажриба натижаларини қайта ишлаш ва текширишда математик модел ва симуляцион модел усуллари қўлланилганлиги, тажрибаларнинг табиий шароитда ўтказилганлиги, назарий ва экспериментал тадқиқотларда олинган натижаларнинг ўзаро мувофиқлиги,

шунингдек, тадқиқот асосида ишлаб чиқилган гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станцияси физик модели синовлари натижасининг ижобийлиги ва амалиётга жорий этилганлиги билан асосланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциясининг мақбул конструктив параметрларини аниқлаш орқали энергия самарадорлини ошириш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти республикада мавжуд паст босимли сув оқимидаги каналлар, сойлар, дарёлар ва ирригация тармоқларининг гидроэнергетик потенциалдан фойдаланган ҳолда гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станцияларни тизимли ҳолда жорий этиш орқали энергияга бўлган талабни қондириш имконияти асосланганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциясининг энергия самарадорлигини ошириш бўйича олинган натижалар асосида:

гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциянинг энергия самарадорлиги оширилган физик модели Сирдарё-Сўх ҳавза бошқармаси ҳузуридаги Фарғона насос станциялари ва энергетика бошқармасига қарашли Файзиобод насос станцияси ташлама ховузида жорий этилган (Сув ҳўжалиги вазирлигининг 2022 йил 30 - июлдаги QV 21656707-сонли маълумотномаси). Натижада, марказлашган электр таъминот тизимидан сотиб олинган электр энергиясини ўрнини қоплаш ҳисобига йилига 38,763 млн.сўм маблағни тежаш имконияти яратилган.

гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциясининг сув кириш канали суюриш бурчагининг мақбул қиймати ва цилиндрсимон ҳавза сув чиқиш туйнугининг мақбул қийматини Сирдарё-Сўх ҳавза бошқармаси ҳузуридаги Фарғона насос станциялари ва энергетика бошқармасига қарашли Файзиобод насос станцияси ташлама ховузида жорий этилган (Сув ҳўжалиги вазирлигининг 2022 йил 30 - июлдаги QV 21656707- сонли маълумотномаси, Интеллектуал мулк агентлигининг DGU 15034-сонли ва DGU 15412-сонли гувоҳномалари). Натижада, гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциянинг самарадорлиги 5,2 % га ортишига эришилган.

паст босимли сув оқимларига гравитацион гирдобли микрогидро-электр станцияларни каскад тизимида жорий этиш усули Сирдарё-Сўх ҳавза бошқармаси ҳузуридаги Фарғона насос станциялари ва энергетика бошқармасига қарашли Файзиобод насос станцияси ташлама ховузида жорий этилган (Сув ҳўжалиги вазирлигининг 2022 йил 30- июлдаги QV 21656707-сонли маълумотномаси). Натижада, 15 kW қувватли гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станцияси ёрдамида йилига 131,4 минг kW·h миқдорида электр энергияси ишлаб чиқариш имкони яратилган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Тадқиқот натижалари 4 та халқаро ва 4 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация

мавзуси бўйича жами 16 та илмий иш чоп этилган, шулардан, 1 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий нашрларида 5 та мақола, жумладан 4 таси Республика ва 1 таси хорижий журналларда нашр этилган, ЭҲМ учун 2 та дастурий маҳсулотга гувоҳномалар олинган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, умумий хулосалар, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 120 бетни ташкил этган.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

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

Диссертациянинг **“Микрогидроэлектр станциялардан самарали фойдаланишнинг жорий ҳолати ва ривожланиш истиқболлари”** деб номланган биринчи бобида Ўзбекистон Республикаси ва жаҳонда микрогидроэлектр станциялардан самарали фойдаланишнинг мавжуд ҳолати ва истиқболлари, паст босимли сув оқимларида ишловчи гидротурбиналарнинг таснифи, гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциялар бўйича олиб борилган амалий тадқиқотларининг таҳлили, гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станция рационал конструктив параметрлари бўйича тадқиқот методологияси ишлаб чиқилган.

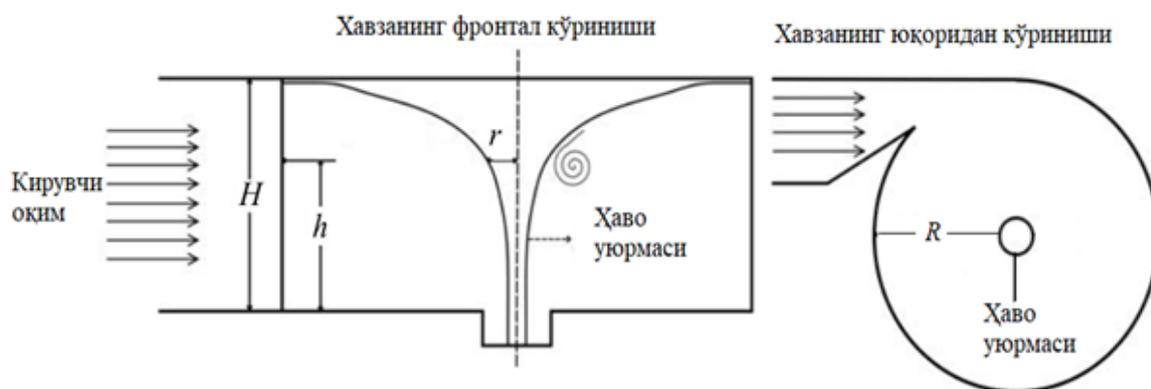
Ушбу бобда гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциясининг конструктив параметрларини мақбуллаштириш бўйича олиб борилган назарий ва экспериментал тадқиқотлар натижалари таҳлили келтирилган.

Диссертациянинг **“Цилиндрсимон ҳавзали гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциянинг конструктив параметрлари бўйича математик ва имитацион моделини ишлаб чиқиш”** деб номланган иккинчи бобида гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциянинг математик моделини яратиш, Ansys CFD ёрдамида ҳавзанинг оптимал параметрларига эга бўлган симуляцион моделини яратиш, ҳавзага кирувчи сув бошланғич тезлигининг турли қийматларида турбинанинг ишига таъсирини ўрганиш ва натижалар таҳлили, сув кириш каналининг ҳавзага киришдаги суюриш бурчаги қийматини самарадорликка таъсирини аниқлаш, ҳавзанинг диаметри ва баландлиги ҳамда чиқиш туйнуги диаметрининг турли қийматларида ҳосил бўлган гирдоб параметрларининг таҳлили, ҳавзага сув кириш каналининг кенглиги ва баландлигининг турли қийматларида

ҳосил қилинган гирдоб параметрлари самарадорлик кўрсаткичларининг таҳлили келтирилган.

Тадқиқот натижасида тадқиқот йўналиши бўйича гравитацион гирдоб шаклини тавсифловчи математик модель асосида энергия ишлаб чиқариш ўртасидаги боғлиқликни таъминловчи тенглама ишлаб чиқилди. Бунда ҳавза марказида юқори тангенциал тезлик ва баланд гирдоб ҳосил қилишда ҳаво уюрмаси ва сув оқими майдони тенг иштирок этади.

Цилиндрсимон ҳавза ичидаги гравитацион гирдобни тавсифловчи оқим майдони векторининг йўналишлари ва гирдоб марказидаги ҳаво уюрмасининг кўринишлари 1-расмда келтирилган.



**1-расм. Ҳавза ичидаги гирдоб оқими векторларининг йўналишлари**

Цилиндрсимон ҳавза ичидаги оқим ҳаракатини ифодалаш учун қуйидаги узлуксизлик тенгламаси ва Навье-Стокс формулаларидан фойдаланилади.

Узлуксизлик тенгламаси:

$$\frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{\partial V_z}{\partial z} + \frac{V_r}{r} = 0 \quad (1)$$

Навье-Стокс формуласи:

$$\partial V_r \frac{\partial V_t}{\partial r} + V_z \frac{\partial V_t}{\partial z} - \frac{V_r V_t}{r} = k \left( \frac{\partial^2 V_t}{\partial r^2} + \frac{\partial V_t}{r \partial r} - \frac{V_t}{r^2} + \frac{\partial^2 V_t}{\partial z^2} \right) \quad (2)$$

$$V_r \frac{\partial V_r}{\partial r} + V_z \frac{\partial V_r}{\partial z} - \frac{V_t^2}{r} + \frac{\partial \rho}{\rho \partial r} = k \left( \frac{\partial^2 V_r}{\partial r^2} + \frac{\partial V_r}{r \partial r} - \frac{V_r}{r^2} + \frac{\partial^2 V_r}{\partial z^2} \right) \quad (3)$$

$$\partial V_r \frac{\partial V_z}{\partial r} + V_z \frac{\partial z}{\partial z} + \frac{\partial \rho}{\rho \partial z} = g + k \left( \frac{\partial^2 V_z}{\partial r^2} + \frac{\partial V_z}{r \partial r} + \frac{\partial^2 V_z}{\partial z^2} \right) \quad (4)$$

бунда  $V_t$ ,  $V_r$ ,  $V_z$  – мос равишда тангенциал, радиал ва ўқий тезликлар (m/s),  $g$ - эркин тушиш тезланиши ( $m/s^2$ ),  $k$ -қовушқоқлик коэффиценти ( $k=0,09$ ),  $\rho$ - сув зичлиги ( $kg/m^3$ ).

**Хавза ичидаги гирдоб қувватининг математик моделини қуйидагича ифодалаймиз:**

Чиқувчи қувват ифодаланди:

$$P_{\text{чиқ}} = \omega \cdot M \quad (5)$$

$$M = F \cdot R \quad (6)$$

$$V_{\text{танг}} = \omega \cdot R \quad (7)$$

бунда  $\omega$ -бурчак тезлик (ayl/min),  $M$ -куч momenti (N),  $F$ -куч momenti (N· m),  $V_{\text{танг}}$ - тангенциал тезлик (m/s).

Юқоридагилардан чиқувчи ҳисобий қувватни ифодаланди:

$$P_{\text{чиқ}} = \omega \cdot F \cdot R = V_{\text{танг}} \cdot F \quad (8)$$

Агар гирдоб марказида пайдо бўладиган ҳаво уюрмаси ҳисобга олинса, у ҳолда ифода қуйидаги кўринишга келади:

$$P_{\text{чиқ}} = \omega \cdot F \cdot (R - r) \quad (9)$$

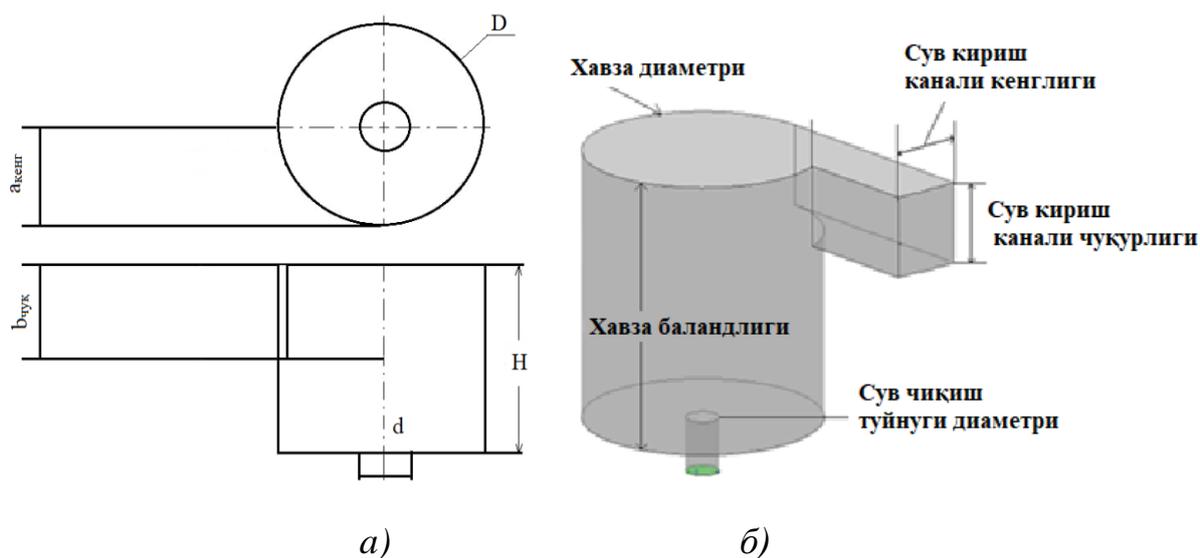
Тадқиқот ишида цилиндрсимон хавза конструктив параметрларининг мақбул қийматларини аниқлаш орқали самарадорлик кўрсаткичларини яхшилаш учун Ansys дастурий таъминотининг Computational Fluid Dynamics (суюқликларни ҳисоблаш динамикаси) пакетидан фойдаланиб кўриб чиқилди. 1-жадвалда симуляцион модель таҳлили учун хавза параметрлари келтирилган.

**1-жадвал.**

**Хавза параметрлари**

Хавза параметрлари	Ўлчамлари, mm
Хавза диаметри $D$	1000
Хавза баландлиги $H$	1000
Сув чиқиш туйнугининг диаметри $d$	160
Сув кириш канали кенглиги $a_{\text{кенг}}$	300
Сув кириш каналининг баландлиги $b_{\text{чук}}$	300
Сув кириш каналининг узунлиги $L_{\text{узун}}$	1800

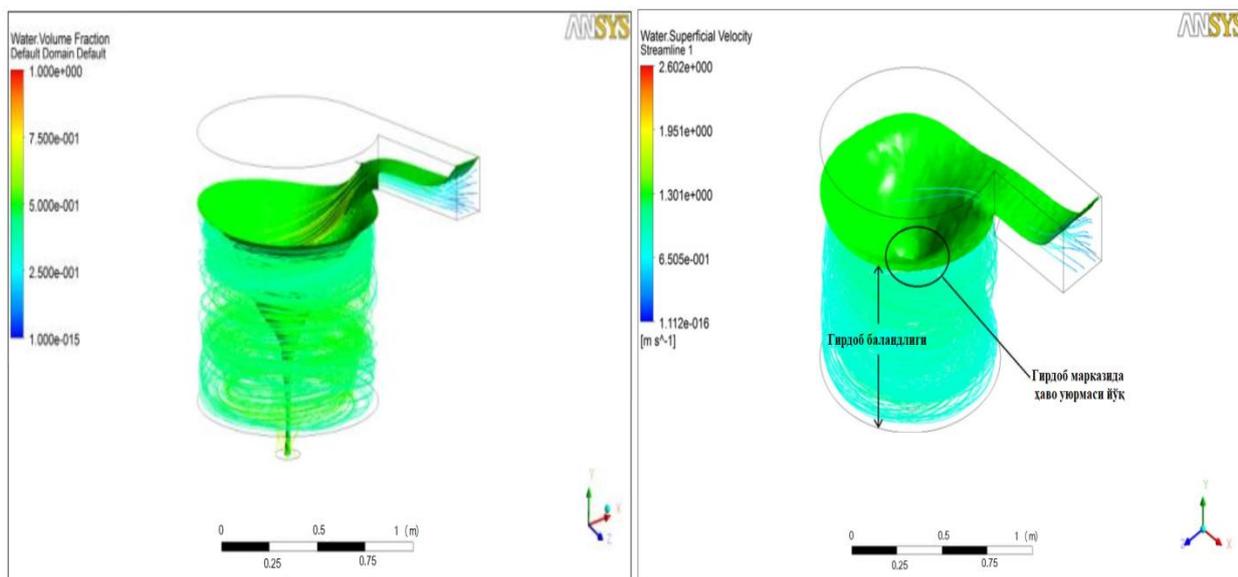
1-жадвалда келтирилган параметрларга асосан 2-расмдаги хавза чизмаси яратилган. Мазкур параметрларга эга хавза учун турли сув сарфлари учун таҳлил қилинди.



