

**ФИЗИКА-ТЕХНИКА ИНСТИТУТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.30.05.2018.FM/T.34.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ АГРАР УНИВЕРСИТЕТИ  
АНДИЖОН ФИЛИАЛИ**

**БОЗАРОВ ОЙБЕК ОДИЛОВИЧ**

**ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИ ИСТЕЪМОЛЧИЛАРИ  
УЧУН РЕАКТИВ ГИДРОАГРЕГАТЛИ  
МИКРО-ГЭС ҚУРИЛМАСИНИ ЯРАТИШ**

**05.05.06 – Қайта тикланадиган энергия турлари асосидаги  
энергия қурилмалари**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2020**

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

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

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

**Бозаров Ойбек Одилович**

Қишлоқ хўжалиги истеъмолчилари учун реактив гидроагрегатли  
микро-ГЭС қурилмасини яратиш ..... 3

**Бозаров Ойбек Одилович**

Разработка микро-ГЭС с реактивным гидроагрегатом для  
сельскохозяйственных потребителей ..... 23

**Bozarov Oybek Odilovich**

Creating efficient microenergy devices for agricultural consumers  
based on renewable energy sources ..... 43

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works ..... 45

**ФИЗИКА-ТЕХНИКА ИНСТИТУТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.30.05.2018.FM/T.34.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ АГРАР УНИВЕРСИТЕТИ  
АНДИЖОН ФИЛИАЛИ**

**БОЗАРОВ ОЙБЕК ОДИЛОВИЧ**

**ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИ ИСТЕЪМОЛЧИЛАРИ  
УЧУН РЕАКТИВ ГИДРОАГРЕГАТЛИ  
МИКРО-ГЭС ҚУРИЛМАСИНИ ЯРАТИШ**

**05.05.06 – Қайта тикланадиган энергия турлари асосидаги  
энергия қурилмалари**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2020**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2019.3.PhD/Т773 рақами билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Тошкент давлат аграр университети Андижон филиалида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб саҳифасида ([www.fti.uz](http://www.fti.uz)) ва «ZiyoNet» Ахборот таълим порталида ([www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Алиев Райимжон Усманович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Уришев Бобораим**  
техника фанлари доктори, профессор

**Мажидов Тахиржон Шадманович**  
техника фанлари номзоди, доцент

**Етакчи ташкилот:**

**Тошкент давлат техника университети**

Диссертация ҳимояси Физика техника институти ҳузуридаги DSc.30.052018.FM/Т.34.01 рақамли Илмий кенгашнинг 20\_\_ йил «\_\_» \_\_\_\_\_ соат \_\_\_\_ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100084, Ташкент ш., Чингиз Айтматов кўчаси, 26-уй. Тел/Факс: (+99871)-235-42-91, e-mail: [info.fti@uzsci.net](mailto:info.fti@uzsci.net). Физика-техника институти мажлислар зали).

Диссертация билан Физика техника институтининг Ахборот ресурс марказида танишиш мумкин (\_\_ рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100084, Ташкент ш., Чингиз Айтматов кўчаси, 26-уй. Физика-техника институти. Тел/Факс: (+99871)-235-30-41

Диссертация автореферати 20\_\_ йил «\_\_» \_\_\_\_\_ куни тарқатилди.

(20\_\_ йил «\_\_» \_\_\_\_\_ даги \_\_\_\_\_ рақамли реестр баённомаси).

**Н.Р. Авезова**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, т.ф.д. етакчи илмий ходим

**А.Комилов**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.н.

**В.А. Каримов**

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

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Ҳозирги вақтда дунё миқёсида экологик мувозанатни барқарорлаштириш ва энергия ресурсларни ташкил этувчи турли углеводородли ёқилғиларни тежаш, ноанъанавий ва қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланиш кўламини кенгайтириш борасидаги илмий ва амалий тадқиқотлар муҳим аҳамият касб этмоқда. Атроф-муҳитга зарарсиз ҳолда истеъмолчиларнинг электр таъминоти тизимини ривожлантириш масаласида жаҳон амалиётида қайта тикланувчи энергия манбаларидан бири - гидроэнергия ресурсларидан фойдаланишга ва бу соҳада илмий тадқиқотлар олиб боришга алоҳида эътибор берилмоқда.

Бутун жаҳонда электр энергиясига бўлган талабнинг ортиб боргани каби республикамизда ҳам аҳоли сонининг ортиши, турли ишлаб чиқариш корхоналарнинг ташкил қилиниши электр энергияга бўлган талабни кун сайин ортишига олиб келмоқда. Бу талаб ва эҳтиёжларни ҳал этиш учун ишончли, экологик тоза технологияларни ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий тадқиқотларга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Ушбу ҳолат, Республикамиз ҳудудларидан оқиб ўтадиган ариқ, дарё, ирригация тизимларидаги каналлар гидроэнергетик потенциалидан фойдаланиш учун кичик сув босимларида ишловчи микрогидроэлектростанцияларни такомиллаштириш ёки уларнинг янги турларини яратиш ҳамда конструктив ечимларини ишлаб чиқишни талаб этади. Шунинг учун қайта тикланувчи энергия манбалардан бири бўлган гидроэнергетика соҳасида илмий тадқиқотлар олиб бориш долзарб ҳисобланади.

2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш Ҳаракатлар стратегиясида «...якин келажакда устувор вазифа сифатида иқтисодиётнинг энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш, қайта тикланадиган энергия манбаларидан фойдаланишни кенгайтириш, иқтисодиёт тармоқларида меҳнат унумдорлигини ошириш»<sup>1</sup> вазифалари белгилаб берилган. Мазкур вазифани амалга ошириш, жумладан паст босимларда юқори самарадорлик билан ишлайдиган янги конструкциядаги реактив принцили микрогидроэлектростанция (микро-ГЭС)ни яратиш, унинг конструктив ўлчамлари ва энергетик параметрлари орасидаги боғланишларни аналитик моделлаштириш ҳамда сув сарфи миқдорини инобатга олган ҳолда конструкция деталларининг ўлчамларини унинг иш режимига мослаштириш муҳим масалаларни ташкил этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2017 йил 2 майдаги ПҚ-2947-сон «2017-2021 йилларда гидроэнергетикани янада ривожлантириш чора-тадбирлари дастури тўғрисида», 2017 йил 26 майдаги ПҚ-3012-сон «2017-2021 йилларда қайта тикланувчи энергетикани янада ривожлантириш, иқтисодиёт тармоқлари ва ижтимоий соҳада энергия самарадорлигини ошириш чора-тадбирлари дастури тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга

---

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

тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот иши республика фан ва технологияларини ривожлантиришнинг III. «Қайта тикланувчан энергия манбаларидан фойдаланишни ривожлантириш» устувор йўналишлари билан мос тушади.

**Муаммонинг ўрганилганлиги даражаси:** Бугунги кунда экологик тоза гидроэнергия манбаларидан самарали фойдаланиш деярли барча давлатларда устувор йўналишлардан бири бўлиб келмоқда. Юқори босимга эга бўлмаган гидроэнергетик манбалардан электр энергияси олиш устида жаҳоннинг етакчи илмий ва олий таълим муассасаларида турли конструкцияларни ишлаб чиқиш, ҳамда уларни такомиллаштириш ва бошқарувнинг автоматлашган тизимларини яратиш устида кенг кўламда тадқиқот ишлари олиб борилган.

Булардан Россия<sup>2</sup>, Америка, Англия<sup>3</sup>, Германия, Испания, Дания, Италия, Малайзия, Хитой<sup>4</sup>, Филлипин<sup>5</sup>, Эрон, Индонезия, Қирғизистон давлатларидаги олийгоҳ ва махсус илмий тадқиқот институтларини мисол келтириш мумкин. Шунингдек Ўзбекистондаги олий таълим ва илмий тадқиқот муассасаларида ҳам кенг қамровли илмий тадқиқотлар, инновацион изланишлар олиб борилмоқда.

Республикамиздаги мавжуд гидроэнергетик потенциаллар таҳлили ва улардан энергетика соҳасида фойдаланиш имкониятлари, усуллари, кичик ва микрогидроэлектростанцияларнинг конструктив параметрлари ва бошқарув тизимларини такомиллаштириш, турли энергетик қурилмаларнинг самарадорлигини орттириш каби илмий муаммоларни ҳал этишда ўзбек олимларидан Аллаев К.Р., Захидов Р.А., Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У., Алиев Р.У., **Мамадиеров Э.К.**<sup>6</sup>, Эргашев С., Умрзоқов А.Х. ва бошқалар томонидан кенг қамровли ишлари бажарилган. Бундай гидроэнергетика соҳасидаги тадқиқот ишлари, чет мамлакатлардаги етакчи олимлар Лукутин Б.В., Обухов С.Г., Харон Ч., Клыков С.П., Кажинский Б.Б., Мюллер Г., Левковский П., Словакия М., Иренбергер А., Шницер В., Лотар К., Кризик В., Славчев С., Юреньков В.Н., Пивоваров В.А., Шоёқубов Ш.Ш., Сатибалдиев А.Б., Нарзиев М., Суле Л., Вайчбротт Ф., Ибраҳим А., Диёров Р.Х. ва бошқалар томонидан ҳам олиб борилган.

---

<sup>2</sup> <http://www.inset.ru/r/obor.htm>

<sup>3</sup> Gerald Muller, Klemens Kauppert. Old watermills - Britain's new source of energy, // *New civil engineer international*. March. - 2003, P.P. 20-28.

<sup>4</sup> D.Zhou, J.Gui, D.Deng, H.Cheu, y.Yu, A.Yu, C.Yang. Development of an ultralow head siphon hudro turbine using computational fluid dynamics.// *Energy.-China*, 2019.-Vol. 181.-P.P. 43-50.

<sup>5</sup> J.C.Casila, M.Duka, R.D.L.Reyes, J.C.Ureta, Potential of the Molawin creek for mikro hydro power generation: An assissment.//*Sustainable Energy Technologies and Assissments.-Phillipines*, 2019, - Vol.32. P.P. 111-120.

<sup>6</sup> **Э.К. Мамадиеров**, Определение основных параметров микрогидроэнергетической установки, *Гелиотехника*, 2010 (2), С. 68-71.

Бажарилган ишларда микро-ГЭСнинг асосий ишчи қисми бўлган гидротурбиналари ковшли<sup>7</sup>, пропеллерли, куракчали ишчи ғилдиракка эга қисмлардан ташкил топган ва уларни такомиллаштириш сувнинг куракчаларга урилиш бурчагини, лопаст юзасининг эгрилиги ва ўлчамларининг мақбул қийматларини аниқлашга қаратилган. Мавжуд адабиётлар ва интернет ахборот ресурсларида келтирилган маълумотлар таҳлилидан кўринадики, паст босимларда юқори самара билан электр энергиясини берувчи янги гидротурбиналарни яратиш масаласи ўз ечимини топмаган. Шунинг учун паст босимларда самарали ишловчи микро-ГЭСларнинг янги конструкцияларини яратиш ҳамда ишлаб чиқиш муҳим аҳамиятга эга ва долзарбдир.

Сув босими кичик бўлган гидроэнергетик манбаларда фойдаланишга мўлжалланган, реактив принципда ишлайдиган гидротурбинали микро-ГЭС қурилмасини яратиш, унинг технологик ва энергетик параметрларини мақбуллаштириш ҳамда саноат-тажриба намунасини ишлаб чиқишга йўналтирилган диссертацион тадқиқот ўтказилиши зарур.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий тадқиқот муассасасининг илмий тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат аграр университети Андижон филиали илмий тадқиқот режасининг И-2016-2-26/1-сонли «Кўрғонтепа ва Бўз худудида 50-100 кВт қувватли КГЭСлар тизимини яратиш ва ишга тушириш» (2016-2017) мавзусидаги инновацион лойиҳаси доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** паст босимли сув манбалари энергияси ҳисобига ишловчи реактив гидротурбинали микро-ГЭС конструкциясини ишлаб чиқиш ва унинг параметрларини мақбуллаштиришдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари** қуйидагилардан иборат:

Республикамиздаги ариқ, дарё, сув ҳавзалари ва ирригация тизимидаги мавжуд гидроэнергетик потенциални ва микро-ГЭС конструкцияларини ўрганиш;

микро-ГЭС конструкциясининг таркибий қисмлари, техник ва энергетик параметрлари орасидаги аналитик боғланишларни аниқлаш;

аналитик лойиҳалаш усулига таянган ҳолда, янги турдаги реактив гидротурбинали микро-ГЭС қурилмасини ишлаб чиқиш;

асинхрон фаза роторли двигатель негизида микро-ГЭС учун паст частотали электрогенераторни ишлаб чиқиш;

микро-ГЭСдан олинadиган электр кучланиши амплитуда ва частоталарини, гидротурбина ишчи ғилдирагининг айланиш частотасини автоматик бошқариш тизимини ишлаб чиқиш;

ишлаб чиқилган микро ГЭС қурилмаси ва электрогенераторни биргаликда табиий шароитда синовдан ўтказиш.

**Тадқиқотнинг объекти** катта-кичик дарёлар ва уларнинг ирмоқлари, шаршарали ариқ-сойлар ҳамда ирригация тизимларидаги сув манбаларида

---

<sup>7</sup> Свит П.П. Разработка МИКРО-ГЭСс асинхронными генераторами для сельскохозяйственных потребителей Автореф. дисс. канд. техн. наук. Барнаул, Алтайский ГТУ. 2007.

ишловчи микро-ГЭС қурилмасининг конструкцияси ва унинг геометрик, техник параметрларидан иборат.

**Тадқиқотнинг предмети** паст босимли сув энергияси ҳисобига ишловчи реактив гидротурбинали микро-ГЭСнинг конструкцион тузилиши, геометрик ўлчами ва энергетик параметрларини илмий-техник асослашдан иборат.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот олиб бориш жараёнида маълумотларни қайта ишлаш, аналитик лойиҳалаш, аналитик таҳлил назарияси, математик моделлаштириш, статистика ва тажрибаларни режалаш усулларидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

катта-кичик дарёлар ва уларнинг ирмоқлари, шаршарали ариқ-сойлар ҳамда ирригация тизимларидаги сув манбаларида ишловчи реактив гидротурбинали микро-ГЭС қурилмаси ишлаб чиқилган;

ишлаб чиқилган реактив гидротурбинанинг техник ва энергетик параметрлари орасидаги функционал боғланишлар ҳамда максимал ФИКга эришиш шартлари аналитик моделдаштириш асосида аниқланган;

гидротурбина ичида сувнинг ҳаракатида қаршиликлар эвазига босим йўқотилишини камайтиришнинг аналитик ва техник ечимлари ишлаб чиқилган;

микро-ГЭСларда қўллашга мўлжалланган паст частотали электрогенератор асинхрон фаза роторли электродвигатель негизида ишлаб чиқилган;

реактив гидротурбинали микро-ГЭСнинг автоматик бошқарув тизими ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижаси** қуйидагилардан иборат:

қишлоқ хўжалиги истеъмолчилари учун паст босимли гидроэнергетик манбаларда ишловчи реактив гидротурбинали микро-ГЭС қурилмаси яратилган;

фаза роторли асинхрон двигатель негизида, паст айланиш частотали 1-22 кВт қувватли электр генераторлар тажриба намунаси ишлаб чиқилган;

микро-ГЭС асинхрон генераторидан чиқувчи кучланиш амплитудаси ва частотасини созлаш учун сув оқими ва электр юкламанинг кенг диапазонда ўзгаришига мос параметрларини созлаш схемаси ишлаб чиқилган;

саноат миқёсида ишлаб чиқариш учун сув сарфи ва босими берилган ҳолда гидротурбинанинг энергетик, конструкцион ва техник параметрлар орасидаги математик боғланишлардан фойдаланиб микро-ГЭСнинг энергетик параметрларини ва ундан олинadиган гидроэнергияни ҳисоблаш электрон дастури ва методик тавсиянома ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Реактив микро-ГЭС учун олиб борилган назарий ҳисоблашларни амалий синов натижаси билан ўзаро мослиги, серияли ишлаб чиқаришга жорий қилиш асосланганлиги ва юқори аниқликдаги, сертификатланган ўлчов асбобларидан фойдаланилган ҳолда ўлчаш ишлари олиб борилгани орқали таъминланган.

**Тадқиқотнинг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти янги турдаги реактив гидроагрегатли микро-ГЭСни ишлаб чиқишда ишчи ғилдиракнинг айланма ҳаракати динамикасининг илмий асосланганлиги, конструкция элементлари қаршиликлари эвазига йўқотиладиган энергияни минималлаштириш ва оптималлаштириш, гидротурбинанинг



геометрик ўлчамларини чиқиш энергетик параметрлар билан ўзаро аналитик боғлиқлигини аниқлаш имкони яратилганлиги билан изоҳланади.