а)-ҳавзанинг юқоридан ва фронтал кўриниши; б)-ҳавзанинг конструктив параметрлари

## 2-расм. Гравитацион гидробли микрогидроэлектр станциянинг конструкцияси

Гирдоб марказида хаво уюрмаси ҳосил бўлган ҳолатда гирдобнинг тангенциал ва радиал тезликлари юқори бўлиши ва шунинг натижасида, сув сарфи миқдори ҳамда гирдобнинг қуввати юқори бўлиши 3а ва 3б-расмларда кўрсатилганидек симуляцион модел ёрдамида аниқланган.



а)-гирдоб марказида хаво уюрмаси бўлган симуляцион модели; б)- гирдоб марказида хаво уюрмаси бўлмаган симуляцион модели.

## 3-расм. Гравитацион гидробли микрогидроэлектр станциянинг симуляцион моделлари

Цилиндрсимон хавза ичидаги гирдоб самарадорлигини баҳолашда бир нечта омиллар аҳамият касб этади. Жумладан, гирдобнинг тангенциал тезлиги, баландлиги ва гирдоб марказидаги ҳаво уюрмасининг улушига бевосита боғлиқ бўлади.

Цилиндрсимон хавза ичидаги гирдоб самарадорлигини баҳолаш учун қуйидаги конструктив параметрлар таҳлил қилинди:

- хавза диаметри  $[0,5 \div 1]$  m;
- хавза баландлиги  $[1 \div 1,5]$  m;
- сувнинг бошланғич тезлиги  $[0,1 \div 0,6]$  m/s;
- сув кириш каналининг суюриш бурчаги  $\alpha = [0 \div 90]$  °;
- хавза баландлигининг диаметрига нисбати  $(H_{\text{хав.}}/D_{\text{хав.}} = [0,5 \div 1,5])$ ;
- сув чиқиш туйнуги диаметрининг хавза диаметрига нисбати  $(d_{\text{туйн}}/D_{\text{хав}} = [0,1 \div 0,2])$ ;
- сув кириш канали кенглигини хавза диаметрига нисбати  $(a_{\text{кенг}}/D_{\text{хавза}} = [0,1 \div 0,8])$ ;
- сув кириш канал чуқурлигини хавза баландлигига нисбати  $(b_{\text{чук}}/H_{\text{хавза}} = 0,1 \div 1)$ .

Олиб борилган тадқиқот натижаларига кўра, гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станция конструктив параметрларининг қуйидаги мақбул қийматлари аниқланди:

сувнинг хавзага киришдаги бошланғич тезлиги бўйича самарадорлик кўрсаткичи таҳлил қилинди ва сув кириш тарновининг хавзага киришдаги суюриш бурчагининг энг мақбул кўрсаткичи  $\alpha = 45^\circ$  эканлиги аниқланган;

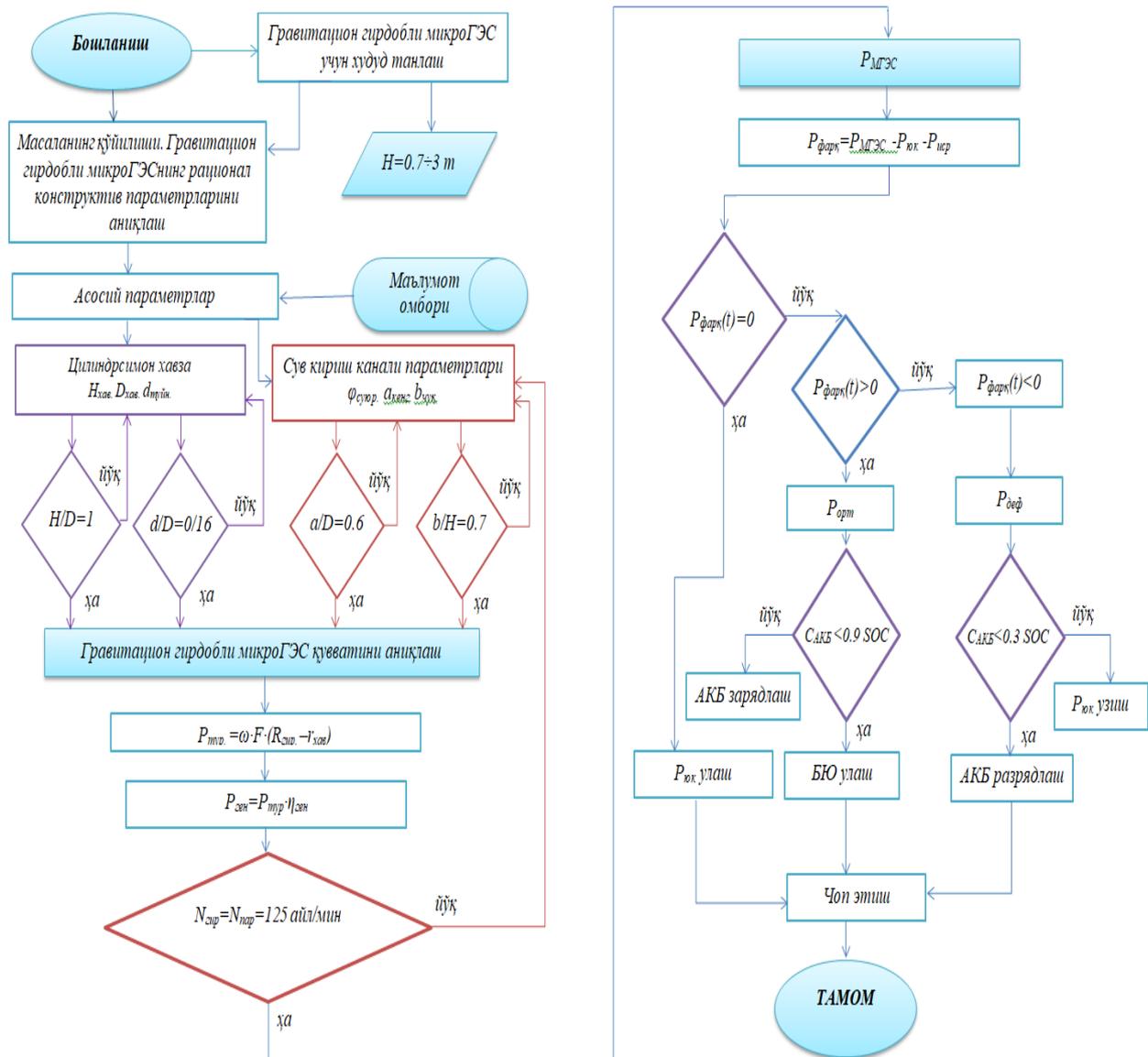
хавза баландлиги ва диаметри ўртасидаги муносабатга кўра, нисбатнинг энг мақбул қиймати  $H_{\text{хавза}}/D_{\text{хавза}} = 1$  эканлиги аниқланган;

чиқиш туйнуги диаметри ва хавза диаметри ўртасидаги муносабатга кўра, нисбатнинг энг мақбул қиймати  $d_{\text{туйн}}/D_{\text{хавза}} = 0,16$  эканлиги аниқланган;

сув кириш канали кенглиги ва хавза диаметри ўртасидаги муносабатга кўра, нисбатнинг энг мақбул қиймати  $K_{\text{кенг}}/D_{\text{хавза}} = 0,6$  эканлиги аниқланган;

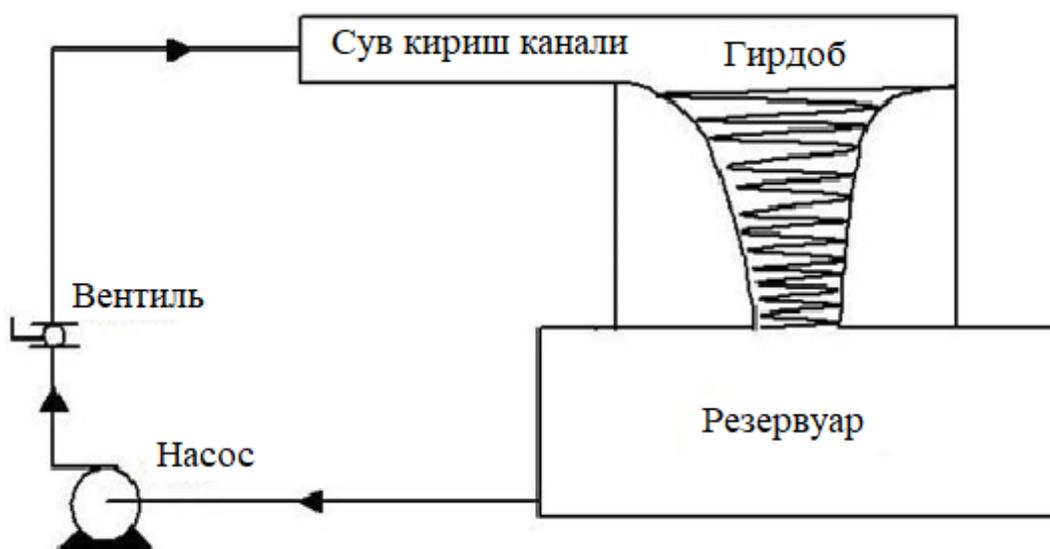
сув кириш канали чуқурлиги ва хавза баландлиги ўртасидаги муносабатга кўра, нисбатнинг энг мақбул қиймати  $b_{\text{чук}}/H_{\text{хавза}} = 0,7$  эканлиги аниқланган.

Тадқиқот натижаларига кўра, гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциясининг энергия самарадорлигини ошириш бўйича қуйидаги 4- расмда келтирилган алгоритм ишлаб чиқилган.



**4-расм. Гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциясининг энергия самарадорлигини ошириш бўйича алгоритм**

Диссертациянинг “Гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциянинг турли ишчи парраклари параметрларига асосан экспериментал моделини яратиш ва унинг гидроэнергетик самарадорлик кўрсаткичларини аниқлаш” деб номланган учинчи бобида цилиндрсимон хавза ичидаги турли парраклар устун параметрлари(бурчак тезлиги, куч momenti ва гирдоб баландлиги)нинг самарадорлик кўрсаткичларига таъсири аниқланди, рационал конструктив параметрларга асосан гравитацион гирдобли микрогидроэлектростанциянинг экспериментал модели ишлаб чиқилди, экспериментал моделнинг гидроэнергетик кўрсаткичлари аниқланди, симуляцион модель ва экспериментал моделлардан олинган натижалар таққосланди.



**5-расм. Тажриба қурилмасининг технологик схемаси**

5-расмда келтирилган технологик схемаси асосида гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциянинг тажриба нусхаси ишлаб чиқилган. Тажриба қурилмасидаги сув резервуарда маълум хажмдаги сув сақланади. Резервуардаги сувни марказдан қочма насос ёрдамида сув кириш каналига узатиб берилади. Сув кириш каналидан келган сув цилиндрсимон хавзага тушиб гравитацион гирдоб ҳосил қилади. Ҳосил бўлган гирдоб вертикал ўққа бириктирилган паррақларни айлантериши ҳисобига гидроэнергетик қувват пайдо қилади. Натижада сув яна резервуарга тушади. Насос ёрдамида узатиладиган сув сарфини вентиль ёрдамида назорат қилинади.

Қуйидаги 2-жадвалда келтирилган ўлчов параметрларига асосан 6-расмдаги тажриба қурилмасини ишлаб чиқилган.

**2-жадвал.**

**Тажриба қурилмасининг ўлчов параметрлари**

Хавза диаметри $D_{\text{хав}}$ , m	1
Хавза баландлиги $H_{\text{хав}}$ , m	1
Сув чиқиш туйнуги диаметрининг хавза диаметрига нисбати ( $d_{\text{туйн}}/D_{\text{хав}}$ )	0,16
Сув кириш канали кенглиги хавза диаметрига нисбати ( $a_{\text{кенг}}/D_{\text{хав}}$ )	0.6
Сув кириш канали чуқурлигини хавза баландлигига нисбати ( $b_{\text{чуқ}}/H_{\text{хавза}}$ )	0,7
Сув кириш туйнуги суюриш бурчаги $\alpha^\circ$	45°
Сув кириш канали узунлиги, m	1,8

Бурчак тезлик ва куч моментини аниқлаш учун б-з) ва д) расмдагидек рақамли тахометр ва рақамли динамометрдан фойдаланилди.



а)



б)



в)



г)



д)

а)-тажриба қурилмасининг умумий кўриниши; б)-паррақлар; в)-насос;  
г)-рақамли тахометр; д)-рақамли динамометр.

### 6-расм. Тажриба қурилмасининг таркибий қисмлари

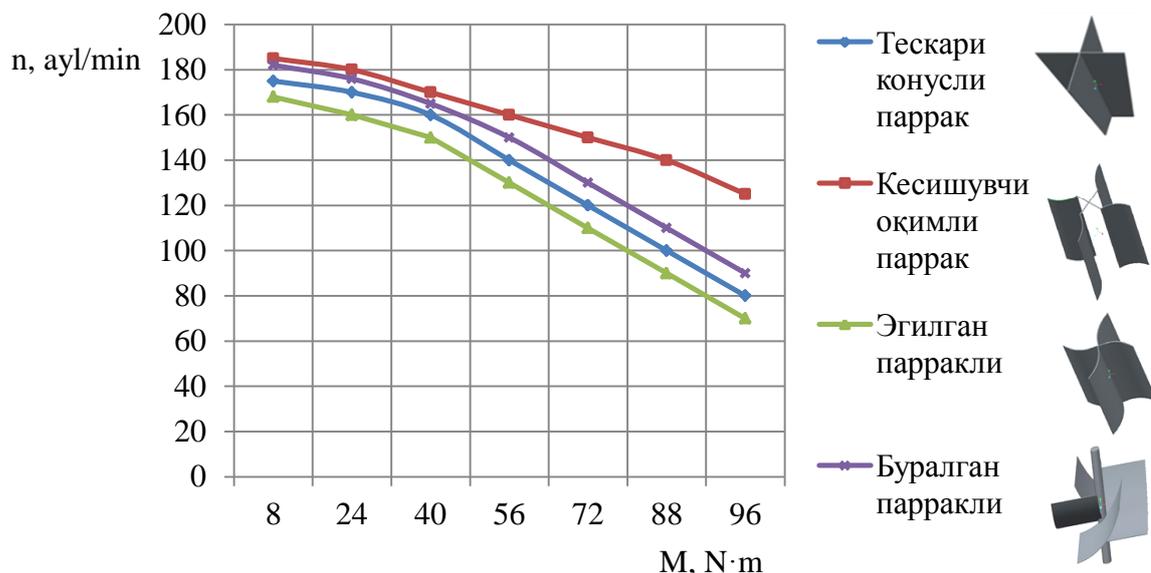
Ўлчов натижаларига асосланиб гравитацион гирдобли микрогидро-электр станция тажриба қурилмасининг гидроэнергетик параметрларини 7-расмдаги каби аниқланган.



### 7-расм. Экспериментал моделда ўтказилган тажриба намуналари

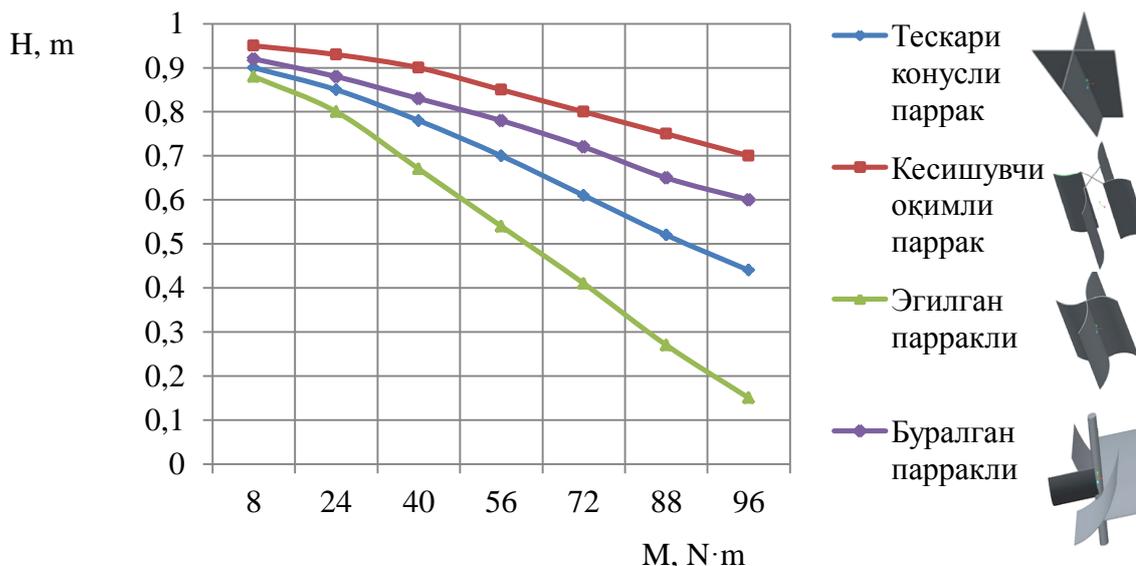
Қурилмадан механик қувват олиш цилиндрсимон хавзага сув кириш канали орқали насос ёрдамида сув бериб, гирдоб ҳосил қилган ҳолда вертикал ўққа бириктирилган паррақларни хавза ичида сув билан бирга айланиши ҳисобига амалга оширилди. Юқори механик қувватга гирдоб баландлиги, тангенциал тезлиги ва гирдоб марказида тўлиқ ҳаво уюрмаси ҳосил қилиш орқали эришилди. Бунда механик қувватни аниқлашда сувнинг паррақларга урилиши ҳисобига ҳосил бўлган куч моментини бурчак тезликка кўпайтириш орқали аниқланди. Куч моментини рақамли тарозида олинган куч ва елканнинг кўпайтмаси орқали аниқланди. Ўрнатилган паррақларнинг

сув билан парраллел айланиши ҳисобига ҳосил бўлган бурчак тезликни рақамли тахометр орқали аниқланди. Хавзада гирдоб ҳосил қилган сув оқими чиқиш туйнуғи орқали пастга резервуарга тушиб насос орқали қайтадан сув кириш каналига йўналтирилган. Чиқувчи қувватни тангенциал тезлик ва куч моментини кўпайтириш орқали экспериментал моделнинг гидроэнергетик кўрсаткичлари аниқланди. Куч momenti ва айланишлар сони ўртасидаги муносабат қуйидаги 8-расмдаги каби графикни шакллантирди.



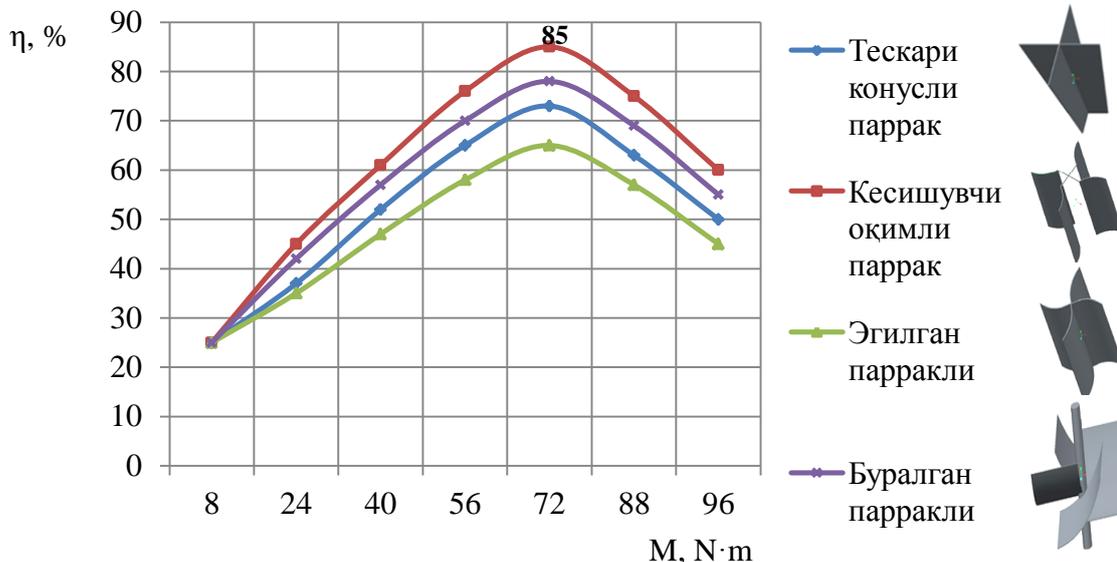
**8-расм. Паррақларда ҳосил бўлган куч моментлари ва айланишлар сони ўртасидаги боғланиш графиги**

Паррақлардаги куч моментининг турли қийматларида хавзадаги гирдоб баландликларининг ўзгариш графиги 9-расмда акс этган.



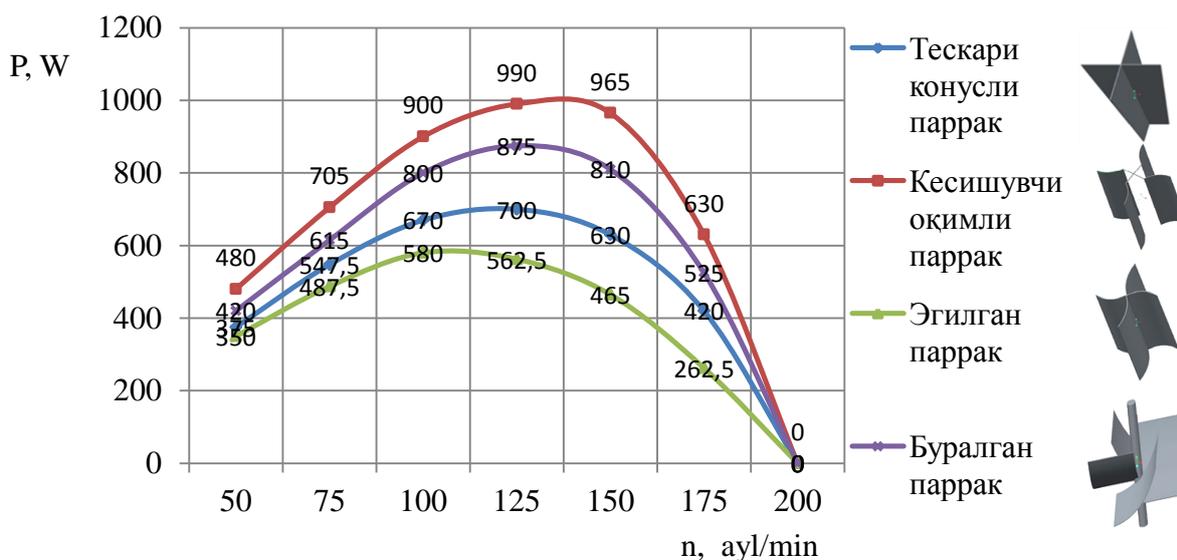
**9-расм. Куч momenti ва гирдоб баландлигининг ўзаро боғлиқлик графиги**

Паррақлардаги куч моментининг турли қийматларига мос равишда самарадорлик кўрсаткичлари қийматининг ўзгариш графиги 10-расмда тасвирланган.



**10-расм. Паррақларнинг куч momenti ва самарадорлик кўрсаткичи ўртасидаги боғланиш графиги**

Ansys CFD ёрдамида яратилган цилиндрсимон хавза симуляцион моделидан олинган гирдоб параметрларини, гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станция тажриба намунаси параметрлари билан қиёсий таққосланди. Асосий солиштирилувчи параметр сифатида чиқувчи қувват олинган. Қуйидаги 11-расмда тажриба қурилмасида турли айланиш тезликларида олинган қувватнинг ўзгариш графиги кўрсатилган.



**11-расм. Турли паррақларда олинган қувватларнинг айланишлар сонига боғлиқлик графиги**

Олинган қувват қийматлари бўйича симуляцион модел натижалари ва экспериментал модел натижалари солиштирилганда натижалар бир бирига жуда яқин келди, яъни фарқ катта бўлмади. Бу фарқлар фоиз улушида қуйидагича:

- тескари конусли парракда 7 %;
- кесишувчи оқимли парракда 4 %;
- эгилган парракли турбинада 9%;
- буралган парракли турбинада 6 %.

Экспериментал натижалардаги бу фарқларга сувнинг цилиндрсимон ҳавза деворларига ишқаланиши ҳисобига пайдо бўладиган қаршиликни сабаб қилиб кўрсатиш мумкин. Симуляцион моделда сувнинг ҳавза деворлари билан ишқаланиши ҳисобга олинмаган ва шунинг учун натижалар юқорироқ қийматни берган деб хулоса қилинди. Графикдан олинган натижалар шуни англатадики, барча парракларда олинган натижаларнинг қийматлари асосли эканлиги ўз исботини топди.

Диссертациянинг **“Гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциясини техник - иқтисодий асослаш ва энергия самарадорлигини баҳолаш”** деб номланган тўртинчи бобида амалиёт объекти сифатида танлаб олинган Фарғона насос станцияси ва энергетика бошқармаси тасарруфидаги Файзиобод насос станцияси ташлама ховузининг гидроэнергетик самарадорлик кўрсаткичлари таҳлили, гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станцияни лойиҳалашда техник-иқтисодий асослаш каби ишлар амалга оширилган. Амалиёт объектига лойиҳани амалга ошириш учун тўрт турдаги паст босимли сув оқимларида ишловчи микроГЭСлар 3,4,5-жадвалларда келтирилганидек техник-иқтисодий таққосланган.