Олинган натижаларнинг амалий аҳамияти гидроэнергетик потенциали мавжуд худудлардаги истеъмолчилар паст босимли сув манбаларида ишловчи нисбатан таннархи арзон микро-ГЭС қурилмасидан кенг кўламда фойдаланиши мумкинлиги билан изоҳланади.

Гидроэнергетик потенциал мавжуд худудларда Микро-ГЭС тизимидан унумли фойдаланиш ҳозирдаги глобал муаммо бўлган атроф муҳит тозаллиги, экологиянинг салбий бузилишларидан сақлашга ва ёқилғи турларини диверсификация қилишда, тежашда ўз ҳиссасини қўшади.

#### **Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.**

Сув босими катта бўлмаган анхор, ирригация тизимлари ва дарёларда қўллашга мўлжалланган реактив гидротурбинали микрогидроэлектростанциянинг техник параметрларини мақбуллаштириш ва қурилмани ишлаб чиқиш бўйича олинган натижалар асосида:

ишлаб чиқилган қурилма Андижон вилоятининг Марҳамат туманидаги

«Инновацион тажриба-кўргазма майдони»да жорий этилган (Қишлоқ хўжалиги вазирлиги 2019 йил 10 июль 02/021-1080 сон маълумотномаси). Натижада 5 кВт қувватли микро-ГЭС қурилмаси ёрдамида қишлоқ хўжалик истеъмолчилари учун йилига 34 МВт\*соат электроэнергияси ишлаб чиқариш имкони яратилган;

ишлаб чиқилган қурилма Наманган вилояти Норин тумани Тошкент жамоа хўжалигида жойлашган «Зулхумор Фозилжон қизи» фермер хўжалигида жорий этилган (Қишлоқ хўжалиги вазирлиги 2019 йил 10 июль 02/021-1080 сон маълумотномаси). Натижада 10 кВт қувватли микро-ГЭС қурилмаси ёрдамида қишлоқ хўжалик истеъмолчилари учун йилига 54 МВт\*соат электроэнергияси ишлаб чиқариш имкони яратилган.

#### **Тадқиқот натижаларининг апробацияси.**

Тадқиқот ишининг натижалари 5 та халқаро ва 4 та республика миқёсидаги илмий-амалий конференцияларида муҳокамадан ўтган.

#### **Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.**

Диссертация мавзуси бўйича 16 та илмий иш чоп этилган, шу жумладан 4 та Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган халқаро журналларда, 2 та республика журналларида 6 та илмий мақола нашр этилган, 1 та фойдали модел учун патент олинган.

#### **Диссертация тузилиши.**

Диссертация ишининг ҳажми 141 бетни ташкил этиб, кириш, тўртта боб, хулоса қисмларидан иборат. Диссертация 30 та расм, 18 та жадвал, 97 номдаги фойдаланилган адабиётлар рўйхати, фойдаланилган қисқартмалар рўйхати ва иловаларни ўз ичига олган.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Ишнинг кириш** қисмида диссертация тадқиқотининг зарурлиги ва долзарблигининг асосланиши, мақсади ва асосий вазифалари ҳамда Ўзбекистон Республикасида фан ва технологиянинг ривожланиш йўналишларига мослиги, илмий янгилиги ва амалий натижалари, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти, илмий ишларни чоп этганлик ҳақидаги маълумотлар ва диссертациянинг тузилиши келтирилган.

Диссертациянинг «**Ўзбекистон республикасида қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланиш ҳолати ҳамда истиқболлари**» деб номланган биринчи бобида жаҳонда, хусусан Ўзбекистон Республикасида кичик ва микрогидроэлектростанциялардан фойдаланиш ҳолатлари ва мавжуд гидроэнергетик имкониятлар таҳлил этилган. Мавзу бўйича адабиётлар ҳаволаси, Кичик босимли гидроэнергетик манбаларда ишловчи микрогидроэлектростанциялар бўйича олиб борилган тадқиқотлар таҳлили натижалари тақдим этилган. Кичик босимларда ишловчи микро-ГЭСлар билан боғлиқ муаммо ва камчиликлар аниқланган. Тадқиқот мақсади ва вазифалари белгилаб олинган.

Диссертациянинг «**Реактив гидротурбинали микро-ГЭС қурилмаси ташкилий қисмлари ва уларни аналитик моделлаштириш ва лойиҳалаш**» деб номланган иккинчи бобида микро-ГЭС умумий конструкцион схемаси асосида гидротурбина ичида сувнинг ҳаракатланиши таҳлил этилиб, аҳамиятли кесимларда ўртача тезликлари аниқланди. Олинган натижалардан фойдаланиб, гидротурбинанинг энергетик параметрлари ва ўлчамлари орасидаги аналитик боғланишлар ҳамда зарурий тенглама ечимлари орқали конструкция ўлчамлари ва ташкилий қисмларини лойиҳалаш натижалари берилган.

Лойиҳаланган реактив принципда ишловчи микро-ГЭС конструкциясининг умумий схемаси 1-расмда акс этган. Гидротурбинага кирадиган сув миқдори  $Q$  ва сув устунини баландлиги  $H_0$  ни доимий деб қараб, Резервуар-1, *a*, *b*, *v*, *г* соҳалардан сувнинг 1-*a-b-v-г* ўтишида оқим энергияси, гидростатик, гидродинамик, статик босимларнинг ўзгаришлари ҳамда бу ўтиш кесимларидаги ўртача тезликларини ва мос жойлардаги қаршиликлар эвазига босим йўқотилишлари аналитик таҳлил этилиб, улар учун зарурий ифодалар олинди.

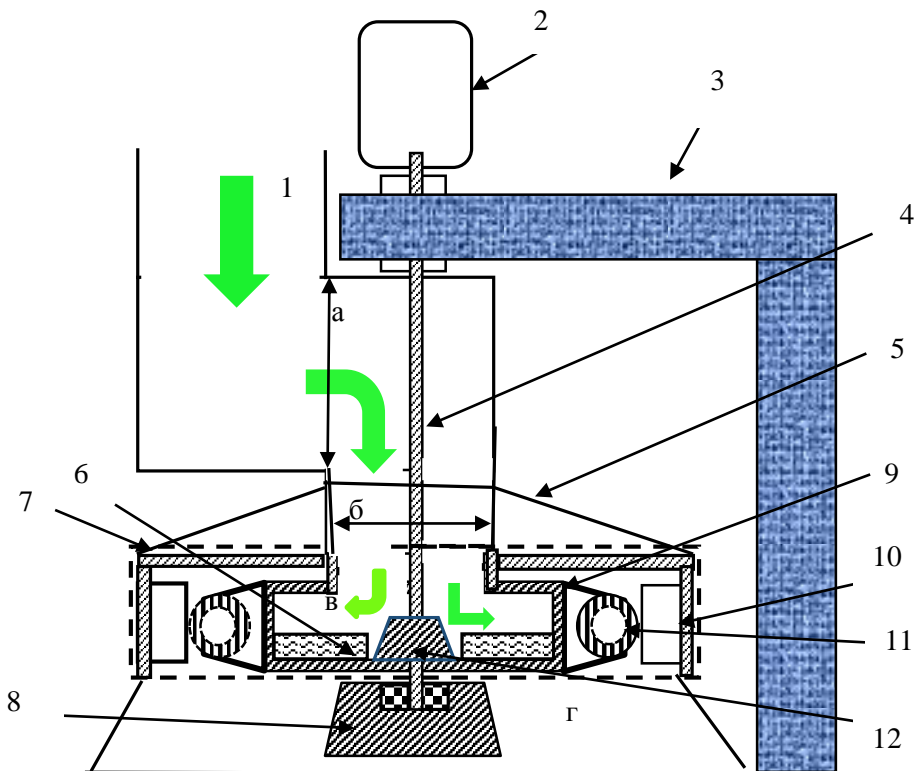
Тегишли кесимлар учун Бернулли тенгламалари ечилиб, сувни 1-*a* ўтишида унинг резервуардаги ўртача тезлигини жуда кичик деб, гидротурбинага киришдаги сув тезлиги  $V_1$  учун қуйидаги ифодани оламиз:

$$V_1 = \varphi \sqrt{2g(H_0 - H_1)} \quad , \quad \varphi=0,95; \quad (1)$$

*a-b* ўтишда *b* соҳа кесимидаги сув оқимининг ўртача тезлиги  $V_2$  учун

$$V_2 = \sqrt{\frac{V_1^2 \left[ 2 \left( \frac{S_1}{S_2} \right)^2 - 2 \left( \frac{S_1}{S_2} \right)^4 + \alpha \right] + 2g(H_1 - H_2)}{\zeta_1 + \alpha}} \quad (2)$$

формула ўринли бўлади.



1-резервуар, 2-электрогенератор; 3-микроГЭС вертикал таянчи; 4-турбина айланиш вали; 5-гидротурбина кўзгалмас, конуссимон ташки корпуси; 6-сув оқимини йўналтирувчи куракчалар; 7-статор; 8-трубина асоси жойлашган подшипникли платформа; 9-реактив турбина соплоси маҳкамланган айланувчи цилиндр; 10-статор парракчалари; 11-конуссимон конфузурли сопло; 12-сув оқимини текис тарқатувчи конуссимон асос.

**1-расм. Реактив микро ГЭС умумий схемаси.**

бунда  $\varphi$ -резервуардан сувнинг гидротурбинага кириш жойи конструкциясига боғлиқ бўлган коэффициент;  $S_1, S_2$ -мос равишда  $a$  ва  $b$  соҳаларнинг кўндаланг кесим юзалари;  $H_1, H_2$  –мос равишда микро-ГЭС пастки асосидан кўрилатган кесимгача бўлган баландлик;  $\alpha$ -Кориолис коэффициенти;  $h_{a-b}$ - $a$  соҳадан  $b$  соҳага ўтишдаги босимнинг йўқотилиши;  $\zeta_1, \zeta_2$  -босимни йўқотилиши коэффициентлари.

Сув оқими  $b$  соҳадан  $v$  соҳага ўтишда  $N$  та соплоларга тармоқланади, соплога кирувчи юзалар йиғиндиси  $b$ -соҳа  $S_1$  кесими юзасидан катталиги эвазига бирдан кенгайиш билан бирга, сув оқимининг  $90^\circ$  га бурилиши ҳисобига тезлиги камайиб,  $v$  соҳасида қўшимча босим йўқотилиши кузатилади. Буларни эътиборга олиб, Бернулли тенгламасини ечиб, сувнинг соплога киришдаги  $S_3$  кўндаланг кесимидаги ўртача тезлиги  $V_3$  учун қуйидаги формула олинган:

$$V_3 = \sqrt{V_2^2 \left[ 1 + \frac{2S_2}{\alpha NS_3} \left( 1 - \frac{S_2}{NS_3} \right) - \frac{1}{\alpha} \left( \frac{S_2}{NS_3} \right)^2 \left( 1 - \frac{S_2}{NS_3} \right)^2 \right] + \frac{2gH_2}{\alpha} - \frac{\zeta_{90^\circ}}{\alpha}}. \quad (3)$$

Сувнинг соплодан чиқишдаги  $S_c$  кўндаланг кесимидаги ўртача тезлиги  $V_c$  учун Бернулли тенгламаси ечилиб қуйидаги натижа олинди:

$$V_c = V_3 \left[ \frac{S_3}{S_c} - \sqrt{\left( \frac{S_3}{S_c} - 1 \right)^2 - \zeta_{90^\circ} - \zeta_2} \right]. \quad (4)$$

Сув устуни баландлиги  $H_0=2m$ , сувнинг трубинага киришдаги тезлиги учун  $V_0=5,95 \text{ m/s}$ ,  $d=0,273m$ ,  $15^\circ\text{C}$  температурада динамик ковшоқлик коэффиценти учун  $\eta = 0,0114$  қийматлар олинди. Бу ҳолда Рейнольдс сонининг қиймати  $Re=140921$  га тенг бўлади ( $10^5 \leq Re \leq 10^8$ ).

Сув оқими уюрмали режимда бўлгани сабабли  $\lambda$  гидравлик ишқаланиш коэффицентини ҳисоблашда Никурадзе томонидан таклиф этилган қуйидаги формуладан фойдаланиш мумкин:

$$\lambda = 0,0032 + 0,22 Re^{-0,237}. \quad (5)$$

$Re=140921$  да  $\lambda=0,0165$  бўлганлиги учун босимнинг йўқотилиши қуйидагича аниқланади:

$$h = \frac{\lambda L}{d} \cdot \frac{V_0^2}{2g} = \frac{0,0165 \cdot 1,1}{0,3} \cdot \frac{V_0^2}{2g} = 0,0605 \cdot \frac{V_0^2}{2g}, \quad (6)$$

бунда  $L$ -сув оқиб ўтадиган масофа.

(6)-формуладан кўринадикки, паст босимда суюқликнинг гидротурбина ичидаги турбулент ҳаракати давомида ишқаланиш ҳисобига энг кўпи билан 6%-7% атрофида суюқлик оқимининг кинетик энергияси йўқотилар экан.

Барча соплларнинг геометрик шакли ва ўлчамларини, улардаги сув сарфини бир хил деб қараб, босимнинг йўқотилиши  $h_{6-6}$  учун қуйидаги ифодани оламиз:

$$h_{6-6} = \frac{Q^2 \rho}{N^2 2S_3^2} \left( 1 - \frac{S_2}{NS_3} \right)^2. \quad (7)$$

(3)-(6) тенгламаларни биргаликда ечиб, сув оқимининг гидротурбина соплосига киришидаги жами энергия йўқотилиш коэффиценти учун қуйидаги формула аниқланди:

$$\zeta_{\text{сонт}} = 1 + \frac{2S_2}{\alpha NS_3} \left( 1 - \frac{S_2}{NS_3} \right) - \frac{1}{\alpha} \left( \frac{S_2}{NS_3} \right)^2 \left( 1 - \frac{S_2}{NS_3} \right)^2. \quad (8)$$

Ишчи ғилдиракнинг барча қисмлари ва уларнинг ичидаги сув бирга айланади. Уларнинг айланиш валига нисбатан инерция моменти интегралаш усули орқали ҳисобланди (1-жадвал).

#### 1-жадвал

Тажриба-синов учун ишлаб чиқилган реактив гидротурбина ишчи ғилдирагининг инерция моментини ҳисоблаш натижалари

№	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I <sub>t</sub> (кг*м <sup>2</sup> )
1	2,371787	2,507981	1,899842	7,412789	0,24357	0,30396	18,18973

Кўрилатган конструкцияда ишчи ғилдиракнинг (2-расм) ҳаракатланиши  $F$  реактив куч таъсирида юзага келади, бу ҳолда айлантирувчи куч моменти айланма ҳаракатда қаттиқ жисмнинг кинематик моментининг ўзгариши ҳақидаги умумий теоремадан фойдаланиб аниқланади:

$$M_z = -N\pi\rho R_c^3 v_c (v_c - \omega_z R_c) = -N\pi\rho R_c^3 v_c^2 (1 - \cos\beta) \quad (9)$$

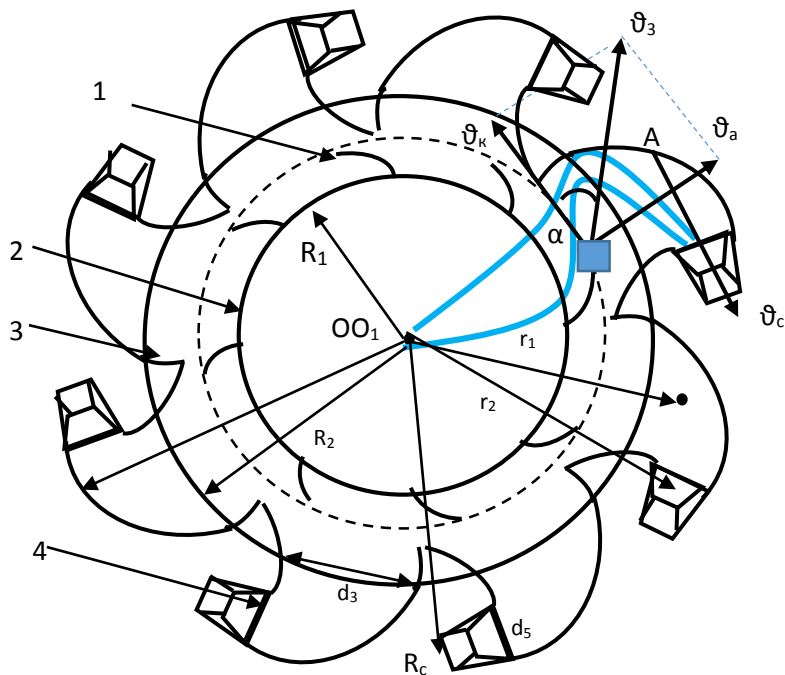
2-расмдаги  $A$  нуқтага таъсир этадиган  $F$  реактив куч, бирлик вақтда соплора кираётган ва ундан чиқаётган сув миқдори импульсларининг геометрик фарқига тенг бўлади:

$$F = K_c - K_3 \quad (10)$$

(10)-(11) формулалардан фойдаланиб, ишчи ғилдиракнинг  $\omega_z$  циклик частотаси учун қуйидаги формула олинди:

$$\omega_z = \frac{v_c^2 (R_c^2 - r_c^2)}{R_3^2 R_c v_3 + R_c^3 v_c} \quad (11)$$

бунда,  $R_c$  – айланиш ўқидан сув чиқувчи соплора марказигача бўлган масофа,  $r_c$  – соплорадан сув чиқиш жойининг радиуси,  $\vartheta_3$ ,  $\vartheta_c$  – мос ҳолда сувнинг соплора кириши ва чиқишидаги тезликлари.