**3-жадвал.**

**Паст босимли сув оқимлари учун гидротурбиналарнинг техник тавсифлари**

Тавсифлар	Сув чархпалаги	Винтли гидротурбина	Сув ости пропеллерли турбина	Гравитацион гирдобли турбина
	1	2	3	4
Напор, m	0.5 - 10	1 - 10	1 - 10	0.7 - 3
Самарадорлик, %	35 - 80	75	70	65-85
Лойиҳа конструкцияси	Содда	Содда	Содда	Содда
Лойиҳанинг қиймат кўриниши	Арзон	Арзон	Арзон	Арзон
Лойиҳани тизимли қиймат кўриниши	Арзон	Арзон	Арзон	Арзон
Техник хизмат кўрсатиш имконияти	Осон ва арзон	Осон ва арзон	Осон ва арзон	Осон ва арзон

**3-жадвалнинг давоми**

Сув экотизимига нисбатан хавфсизлиги	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
	Хавфсиз	Хавфсиз	Хавфсиз	Хавфсиз
Механик узатма тури	Узатмалар кутиси/шкив	Узатмалар кутиси	Мавжуд эмас	Узатмалар кутиси/шкив
Мустаҳкамлиги	Яхши	Яхши	Яхши	Яхши
Сув оқимининг гидроэнергетик потенциалидан фойдаланиш имконияти, %	30 - 100	50 - 100	100	30 - 100
Жойлашув ўрни	Мавжуд паст босимли сув оқимига эга бўлган дарё, сой, ирригация каналларига лойиҳалаш мақсадга мувофиқ			

**4-жадвал.**

**Паст босимли сув оқимлари учун гидротурбиналарнинг техник самарадорлик кўрсаткичлари бўйича солиштирма таҳлили**

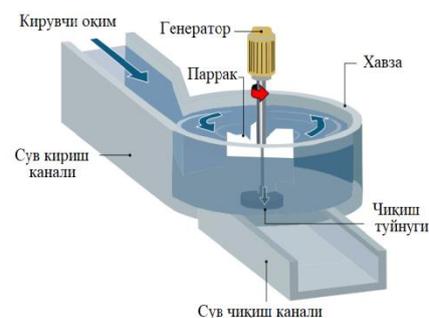
Тавсифлар	Сув чархпалаги	Винтли гидротурбина	Сув ости пропеллерли турбина	Гравитацион гирдобли турбина
Самарадор баландлик, m	1,7	1,7	1,7	1,7
Сув сарфи, m <sup>3</sup> /s	1,466	1,466	1,466	1,466
Тизим самарадорлиги, %	50	75	70	85
Қуввати, kW	10,1	15,3	14,3	17,6
Турбинанинг техник хусусиятлари	Ø1700mm, 50 ayl./min.	Ø700mm, 3000 mm, 50 ayl./min.	Ø700mm, 150 ayl./min.	Ø1000mm, 125 ayl./min.
Генератор тури	Синхрон/асинхрон	Синхрон/асинхрон	Кам айланишли магнит генератори	Кам айланишли магнит генератори
Механик узатма тури	Узатмалар кутиси	Узатмалар кутиси	Мавжуд эмас	Шкив
Танланадиган генератор қуввати kW	11	16	15	18

**5-жадвал.**

**Паст босимли сув оқимларида ишловчи тўрт турдаги микрогидроэлектр станцияларининг иқтисодий солиштирма таҳлили**

Тавсифлар	Капитал сарф-ҳаражатлар (млн. сўм)			
	Сув чархпалаги	Винтли гидротурбина	Сув ости пропеллер турбина	Гравитацион гирдобли турбина
Қурилиш ашёларига	30	22	30	22
Турбина	46,7	97,3	23,4	46,7
Механик узатма	10,6	10,6	-	10,6
Генератор	8,6	10,6	50,9	10,6
Бошқарув шкафи ва электр жиҳозлар	10,6	10,6	15	10,6
Ишга тушириш (ишчи кучи билан бирга)	22	22	22	22
Жами сарф-ҳаражатлар	128,5	173,1	141,3	100,5
Ишлаб чиқариладиган қувват, kW	10,1	15,3	14,3	15
Солиштирма нарх, млн. сўм/kW	12,7	11,6	9,8	6,7

Юқоридаги 3,4,5-жадвал кўрсаткичларидан шуни кўриш мумкинки, мавжуд гидроэнергетик потенциалдан тўрт хил турбинада ҳар хил қувват ишлаб чиқарилиши имконияти, буларнинг самарадорлиги энг юқори ва арзон капитал сарф-ҳаражатдагиси гравитацион гирдобли турбина эканлиги асосланди. Электростанциянинг қувват бўйича солиштирма нархи ҳам бир бирдан фарқ қилади. Бу ерда энг қиммат солиштирма қувват нархи чархпалак туридаги турбина учун хосдир. Умуман олганда қувват бўйича солиштирма нарх миқдори 6,7-12,7 млн. сўм/kW ни ташкил этди. Ушбу кўрсаткич ривожланаётган давлатлар учун хосдир. Юқори ривожланган Европа давлатларида бу кўрсаткич 6-10 баробаргача қиммат ҳисобланади.



**12-расм. Гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станция**

Юқоридаги 12-расмда Файзобод насос станцияси ташлама ховузи учун лойиҳаланган ва жорий қилинган гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станция чизмаси келтирилган.

## ХУЛОСА

Гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциялар паст босимли(0.7-3 метр) сув оқимлари яъни, ирригация тармоқлари, сойлар, каналлар ва ҳавзаларнинг гидроэнергетик потенциалидан қишлоқ хўжалиги истеъмолчилари учун электр энергияси ишлаб чиқариш ва таъминлашда юқори самарали ечим ҳисобланади. Тадқиқот натижаларига асосан қуйидаги хулосалар келтирилади:

1. Ansys CFD ёрдамида яратилган симуляцион модел билан цилиндрсимон ҳавзанинг геометрияси ва ишчи паррақлар конструкциясини ўзгарувчан гирдобли турбинанинг самарадорлигига таъсирини ўрганиш ва таҳлил қилиш орқали гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станциясининг такомиллаштирилган модели ишлаб чиқилган;

2. Цилиндрсимон ҳавза ичидаги гирдобнинг марказида ҳаво уюрмасини тўлиқ шакллантириш орқали, тангенциал тезлик ва айлантирувчи моментнинг юқори қийматига эришиш асосланган;

3. Цилиндрсимон ҳавзанинг конструктив параметрларини мақбул қийматларини аниқлаш бўйича:

- сувнинг ҳавзага киришдаги бошланғич тезлиги бўйича самарадарлик кўрсаткичи таҳлил қилинди ва сув кириш тарновининг ҳавзага киришдаги суюриш бурчагининг энг мақбул кўрсаткичи  $\alpha=45^\circ$  эканлиги аниқланган;

- чиқиш туйнуги диаметри ва ҳавза диаметри ўртасидаги муносабатга кўра, нисбатнинг энг мақбул қиймати  $d_{\text{туй.}}/D_{\text{ҳавза}}=0,16$  эканлиги аниқланган;

- сув кириш канали кенглиги ва ҳавза диаметри ўртасидаги муносабатга кўра, нисбатнинг энг мақбул қиймати  $K_{\text{кенг.}}/D_{\text{ҳавза}}=0,6$  эканлиги аниқланган;

- сув кириш канали чуқурлиги ва ҳавза баландлиги ўртасидаги муносабатга кўра, нисбатнинг энг мақбул қиймати  $b_{\text{чуқ.}}/H_{\text{ҳавза}}=0,7$  эканлиги аниқланган.

4. Ansys CFD да яратилган симуляцион моделда ҳам тажриба қурилмаси моделида ҳам кесишувчи оқимли паррақларда 125 айл./мин. айланишлар сонидан энг юқори самарадорликка эришилгани асосланган;

5. Дунё бўйича гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станция технологиясини ишлаб чиқувчи ва ўрнатувчи компания ҳамда ширкатларнинг 27 та амалий ишларининг натижалари таҳлил қилинган. Тадқиқот объектининг гидроэнергетик кўрсаткичларига асосан паст босимли

сув оқимларида ишловчи тўрт турдаги микрогидроэлектр станцияларининг техник-иқтисодий кўрсаткичлари таққосланди ва гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станцияни жорий этилди ҳамда шу орқали йилига ўртача 131400 kW·h электр энергия ишлаб чиқариб йилига 38,765 млн.сўм иқтисодий самарадорликка эришиш ва лойиҳа 2,6 йилда ўзининг капитал сарф-ҳаражатларини тўлиқ қоплаши асосланган. Шунингдек, лойиҳани амалга ошириш орқали йилига 232,6 кг ( $CO_2$ ), 0,62 кг ( $CH_4$ ) ва 1,26 кг ( $N_2O$ ) атроф муҳитга чиқишини олди олинган.

6. Республикамизда мавжуд паст босимли сув оқимидаги каналлар, сойлар, дарёлар ва ирригация тармоқларининг гидроэнергетик потенциалдан фойдаланган ҳолда гравитацион гирдобли микрогидроэлектр станцияларини тизимли каскад усулида жорий этиш орқали энергияга бўлган талабни қондириш имконияти мавжудлиги асосланган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.Т.10.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАЦИОНАЛЬНОМ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ «ТАШКЕНТСКИЙ  
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ  
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»**

---

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И  
МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА» И  
НАМАНГАНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

**МАМАДЖАНОВ АБДУШОХИД БАХРОМЖОНОВИЧ**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ГРАВИТАЦИОННО-ВИХРЕВОЙ  
МИКРОГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

**05.05.07 - Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве**

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

**ТАШКЕНТ – 2023**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве Высшего Образования Науки и Инноваций Республики Узбекистан за В2023.1.PhD/Т2689

Диссертация выполнена в Национальном исследовательском университете «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» и Наманганском инженерно-строительном институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекском, русском и английском (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета по адресу: [www.tiiame.uz](http://www.tiiame.uz) и образовательном портале «ZiyoNeb» ([www.ziyo.net.uz](http://www.ziyo.net.uz)).

<b>Научный руководитель:</b>	<b>Захидов Ромэн Абдуллаевич</b> доктор технических наук, профессор, академик
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Муратов Хаким Махмудович</b> доктор технических наук, профессор <b>Денмухаммадиев Ақтам Мавлонович</b> кандидат технических наук, доцент
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова</b>

Защита диссертации состоится «1» марта 2023 г. в 14<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.Т.10.01 при Национальном исследовательском университете «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» (Адрес: 100000, г.Ташкент, ул. Кары Ниязий, 39. Тел.: (+99871) 237-09-45, факс: (+99871) 237-09-75, e-mail: [admin@tiiame.uz](mailto:admin@tiiame.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре Национального исследовательского университета «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» (регистрационный номер 257). Адрес: 100000, г. Ташкент, ул. Кары Ниязий, 39. Тел.: (+99871) 237-09-45, факс: (+99871) 237-09-75, e-mail: [admin@tiiame.uz](mailto:admin@tiiame.uz)

Автореферат диссертации разослан «18» 02 2023 года.

(протокол рассылки № 78 от «18» 02 2023 года.



**Б.С.Мирзаев**  
Председатель научного совета по  
присуждению ученых степеней,  
д.т.н., профессор

**У.Т. Кузиев**  
Ученый секретарь Научного совета  
по присуждению ученых степеней,  
PhD, доцент.

**А. Мухаммадиев**  
Председатель научного семинара  
при Научном совете по  
присуждению ученых степеней,  
д.т.н., профессор

## ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мировой энергетической практике большое значение имеют научно-технические разработки по расширению сферы использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, предотвращение глобальных изменений климата и стабилизацию экологического баланса за счет экономии энергоресурсов углеводородного топлива, в частности малой гидроэнергетики. Исхода из этого поставлены задачи «довести к 2030 году долю малых энергосистем в энергоснабжении развивающихся стран до 30...40%...»<sup>1</sup>. В связи с этим в мировой практике высокими темпами растет рациональное использование возобновляемых источников энергии, в том числе от микрогидроэлектростанций являющихся источником энергии для изолированных систем малой энергетики, отдаленных от широко развивающегося централизованного энергоснабжения, и в свою очередь, большое внимание уделяется развитию этого сектора.

В мире особое внимание уделяется научному обеспечению производства и использованию надежных и экологически безопасных технологий производства электроэнергии, в частности, эффективности вихревой турбины, изменяющей геометрию цилиндрического бассейна гравитационно-вихревых микрогидроэлектростанций, исследованию влияния конструкции рабочих лопастей на работу вихревой турбины, разработке экспериментальной модели гравитационно-вихревой микрогидроэлектростанции с рациональными показателями и оценке ее гидроэнергетических показателей имеет особое значение.

В настоящее время принимаются масштабные меры по коренному развитию энергетики, являющейся важной и неотъемлемой отраслью экономики нашей Республики, обновлению технического и технологического уровня отрасли на основе современных требований, в том числе обоснованию параметров гравитационно-вихревой микрогидроэлектростанций и повышению энергоэффективности. В стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы определены задачи, в том числе «...разработка программы расширения и поддержки использования возобновляемых источников энергии, для экономии около 3 миллиардов кубометров природного газа в год в обмен на увеличение доли возобновляемых источников энергии до 25% к 2026 году...»<sup>2</sup>. Важными задачами являются реализация этих задач, в том числе совершенствование на основе определения оптимальных размеров гравитационно-вихревой микроГЭС, в зависимости от геометрии цилиндрического бассейна эффективности вихревой турбины, исследование влияния конструкции рабочих лопастей на производительность вихревой турбины, разработка

<sup>1</sup> [https://www.iea.org/International\\_Energy\\_Agency](https://www.iea.org/International_Energy_Agency)

<sup>2</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № ПФ-60 «О новой стратегии развития Республики Узбекистан на 2022-2026 годы»

экспериментальной модели гравитационно-вихревой микрогидроэлектростанций с рациональными параметрами и оценка его показателей гидроэнергетической эффективности.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач «Повышения энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, широкого внедрения энергосберегающих технологий и возобновляемых источников энергии» предусмотренных Постановлением Президента Республики Узбекистан №ПП-4422 от 22 августа 2019 года «Об оперативных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии» и Указом № УП-220 от 9 сентября 2023 года «О дополнительных мерах по внедрению энергосберегающих технологий и развитию маломощных возобновляемых источников энергии», а также другими нормативно-правовыми актами, принятыми в данной сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и техники республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан II.«Энергетика, энерго- и ресурсосбережение» и IV. «Развитие использования возобновляемых источников энергии, создание других передовых технологий».

**Степень изученности проблемы.** На сегодняшний день научные исследования, направленные на разработку гравитационно-вихревых микрогидроэлектростанций, активно проводятся в ведущих мировых научных центрах и научных школах высших учебных заведений, в частности Queen's University Belfast (Великобритания), University of Rostock, Water Resources Engineering and Management University of Stuttgart, Institute of Hydraulic Engineering and Technical Hydromechanics (Германия), Texas Tech University (США), Polytechnic University of Turin, Sapienza University of Rome (Италия), Ibaraki University (Япония), Universiti Malaysia Sabah (Малайзия), Iranian Research Organization for Science and Technology (Иран), Khonkaen University (Таиланд), Universitas Udayana, Bandung Institute of Technology Jalan Ganesha, Hasanuddin University (Индонезия), Ghulam Ishaq Khan Institute of Engineering Sciences and Technology, GIK Institute of Engineering Sciences and Technology, University of Engineering and Technology Taxila (Пакистан), Tribhuvan University (Непал), Алтайский государственный технический университет, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Всероссийский институт сельскохозяйственной электрификации (Россия), Ошский технологический университет (Кыргызстан), Ташкентский государственный технический университет, Ферганский политехнический институт (Узбекистан) и в ряде исследовательских университетов.

В решение теоретических и научных задач, направленных на разработку гравитационно-вихревых микрогидроэлектростанций и повышению их эффективности за рубежом внесли большой вклад F.Zotloeterer, S.Mulligan, S.Dhakal, S.Wanchat, R.Suntivarakorn, M.Rahman, M.Marian,

Т.Вайрачарья, В.Шницер, А.Иренбергер, Г.Мюллер, Ф.Вайчбротт, К.Лотар, С.Славчев, В.Кризик, М.Словакия, П.Левковский, Ш.Шоёкубов, М.Нарзиев, А.Сатыбалдыев, Л.Суле, Й.Ясси, А.Ибрахим, Ч.Харон, К.Костина, С.Клыкков, Б.Кажинский, А.Обозов, С.Обухов В.Елистратов, П.Свит, А.Кусков, Р.Диёров, О.Гусева, К.Барков и другие. А в нашей стране узбекские ученые М.Мухамадиев, Б.Уришев, С.Эргашев, Р.Алиев, А.Умурзаков, О.Бозоров, Т.Халилов, Д. Кадыров и другие ученые проводили научные исследования, и в определенном смысле были достигнуты ряд положительных результатов.

На сегодняшний день, несмотря на обширные исследования, проводимые в этом направлении, недостаточно изучена проблема обоснования конструктивных параметров гравитационно-вихревой микрогидроэлектростанций и повышения энергоэффективности.

В данной научно-исследовательской работе подробно рассмотрены вопросы совершенствования на основе определения оптимальных размеров гравитационно-вихревой микрогидроэлектростанции, изучения влияния геометрии цилиндрического бассейна на эффективность вихревой турбины, определения влияния конструкции рабочих лопастей на производительность вихревой турбины, разработки экспериментальной модели микроГЭС с рациональными параметрами и оценки показателей ее гидроэнергетической эффективности, предложены ее решения.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательской работы высшего учебного заведения, в котором выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом Национального исследовательского университета «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», № 5/2019 «Разработка и монтаж микрогидроэлектростанции малой мощности в малонапорных водотоках и водосбросных прудах откачки станций (Ферганская область)» (2019).

**Целью исследования** является повышение энергоэффективности путем обоснования оптимальных конструктивных размеров гравитационно-вихревой микрогидроэлектростанции.

**Задачи исследования:**

оценка потенциала имеющихся в нашей стране водно-энергетических ресурсов и анализ исследований, проводимых в мире по гравитационно-вихревым микрогидроэлектростанциям;

разработка конструкции бассейна, образующего полноценный воздушный бассейн в центре водного вихря для гравитационно-вихревой микроГЭС;

определение рациональных значений высоты и диаметра водосборника, диаметра водовыпуска, ширины и глубины подводящего канала, обеспечивающих стабильный и постоянный крутящий момент турбины микроГЭС;

разработка алгоритма повышения энергоэффективности за счет обоснования рациональных конструктивных параметров гравитационно-вихревой микроГЭС;

разработка физической модели гравитационно-вихревой микроГЭС с повышенной энергоэффективностью.

**Объектом исследования** принята гравитационно-вихревая микроГЭС, внедренная на Ферганской насосной станции при Сырдарьинско-Сохском бассейновом управлении и Файзиабадской насосной станции при управлении энергетики.

**Предметом исследования** является повышение энергоэффективности гравитационно-вихревой микроГЭС.

**Методы исследования.** В процессе исследования использовались общепринятые в гидроэнергетике методы, математическое моделирование, планирование эксперимента, методы математической статистики и современные методы имитационного моделирования при обработке теоретических и практических показателей.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

разработана бассейновая конструкция для гравитационно-вихревой микроГЭС, образующая полноценный воздушный бассейн в центре водного вихря;

определены рациональные значения микроГЭС, обеспечивающие стабильный и постоянный крутящий момент турбины высота и диаметр водосборника, диаметр водовыпускного отверстия, ширина и глубина подводщего канала, угла наклона;

разработан алгоритм повышения энергоэффективности за счет обоснования рациональных конструктивных параметров гравитационно-вихревой микроГЭС;

разработана и внедрена физическая модель, которая позволила повысить энергоэффективность за счет оптимизации структурных параметров гравитационно-вихревой микроГЭС.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработана усовершенствованная модель гравитационно-вихревой микроГЭС путем изучения и анализа влияния геометрии цилиндрического бассейна и конструкции рабочих лопастей на эффективность вихревой турбины переменного тока с помощью Ansys CFD;

разработан программный продукт для определения угла тяги водоприемного канала гравитационно-вихревой микроГЭС и обеспечения максимальной высоты вихря в бассейне;

определены гидроэнергетическая мощность разрабатываемой гравитационно-вихревой микроГЭС, годовой потенциал производства электроэнергии и показатели эффективности.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследований заключается в том, что исследования проводились с использованием современных методов и средств, при обработке и проверке результатов экспериментов использовались математическая и имитационная модель, эксперименты проводились в натуральных условиях, теоретические и экспериментальные исследования взаимно адекватны, разработанная на основе выполненных исследований гравитационно-вихревая микроГЭС для

сельскохозяйственных потребителей основана на положительных результатах испытаний и ее реализации.

#### **Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследований объясняется повышении энергоэффективности путем определения оптимальных конструктивных параметров гравитационно-вихревой микроГЭС.

Практическая значимость результатов исследований выражается в возможности удовлетворения потребности в энергии за счет планомерного внедрения гравитационно-вихревых микроГЭС с использованием гидроэнергетического потенциала существующих низконапорных водотоков, ручьев, рек и оросительных сетей нашей республика.

**Внедрение результатов исследования.** На основе результатов научных исследований по повышению энергоэффективности гравитационно-вихревой микроГЭС:

внедрена физическая модель гравитационно-вихревой микроГЭС с повышенной энергоэффективностью на Ферганских насосных станциях Сырдарьинско-Сохского бассейнового управления и сточных прудах Файзиабадской насосной станции Управления энергетики (Справка №QV21656707 Минводхоза от 30 июля 2022 г.). В результате удалось сэкономить 38,763 млн сумов в год за счет компенсации электроэнергии, покупаемой в системе централизованного электроснабжения;

внедрены оптимальные значения угла водоподводящего канала гравитационно-вихревой микроГЭС и выходного отверстия цилиндрического бассейна на Ферганских насосных станциях Сырдарьинско-Сохского бассейнового управления и сточных прудах Файзиабадской насосной станции Управления энергетики (Справка №QV21656707 Минводхоза от 30 июля 2022 г., свидетельства Агентства по интеллектуальной собственности № ДГУ 15034 и ДГУ № 15412). В результате достигнуто повышение КПД гравитационно-вихревой микроГЭС на 5,2 %;

Способ внедрения низконапорных микроГЭС в низконапорные водные потоки в каскадной системе внедрен на Файзиабадской насосной станции Ферганского управления насосных станций и энергетики Сырдарьинско-Сохского бассейнового управления (Справка №QV21656707 Минводхоза от 30 июля 2022 г.). В результате удалось получить электроэнергию в количестве 131,4 тыс. кВт·ч в год с помощью гравитационно-вихревой микроГЭС мощностью 15 кВт.

**Апробация результатов исследования.** Основные результаты исследования обсуждены и одобрены на 4 международных и 4 республиканских научно-практических конференциях и семинарах.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 16 научных работ, в том числе 1 монография, 5 статей в научных изданиях, рекомендованных к публикации основных научных результатов диссертаций доктора философии (PhD) ВАК РУз, в том числе 4 статьи в республиканских и 1 статья в зарубежном научном журнале, получены сертификаты на 2 программных продукта.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обосновывается актуальность и востребованность темы диссертации, определены цель и задачи, объект и предмет исследования, приводится соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложена научная новизна и практические результаты исследования, включены достоверность исследований, раскрывается теоретическая и практическая значимость результатов исследования, приведены сведения о внедрении результатов исследования, а также сведения об опубликованности результатов и структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием **«Современное состояние и перспективы развития эффективного использования микроГЭС»** изложены современное состояние и перспективы эффективного использования микроГЭС в Республике Узбекистан и мире, классификация гидротурбин, работающих в низконапорных потоках воды, анализ исследований, проведенных по гравитационно - вихревым микрогидроэлектростанциям, разработана методология исследования рациональных конструктивных параметров гравитационно-вихревой микрогидроэлектростанции.

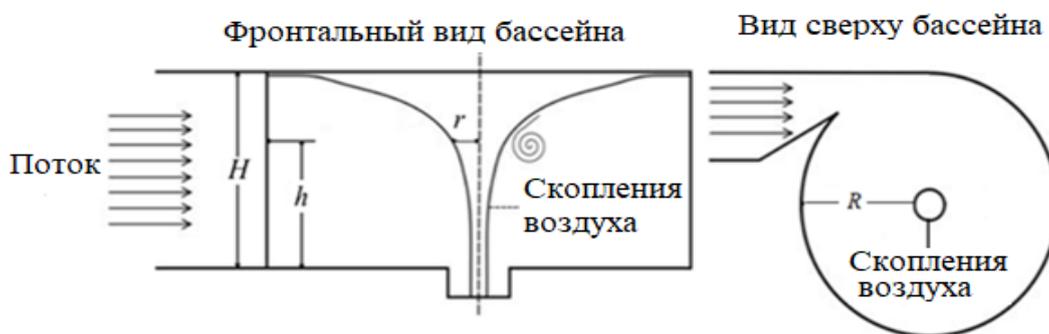
В данной главе представлен анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований, проведенных по оптимизации конструктивных параметров гравитационно-вихревой микрогидроэлектростанции.

Во второй главе диссертации под названием **«Разработка математической и имитационной модели гравитационно-вихревой микрогидроэлектростанции с цилиндрическим бассейном по конструктивным параметрам»** приведены анализ исследований и результатов по созданию математической модели гравитационно - вихревых микрогидроэлектростанций, создание имитационной модели бассейна с оптимальными параметрами с помощью Ansys CFD, изучение влияния начальной скорости поступления воды в бассейн на работу турбины при различных значениях, определение влияния величины водоподводящего канала на входе в бассейн на эффективность, анализ параметров вихрей, образующихся при различных значениях диаметра и высоты бассейна и диаметра выпускного отверстия, анализ показателей эффективности параметров вихря, генерируемого при различных значениях ширины и высоты подводящего канала воды к бассейну.

В результате исследования разработано уравнение, обеспечивающее связь между выработкой энергии на основе математической модели, описывающей форму гравитационного вихря. При этом высокая тангенциальная скорость в центре бассейна и высокие вихри в равной степени участвуют в формировании аккумуляции воздуха и поля течения

воды.

Направления вектора поля течения, описывающего гравитационный вихрь внутри цилиндрического бассейна, и виды воздушной сваи в центре вихря представлены на рис. 1.



**Рис. 1. Направления векторов вихревых потоков в бассейне**

Для описания поведения потока внутри цилиндрического бассейна используются следующие уравнения непрерывности и формулы Навье-Стокса.

Уравнение непрерывности:

$$\frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{\partial V_z}{\partial z} + \frac{V_r}{r} = 0 \quad (1)$$

Формулы Навье-Стокса:

$$\partial V_r \frac{\partial V_t}{\partial r} + V_z \frac{\partial V_t}{\partial z} - \frac{V_r V_t}{r} = k \left( \frac{\partial^2 V_t}{\partial r^2} + \frac{\partial V_t}{r \partial r} - \frac{V_t}{r^2} + \frac{\partial^2 V_t}{\partial z^2} \right) \quad (2)$$

$$V_r \frac{\partial V_r}{\partial r} + V_z \frac{\partial V_r}{\partial z} - \frac{V_t^2}{r} + \frac{\partial \rho}{\rho \partial r} = k \left( \frac{\partial^2 V_r}{\partial r^2} + \frac{\partial V_r}{r \partial r} - \frac{V_r}{r^2} + \frac{\partial^2 V_r}{\partial z^2} \right) \quad (3)$$

$$\partial V_r \frac{\partial V_z}{\partial r} + V_z \frac{\partial V_z}{\partial z} + \frac{\partial \rho}{\rho \partial z} = g + k \left( \frac{\partial^2 V_z}{\partial r^2} + \frac{\partial V_z}{r \partial r} + \frac{\partial^2 V_z}{\partial z^2} \right) \quad (4)$$

где  $V_t$ ,  $V_r$ ,  $V_z$  - тангенциальная, радиальная и осевая скорости соответственно (м/с);  $g$ -ускорение свободного падения (м/с<sup>2</sup>);  $k$ -коэффициент вязкости ( $k=0,09$ );  $\rho$  -плотность воды (кг/м<sup>3</sup>).

Математическая модель вихревой энергии в бассейне выражена следующим образом:

Выходную мощность:

$$P_{\text{вых}} = \omega \cdot M \quad (5)$$

$$M = F \cdot R \quad (6)$$

$$V_{\text{танг}} = \omega \cdot R \quad (7)$$

где  $\omega$ -угловая скорость (ayl/min),  $M$ -момент силы (N· m),  $F$ -момент силы (N),

$V_{\text{танг}}$  -тангенциальная скорость (м/с).

Из вышеприведенного вычислительную мощность определена:

$$P_{\text{вых}} = \omega \cdot F \cdot R = V_{\text{танг}} \cdot F \quad (8)$$

Если учесть скопление воздуха, появляющееся в центре вихря, то выражение будет выглядеть следующим образом:

$$P_{\text{вых}} = \omega \cdot F \cdot (R - r) \quad (9)$$

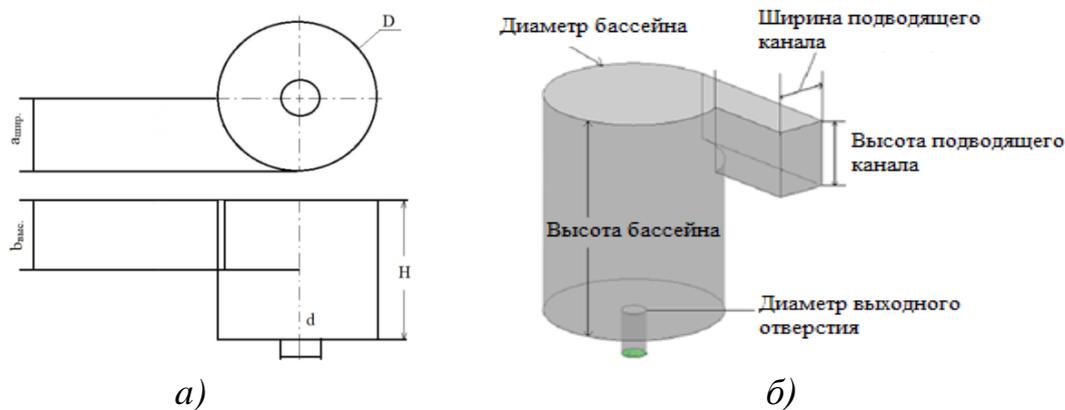
В исследовательской работе рассмотрено использование Ansys CFD (вычислительная гидродинамика) программного обеспечения для повышения эффективности за счет определения оптимальных значений конструктивных параметров цилиндрического бассейна. В таблице 1 перечислены параметры бассейна для анализа имитационной модели.