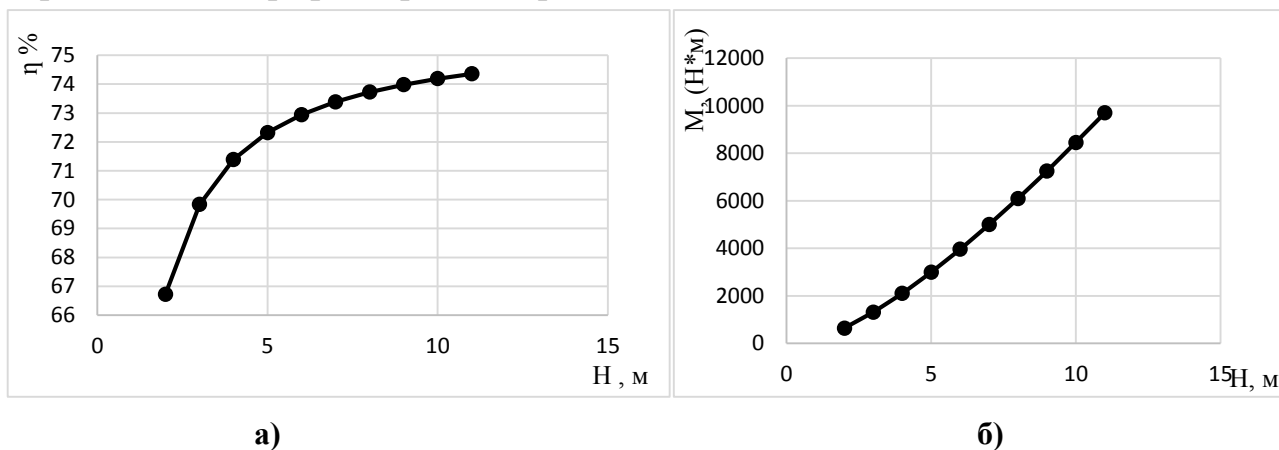
1-овал шаклидаги йўналтирувчи марказий куракчалар; 2-марказий сув кириш труба; 3-соплора ички куракчалари; 4-гидротурбина соплора.

**2-расм. Реактив микро-ГЭС ишчи ғилдирагининг горизонтал кесимининг юқоридан кўриниш схемаси.**

Сув оқими учрайдиган қаршилик минимал бўлиши учун қуйидаги шарт бажарилиши кераклиги аниқланди:

$$\frac{S_3}{S_c} \geq \sqrt{\zeta_{90^\circ} - \zeta_2}, \quad (12)$$

бунда  $S_c$ -сопло сув чиқиш жойи кўндаланг кесим юзаси,  $\zeta_{90^\circ}$ -сувнинг  $90^\circ$  га бурилгандаги ва  $\zeta_2$  сопло конусида сиқлишдан юзага келувчи қаршилиқ коэффициентлари. 2-жадвалда назарий ҳисоблаш орқали олинган гидротурбинага тегишли энергетик катталиқлар ҳамда 3-4 расмларда уларнинг ўзаро боғланиш графиклари келтирилган.



**3-расм. Микро-ГЭС гидротурбинаси ишчи ғилдираги ФИК (а) ва айланиш моментининг (б) сув устуни баландлигига боғлиқлик графиклари.**

3-расмдан кўринадики,  $H_0$  ни ортиб бориши билан гидротурбинанинг бурилиш жойлардаги қаршилиқлар эвазига тезлик квадратага пропорционал равишда энергия йўқотилиши ортади. Бу энергия йўқотилиш минимал қийматга эришишини таъминлаш учун (12) шарт бажарилиши керак. ФИК ўзининг максимал қийматига етгандан сўнг жуда кичик қийматга ўзгаради, айланиш моментининг қиймати эса баландлик ўзгаришига мос ҳолда ортиб боради.

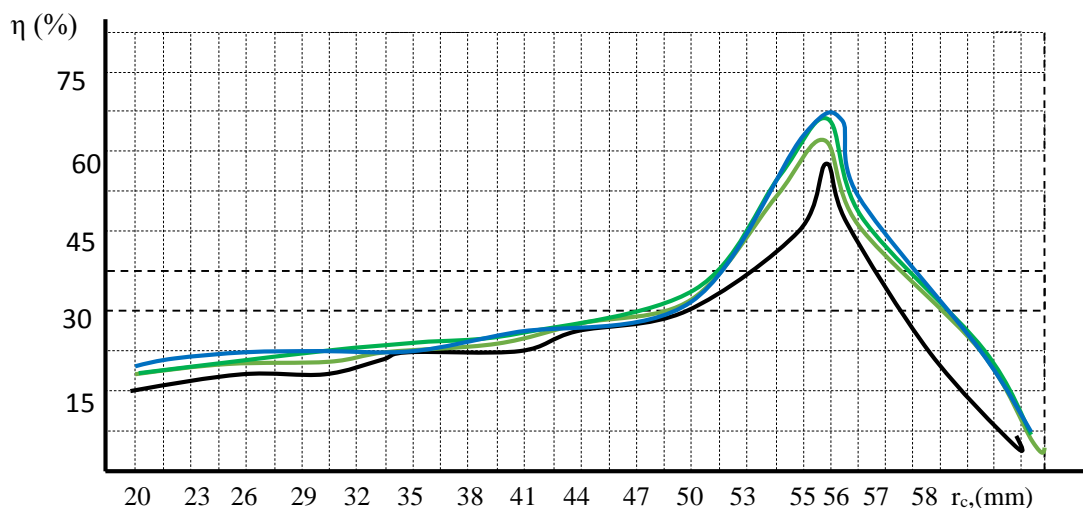
Гидротурбина энергетик параметрларини унинг ўлчамларига боғлиқ ҳолда ўзгаришини 2-жадвал асосида таҳлил этиш мумкин.

2-жадвалдан кўринадики, сув босимининг ортиши сувнинг соплодан чиқиш тезлигини катталашувига сабаб бўлади. Бу ҳолат сув миқдори чегараланган ҳудудларда гидротурбинанинг паст энергетик кўрсаткичлар билан ишлашига олиб келади. Шунинг учун сув миқдори ўзгармаганда сув устуни баландлигини ортишига мос ҳолда гидротурбина ташкилий қисмлари ўлчамларининг ўзгариши ФИКни ортишига олиб келади.

4-расмда гидротурбина ФИКни унинг соплосидан сув чиқиш жойи радиусига боғлиқлиги келтирилган. Бу график кўринадики, агар гидротурбина ўлчамлари ўзгармаган ҳолда сув босими орттириб борилса, сув сарфи миқдори чиқиш тезлигининг катта бўлиши эвазига ортиб боради. Натижада паст ФИК билан ишлайди. Гидротурбина ФИКни юқори бўлиши сопло сув чиқиш жойининг критик қийматидагина кузатилади. Бундай гидротурбиналарни сув миқдорини кўпайтириш мумкин бўлган жойларда ишлатиш яхши самара беради (4-расм).

Микро-ГЭС энергетик параметрларини гидротурбинанинг геометрик ўлчамларига мос равишда ўзгариши

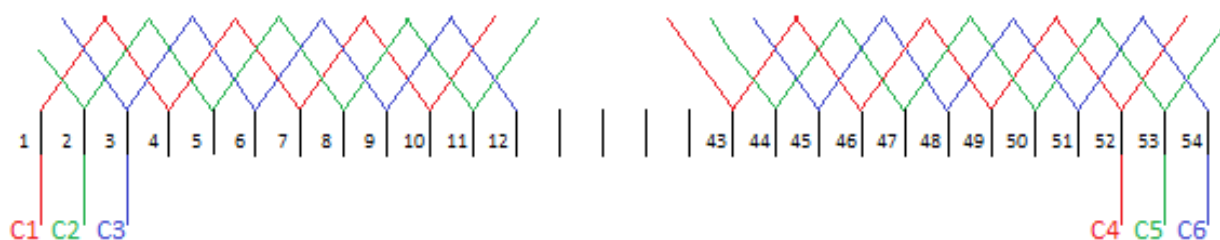
$H_0$ , М	$V_0$ , м/с	$V_1$ , м/с	$V_3$ , м/с	$V_C$ , м/с	$\omega$ , рад/с	Р Вт	М Н*м	ФИК %	$n_s$ айл/с	Q л/с
2	5,32	4,58	5,14	9,51	32,01	2371,26	74,07	67,54	296,85	178,93
3	6,79	5,78	6,42	11,87	44,21	3762,53	85,11	70,12	409,96	182,32
4	7,98	6,77	7,48	13,83	55,36	5156,11	93,14	71,42	513,35	183,99
5	9,03	7,64	8,41	15,54	65,80	6550,67	99,55	72,19	610,17	184,99
6	9,96	8,42	9,24	17,09	75,71	7945,73	104,95	72,71	702,09	185,65
7	10,81	9,13	10,01	18,50	85,21	9341,09	109,63	73,08	790,15	186,13
8	11,60	9,79	10,72	19,82	94,36	10736,64	113,78	73,36	875,04	186,48
9	12,34	10,40	11,39	21,05	103,23	12132,33	117,53	73,58	957,27	186,76
10	13,04	10,99	12,02	22,22	111,85	13528,11	120,95	73,75	1037,20	186,98



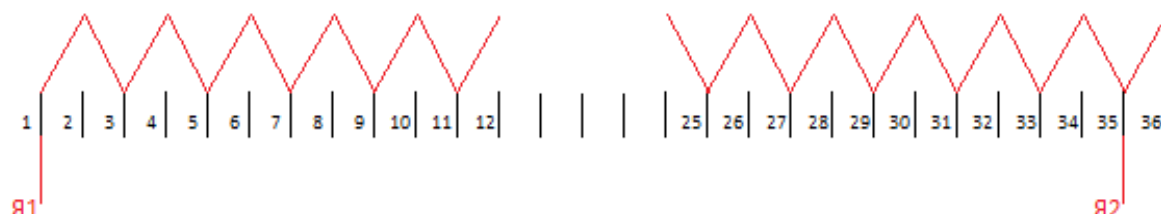
4- расм. Гидротурбина ФИКнинг ишчи ғилдиракнинг айланиш моменти ва сув чиқиш соплоси радиусига боғлиқлиги.

Диссертациянинг «Микро-ГЭСнинг электрогенератори ва бошқарув тизими» деб номланган 3-бобида автоном микро-ГЭС тизимини бошқарувига қўйиладиган асосий талаблар, асинхрон фаза-роторли электродвигатели негизда электр генераторини тайёрлаш, микро-ГЭС ишлаш режими ва кучланишни стабиллаштириш ҳамда бошқарув тизими ишлаб чиқилган.

Фаза-роторли асинхрон двигатель статори ва ротори чўлғамлари 5-б-расмларда келтирилган схема бўйича қайта ўралди. Қишлоқ хўжалигида фойдаланиладиган электротехник қурилмаларининг номинал ишлаш кучланиши ва частоталарини таҳлил этиб, улар талабига жавоб берувчи содда бошқарув схемаси ишлаб чиқилиб микро-ГЭСни бошқарув тизими тайёрланди.



5-расм. Статор чўлғамининг жойлаштириш электр схемаси



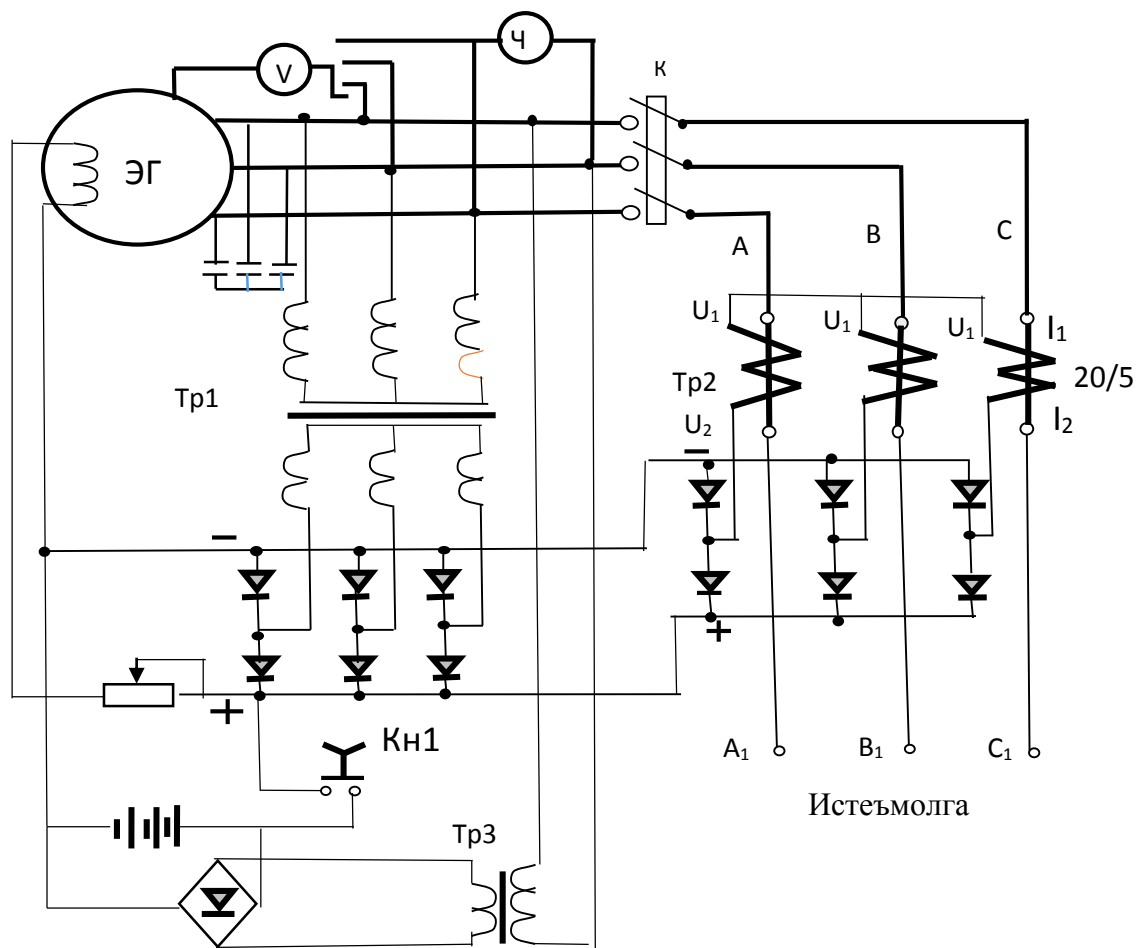
6-расм. Генератор роторининг уйғотувчи чўлғамининг ўралиш схемаси

МТ серияли фаза роторли асинхрон двигателдан ясалган электр генератори 22 кВт қувватли бўлиб, қуйидаги параметрларга эга бўлди:

- номинал қуввати  $P_n=22$  кВт;
- чизиқли кучланиши  $U_q=380$  В;
- фаза кучланиши  $U_\phi=250$  В;
- роторнинг айланиш частотаси  $f=500$  айл/мин;
- ток частотаси  $\nu=50$  Гц;
- қувват коэффиценти  $\cos\varphi=0.8\div 0.85$ ;
- совитиш системаси - вентилятор орқали (ҳаволи) ;
- генераторнинг тўлиқ номинал қуввати  $S_m = \frac{P_n \cdot 10^3}{\cos\varphi} = 27.5 \cdot 10^3$ ;
- фазадаги номиналь ток  $I_n = \frac{S_\Gamma}{U_q \sqrt{3}} = 41$  А ;
- жуфт кутблар сони  $n=18$  ;
- кутбларнинг бўлиниши  $\frac{\pi \cdot d_\Gamma}{n} = 39$ мм;
- статор узунлиги 210 мм;
- магнит индукциясини 0.8 Тл;
- статордаги пазлар сони 54 ;

Микро-ГЭСни автоматик бошқарув тизими 7-расмда келтирилган схема бўйича амалга оширилди. Генератор номинал айланиш частотасига эришгандан сўнг Кн1 кнопкани босиш орқали генератор роторига бошланғич уйғотувчи кучланиш берилади. Генераторда номинал кучланиш юзага келгандан сўнг унга юклама уланган вақтда генератор айланиш частотаси камайиб, катта айланиш моментини талаб этади. Бу ҳолдан “юмшоқ” ўтишни таъминлаш мақсадида ток трансформаторли қўшимча блок уланади. Юклама ортиши билан ротор чулғамида уйғотувчи кучланиш ортади, натижада кучланиши ва унинг частотасини стабиллашуви рўй беради.