Таблица 1

Параметры бассейна

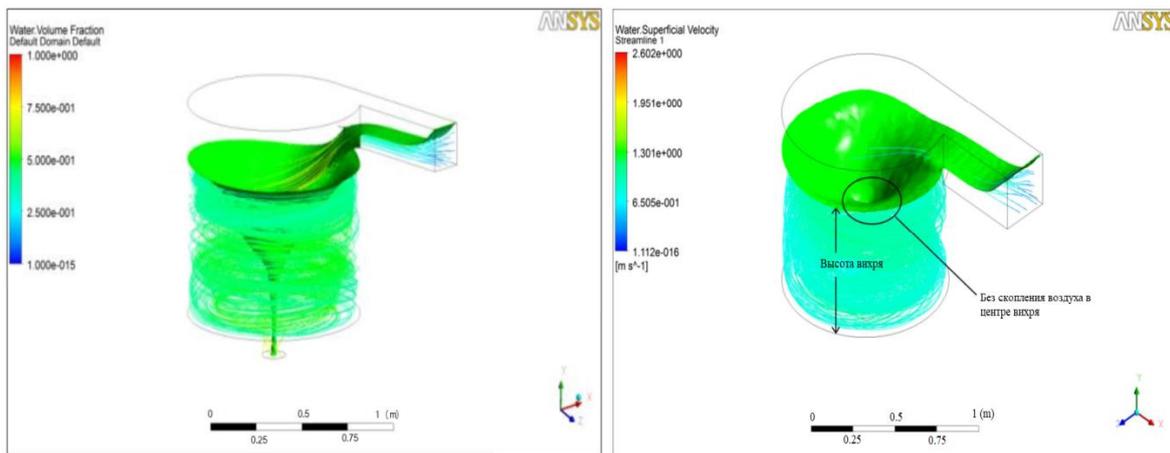
Параметры бассейна	Размеры (мм)
Диаметр бассейна D	1000
Высота бассейна H	1000
Диаметр выходного отверстия d	160
Ширина канала подачи воды $a_{\text{шир.}}$	300
Высота канала подачи воды $b_{\text{выс.}}$	300
Длина канала подачи воды $L_{\text{длин.}}$	1800

На основе параметров, перечисленных в таблице 1, была построена диаграмма бассейна, представленная на рис. 2. Бассейн с этими параметрами был проанализирован на разное водопотребление. С помощью имитационной модели, как показано на рис. 3 а) и б), было определено, что в случае скопления воздуха в центре вихря тангенциальная и радиальная скорости вихря велики и, как следствие, объем водопотребления и мощность вихря высокие.



а)- вид бассейна сверху и спереди; б)- структурные параметры бассейна

Рис. 2. Конструкция гравитационно-вихревой микроГЭС



а)

б)

а)-имитационная модель со скоплением воздуха в центре вихря;  
 б)-имитационная модель без скопления воздуха в центре вихря

**Рис. 3. Имитационные модели гравитационно-вихревой микрогидроэлектростанции**

При оценке эффективности вихря внутри цилиндрического бассейна важными являются несколько факторов. В частности, тангенциальная скорость вихря напрямую зависит от его высоты и процентного содержания массы воздуха в центре вихря.

Для оценки эффективности вихря внутри цилиндрического бассейна были проанализированы следующие конструктивные параметры:

- диаметр бассейна  $[0,5 \div 1]$  м;
- высота бассейна  $[1 \div 1,5]$  м;
- начальная скорость воды  $[0,1 \div 0,6]$  м/с;
- угол наклона водоподводящего канала  $\alpha = [0 \div 90]$  °;
- отношение высоты бассейна к диаметру ( $H_{\text{бас.}}/D_{\text{бас.}} = [0,5 \div 1,5]$ );
- отношение диаметра выпускного отверстия к диаметру бассейна ( $d_{\text{отв.}}/D_{\text{бас.}} = [0,1 \div 0,2]$ );
- отношение ширины водоподводящего канала к диаметру бассейна ( $a_{\text{шир.}}/D_{\text{бас.}} = [0,1 \div 0,8]$ );
- отношение глубины водоподводящего канала к высоте бассейна ( $b_{\text{глуб.}}/H_{\text{бас.}} = 0,1 \div 1$ ).

По результатам проведенных исследований на основании анализа и результатов были определены следующие оптимальные значения конструктивных параметров гравитационно-вихревой микрогидроэлектростанций:

проведен анализ показателя эффективности по начальной скорости поступления воды в бассейн и установлено, что наиболее оптимальным показателем угла водоприемной системы на входе в бассейн является  $\alpha = 45^\circ$ ;

по соотношению высоты и диаметра бассейна определено, что оптимальным значением соотношения является  $H_{\text{бас.}}/D_{\text{бас.}} = 1$ ;

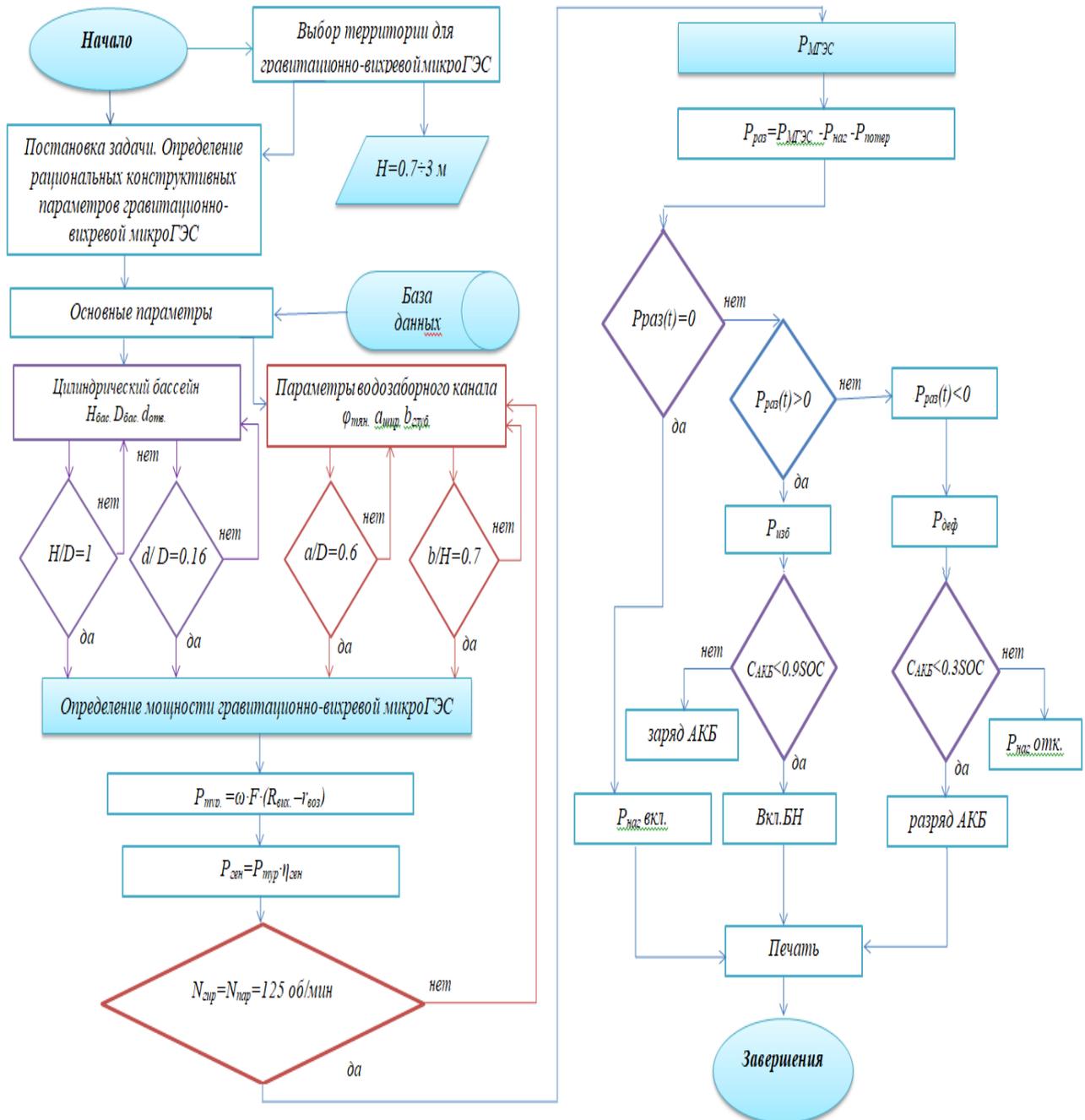
по соотношению диаметра выходного отверстия и диаметра бассейна

определено, что оптимальное значение соотношения  $d_{отв.}/D_{бас.}=0,16$ ;

по соотношению ширины водоприемного канала и диаметра бассейна определено, что оптимальное значение соотношения  $a_{шир.}/D_{бас.}=0,6$ ;

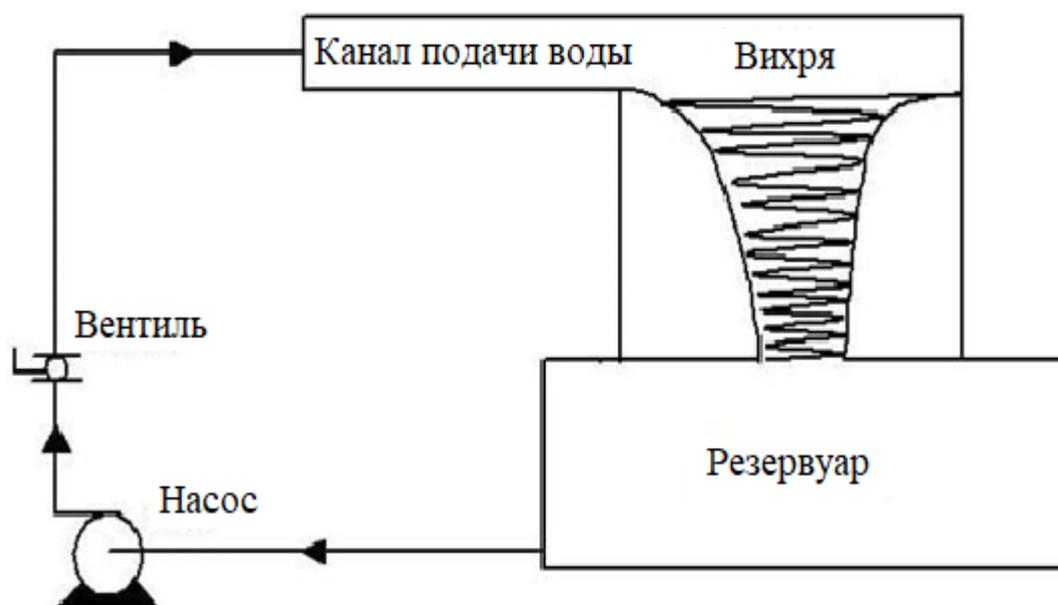
по соотношению между глубиной водоприемного канала и высотой бассейна определено, что оптимальное значение соотношения составляет  $b_{глуб.}/H_{бас.}=0,7$ .

По результатам исследования был разработан алгоритм повышения энергоэффективности микрогидроэлектростанции с гравитационным вихрем, который представлен на рисунке 4.



**Рис. 4. Алгоритм повышения энергоэффективности гравитационно-вихревой микрогидроэлектростанции**

В третьей главе диссертации под названием «Создание экспериментальной модели гравитационно-вихревой микрогидроэлектростанции на основе параметров различных рабочих органов и определение показателей ее гидроэнергетической эффективности» определено влияние параметров (угловой скорости, крутящего момента и высоты вихря) на параметры работы различных лопастей в цилиндрическом бассейне, на основе рациональных конструктивных параметров разработана экспериментальная модель гравитационно-вихревой микрогидроэлектростанции, определены гидроэнергетические показатели экспериментальной модели, сопоставлены результаты, полученные на имитационном модели и экспериментальных моделях. Технологическая схема экспериментальной установки представлена на рисунке-5.



**Рис. 5. Технологическая схема экспериментальной установки**

На основе параметров измерения, перечисленных в таблице 2 ниже, было разработано экспериментальное устройство, показанное на рис. 6.

**Таблица 2**

**Измеренные параметры экспериментального устройства**

Диаметр бассейна $D_{бас.}$ , м	1
Высота бассейна $H_{бас.}$ , м	1
Отношение диаметра выпускного отверстия к диаметру бассейна ( $d_{отв.}/D_{бас.}$ )	0.16
Отношение ширины водоприемного канала к диаметру бассейна ( $a_{шир.}/D_{бас.}$ )	0.6
Отношение глубины водоприемного канала к высоте бассейна ( $b_{глуб.}/H_{бас.}$ )	0.7
Угол тяги водозаборного отверстия ( $\alpha^\circ$ ) °	45°
Длина канала подачи воды, м	1.8



а)



б)



в)



г)



д)

а)-общий вид экспериментальной установки; б)-лопасти; в)-насос;  
г)-цифровой тахометр; д)-цифровой динамометр

**Рис. 6. Компоненты экспериментальной установки**

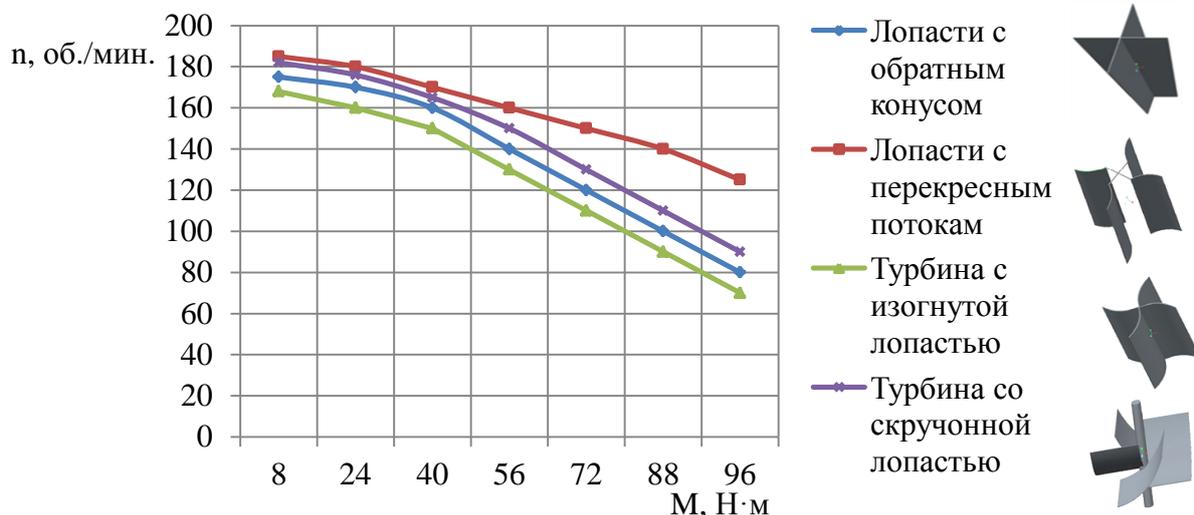
По результатам измерений были определены гидроэнергетические параметры экспериментального устройства гравитационно-вихревой микрогидроэлектр станции (рис. 7.).