7-расм. Микро-ГЭС бошқарув тизими умумий схемаси.

Диссертациянинг «Реактив гидротурбинали микро-ГЭСнинг синов моделини яратиш ва синаш» деб номланган 4-бобида микро-ГЭС қурилмасини яшаш ва синовдан ўтказиш тажриба натижалари ва иқтисодий самарадорлиги келтирилган.

Синов учун тайёрланган реактив гидротурбинали микро-ГЭС қурилмаси қуйидаги техник параметрларга эга бўлди (7-расм):

- сув кириш трубади диаметри 273 мм;
- ишчи ғилдирак соплоси билан биргаликдаги диаметри 600 мм;
- ишчи ғилдирак цилиндри диаметри 400 мм;
- цилиндрдаги ички конус баландлиги 100 мм;
- цилиндрдаги ички йўналтирувчи лопастлар сони 3 та;
- сув чиқиш каналлари соплоси сони 12 та;
- статорнинг ташқи диаметри 700 мм;
- статорнинг умумий баландлиги 350 мм;
- статорнинг ички деворидаги сув қайтаргичлар сони 36 та;
- ўқнинг узунлиги 1300 мм;
- гидравлик турбинанинг ўлчамлари 700×800×1300 мм;
- микро-ГЭС массаси  $m \approx 109$  кг.

Микро-ГЭС қурилмаси сувнинг техник потенциал қуввати 3924 Вт, сув босими 2 м, сув сарфи 200 л/с бўлган табиий шароитда синовдан ўтказилди. Синов натижалари 3-жадвалда келтирилган.

### 3-жадвал

Микро-ГЭСни тажриба синовдан ўтказишда олинган энергетик параметрлари

Тажриба №	Сув сарфи (л/с)	Кучланиш (В)	Ток кучи (А)	Қуввати (кВт)	ФИК $\eta$ (%)	Турбина айланиш. частотаси $n$ (айл/мин)
1	195-200	215	10,37	2,23	57	144
2	195-200	210	10	2,10	54	141
3	195-200	225	10,31	2,32	59	145
4	195-200	218	9,85	2,15	54,5	144
5	195-200	220	9,54	2,10	54	145
6	195-200	216	10,18	2,20	56	143
7	195-200	222	9,81	2,18	55,6	146
8	195-200	218	10,6	2,33	59,5	144
9	195-200	224	10,7	2,4	61,2	146
10	195-200	216	10,2	2,2	56	142
	<b>Қўрт =200</b>	<b>218,4</b>	<b>10,16</b>	<b>Рўрт =2,28</b>	<b>56,2</b>	<b><math>n_{ўрт}=144\pm 1,2</math></b>



8-расм. Реактив микро-ГЭС тажриба нусхаси.

Генераторнинг ФИКи  $\eta_{ген}=0,95$ , қўшимча қурилмаларнинг ФИКи  $\eta_{узатма}=0,95$  бўлса, микро-ГЭСнинг ФИКи куйида ифода орқали аниқланади:

$$\eta_{МГЭС} = \eta_{ген} * \eta_{гидр} * \eta_{узатма} \quad (13)$$

(13)дан гидротурбинанинг ФИКни ҳисобаймиз:

$$\eta_{гидр} = \frac{\eta_{МГЭС}}{\eta_{ген} \cdot \eta_{узатма}} = \frac{0,56}{0,95 \cdot 0,95} \cdot 100\% = 62,5\% \quad (14)$$

Гидротурбинанинг фойдали иш коэффициенти 62,05% ни ташкил этди. Гидротурбина тезкорлиги учун тажриба ва назарий ҳисоблашлар орасидаги фарқи қуйидагича:

$$\Delta n_s = n_{sh} - n_s = 155,8 - 144 = 11,8 \text{ айл/мин}, \quad (15)$$

яъни, тезкорликнинг назарий ҳисобланган қийматидан 7,57% га кам бўлди.

Синов натижасида аниқланган гидротурбинанинг ФИКи назарий ҳисоблашлардан олинган натижадан 5,45% га кам бўлди.

Таклиф этилган қурилмада ишлаб чиқарилган электр энергиясидан, асосан, умумтармоқдан узоқда жойлашган, чекка қишлоқлардаги кичик сув босимига эга, гидропотенциали бор жойларда актив фойдаланилади. Бундай гидропотенциалга эга худудлар республикамизнинг чекка қишлоқларида кўплаб топилади. Шу сабабли, кўрилаётган қурилмани қишлоқ ва чекка худудларда кўплаб фойдаланилаётган бензинли генератор билан солиштириш мақсадга мувофиқ бўлади.

Микро-ГЭС иқтисодий самарадорлигини аниқлашда ўртача 10 кВт қувватга эга бўлган тизимни тайёрлаш, ўрнатиш ва ишга солиш харажатлари қуйидаги ифода бўйича ҳисобланди:

$$S = S_m + S_t + S_{tr} + S_{гг} + S_{\mu} + S_{п} + S_{ис} + S_{бх}, \quad (16)$$

бунда  $S_m$ -қурилма учун сарф бўлган материалларга бўлган харажат, сўм;  $S_t$ -қурилмани тайёрлаш учун қилинган харажат, сўм;  $S_{tr}$ -транспорт харажатлари учун, сўм;  $S_{гг}$ -генератор ва бошқарув тизими учун сарф қилинган маблағ, сўм;  $S_{\mu}$ -микро-ГЭС ни ўрнатиш учун, сўм;  $S_{ис}$ -ишга тушириш учун, сўм; сарф қилинган меҳнат харажатлари, сўм;  $S_{п}$ -қурилма ўрнатиладиган платформани тайёрлаш учун, сўм;  $S_{бх}$  –бошқа кўзда тутилмаган харажатлар, сўм.

Муқобил автоном манба сифатида 10 кВт қувватли бензин билан ишловчи электр генераторининг нархи 15,4 млн сўмни ташкил этади (кўрсатилган нархлар 2018 йил учун).

Микро-ГЭС ва бензинли электрогенераторларнинг эксплуатацион харажатлари қуйидагича ҳисобланди:

Микро-ГЭС учун,

$$\mathcal{E}_{mgc} = \mathcal{E}_{жт} + \mathcal{E}_{ax} + \mathcal{E}_{их}, \quad (17)$$

бензинли генератор учун,

$$\mathcal{E}_{bg} = \mathcal{E}_{жт} + \mathcal{E}_{ax} + \mathcal{E}_{e}, \quad (18)$$

бунда  $\mathcal{E}_{жт}$ -жорий таъмирлаш харажатлари, сўм/йил;  $\mathcal{E}_{ax}$ -йиллик амортизация харажатлари, сўм/йил;  $\mathcal{E}_{их}$ -хизмат кўрсатадиган ишчи ходимнинг иш хақи, сўм/йил;  $\mathcal{E}_{e}$ -ёқилғи харажатлари, сўм/йил.

Жами сарф қилинган маблағ (16) орқали ҳисобланганда 23 млн. сўмни ташкил этди. Материаллар, қўшимча механик қисмлари ва тайёрлаш учун 9,8 млн. сўм, транспорт ва ўрнатиш, ишга солиш давомида 4,7 млн сўм, платформани тайёрлаш, генератор ва бошқарув тизимини тайёрлаш учун 8,5 млн. сўмни ташкил этди (кўрсатилган нархлар 2018 йил учун ҳисобланган).

Ушбу маълумотлар асосида ишлаб чиқилган микро-ГЭС ва бензинли генераторни солиштириш натижаси 4-жадвалда келтирилган.

#### 4-жадвал

Ишлаб чиқилган микро-ГЭСнинг ва бензинли генераторнинг иқтисодий самарадорлиги кўрсаткичлари

Кўрсаткичлар	Микро-ГЭС қурилмаси	Бензинли Генератор	Фарқи
Номиналь қуввати	10 кВт	10 кВт	йўқ
Ўртача йиллик электроэнергия ишлаб чиқарилиши	54000 кВт*соат	54000 кВт*соат	йўқ
Қурилманинг баланс нархи	23000 минг сўм	15 000 минг сўм	-4500 минг сўм
Йиллик эксплуатацион харажатлар	3100 минг сўм	62 389 минг сўм	59 289 минг сўм
Микро ГЭС ишлатишдаги йиллик фойда	59 289 минг сўм		
Харажатни қоплаш вақти, йил	2,18		

4-жадвалда микро-ГЭС қурилмаси ва бензинли генераторлар тўла 10 кВт қувват билан 1 йил давомида кунига 15 соатдан тўхтовсиз ишлаб электр энергияси ишлаб чиқарилган деб ҳисобланган. Кўрилатган муддатда жами 54 МВт\*соат энергия ишлаб чиқарилади, уни 1 кВт\*соат электр энергиясининг таърифдаги нархига кўпайтирсак 13,64 млн. сўм қийматдаги энергия ишлаб чиқарилади (нархлар 2018 йил таърифи бўйича ҳисобланган).

Микро-ГЭС қурилиши ва қурилмаси учун сарф қилинган харажатларни қоплаш муддатини топишда қуйидаги формуладан фойдаланилди:

$$C = \frac{S}{P \cdot t \cdot b}, \quad (19)$$

бунда  $S$ -қурилма ва уни ўрнатишга жами сарфланган харажат, сўм;  $P$ -микро-ГЭС номинал қуввати, кВт;  $t$ -йил давомида ишлаш вақти, соат;  $b$ -1 кВт \*соат электр энергиянинг нархи, сўм/ кВт \*соат.

Эксплуатацион, амортизация, жорий таъмирлаш харажатлари 3,1 млн. сўмни ташкил этса, қурилма 10,54 млн. сўм йиллик даромад келтиради. Қурилмага сарф қилинган маблағни қопланиши (19) формула бўйича ҳисобланса 2,18 йилни ташкил этиши аниқланди.

## ХУЛОСА

Диссертация мавзуси бўйича олиб борилган назарий ва амалий тадқиқотлар натижасида қуйидаги умумий хулосалар шакллантирилган:

1. Реактив гидротурбина соплодан чиқувчи сув дастаси ҳосил қиладиган куч моменти ва ишчи ғилдиракнинг айланиш частотаси учун аналитик ифодалар ҳамда уларнинг умумий система инерция моменти ва чиқиш энергетик параметрларига боғлиқлик ифодалари олинган.

2. Реактив гидротурбина ишчи ғилдирагининг айланишда қатнашмайдиган йўналтирувчи куракчалари орқали сув оқимини соплонинг ички куракчаси сиртига нисбатан  $25-30^0$  бурчак остида урилишини таъминлаш орқали ички актив кучнинг максимал қийматига эришиш шартлари аниқланган.

3. Реактив гидротурбинанинг ишчи ғилдирагида марказдан қочма ва Кориолис кучларидан самарали фойдаланиш, шунингдек ички йўналтирувчи куракчаларни қўллаш орқали ички ишқаланиш ва маҳаллий қаршиликларнинг камайтирилиши эвазига гидротурбинада йўқотиладиган энергия миқдорини 20-40 %гача камайтириш имконияти яратилган.

4. 50 кВтгача қувватга мўлжалланган микро-ГЭСларда паст частотали асинхрон генераторларни қўллаш таклифи қувват йўқотилишига олиб келувчи редуктор ва кўп каскадли шкифлар шаклидаги қўшимча қисмларни истисно қилишга имкон берган.

5. Реактив принципда ишловчи Микро-ГЭСнинг янги конструкцияси ишлаб чиқилган ва унинг ташкилий қисмлари, реактив гидротурбина ва электрогенераторларининг техник-иқтисодий кўрсаткичларига боғлиқлиги ўрганилган.

6. Сув устуни баландлигига мос ҳолда гидротурбина ишчи ғилдираги ўлчамларининг ўзгариши ФИКнинг ортишига олиб келиши, ФИКи 59%-75%ни ташкил этиши, гидротурбинанинг ўлчамлари ўзгармаганда, сувнинг соплодан чиқиш радиусини критик қийматида гидротурбинанинг ФИКи сув устуни баландлигига мос равишда 56%-67% ораликда ўзгариши аниқланган.

7. Асинхрон фаза роторли двигатель негизида электрогенератор тайёрлаш технологияси ишлаб чиқилган. Кичик босимли сув манбаларида ишловчи реактив принципи микро-ГЭС конструкцияси яратилиб, гидротурбина ўлчамлари ва энергетик параметрларини ҳисоблаш методининг дастурий маҳсулоти ишлаб чиқилган.



**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.30.05.2018.FM/T.34.01  
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ  
ПРИ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

---

**АНДИЖАНСКИЙ ФИЛИАЛ ТАШКЕНТСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**БОЗАРОВ ОЙБЕК ОДИЛОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА МИКРО-ГЭС С РЕАКТИВНЫМ  
ГИДРОАГРЕГАТОМ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ  
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**

**05.05.06 – Энергетические установки на основе возобновляемых  
видов энергии**

**АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

**Ташкент – 2020**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером В2019.3.PhD/T773.**

Диссертация выполнена в Андижанском филиале Ташкентского государственного аграрного университета.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекском, русском и английском (резюме)) размещен на веб-сайте Научного совета ([www.fti.uz](http://www.fti.uz)) и информационно-образовательном портале «Ziyounet» ([www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)).

**Научный руководитель:** **Алиев Раимжон Усманович**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Уришев Бобораим**  
доктор технических наук, профессор

**Мажидов Тахиржон Шадманович**  
кандидат технических наук, доцент

**Ведущая организация:** **Ташкентский государственный технический университет**

Защита диссертации состоится «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года в \_\_\_ часов на заседании Научного совета DSc.30.05.2018.FM/T.34.01 Физико-техническом институте (Адрес: 100084, г. Ташкент, ул. Чингиза Айтматова, дом №26. Административное здание Физико-технического института. Тел.: (+99871) 235-30-41; факс: (+99871) 235-42-91; e-mail: [info.fti@uzsci.net](mailto:info.fti@uzsci.net)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Физико-технического института (зарегистрирован за №\_\_\_). Адрес: 100084, г. Ташкент, ул. Чингиза Айтматова, дом №26. Административное здание Физико-технического института, зал конференции. Тел/Факс: (+99871)-235-30-41.

Автореферат диссертации разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года.

(протокол рассылки №\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года).

**Н.Р. Авезова**

Председатель научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н. ведущий научный сотрудник

**А.Комилов**

Ученый секретарь научного совета по присуждению ученых степеней, к.т.н.

**В.А. Каримов**

Председатель научного семинара при Научном совете по присуждению ученых степеней, д.ф.-м.н., профессор



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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** Сегодня в мире всё большее значение приобретают научные исследования по стабилизации экологического равновесия и экономии различных углеводородных горючих, составляющих энергоресурсы, по увеличению масштабов использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. В связи с этим для развития систем электроснабжения, не нарушая границ экологического равновесия, в мировой практике большое внимание уделяется использованию одного из возобновляемых источников энергии – гидроэнергии и научным практическим исследованиям в этой области.

Как и во всём мире, в нашей республике увеличение численности населения, организация новых производственных предприятий приводят к увеличению потребности в электрической энергии. В целях удовлетворения потребности промышленности и населения особое внимание уделяется научно изыскательским работам по разработке надёжных, безопасных и экологически безвредных технологий. В этой ситуации для использования гидроэнергетического потенциала речек, рек, каналов в ирригационных системах республики необходимо усовершенствовать работающие в водных потоках малого давления микрогидроэлектростанции или создать их новые поколения с оптимальными конструктивными и технологическими решениями. В связи с этим считается актуальным выполнение диссертационного научного исследования, направленного на разработку и оптимизацию параметров более эффективной и упрощенной конструкции гидроагрегата и микрогидроэнергетических устройств.

В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017–2021 годах намечены следующие задачи: «...сокращение энергоёмкости и ресурсоёмкости экономики, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий, расширение использования возобновляемых источников энергии, повышение производительности труда в отраслях экономики»<sup>8</sup>. Решение этих задач, в частности разработка новой конструкции микрогидроэлектростанции (микро-ГЭС) с реактивной гидротурбиной, способной работать высокоэффективно и в водных потоках с низким давлением, аналитическое моделирование взаимосвязи между его конструктивными размерами и энергетическими параметрами, приспособление размеров деталей конструкции и их режимов работы с учётом расхода воды, считаются одними из важных задач сегодняшнего дня.

Это диссертационное исследование в определённой степени послужит реализации задач, намеченных в Указе Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», в Постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-2947 от 02 мая 2017 года «О программе мер по дальнейшему развитию гидроэнергетики на 2017–2021 годы», №ПП-3012 от 26 мая 2017 года «О программе мер по дальнейшему развитию возобновляемой энергетики,

---

<sup>8</sup> Указ Президента Республики Узбекистан за №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

повышению энергоэффективности в отраслях экономики и социальной сфере на 2017-2021 годы» и в других нормативно-правовых актах, принятых в этой сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Исследование проводилось в рамках приоритетного направления развития науки и технологий республики – III. «Развитие использования возобновляемых источников энергии».

**Степень изученности проблемы.** На сегодняшний день почти во всех странах мира эффективное использование экологически чистых источников гидроэнергии является одной из приоритетных задач развития экономики.

Проведены широкомасштабные исследовательские работы в ведущих научных и высших учебных заведениях всего мира над различными конструкциями и их автоматизированными системами по получению электрической энергии из потоков воды невысокого давления.

Широкомасштабные научные исследования по этой тематике ведутся в научных заведениях и специальных научно-исследовательских институтах России<sup>9</sup>, США, Англии<sup>10</sup>, Германии, Испании, Дании, Италии, Малайзии, Китая<sup>11</sup>, Филиппин<sup>12</sup> Ирана, Индонезии, Киргизии, а также в высших учебных и научно-исследовательских заведениях Узбекистана.

В нашей республике решением таких научных проблем, как анализ существующего гидроэнергетического потенциала, возможности и методы их использования в энергетической сфере, совершенствование конструктивных параметров также систем управления малых и микрогидроэлектростанции, повышение эффективности разных энергетических установок занимались узбекские учёные Аллаев К.Р., Захидов Р.А., Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У., Алиев Р.У., **Мамадиеров Э.К.**<sup>13</sup>, Эргашев С., Умрзоков А.Х. и другие.

Исследовательскими работами в сфере гидроэнергетики занимались также такие ведущие учёные зарубежных стран, как Лукутин Б.В., Обухов С.Г., Харон Ч., Клыков С.П., Кажинский Б.Б., Мюллер Г., Левковский П., Словакия М., Иренбергер А., Шницер В., Лотар К., Кризик В., Славчев С., Юреньков В.Н., Пивоваров В.А., Шоёкубов Ш.Ш., Сатибалдиев А.Б., Нарзиев М., Суле Л., Вайчбротт Ф., Ибрахим А., Диёров Р.Х. и другие.

В выполненных работах основная часть микро-ГЭС, работающих в водных потоках низкого давления – гидротурбины, состоит из частей с ковшовым<sup>14</sup>,

---

<sup>9</sup> <http://www.inset.ru/r/obor.htm>

<sup>10</sup> Gerald Muller, Klemens Kauppert. Old watermills - Britain's new source of energy, *II New civil engineer international*. March. - 2003, P.P. 20-28.

<sup>11</sup> D.Zhou, J.Gui, D.Deng, H.Cheu, y.Yu, A.Yu, C.Yang. Development of an ultralow head siphon hudro turbine using computational fluid dinamics.// *Energy.-China*, 2019.-Vol. 181.-P.P. 43-50.

<sup>12</sup> J.C.Casila, M.Duka, R.D.L.Reyes, J.C.Ureta, Potential of the Molawin creek for mikro hydro power generation: An assissment.//*Sustainable Energy Technologies and Assissments.-Phillipines*, 2019, -Vol.32. P.P. 111-120.

<sup>13</sup> **Э.К. Мамадиеров**, Определение основных параметров микрогидроэнергетической установки, *Гелиотехника*, 2010 (2), С. 68-71.

<sup>14</sup> Свит П.П. Разработка МИКРО-ГЭСс асинхронными генераторами для сельскохозяйственных потребителей Автореф. дисс. канд. техн. наук. Барнаул, Алтайский ГТУ. 2007.

пропеллерным, лопастным рабочим колесом, и совершенствование в них направлено на изменение угла удара воды о лопасти, изменение кривизны поверхности лопастей и на определение оптимальных значений их размеров. Как следует из анализа данных литературы и информационных ресурсов Интернета, не нашла своего решения задача создания новых гидротурбин, дающих электрическую энергию с высокой эффективностью в водных потоках низкого давления. Поэтому выявлена важность разработки новых конструкций микро-ГЭС, эффективно работающих в водных потоках низкого давления.

Считаем необходимым проведение диссертационного исследования, направленного на создание микро-ГЭС с гидротурбиной, работающей на реактивном принципе и предназначенной для использования в гидроэнергетических источниках с низким давлением воды, на оптимизацию его технологических и энергетических параметров и разработку промышленно-экспериментального образца.

**Связь диссертационного исследования с планом научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках проектов, включенных в план научно-исследовательских работ Андижанского филиала Ташкентского государственного аграрного университета на тему И-2016-2-26/1 «Разработка и введение в эксплуатацию сети микро-ГЭС мощностью 50–100 кВт на территории районов Кургантепа и Буз» (2016–2017).

**Целью исследования** являются разработка и оптимизация параметров конструкции микро-ГЭС с реактивной гидравлической турбиной, работающей за счёт энергии водных потоков с низким давлением.

**Задачи исследования:**

изучение существующего гидроэнергетического потенциала рек, каналов, рек в ирригационной системе республики, анализ существующих конструкций микро-ГЭС;

определение аналитической взаимосвязи между составными частями, техническими и энергетическими параметрами конструкции микро-ГЭС;

разработка реактивной гидротурбинной микро-ГЭС нового типа, опираясь на методах аналитического проектирования;

разработка низкочастотного электрогенератора для микро ГЭС на базе асинхронного двигателя фазным ротором;

разработка системы автоматического управления стабильности скорости вращения рабочего колеса гидротурбины, а также амплитуды и частоты электрического напряжения вырабатываемого микро-ГЭСом;

натурное испытание разработанного микро-ГЭС с реактивным гидроагрегатом и электрогенератором.

**Объектом исследования** являются конструкция микро-ГЭС, работающей за счёт энергии водных потоков больших и малых рек, их притоков, водопадных рек и ирригационных систем, и её геометрические, технические параметры.

**Предметом исследования** является научно-техническое обоснование конструкционного строения, геометрических размеров и энергетических

параметров реактивной гидротурбинной микро-ГЭС, работающей за счёт энергии водных потоков низкого давления.

**Методы исследования.** В процессе исследования использованы методы обработка информации, аналитического проектирования, теории аналитического анализа, математического моделирования, а также методы планирования и проведения экспериментов, статистической обработки экспериментальных данных.

**Научная новизна исследования заключается в следующем:**

разработана микро-ГЭС с реактивной гидротурбиной, работающей на источниках воды больших и малых рек, их притоков, водопадных речек и ирригационных систем;

на основе аналитического моделирования определены функциональные взаимосвязи между техническими и энергетическими параметрами разработанной реактивной гидротурбины и условия достижения её максимального КПД;

разработаны аналитические и технические решения уменьшения потери давления из-за местного сопротивления движению воды внутри гидротурбины;

на базе асинхронного электродвигателя с фазным ротором, разработан предназначенный для применения на микро-ГЭС низкочастотный электрогенератор;

разработана автоматическая система управления микро-ГЭС с реактивной гидротурбиной.

**Практические результаты исследования:**

для сельскохозяйственных потребителей разработана микро-ГЭС с реактивной гидротурбиной, работающая в гидроэнергетических источниках с низким давлением;

на основе асинхронных двигателей с фазным ротором разработаны опытные образцы электрогенераторов с мощностью 1-22 кВт, с низкой частотой вращения;

для настройки амплитуды и частоты выходящего напряжения из асинхронного генератора разработана схема настройки параметров, соответствующих изменениям в широком диапазоне потока воды и электрической нагрузки;

для производства на промышленной основе, используя математические взаимосвязи между энергетическими, конструкционными и техническими параметрами гидротурбины разработана электронная вычислительная программа, предназначенная для расчёта параметров микро-ГЭС и получаемое из неё электроэнергии, при заданных расхода воды и его давления, разработано рекомендационное пособие.

**Достоверность результатов исследования** обосновывается соответствием проведённых теоретических расчётов для реактивных микро-ГЭС с результатами практических экспериментов, основательными расчётами для внедрения в серийное производство и проведением измерительных работ с использованием сертифицированных измерительных приборов с высокой точностью.

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

Научная значимость результатов исследования заключается в разработке нового микро-ГЭС с реактивным гидроагрегатом, в научном обосновании динамики вращательного движения рабочего колеса гидроагрегата, позволяющего определить аналитические взаимосвязи между конструкционными и выходными энергетическими параметрами, оптимизировать элементы конструкции, а также минимизировать механические и гидравлические потери в энергетическом устройстве.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что в регионах имеющие низконапорные гидроэнергетические потенциалы, потребители могут широко использовать микро-ГЭС с реактивной гидротурбиной относительно низкой себестоимостью.

Эффективное использование системы микро-ГЭС в регионах имеющие гидроэнергетический потенциал позволит внести свой вклад в охрану природы от загрязнений, диверсифицировать источники топлива и сэкономить горючие ресурсы.

### **Внедрение результатов исследования.**

На основе оптимизации технических параметров микрогидроэлектростанций с реактивной гидротурбиной, предназначенной для использования на речках, каналах и в ирригационных системах с невысоким давлением потока воды, и на основе полученных научных результатов по разработанному устройству:

разработанная энергетическая установка внедрена на «Инновационной экспериментально-выставочной площадке» Мархаматского района Андижанской области (Справка Министерства сельского хозяйства №02/021-1080 от 10.07.2019 года). В результате с помощью устройства микро-ГЭС мощностью 5 кВт создана возможность производить 34 МВт\*час электроэнергии в год для сельскохозяйственных потребителей;

разработанная энергетическая установка внедрена в фермерском хозяйстве «Зулхумор Фозилжон кизи» Нарынского района Наманганской области (Справка № 45 от 5.11.2018 года; справка Министерства сельского хозяйства № 02/021-1080 от 10.07.2019 г.). В результате с помощью устройства микро-ГЭС мощностью 10 кВт создана возможность производить 54 МВт\*час электроэнергии в год для сельскохозяйственных потребителей.

**Апробация результатов исследования.** Основные положения и результаты диссертационной работы были апробированы на 5 международных и 4 республиканских научных конференциях.

**Публикация результатов исследования.** По теме диссертации всего опубликовано 16 научных работ, в том числе 4 статьи в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных результатов диссертаций, получен 1 патент на полезную модель, 2 статей опубликованы в республиканских журналах.

**Структура диссертации.** Диссертация состоит из 141 страниц, введения, 4 глав, заключения, списка использованной литературы из 97 наименований, списка сокращённых терминов и приложения, 30 рисунков и 18 таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обоснованы актуальность и востребованность диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследования, указано соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, описаны научная новизна, практическая значимость результатов исследований и их достоверность, показана теоретическая и практическая значимость результатов внедрения, сведения о внедрении результатов исследований, апробации и опубликованности результатов работы, объёме и структуре диссертации.

**В первой главе** диссертации «Состояние и перспективы использования возобновляемых источников энергии в Республике Узбекистан» проанализировано нынешнее состояние использования малых и микрогидроэлектростанций, существующие гидроэнергетические возможности в мире в целом и в Узбекистане в частности. Также дан обзор литературы по теме, приведены результаты анализа проведённых исследований по микро-ГЭС, работающих на гидроэнергетических источниках малого давления. Определены проблемы и недостатки, связанные с работающими в водных потоках малого давления микро-ГЭС, намечены цели работы и задачи, выполняемые в ходе исследования.

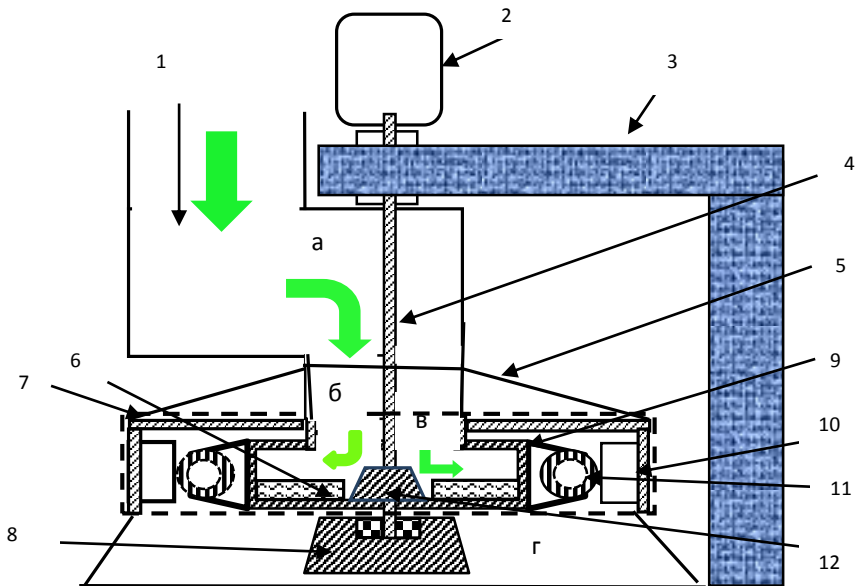
**Во второй главе** диссертации «Элементы устройства микро-ГЭС с реактивной гидротурбиной и их аналитическое моделирование и проектирование» на основе общей конструкционной схемы микро-ГЭС рассмотрено и проанализировано движение воды внутри реактивной гидротурбины, определены средние скорости воды в значимых сечениях. Используя полученные результаты, даны аналитические взаимосвязи между энергетическими параметрами и размерами гидротурбины и результаты проектирования размеров конструкции и составных элементов, найденных решениями нужных уравнений.

На рис.1 изображена схема спроектированной, работающей по реактивному принципу микро-ГЭС. Принимая за постоянные величины входящее в турбину количество воды  $Q$  и высоту столба воды  $H_0$ , были рассмотрены энергия потока на переходах  $1-a-b-v-z$ , изменения гидростатического, гидродинамического, статического давлений, скорость воды в разрезах этих переходов и потери давления за счёт сопротивления в соответствующих местах, были взяты нужные выражения для них.

На переходе воды  $1-a$  из-за малой скорости потока в резервуаре можно пренебречь скоростью воды, тогда используя уравнение Бернулли для средней скорости перехода  $1-a$  получаем:

$$V_1 = \varphi \sqrt{2g(H_0 - H_1)}, \quad \varphi = 0,95. \quad (1)$$

На переходе  $a-b$  учитывая вертикальный поворот на  $90^\circ$  при решении уравнения Бернулли для средней скорости в  $b$ -разрезе даёт следующий результат:



1-резервуар, 2-электрогенератор; 3-вертикальная опора микро-ГЭС; 4-вал вращения турбины; 5-неподвижный, конусообразный внешний корпус гидротурбины; 6-направляющие водный поток лопасти; 7-статор; 8-подшипниковая платформа, где расположено основание турбины; 9-вращающийся цилиндр, на нём закреплено сопло реактивной турбины; 10-лопасти статора; 11-конусообразное конфузорное сопло; 12-конусообразное основание, равномерно распределяющее водный поток.

**Рис.1. Общая схема реактивной микро-ГЭС..**

$$V_2 = \sqrt{\frac{2g\varphi^2(H_1 - H_2) + \alpha V_1^2}{\xi_2 + \alpha}}, \quad (2)$$

здесь  $\varphi$  - коэффициент, зависящий от конструкции входа воды из резервуара в гидротурбину,  $S_1, S_2$  - площади поперечного сечения областей  $a$  и  $в$ , соответственно,  $H_1, H_2$  - высота от нижнего основания микро-ГЭС, соответственно,  $\alpha$ -коэффициент Кориолиса,  $\alpha$ -потеря давления при переходе из области  $a$  в область  $в$ ,  $\zeta_1, \zeta_2$  -коэффициенты потери давления.