**Рис. 7. Примеры экспериментов, проведенных на экспериментальной модели**

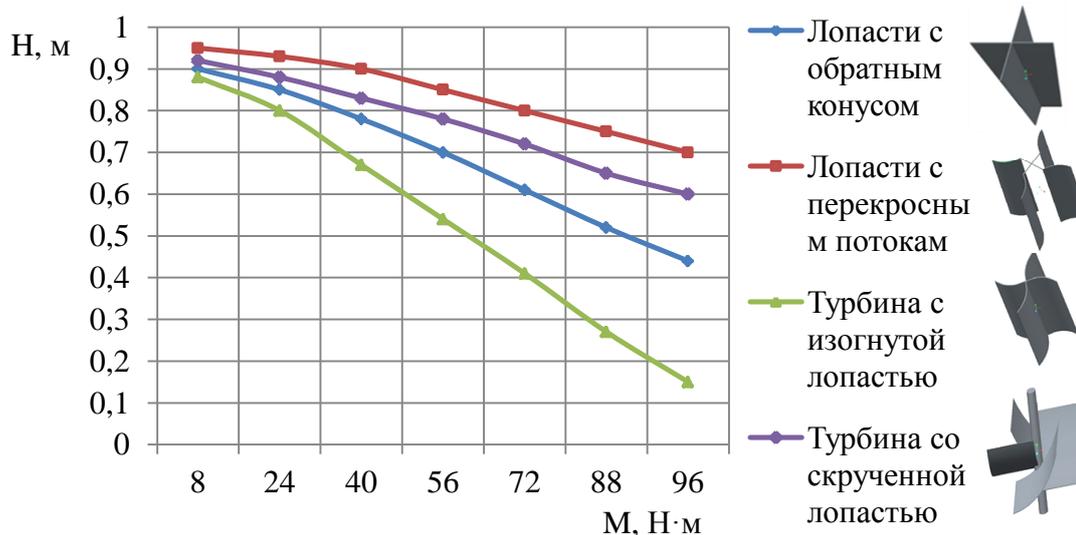
Механическая энергия от устройства подавалась в цилиндрический бассейн через водоприемный канал с помощью насоса, образующего вихрь и вращающего лопасти, закрепленные на вертикальной оси в бассейне. Высокая механическая мощность достигалась за счет большой высоты вихря, тангенциальной скорости и образования воздушной сваи в самом центре вихря. При этом определение механической мощности велось путем умножения момента силы, возникающего при ударе воды о лопасти, на угловую скорость. Момент силы определялся произведением силы на плечо, полученным на цифровой шкале. Угловая скорость, возникающая за счет параллельного вращения установленных лопастей с водой, определялась

цифровым тахометром. Поток воды, создавший вихрь в бассейне, через выпускное отверстие попал в нижний резервуар и через насос направлялся обратно в водоприемный канал. Выходная мощность определялась путем умножения тангенциальной скорости на крутящий момент. Определены гидроэнергетические параметры экспериментальной модели зависимость между крутящим моментом и число оборотов представлена в виде графика, как показано на рис. 8.



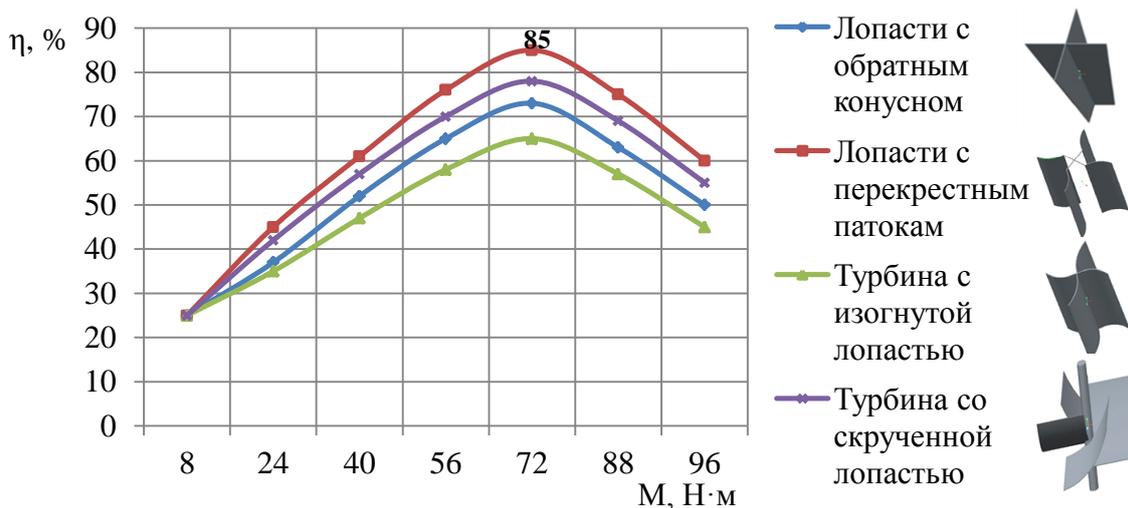
**Рис. 8. График зависимости между моментами силы и число оборотами, возникающими в лопастях**

Изменение высоты вихря в бассейне при различных значениях момента силы на лопастях представлено на рис. 9.



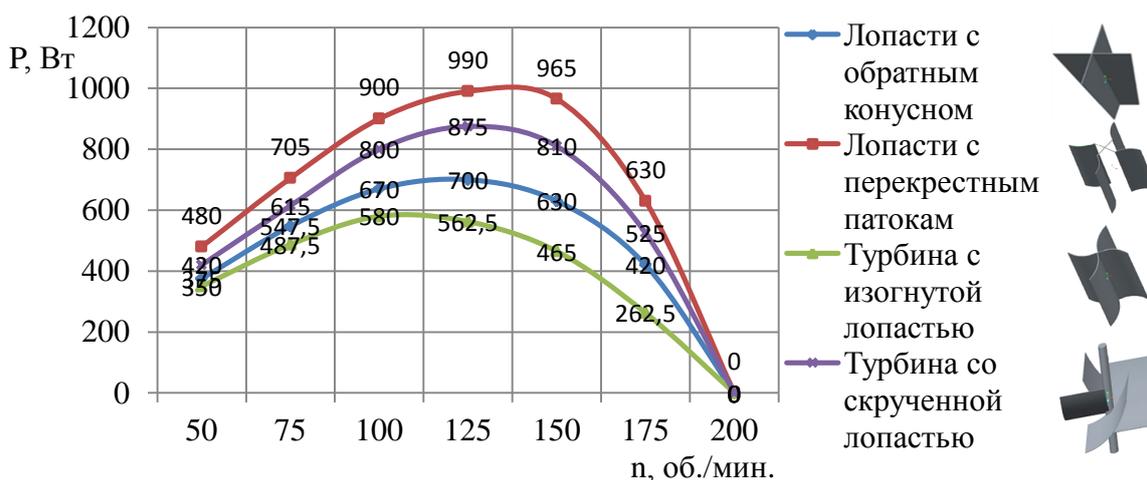
**Рис. 9. График зависимости момента силы и высоты вихря**

График изменения значения показателей эффективности, соответствующих разным значениям крутящего момента на лопастях, изображен на рис. 10.



**Рис. 10. График зависимости между крутящим моментом лопастей и КПД**

Сделан вывод, что имитационная модель не учитывала трение воды о стенки бассейна, поэтому результаты были более высокие значения. На рис. 11 показан график изменения мощности, полученной в экспериментальном устройстве.



**Рис. 11. График изменения мощности, полученной на разных лопастях экспериментального устройства, в зависимости от числа оборотов**

Параметры вихря, полученные из имитационной модели цилиндрического бассейна, созданной с помощью Ansys CFD, сравнивались с параметрами экспериментального образца гравитационно-вихревой микрогидроэлектростанции. В качестве основного сравниваемого параметра была взята выходная мощность. При сравнении результатов имитационной модели и результатов экспериментальной модели по полученным значениям мощности результаты оказались очень близкими друг к другу, то есть разница была невелика. Эти различия в процентах следующие:

- в лопасти с обратным конусом 7 % ;
- в лопасти с перекрыт. потоком 4 % ;
- в турбине с изогнутой лопастью 9 % ;
- в турбине со скрученной лопастью 6 % .

Эти различия в экспериментальных результатах можно объяснить сопротивлением, вызванным трением воды о стенки цилиндрического бассейна. Результаты, полученные из графика, означают, что коэффициент корреляции в значениях результатов, полученных во всех лопастях, показал положительное состояние, и результаты оказались приемлемыми.

В четвертой главе диссертации под названием «**Технико-экономическое обоснование и оценка энергетической эффективности гравитационно-вихревой микрогидроэлектростанции**» проведены работы, такие как анализ показателей гидроэнергетической эффективности Ферганской насосной станции и водоем-отстойника Файзибадской насосной станции, находящихся при управлении энергетикой, технико-экономическое обоснование проектирования гравитационно-вихревой микрогидроэлектростанции.

Для реализации проекта на практике было проведено технико-экономическое сравнение четырех типов микроГЭС, представленных в таблицах 3, 4 и 5, работающих на низконапорных водотоках.

**Таблица 3**

**Технические характеристики гидротурбин для потоков воды  
низкого давления**

Характеристика	Водный пропеллер	Винтовая гидротурбина	Турбина с подводным пропеллером	Гравитационно-вихревая турбина
Напор, м	0.5-10	1-10	1-10	0.7-3
Эффективность, %	35- 80	75	70	65-85
Конструкция проекта	Простая	Простая	Простая	Простая
Цена проекта	Дешевая	Дешевая	Дешевая	Дешевая
Системная цена проекта	Дешевая	Дешевая	Дешевая	Дешевая
Возможность технического обслуживания	Легкая и дешевая	Легкая и дешевая	Легкая и дешевая	Легкая и дешевая
Безопасность по отношению к водной экосистеме	Безопасно	Безопасно	Безопасно	Безопасно
Тип механической передачи	Коробка передач/ шкив	Коробка передач	Не существует	Коробка передач/ шкив
Прочность	Хорошая	Хорошая	Хорошая	Хорошая
Возможность использования гидроэнергетического потенциала водного потока, %	30- 100	50- 100	100	30- 100
Место расположения	Целесообразно проектировать на существующих реках, ручьях, оросительных каналах с низконапорным потоком воды			

Таблица 4

**Сравнительный анализ показателей технической эффективности гидротурбин для низконапорных потоков воды**

Характеристика	Водный пропеллер	Винтовая гидротурбина	Турбина с подводным пропеллером	Гравитационно-вихревая турбина
Эффективная высота, м	1.7	1.7	1.7	1.7
Расход воды, м <sup>3</sup> /с	1.466	1.466	1.466	1.466
Эффективность системы, %	50	75	70	85
Мощность, кВт	10.1	15.3	14.3	17.6
Технические характеристики турбины	Ø1700 мм, 50 об./мин.	Ø700 мм, 3000 мм, 50 об./мин.	Ø700 мм, 150 об./мин.	Ø1000 мм, 125 об./мин.
Тип генератора	Синхронный/асинхронный	Синхронный/асинхронный	Магнитный маловращающийся генератор	Синхронный/асинхронный
Тип механической передачи	Коробка передач	Коробка передач	Не существует	Шкив
Выбираемая мощность генератора, кВт	11	16	15	18

Таблица 5

**Экономический сравнительный анализ четырех типов микрогидроэлектростанций, работающих на низконапорных потоках воды**

Характеристика	Капитальные затраты (млн. сум)			
	Водный пропеллер	Винтовая гидротурбина	Турбина с подводным пропеллером	Гравитационно-вихревая турбина
	1	2	3	4
Строительные материалы	30	22	30	22
Турбина	46.7	97.3	23.4	46.7
Механическая передача	10.6	10.6	-	10.6
Генератор	8.6	10.6	50.9	10.6
Шкаф управления и электрические приборы	10.6	10.6	15	10.6

### Продолжение таблицы 3

Запуск (включая рабочую силу)	22	22	22	22
Общие расходы	128.5	173.1	141.3	100.5
Генерируемая мощность, кВт	10.1	15.3	14.3	15
Сравнительная цена, млн. сум /кВт	12.7	11.6	9.8	6.7

Из вышеприведенных показателей таблиц 3, 4, 5 видно, что имеется возможность выработки различной мощности из имеющегося гидроэнергетического потенциала в четырех различных турбинах, наиболее эффективной из которых является гравитационно-вихревая турбина с наименьшими капитальными затратами. Сравнительная цена электростанции по мощности также отличается. Здесь самая дорогая стоимость удельной электроэнергии характерна для пропеллерной турбины. В целом сравнительная цена по мощности составляет 6,7-12,7 млн. сум/кВт. Этот показатель характерен для развивающихся стран. В высокоразвитых Европейских странах этот показатель дороже в 6-10 раз.