При движении воды в переходе  $б-в$  поток воды разветвляется на  $N$  количество сопла, и из-за того, что площадь входящей в сопла воды больше площади воды  $в-б$ -переходе, наблюдается уменьшение скорости потока воды, потеря давления за счёт поворота воды на  $90^\circ$ . Учитывая это, решая уравнение Бернулли для скорости  $V_3$  входящей в сопло воды, получаем:

$$V_3 = \sqrt{V_2^2 \left[ 1 + \frac{2S_2}{\alpha NS_3} \left( 1 - \frac{S_2}{NS_3} \right) - \frac{1}{\alpha} \left( \frac{S_2}{NS_3} \right)^2 \left( 1 - \frac{S_2}{NS_3} \right)^2 \right] + \frac{2gH_2}{\alpha}}. \quad (3)$$

При решении уравнение Бернулли для средней скорости воды на выходе из сопла, получаем следующий результат:

$$V_c = V_3 \left\{ \frac{S_3}{S_c} - \sqrt{\left( \frac{S_3}{S_c} - 1 \right)^2 - \xi_{90^\circ}} \right\}. \quad (4)$$

Для высоты столба воды  $H_0 = 2m$ , и скорости при входе потока воды в турбину  $V_c = 5,95 \text{ m/s}$ ,  $d = 0,273m$ , при температуре  $15^\circ\text{C}$  коэффициент

динамической вязкости будем считать равной  $\eta=0,0114$ , получим число Рейнольдса:  $Re=140921$  ( $10^5 \leq Re \leq 10^8$ ).

Из-за того, что внутри турбины поток воды имеет вихревой характер, для вычисления коэффициента гидравлического трения, можно воспользоваться формулой, предложенной Никурадзе:

$$\lambda = 0,0032 + 0,22Re^{-0,237}. \quad (5)$$

При  $Re=140921$   $\lambda=0,0165$ , тогда потеря давления будет определяться следующим образом:

$$h = \frac{\lambda L}{d} \cdot \frac{V_0^2}{2g} = \frac{0,0165 \cdot 1,1}{0,3} \cdot \frac{V_0^2}{2g} = 0,0605 \cdot \frac{V_0^2}{2g}. \quad (6)$$

здесь  $L$ - расстояние, на которое течет вода.

Из (6) видно, что при низком давлении, за счёт трения в ходе турбулентного движения воды внутри турбины теряется максимум около 6%-7% кинетической энергии потока жидкости.

Для расчёта потери давления при разветвлении воды, геометрические формы и размеры всех сопел, расходы воды у них считаем одинаковой, тогда для расчёта потери давления получаем следующее выражение:

$$h_{\sigma-\sigma} = \frac{Q^2}{N^2} \frac{\rho}{2S_3^2} \left(1 - \frac{S_2}{NS_3}\right)^2. \quad (7)$$

Решая вместе уравнения (3)-(6), находим общий коэффициент потери энергии при входе потока воды в сопло:

$$\xi_{\text{сопл}} = 1 + \frac{2S_2}{\alpha NS_3} \left(1 - \frac{S_2}{NS_3}\right) - \frac{1}{\alpha} \left(\frac{S_2}{NS_3}\right)^2 \left(1 - \frac{S_2}{NS_3}\right)^2. \quad (8)$$

Все составные элементы рабочего колеса и вода внутри него крутятся вместе. Их момент инерции относительно вращающегося вала рассчитывается методом интегрирования. В табл.1 приведены результаты расчётов:

**Таблица 1**

Результаты расчёта момента инерции реактивной гидротурбины

№	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I <sub>т</sub> (кг*м <sup>2</sup> )
1	2,371787	2,507981	1,899842	7,412789	0,24357	0,30396	18,18973

В рассматриваемой конструкции (рис.2) движение рабочего колеса возникает под действием реактивной силы  $F$ , тогда момент вращательной силы получается из общей теоремы об изменении кинематического момента твёрдого тела.

$$M_z = -N\pi\rho R_c^3 v_c (v_c - \omega_z R_c) = -N\pi\rho R_c^3 v_c^2 (1 - \cos\beta). \quad (9)$$

Реактивная сила  $F$ , действующая на точку А на рис.2, будет равняться геометрической разнице импульсов количества воды, входящей в сопло и количества воды, выходящей из него:

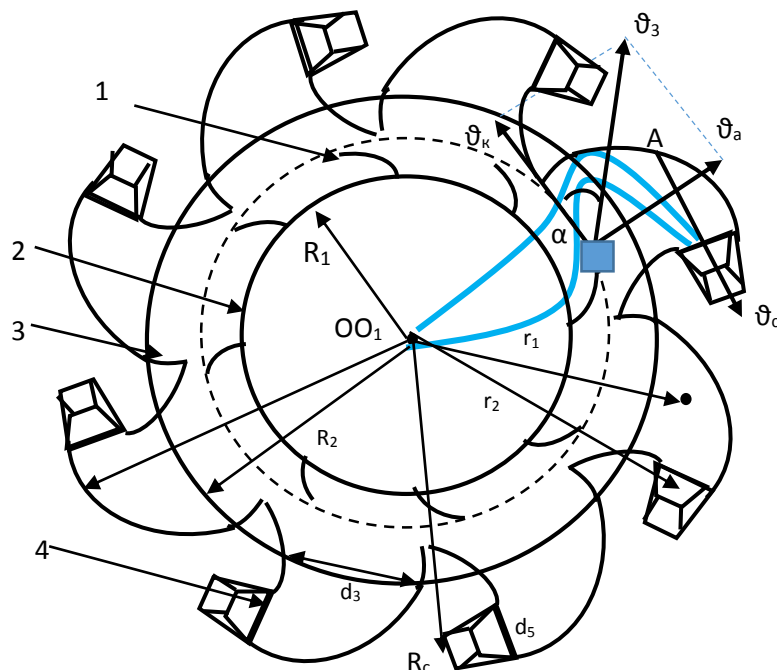
$$F = K_c - K_3. \quad (10)$$



Используя формулы (9)-(10), для циклической частоты рабочего колеса  $\omega_z$  получена следующая формула:

$$\omega_z = \frac{\vartheta_c^2 (R_c^2 - r_c^2)}{R_3^2 R_c \vartheta_3 + R_c^3 \vartheta_c}, \quad (11)$$

здесь  $R_c$  – расстояние от оси вращения до центра сопла, откуда выходит вода;  $r_c$  – радиус места выхода воды из сопла;  $\vartheta_3$ ,  $\vartheta_c$  – скорости воды у входа в сопло и у выхода из сопла, соответственно.



1-центральная направляющая лопатка; 2-центральная труба входа воды; 3-Внутренние лопатки сопла; 4-сопла гидротурбины.

**Рис.2. Схема вида сверху горизонтального сечения рабочего колеса гидротурбины.**

Выявлено, для того, чтобы местное сопротивление воды было минимальным, требуется выполнение следующего условия:

$$\frac{S_3}{S_c} \geq \sqrt{\xi_{90^0} - \xi_2} \quad (12)$$

здесь,  $S_c$  - выходное поперечное сечение сопла;  $\xi_{90^0}$  - коэффициент сопротивления при повороте воды на  $90^0$  и  $\xi_2$  - коэффициент сопротивления на конусе сопла вследствие сжатия водного потока.

В таблице 2 даны соответствующие энергетические величины гидротурбины, полученные путём теоретического расчёта. На рис.3 и рис.4 показаны их графические взаимосвязи.

Из рис.3 видно, что с возрастанием  $H_0$  за счёт сопротивления в местах поворота в гидротурбине возрастает потеря энергии пропорционально квадрату скорости. Для обеспечения минимальности этих потерь энергии должно выполняться условие (12). После достижения максимального значения КПД гидротурбины мало изменяется, а значения вращательного момента возрастает соответственно изменениям напора.

Изменение энергетических характеристик гидротурбины во взаимосвязи с изменениями её размеров можно проанализировать на основе данных таблице 2.

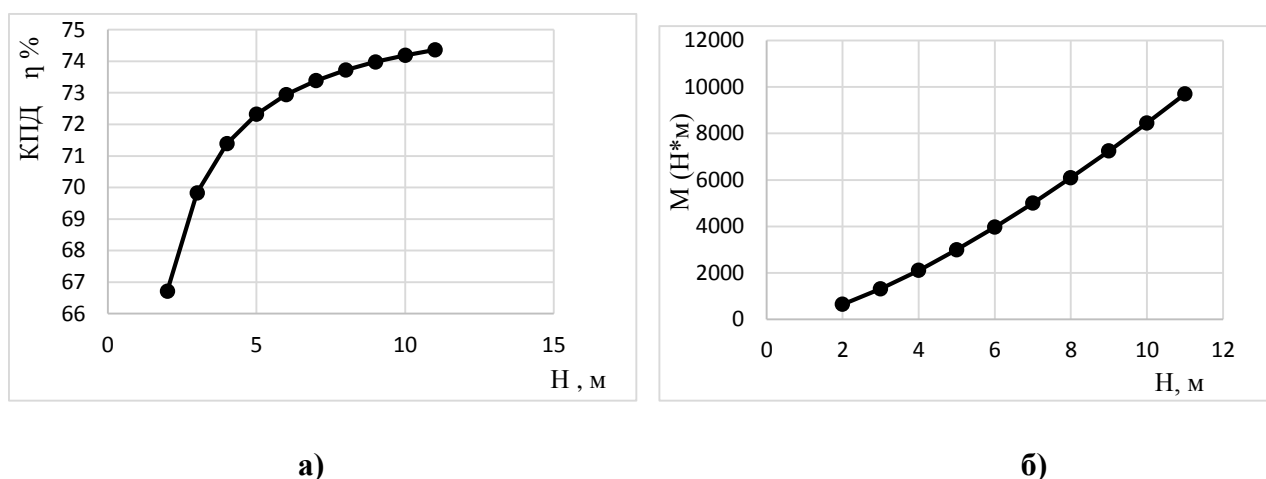


Рис. 3. График зависимость а) КПД гидротурбины микро-ГЭС; б) крутящего момента гидротурбины от напора воды.

Таблица 2

Изменение энергетических параметров микро-ГЭС соответственно изменениям геометрических размеров гидротурбины

$H_0$ , М	$V_0$ , м/с	$V_1$ м/с	$V_3$ м/с	$V_c$ м/с	$\omega$ , рад/с	Р Вт	М Н*м	ФИК %	$n_s$ об/мин	Q л/с
1	3,26	2,91	3,42	6,33	17,92	988,91	55,19	59,85	166,15	168,43
2	5,32	4,58	5,14	9,51	32,01	2371,26	74,07	67,54	296,85	178,93
3	6,79	5,78	6,42	11,87	44,21	3762,53	85,11	70,12	409,96	182,32
4	7,98	6,77	7,48	13,83	55,36	5156,11	93,14	71,42	513,35	183,99
5	9,03	7,64	8,41	15,54	65,80	6550,67	99,55	72,19	610,17	184,99
6	9,96	8,42	9,24	17,09	75,71	7945,73	104,95	72,71	702,09	185,65
7	10,81	9,13	10,01	18,50	85,21	9341,09	109,63	73,08	790,15	186,13
8	11,60	9,79	10,72	19,82	94,36	10736,64	113,78	73,36	875,04	186,48
9	12,34	10,40	11,39	21,05	103,23	12132,33	117,53	73,58	957,27	186,76
10	13,04	10,99	12,02	22,22	111,85	13528,11	120,95	73,75	1037,20	186,98

Из таблице 2 видно что, при увеличении напора воды скорость вытекаемого потока воды тоже увеличивается и в результате расходуется много воды. Это приводит к тому, что в местах, где недостаточен объём расходуемой воды, гидротурбина работает с низкими энергетическими показателями. Поэтому, при неизменном количестве воды, изменение размеров составных элементов гидротурбины соответственно напору воды, приводит к увеличению его КПД.

В рис.4 приведено зависимость КПД гидротурбины от выходного радиуса сопла. Известно что, при неизменности размеров гидротурбины увеличение напора, приведет к возрастанию количество расхода воды в связи с ростом скорости выхода воды. В результате гидротурбина работает с низким КПД. Из

графика видно, что высокий КПД гидротурбины наблюдается только при критическом значении радиуса выпускного отверстия сопла. Использование таких гидротурбин даёт хороший эффект в тех местах, где есть возможность увеличивать расход воды (см. рис. 4).

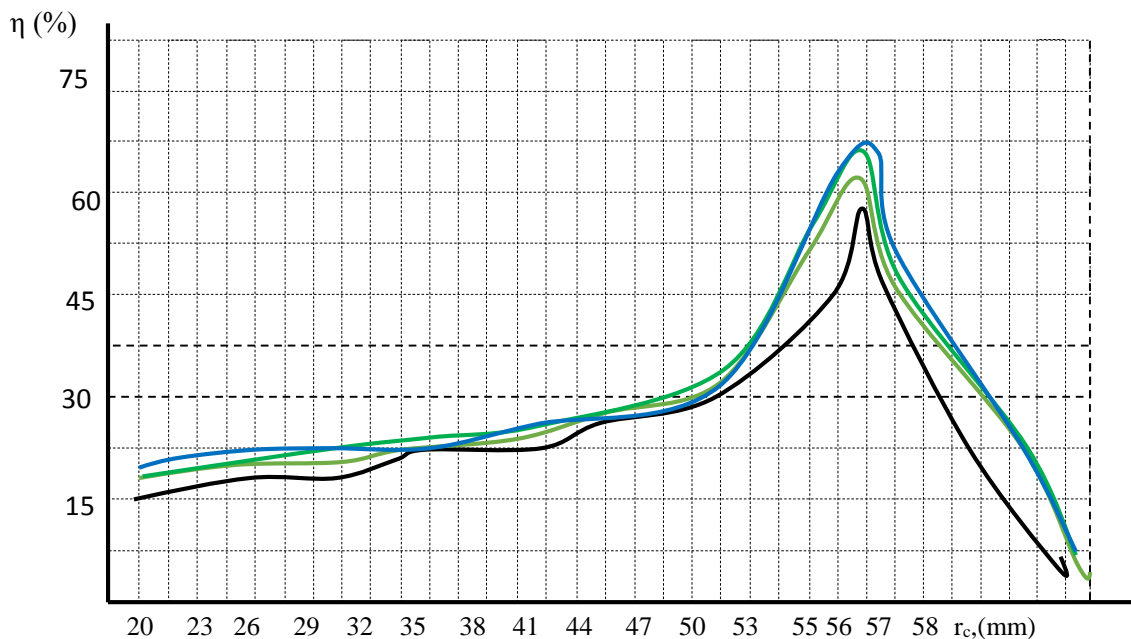


Рис. 4. Зависимость КПД гидротурбины от выходного радиуса сопла

В третьей главе диссертации под названием «Электрогенератор микро-ГЭС и система управления» освещены основные требования, предъявляемые к системе управления автономной микро-ГЭС, разработка электрогенератора на основе асинхронного электродвигателя с фазным ротором, разработана эффективная система управления стабилизацией режима работы и напряжения микро-ГЭС.

Провода статора и ротора асинхронного двигателя с фазным ротором были обмотаны заново по схемам, показанным на рис. 5 и 6. Проанализировав номинальные напряжения и частоты электротехнических установок, используемых в сельском хозяйстве, разработана отвечающая их требованиям, простая и с низкой себестоимостью схема управления, создана система управления микро-ГЭС.

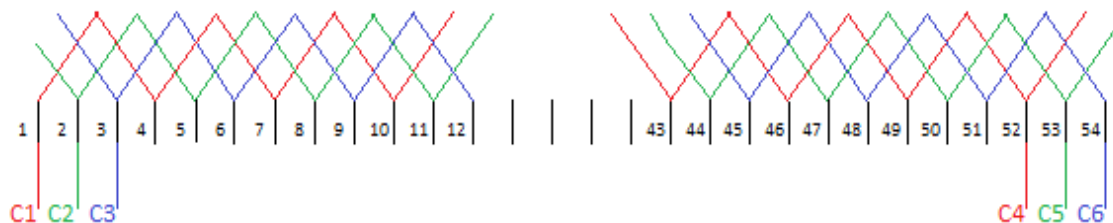


Рис.5. Электрическая схема расположения статорной обмотки.

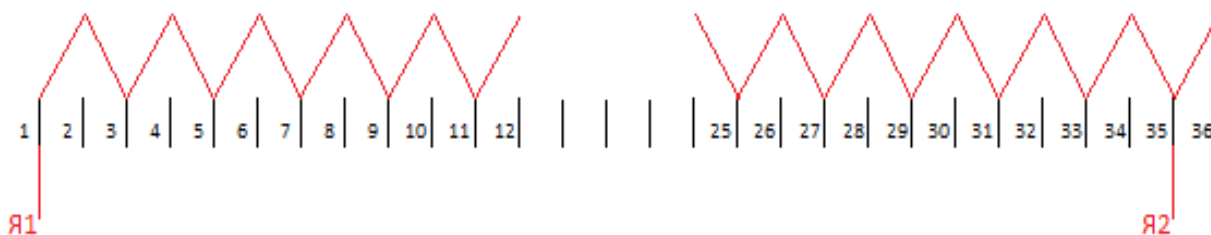


Рис.6. Схема обмотки возбуждения ротора генератора.

Генератор мощностью 22 кВт, изготовленный на основе асинхронного двигателя фазным ротором серии МТ, имеет следующие параметры:

- номинальная мощность  $P_n=22$  кВт;
- линейное напряжение  $U_\nu=380$  В;
- фазное напряжение  $U_\phi=250$  В;
- частота вращения ротора  $f=500$  об/мин;
- частота тока  $\nu=50$  Гц;
- коэффициент мощности  $\cos\varphi=0.8\div 0.85$ ;
- система охлаждения – через вентилятор (воздушный);
- Полная номинальная мощность генератора  $S_m = \frac{P_n \cdot 10^3}{\cos\varphi} = 27.5 \cdot 10^3$ ;
- номинальный ток в фазе  $I_n = \frac{S_\Gamma}{U_\nu \sqrt{3}} = 41$  А ;
- количество парных полюсов  $n=18$  ;
- полярное деление  $\frac{\pi \cdot d_\Gamma}{n} = 39$ мм;
- магнитная индукция 0.8 Тл;
- число пазов в статоре 54 ;

Автоматическая система управления микро-ГЭС была реализована по схеме показанной на рис.7

После достижения генератором номинальной частоты вращения, нажимается пусковая кнопка Кн1 и ротор генератора получает начальное пусковое напряжение. Как только генератор достигнет номинальное напряжение подключается нагрузка, при этом частота вращения генератора уменьшается и требует большего крутящего момента. В этом случае дополнительный ток с трансформатором тока подключается для обеспечения плавного перехода.

По мере увеличения нагрузки напряжение возбуждения в роторе увеличивается, что приводит к стабилизации напряжению и его частоты.

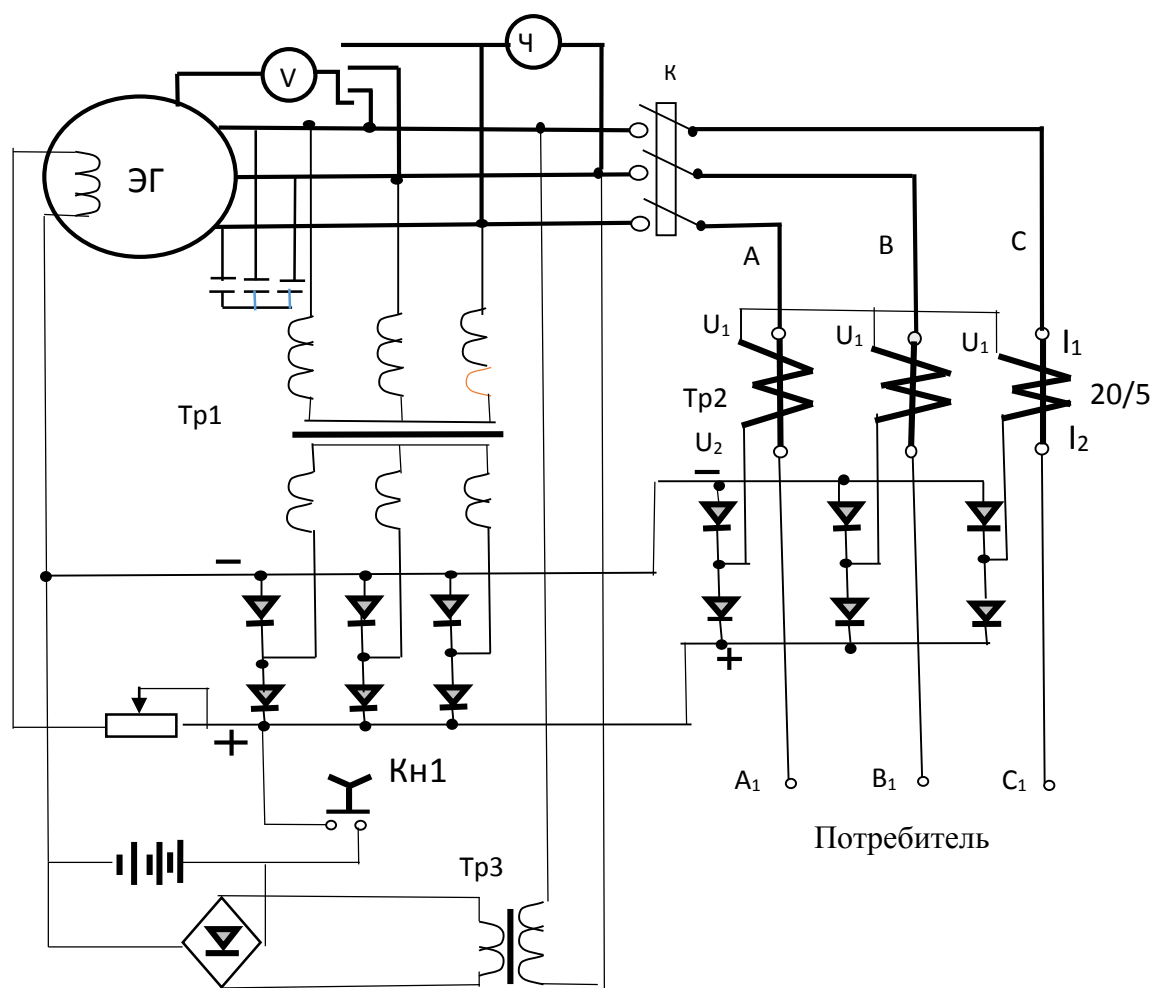


Рис.7. Общая схема системы управления микро-ГЭС.

В четвёртой главе диссертации под названием «Разработка и испытание опытной модели микро-ГЭС с реактивной гидротурбиной» приведены результаты изготовления, результаты испытания и экономической эффективности установки микро-ГЭС

Изготовленная микро-ГЭС с реактивной гидротурбиной имеет следующие технические параметры (рис. 8):

- диаметр трубы для входа воды -273 мм;
- диаметр рабочего колеса вместе с соплом -600 мм;
- диаметр цилиндра рабочего колеса - 400 мм;
- высота внутреннего конуса в цилиндре -100 мм;
- количество внутренних направляющих лопастей в цилиндре – 3 шт.;
- количество сопло -12 шт.;
- внешний диаметр статора -700 мм;
- общая высота статора -350 мм;
- количество водоотражателей во внутренних стенках статора -36;
- длина оси -1300 мм;
- размеры гидравлической турбины - 700×800×1300 мм;
- масса микро-ГЭС:  $m \approx 109$  кг.



**Рис.8. Опытный образец реактивной микро-ГЭС.**

Установка микро-ГЭС была испытана в естественной среде с технической мощностью 3924 Вт, давлением воды 2 м и расходом воды 200 л/с. Результаты испытаний представлены в таблице 3.

Как видно из таблица 3, среднее значение КПД установки микро-ГЭС составило 57%. Если КПД генератора КПД  $\eta_g=0,95$ , КПД дополнительных установок КПД  $\eta_k=0,95$ , то рассчитаем КПД гидротурбины:

$$\eta_{\text{МГЭС}} = \eta_g * \eta_t * \eta_k, \quad (13)$$

$$\eta_t = \frac{\eta_{\text{МГЭС}}}{\eta_g \cdot \eta_k} = \frac{0,56}{0,95 \cdot 0,95} 100\% = 62,05\%. \quad (14)$$

КПД гидротурбины составил 62,05%.

Разница быстроходность вращения гидротурбины от теоретических расчётов:

$$\Delta n_s = n_{\text{SH}} - n_s = 155,8 - 144 = 11,8 \text{ об/мин.} \quad (15)$$

Разница частоты гидротурбины оказалась на 11,8 об/мин меньше от теоретических расчётов. Результат опыта отличается от показателя теоретических расчётов на 7,57%.

Электроэнергией, произведённой в предлагаемой установке, можно активно пользоваться вдали от электрических сетей, в дальних сёлах, имеющих гидропотенциал с малым давлением. Таких регионов с гидропотенциалом в нашей республике очень много. Поэтому целесообразно сравнить данную установку с бензиновым генератором, активно используемым в наших сёлах, вдали от линий электропередач.

Таблица 3

## Полученные энергетические параметры от испытания микро-ГЭС

Опыт №	Расход воды (л/с)	Напряжение (В)	Сила тока (А)	Мощность (кВт)	КПД $\eta$ (%)	Частота вращения турбины n, об/мин
1	195-200	215	10,37	2,23	57	144
2	195-200	210	10	2,10	54	141
3	195-200	225	10,31	2,32	59	145
4	195-200	218	9,85	2,15	54,5	144
5	195-200	220	9,54	2,10	54	145
6	195-200	216	10,18	2,20	56	143
7	195-200	222	9,81	2,18	55,6	146
8	195-200	218	10,6	2,33	59,5	144
9	195-200	224	10,7	2,4	61,2	146
10	195-200	216	10,2	2,2	56	142
	<b>Q<sub>ср</sub> =200</b>	<b>218,4</b>	<b>10,16</b>	<b>P<sub>сред</sub> =2,28</b>	<b>56,2</b>	<b>N<sub>сред</sub>=144±1,2</b>

При определении экономической эффективности микро-ГЭС, все расходы на изготовление и монтаж данной системы средней мощностью 10 кВт рассчитывались по следующей формуле:

$$S = S_M + S_T + S_{тр} + S_{гбт} + S_{\dot{y}M} + S_{п} + S_{ис} + S_{бх} \quad (16)$$

Здесь,  $S_M$  – затраты на израсходованные материалы, сум;  $S_T$  – затраты на изготовление установки; сум;  $S_{тр}$  – транспортные затраты, сум;  $S_{гбт}$  – затраты на генератор и систему управления, сум;  $S_{\dot{y}M}$  – затраты на монтаж микро-ГЭС, сум;  $S_{ис}$  – трудовые затраты на наладку, сум;  $S_{п}$  – затраты на изготовление платформы-основания, сум;  $S_{бх}$  – другие непредвиденные расходы, сум.

Стоимость бензинового электрогенератора мощностью 10 кВт составила 15,4 млн сум (расчёты произведены в ценах 2018 года).

Эксплуатационные затраты микро-ГЭС и бензинового электрогенератора составили:

для Микро-ГЭС,

$$\mathcal{E}_{\text{мгэс}} = \mathcal{E}_{\text{жт}} + \mathcal{E}_{\text{ах}} + \mathcal{E}_{\text{их}}, \quad (17)$$

для бензинового генератора,

$$\mathcal{E}_{\text{бг}} = \mathcal{E}_{\text{жт}} + \mathcal{E}_{\text{ах}} + \mathcal{E}_{\text{е}}, \quad (18)$$

здесь,  $\mathcal{E}_{\text{жт}}$  – затраты на текущий ремонт, сум/год;  $\mathcal{E}_{\text{ах}}$  – годовые амортизационные затраты, сум/год;  $\mathcal{E}_{\text{их}}$  – затраты на зарплату обслуживающего персонала, сум/год;  $\mathcal{E}_{\text{е}}$  – затраты на горючее, сум/год.

Всего сумма затрат для введения в эксплуатацию микроГЭС по формуле (16) составила 23 млн.сум. Из них затраты на материалы, дополнительные механические детали и на изготовление составили 9,8 млн. сум, затраты на транспорт и монтаж составили 4,7 млн. сум, затраты на изготовление платформы, генератор и наладку системы управления составили 8,5 млн. сум (расчёты произведены в ценах 2018 года). Результаты сравнения показателей установки

микро-ГЭС и бензинового генератора на основе этих данных приведены в таблице 4.

**Таблица 4**

**Сравнение экономической эффективности разработанной микро-ГЭС и бензогенераторов**

Показатели	Установка микро-ГЭС	Бензиновый генератор	Разница
Номинальная мощность	10 кВт	10кВт	нет
Средняя годовая выработка электроэнергии	54000 кВт*час	54000 кВт*час	нет
Балансовая стоимость установки	23000,0 тыс.сум	15000,0 тыс.сум	-45000,0 тыс.сум
Годовые эксплуатационные затраты	3100,0 тыс.сум	62389,0 тыс.сум	59289,0 тыс.сум
Годовая прибыль от эксплуатации микро-ГЭС	59289,0 тыс.сум	-	-
Время покрытия затрат, год	2,18	-	-

В таблице 4 для расчёта средней годовой выработки электроэнергии на установке микро-ГЭС и бензиновом генераторе принято, что обе установки мощностью 10 кВт вырабатывали электроэнергию целый год непрерывно по 15 часов в сутки. Таким образом за год вырабатывается всего 54 МВт\*час электроэнергии, умножаем эту цифру на цену 1 кВт\*час электроэнергии по тарифам 2018 года и получаем выработку электроэнергии стоимостью 13,64 млн. сум (расчёты произведены в ценах 2018 года).

Для расчёта времени покрытия всех затрат на изготовление и монтаж установки микро-ГЭС воспользуемся следующей формулой:

$$C = \frac{S}{P \cdot t \cdot b}, \quad (19)$$

здесь  $S$  – сумма всех затрат на изготовление и монтаж установки, сум;  $P$  – номинальная мощность микро-ГЭС, кВт;  $t$  – время работы установки за год, час;  $b$  – стоимость 1 кВт\*час электроэнергии по тарифу, сум/кВт\*час.

Годовые эксплуатационные затраты, затраты на амортизацию, затраты на текущий ремонт составили 3,1 млн. сум, и за год установка приносит доход в 10,54 млн. сум (13,64 млн.сум – 10,54 млн.сум). Время покрытия затрат на введение в строй установки рассчитывается по формуле (19) и составляет 2,18 года.

Строительство и эксплуатация таких микро-ГЭС по республике в больших количествах, в регионах с имеющимися гидроисточниками, удовлетворит спрос на электроэнергию в сельском хозяйстве и принесёт ощутимый положительный эффект экономике страны.



## ВЫВОДЫ

В результате теоретических и практических исследований по теме диссертации сформулированы следующие общие выводы.

1. Разработаны аналитические выражения для момента силы и частоты вращения, образующейся в потоке воды, выходящей из сопла реактивной гидротурбины, и формулы взаимосвязи их с моментом инерции общей системы и с выходными энергетическими параметрами системы.

2. Выявлены условия достижения максимальных значений внутренней активной силы путём обеспечения удара потока воды о поверхность внутренних лопастей сопла под углом в  $25-30^{\circ}$  с помощью неучаствующих во вращении рабочего колеса реактивной гидротурбины направляющих лопастей.

3. Выявлено, что путём эффективного использования центробежных сил и сил Кориолиса в рабочем колесе реактивной гидротурбины, а также за счёт уменьшения внутренних трений и местного сопротивления путём использования внутренних направляющих лопастей можно уменьшить потери энергии в гидротурбине на 20-40%.

4. Выявлено, что применение низкочастотных асинхронных генераторов в микро-ГЭС мощностью до 50 кВт исключает применение дополнительных элементов в форме приводящих к потере мощности редуктора и многокаскадных шкифов.

5. Разработана новая конструкция микро-ГЭС, работающей на реактивном принципе и определены взаимосвязи технико-экономических показателей её составных частей, реактивной гидротурбины и электрогенератора.

6. Выявлено, что изменение размеров рабочего колеса гидротурбины исходя из напора воды приводит к увеличению КПД, КПД в этом случае меняется в пределах 59%-75%; при неизменных размерах турбины, в критическом минимуме радиуса сопла выхода воды показатель КПД гидротурбины изменяется соответственно напору воды в пределах 56%-67%.

7. Разработана технология изготовления электрогенератора на основе асинхронного двигателя с фазным ротором. На основе математического моделирования и анализов создана конструкция микро-ГЭС с реактивным принципом, работающей в водных потоках низкого давления, разработан программный продукт по методу вычисления размеров и энергетических параметров гидротурбины.



**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.30.05.2018.FM/T.34.01  
ON AWARDING OF THE SCIENTIFIC DEGREES  
AT THE PHYSICAL-TECHNICAL INSTITUTE**

---

**ANDIJAN BRANCH OF TASHKENT STATE  
AGRICULTURAL UNIVERSITY**

**BOZAROV OYBEK ODILOVICH**

**DEVELOPMENT OF MICRO-HES WITH A REACTIVE HYDRO  
UNIT FOR AGRICULTURAL CONSUMERS**

**05.05.06 - Power installations on the basis of renewable energy**

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

**Tashkent – 2020**

**The topic of dissertation of doctor of philosophy (PhD) in technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2019.3.PhD/T773.**

The dissertation was completed at the Andijan branch of the Tashkent State Agrarian University.