**Рис. 12. Гравитационно-вихревая микрогидроэлектростанция**

На рис.12 показан схема спроектированной и реализованной гравитационно-вихревой микроГЭС для водоем-отстойника Файзабадской насосной станции.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гравитационно-вихревые микро-ГЭС являются высокоэффективным решением для производства и обеспечения электроэнергией сельскохозяйственных потребителей за счет гидроэнергетического потенциала низконапорных (0,7-3 метра) потоков воды, т.е. оросительных сетей, ручьев, каналов и бассейнов. По результатам исследования сделаны следующие выводы:

1. Разработана усовершенствованная модель гравитационно-вихревой микроГЭС путем изучения и анализа влияния геометрии цилиндрического бассейна и конструкции рабочих лопастей на эффективность вихревой турбины с помощью имитационной модели, созданной с помощью Ansys CFD.

2. Обосновано достижение высокого значения тангенциальной скорости и крутящего момента за счет полного формирования воздушной массы в центре вихря внутри цилиндрического бассейна.

3. Для определения оптимальных значений конструктивных параметров цилиндрического бассейна:

- проведен анализ показателя эффективности по начальной скорости поступления воды в бассейн и установлено, что наиболее оптимальным показателем угла водоприемной системы на входе в бассейн является  $\alpha=45^\circ$ ;

- по соотношению диаметра выходного отверстия и диаметра бассейна определено, что оптимальное значение соотношения  $d_{\text{отв.}}/D_{\text{бас.}}=0,16$ ;

- по соотношению ширины водоприемного канала и диаметра бассейна определено, что оптимальное значение соотношения  $a_{\text{шир.}}/D_{\text{бас.}}=0,6$ ;

- по соотношению между глубиной водоприемного канала и высотой бассейна определено, что оптимальное значение соотношения составляет  $b_{\text{глуб.}}/H_{\text{бас.}}=0,7$ .

4. Доказано, что наибольшая эффективность достигается по числу оборотов 125 об./мин, как в имитационной модели, созданной в Ansys CFD, так и в экспериментальной модели устройства лопасти с поперечным потоком.

5. Проанализированы результаты 27 практических работ компаний и частных фирм, разрабатывающих и внедряющих технологию гравитационно-вихревых микроГЭС по всему миру. На основе гидроэнергетических показателей объекта исследования проведено сравнение технико-экономических показателей четырех типов микроГЭС, работающих на малонапорных потоках воды, внедрена гравитационно-вихревая микроГЭС, за счет этого при выработке в среднем 131,4 тыс. кВт·ч электроэнергии в год достигается экономическая эффективность в 38,765 млн. сум и обосновано полное покрытие капитальных затрат проекта за 2,6 года. Также благодаря реализации проекта удалось предотвратить выброс в окружающую среду 232,6 кг ( $CO_2$ ), 0,62 кг ( $CH_4$ ) и 1,26 кг ( $N_2O$ ) кг в год.

6. Доказана возможность удовлетворения потребности в энергии за счет планомерного внедрения гравитационно-вихревых микроГЭС с использованием гидроэнергетического потенциала существующих в нашей республике низконапорных потоков воды, ручьев, рек и оросительных сетей.

**SCIENTIFIC COUNCIL TO AWARDING OF THE SCIENTIFIC  
DEGREES DSc.03/30.12.2019.T.10.01 AT THE “TASHKENT INSTITUTE  
OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL MECHANIZATION  
ENGINEERS” NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY**

---

**“TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL  
MECHANIZATION ENGINEERS” NATIONAL RESEARCH  
UNIVERSITY AND NAMANGAN INSTITUTE ENGINEERING AND  
CONSTRUCTION**

**MAMADJANOV ABDUSHOKHID BAXROMJONOVICH**

**IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF A GRAVITATIONAL  
VORTEX MICROHYDROELECTRIC POWER PLANT**

**05.05.07 – ELECTROTECHNOLOGIES AND ELECTRICAL EQUIPMENT IN  
AGRICULTURE**

**ABSTRACT OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)  
FOR TECHNICAL SCIENCES**

**TASHKENT – 2023**

The theme of the doctoral dissertation Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences is registered with the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher education, science and innovations of the republic of Uzbekistan number B2023.1.PhD/T2689.

The dissertation was prepared at "Tashkent Institute Of Irrigation And Agricultural Mechanization Engineers" National Research University and Namangan institute engineering and construction.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, english (resume)) on the website of the Scientific council ([www.tiame.uz](http://www.tiame.uz)) and at the Information and educational portal «Ziyonet» ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Scientific adviser:** **Zakhidov Roman Abdullayevich**  
doctor of technical sciences, professor, akademik

**Official opponents:** **Muratov Khakim Makhmudovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Denmukhammadiyev Aktam Mavlonovich**  
candidate of technical sciences, associate professor

**Leading organization:** **Tashkent State Teknikal University named Islam Karimov**

The defense of dissertation will take place on "1" ~~may~~ <sup>14</sup> ~~2023~~ <sup>00</sup> at 11 o'clock at a meeting of the Scientific council No DSc.03/30.12.2019.T.10.01 at the "Tashkent institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers" National Research University. Address: 100000, Tashkent, Kari Niyaziy st. 39, Tel: (+99871) 237-09-45; Fax: (+99871) 237-38-79, Email: admin@tiame.uz).

The doctoral dissertation can be reviewed at the Information-Resourse Center of "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mecnanization Engineers" National Research University (is registered number № ~~253~~). Address: 100000, Tashkent, Kari Niyaziy st. 39, Tel: (+99871) 237-09-45; Fax: (+99871) 237-38-79, Email: admin@tiame.uz).

Abstract of the dissertation is posted "18" ~~02~~ <sup>02</sup> 2023

(Mailing Protocol) No ~~38~~ dated "18" ~~02~~ <sup>02</sup> 2022

  
**B.S.Mirzaev**  
Chairman of the Scientific Council  
for awarding Scientific degrees,  
Doctor of technical sciences, professor

**U.T.Kuziyev**  
Scientific Secretary of Scientific Council  
on awarding Scientific degrees,  
PhD, docent

**A.Mukhammadiyev**  
Chairman of Scientific seminar at the Scientific Council  
on awarding Scientific degrees,  
Doctor of technical sciences, professor





## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The purpose of the study** is to increase the energy efficiency by justifying the optimal structural dimensions of the gravity vortex microhydroelectric power station.

**The scientific novelty of the study is as follows:**

for a gravity vortex microhydroelectric power station, a basin structure forming a complete air pool in the center of the water vortex has been developed;

the height and diameter of the water basin, the diameter of the water outlet hole, the width and depth of the water inlet channel, and the rational values of the draft angle, which provide a stable and constant torque of the turbine of the microhydroelectric power station, have been determined;

an algorithm for increasing energy efficiency by basing the rational design parameters of the gravity vortex microhydroelectric power station was developed;

a physical model of a gravity vortex microhydroelectric power plant with increased energy efficiency has been developed.

**Implementation of research results.** Based on the results of increasing the energy efficiency of the gravity vortex microhydroelectric station:

the physical model of the gravity vortex microhydroelectric power station with increased energy efficiency was introduced at the Fergana pumping stations under the Sirdarya-Soh Basin Administration and at the Fayziabad pumping station waste pond belonging to the Energy Administration (reference QV 21656707 of the Ministry of Water Management dated July 30, 2022). As a result, it was possible to save 38,763 million soums per year by compensating for electricity purchased from the centralized electricity supply system.

The optimal value of the angle of the water inlet channel of the gravity vortex microhydroelectric power station and the optimal value of the outlet hole of the cylindrical basin were introduced at the Fayziabad pumping station under the Fergana Pumping Stations and Energy Department under the Sirdarya-Soh Basin Administration (QV 21656707 of the Ministry of Water Management dated July 30, 2022 - reference number, certificates of the Intellectual Property Agency No. DGU 15034 and DGU No. 15412). As a result, a 5.2% increase in the efficiency of the gravity vortex microhydroelectric power station was achieved.

The method of introducing low-pressure microhydroelectric power stations into low-pressure water flows in a cascade system was introduced at the Fayziabad pumping station under the Fergana Pumping Stations and Energy Department under the Sirdarya-Soh Basin Administration (reference number QV 21656707 of the Ministry of Water Management dated July 30, 2022). As a result, it was

possible to produce electricity in the amount of 131.4 thousand kW·h per year with the help of a 15 kW gravitational vortex microhydroelectric power station.

**Scope and Structure of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of used literature and annexes. The scope of the dissertation was 120 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Мамаджанов А.Б., Иззатиллаев Ж. О. Ўзбекистон кичик гидроэнергетик потенциалларининг электр таъминоти тизимидаги тутган ўрни. –Монография. Ибрат нашриёти, –Наманган. –2021. –76 б.

2. Мамаджанов А.Б. Иинновационный метод выработки электроэнергии с использованием гравитационной водоворотной турбины // НамМТИ илмий-техника журнали. – Наманган, 2019. – Том 4, Махсус сон №1. – Б. 234-238. (05.00.00; №33).

3. Мамаджанов А.Б. Гравитацион гирдобли микрогидроэлектростанция параметрларини тадқиқ қилиш // Энергия ва ресурс тежаш муаммолари журнали. –Тошкент, 2020. – №3-4. – Б. 252-257. (05.00.00; №21).

4. Мамаджанов А.Б. Гравитацион гирдобли микрогидроэлектрстанция муқобил ва қайта тикланувчи энергия манбаси сифатида // “Ўзбекгидроэнергетика” илмий-техник журнали. – Тошкент, 2020. – №4 (8). – Б. 12-13. (ЎЗР ОАК Раёсатининг қарори №286/8).

5. Мамаджанов А.Б. Design of a gravity water vortex power plant for discharge pools of pumping stations // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – India, March 2021. – Vol. 8, Issue 3. –Pp. 1692-1699.

6. Мамаджанов А.Б. Паст босимли сув оқимлари учун мўлжалланган микроГЭС турларининг техник-иқтисодий кўрсаткичлари бўйича солиштирма таҳлили // “Ўзбекгидроэнергетика” илмий-техник журнали. – Тошкент, 2022.– №2 (14). – Б. 28-31. (ЎЗР ОАК Раёсатининг қарори №286/8).

**II бўлим (II часть; II part)**

7. Мамаджанов А.Б. Сув айлантирувчи микрогэс параметрларини амалий асослаш / Қурилишда инновациялар, энергиятежамкор технологиялар, биналар ва иншоотларнинг конструкциявий ва сейсмик хавфсизлиги: халқаро миқёсида илмий-техник конференция материаллари тўплами. – Наманган, 2019 НамМҚИ. – Б. 474-477.

8. Мамаджанов А.Б., Хуррамова З.Д., Абдуллажонов А.Ф. Особенности работы водоворотной турбины микроГЭС / Таълим сифатини оширишда инновацион таълим технологияларининг ўрни муаммо ва ечимлар: республика миқёсидаги илмий-амалий конференция материаллари тўплами, II-қисм. – Наманган, 2019. – Б. 117-120.

9. Мамаджанов А.Б., Хусаинов Ж.И. Гидроэнергетиканинг мамалакат иқтисодиётида тутган ўрни, ундан фойдаланиш ҳолати ва истиқболлари / Муқобил энергия манбаларидан фойдаланишнинг жорий ҳолати ва истиқболлари: республика илмий-амалий анжумани. – Наманган, 2020. НамМҚИ – Б. 80-82.

10. Мамаджанов А.Б. Микро гидроэнергетикадан фойдаланиш истиқболлари ҳақида / Қайта тикланадиган энергия манбалари: илмий тадқиқотлар, инновацион технологиялар ва ишланмалар республика илмий-амалий конференцияси. – Қарши, 2020. ҚарМИИ. –Б. 158-161.

11. Мамаджанов А.Б. Ирригация тармоқларининг гидроэнергетик потенциали учун гравитацион гирдобли микрогидроэлектростанцияни татбиқ этишнинг техник-иқтисодий истиқболлари / Муқобил ва қайта тикланувчи энергетиканинг ривожланиш тенденциялари, муаммолар ва ечимлар: халқаро илмий-техник анжуман материаллари тўплами. –Тошкент, 2021. ТДТУ. – Б. 126-134.

12. Захидов Р.А., Мамаджанов А.Б. Қишлоқ хўжалиги истеъмолчилари учун гравитацион гирдобли микрогидроэлектростанцияни жорий этиш-истиқболли муқобил энергия манбаси сифатида / Электр таъминот тизимининг долзарб муаммолари: халқаро илмий-техник анжуман материаллар тўплами. – Тошкент, 2021. ТДТУ. – Б. 397-401.

13. Мамаджанов А.Б., Қишлоқ хўжалиги истеъмолчилари учун гравитацион гирдобли микроГЭС сув кириш тарнови суюриш бурчагининг мақбул қийматини аниқлаш / ЭХМ учун дастурий гувоҳнома – DGU № 15034, 2022.

14. Захидов Р.А., Мамаджанов А.Б., Иззатиллаев Ж. О., Гравитацион гирдобли микро ГЭС сув гирдобининг максимал баландлигини аниқлаш / ЭХМ учун дастурий гувоҳнома – DGU № 15412, 2022.

15. Мамаджанов А.Б., Фозилов А. МикроГЭСларда ишлаб чиқарилган электр энергиясининг частотасини нормаллаштириш / Энергетика соҳасини ривожлантиришда муқобил энергия манбаларининг роли: вазирлик миқёсида илмий-амалий анжумани. – Наманган, 2022. НамМҚИ. – Б. 134-137.

16. Мамаджанов А.Б., Аҳмедов А. МикроГЭСларда ишлаб чиқарилган электр энергиясининг кучланишини балласт юклама регуляторларидан фойдаланиб ростлаш / Энергетика соҳасини ривожлантиришда муқобил энергия манбаларининг роли: вазирлик миқёсида илмий-амалий анжумани. – Наманган, 2022. НамМҚИ. – Б. 178-182.

Автореферат «Irrigatsiya va melioratsiya» илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва унинг ўзбек, рус, инглиз (тезис) тилларидаги матнлари мослиги текширилди. ( 14.02.2023 й.)

Босишга рухсат этилди: 14.02.2023  
Бичими: 60x84<sup>1/16</sup> «Times New Roman»  
гарнитурда рақамли босма усулда босилди.  
Шартли босма табағи 3,1. Адади 100. Буюртма: № 44  
Тел: (99) 832 99 79; (99) 817 44 54  
Гувоҳнома reestr № 10-3279  
“IMPRESS MEDIA” МЧЖ босмаҳонасида чоп этилди.  
Манзил: Тошкент ш., Яккасарой тумани, Қушбеги кўчаси, 6-уй.