The abstract of the dissertation is posted in three (Uzbek, Russian, English (resume)) languages on the website ([www.fti.uz](http://www.fti.uz)) and on Information and Educational portal «ZiyoNet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Scientific supervisor:** **Aliev Raimjon Usmanovich**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**Official opponents:** **Urishev Boboraim**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**Majidov Takhirjan Shadmanovich**  
candidate of technical sciences, docent

**Lead organization:** **Taskent State Technical Universite**

The dissertation defense will take place « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ at \_\_\_\_\_ at a meeting of the Scientific Council number DSc.30.05.2018.FM/T.34.01 at the Physical-technical Institute. (Address: 100084, Tashkent, Chingiz Aytmatov street, 2-B. Phone/fax: (99871) 235-42-91; e-mail: [info.fti@uzsci.net](mailto:info.fti@uzsci.net)).

The dissertation is possible to review in information resource center at Physical-technical Institute (registered under No. \_\_\_\_). Address: 100084, Tashkent, Chingiz Aytmatov street 2-B. Phone/fax: (+99871) 235-30-41.

The abstract of the dissertation sent out on « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ year.

(Registry record No. \_\_\_\_ on « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ year).

**N.R. Avezova**

Chairman of Scientific Council on award of Scientific degrees, DSc in techniques, senior scientific researcher

**A.G. Komilov**

Scientific Secretary of the Scientific Council on award of Scientific degrees, candidate of technical sciences

**A.V. Karimov**

Chairman of Scientific Seminar under scientific council on award of scientific degrees, doctor of physical-mathematics sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of the PhD dissertation)

**The actuality and relevance of the research work.** Today, scientific research on stabilizing the ecological balance and saving various hydrocarbon fuels constituting energy resources, on increasing the use of non-traditional and renewable energy sources is becoming increasingly important in the world. In this regard, for the development of power supply systems, without violating the boundaries of ecological balance, in the world practice, much attention is paid to the use of one of the renewable energy sources-hydropower and scientific practical research in this area.

As in the whole world, in our Republic the increase in the population, the organization of new production enterprises lead to an increase in the demand for electric energy. In order to meet the needs of industry and the population, special attention is paid to research and development of reliable, safe and environmentally friendly technologies. In this situation, in order to use the hydro-power potential of rivers, rivers, channels in the irrigation systems of the Republic, it is necessary to improve micro-hydroelectric power stations operating in low-pressure water flows or to create new generations of them with optimal design and technological solutions. In this regard, it is considered relevant to perform a dissertation research aimed at developing and optimizing the parameters of a more efficient and simplified design of a hydroelectric unit and microhydroelectric devices.

The action Strategy for the further development of the Republic of Uzbekistan in 2017-2021 outlines the following tasks: "...reduction of energy intensity and resource intensity of the economy, wide introduction of energy-saving technologies into production, expansion of renewable energy sources, increase of labor productivity in economic sectors". The solution of these problems, in particular the development of a new design micro hydro (micro-hydro) with a jet turbine, capable of operating high-performance water flow with low pressure, analytical modeling of the relationship between its structural size and energy parameters, device sizes, details of construction and modes of operation taking into account water consumption, are considered to be one of the important tasks of the day.

**The degree of knowledge of the problem.** Today, the effective use of environmentally friendly sources of hydropower is one of the priority tasks of economic development in almost all countries of the world.

Large-scale research works have been carried out in leading scientific and higher educational institutions around the world on various designs and their automated systems for obtaining electrical energy from low-pressure water flows.

Large-scale research on this subject is conducted in scientific institutions and special research institutes in Russia, the United States, England, Germany, Spain, Denmark, Italy, Malaysia, China, Philippines, Iran, Indonesia, Kyrgyzstan, as well as in higher education and research institutions in Uzbekistan.

In our Republic the solution of such scientific problems as the analysis of the existing hydropower potential, possibilities and methods of their use in the energy sector, improving the structural parameters also control systems small and micro hydro, improving the efficiency of different power plants studied Uzbek scientists Allaev K.

R., Zakhidov R. A., Muhammad M. M., Urishev B. W., Aliev R. W., of D. Mamedyarov ., Ergashev S., Umrzokov A. H. and others.

Such leading scientists of foreign countries as Lukutin B. V., Obukhov S. G., Charon CH., Klykov S. P., Kazhinsky B. B., Muller G., Levkovsky P., Slovakia M., Irenberger A., Schnitzer V., Lothar K., Krizik V., Slavchev S., Yurenkov V. N., Pivovarov V. A, Shoekubov SH. SH., Satibaldiev A. B., Narziev M., Sule L., Weichbrodt F., Ibrahim A., Dierov R. H. and others were also engaged in research works in the field of hydropower.

In the performed works, the main part of micro-hydroelectric power plants operating in low-pressure water flows-hydropower, consists of parts with a bucket, propeller, blade impeller, and improvement in them is aimed at changing the angle of impact of water on the blades, changing the curvature of the surface of the blades and determining the optimal values of their sizes. As follows from the analysis of literature data and information resources of the Internet, the problem of creating new hydropower plants that provide electrical energy with high efficiency in low-pressure water flows has not been solved. Therefore, the importance of developing new designs of micro-hydroelectric power plants that work effectively in low-pressure water flows has been revealed.

We consider it necessary to conduct a dissertation research aimed at creating a micro-hydroelectric power plant with a hydro turbine operating on a reactive principle and intended for use in hydroelectric sources with low water pressure, to optimize its technological and energy parameters and to develop an industrial experimental sample.

**The aim of the research work** is to develop and optimize the design parameters of micro-hydroelectric power station with a reactive hydraulic turbine operating using energy of water flows with low pressure.

**Tasks of the research:**

study of the existing hydropower potential of rivers, channels and rivers in the irrigation system of the Republic, analysis of existing microhydroelectric power plants;

determination of the analytical relationship between the components, technical and energy parameters of the micro-HPP design;

development of a new type of reactive hydro-turbine micro-hydroelectric power station based on analytical design methods;

development of a low-frequency generator for micro hydro at the base of the induction motor wound rotor;

development of an automatic control system for the stability of the speed of rotation of the hydraulic turbine impeller, as well as the amplitude and frequency of the electric voltage generated by the micro-HES;

full-scale testing of the developed microelectric power plant with a reactive hydroelectric unit and an electric generator.

**The object of the study** is the design of micro-hydroelectric power station, which works using of the energy of water flows of large and small rivers, their tributaries, waterfall rivers and irrigation systems, and its geometric and technical parameters.

**The subject of the research** is the scientific and technical justification of the structural structure, geometric dimensions and energy parameters of a reactive

hydroturbine micro-hydroelectric power station operating at the expense of energy of low-pressure water flows.

**Research Methods.** In the process of research, methods of information processing, analytical design, theory of analytical analysis, mathematical modeling, as well as methods of planning and conducting experiments, statistical processing of experimental data were used.

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

a micro-hydroelectric power station has been developed from a reactive hydro-turbine operating on water sources of large and small rivers, their tributaries, waterfall rivers and irrigation systems;

on the basis of analytical modeling the functional relationships between the technical and energy parameters of the developed jet hydro turbine and the conditions for achieving its maximum efficiency are determined;

analytical and technical solutions have been developed to reduce pressure loss due to local resistance to water movement inside the hydroturbine;

on the basis of an asynchronous motor with a phase rotor, a low-frequency electric generator designed for use in micro-hydroelectric power plants has been developed;

an automatic control system for micro-hydroelectric power plants with a reactive hydro turbine has been developed.

**The practical results of the study are as follows:**

for agricultural consumers, a micro-hydroelectric power station with a reactive hydro-turbine has been developed, operating in low-pressure hydro-power sources;

on the basis of asynchronous motors with a phase rotor, prototypes of electric generators with a power of 1-22 kW, with a low speed of rotation have been developed;

to adjust the amplitude and frequency of the output voltage from the asynchronous generator, a scheme for setting parameters corresponding to changes in a wide range of water flow and electrical load is developed;

for production on an industrial basis using a mathematical relationship between power, structural and technical parameters of hydraulic turbine developed by the electronic computer program designed for calculation of parameters of micro-hydro and coconut of electricity, with specified water flow and pressure developed by the reference manual.

**The reliability of the research results** is justified by the correspondence of the theoretical calculations for reactive micro-hydroelectric power plants with the results of practical experiments, thorough calculations for introduction into mass production and carrying out measurement works using certified measuring devices with high accuracy.

**Scientific and practical significance of the research results.**

The scientific significance of the results of the study are to develop a new micro-hydro jet hydro, in the scientific basis of dynamics of rotational motion of the impeller of the hydraulic unit, allowing to define the analytical relationship between structural and output energy parameters, optimize design elements, as well as to minimize mechanical and hydraulic losses in the power device.

The practical significance of the research results is that in regions with low-pressure hydroelectric potentials, consumers can widely use micro-hydroelectric power plants with a reactive hydro turbine at a relatively low cost.

Effective use of the micro-hydroelectric system in regions with hydro-power potential will make it possible to contribute to the protection of nature from pollution, diversify fuel sources and save fuel resources.

**Implementation of research results.** On the basis of optimization of technical parameters of microhydroelectric power plants with a reactive hydroturbine intended for use on rivers, channels and irrigation systems with low water flow pressure, and on the basis of the obtained scientific results on the developed device:

the developed power plant was implemented at the "Innovative experimental exhibition site" of the Markhamat district of Andijan region (reference of the Ministry of agriculture No. 02/021-1080 dated 10.07.2019). As a result, with the help of a micro-HPP device with a capacity of 5 kW, it is possible to produce 34 MW\*hour of electricity per year for agricultural consumers;

the developed power plant was implemented in the farm "Zulkhumor Foziljon kizi" of Naryn district of Namangan region (reference number 45 of 5.11.2018; reference number of the Ministry of agriculture 02/021-1080 of 10.07.2019). As a result, with the help of a micro-hydroelectric power plant with a capacity of 10 kW, it is possible to produce 54 MW\*hour of electricity per year for agricultural consumers.

**Approbation of research results.**

The main provisions and results of the thesis were tested at 5 international and 4 national scientific conferences.

**The publication of the results of the study.**

On the topic of the thesis published 16 scientific works, including 4 articles in journals recommended by the Higher attestation Commission of the Republic of Uzbekistan to publish main results of theses, 1 patent for utility model, 2 articles published in national journals.

**The structure and scope of the dissertation.**

The dissertation consists of 141 pages - introduction, four chapters, conclusion. The dissertation contains 30 figures, 18 tables, a list of used literature (97 names), a list of abbreviated terms and annexes used.

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

**I бўлим (I часть; part I)**

1. Aliev R.U., Bozarov O.O., Reactive hydraulic turbine with power up to 100 kw on the basis of loval snip. // Internationaly Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 5, Issue 12, Индия, December 2018, -pp 7446-7451., (05.00.00; №8, JIFACTOR IF=3,98).



2. Алиев Р.У., Бозаров О., Разработка и испытание микро-ГЭС с реактивной гидравлической турбиной мощностью до 100 кВт. // Вестник, ТашГТУ, Тошкент, 2018 год № 4, -С. 77-82., (05.00.00; № 16).

3. Алиев Р.У., Бозаров О.О., Абдуқоххорова М., Ўзбекистонда кичик гидроэлектр энергия манбаларини ривожлантиришнинг долзарб шартлари. Илмий хабарнома, АДУ, 2018, №1, 16-23 б., (01.00.00; № 13).

4. Алиев Р.У., Бозаров О.О., Чиқиш соплони реактив гидротурбинали микро-ГЭСнинг асосий энергетик параметрлари. // АДУ, Илмий хабарнома, 2019, №1, 52-60 б., (01.00.00; № 13).

## **II-бўлим (II часть; part II)**

5. Алиев Р.У., Бозаров О.О., А.Туракулов, Разработка и испытание реактивной гидравлической турбины. // Андижан, Научный вестник: Машиностроение. 2016, №1. С. 187-192.

6. Бозаров О.О., Носиров И.З., Реактив гидротурбинали самарадор микро ГЭС. // Илмий хабарнома, Машинасозлик, Андижан, 2018, № 2 (9), 59-65 б.

7. Бозаров О.О., Носиров И.З., Микро-ГЭС с реактивной гидравлической турбиной. // материалы международной научно практической конференции «Наука и высшая школа в инновационной деятельности». Уфа: Омега сейнс. 2018, С. 38-40.

8. Алиев Р.У., Бозаров О.О., Реактив микро-ГЭС гидротурбинасининг инерция моменти ва асосий энергетик параметрлари» RENES: Қайта тикланувчи энергия манбалари ва барқарор атроф-муҳит соҳасида магистерлик дастурини ишлаб чиқиш» лойиҳаси доирасидаги халқаро илмий-амалий семинар мақолалар тўплами, Гулистон, 2019, 144-150 б.

9. Патент UZ FAP № 01287. Реактивная гидравлическая турбина. Расмий ахборотнома. // Бозаров О.О., Алиев Р.У., Захидов Р.А., Кодиров Д.Б. // Тошкент, 2018, № 3(201), С. 24-25.

10. Алиев Р.У., Бозаров О.О., Реактив гидротурбина ва асинхрон генераторли микро-ГЭСнинг тажриба модели ва уни синаш натижалари, «RENES: Қайта тикланувчи энергия манбалари ва барқарор атроф-муҳит соҳасида магистерлик дастурини ишлаб чиқиш» лойиҳаси доирасидаги халқаро илмий-амалий семинар мақолалар тўплами, Гулистон, 2019, 150-158 б.

11. Бозаров О.О., Набиева Г.О. Реактив принцида ишловчи микро-ГЭСнинг соплони гидротурбинасида сув оқими учрайдиган гидравлик ва маҳаллий қаршилиқлар, «RENES: Қайта тикланувчи энергия манбалари ва барқарор атроф-муҳит соҳасида магистерлик дастурини ишлаб чиқиш» лойиҳаси доирасидаги халқаро илмий-амалий семинар мақолалар тўплами, Гулистон, 2019, 203-209 б.

12. Бозаров О.О. Соплони реактив микро-ГЭС гидротурбинасининг геометрик ўлчамлари ва унинг фойдали иш коэффициенти. //»Қайта тикланувчи энергия манбалари ва барқарор атроф муҳитнинг замонавий муаммолари» Халқаро илмий-амалий анжуман тўплами, Тошкент, 2019, 128-132 б.

13. Бозаров О.О., Алиев Р.У., Мирзаев Б., Микро-ГЭС лар учун реактив гидравлик турбинани лойиҳалаш. // «Муқобил энергия турлари ва улардан фойдаланиш истиқболлари» Республика илмий-техникавий анжуман материаллари. 2017 й. 12 май. Фарғона. С. 98-100.

14. Бозаров О.О., Алиев Р.У., Электроэнергия қуввати 5-100кВт бўлган реактив принципда ишловчи микро-ГЭС гидротурбинаси лойиҳаси. // Республика илмий-амалий анжуман тўплами, Андижон, 2018, 68-72 б.

15. Бозаров О.О. Қишлоқ ва халқ хўжалиги истеъмолчилари учун реактив гидротурбинали самарадор микро-ГЭСни лойиҳалаш. // Ярим ўтказгичлар физикаси ва қайта тикланувчи энергия манбаларини ривожлантиришнинг замонавий муаммолари. Респ. илм.амал. анж. Андижон, 2018, 208-212 б.

16. Бозаров О.О., Б.Райимджанов, Реактив гидротурбинали микро-ГЭСнинг асосий параметрларини мақбуллаштириш ва тажриба синов натижалари. // «Замонавий илм-фаннинг инновацион ривожланиши» мавзусидаги Республика миқёсидаги илмий-амалий анжумани тўплами, АндМИ, Андижон ш., 2019, 498-501 б.

Автореферат «Тил ва адабиёт таълими» журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди (16. 12. 2019 йил).

Босишга рухсат этилди: \_\_\_\_\_ 20\_\_ йил.  
Бичими 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>, «Times New Roman»  
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.  
Шартли босма табағи 3,1. Адади: 100. Буюртма: № \_\_\_\_\_.

Ўзбекистон Республикаси ИИВ Академияси,  
100197, Тошкент, Интизор кўчаси, 68.

«АКАДЕМИЯ НОШИРЛИК МАРКАЗИ»  
Давлат унитар корхонасида чоп этилди.

