

**ҚАРШИ МУҲАНДИСЛИК-ИҚТИСОДИЁТ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
PhD.03/30.09.2020.Т.111.03 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

БУХОРО МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

НЕМАТОВ ШУХРАТ НАСИЛЛО ЎҒЛИ

**МУҚОБИЛ ЭНЕРГИЯ МАНБАЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИБ КИЧИК
ҚУВВАТЛИ ИСТЕЪМОЛЧИЛАРНИ ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ
ИШОНЧЛИЛИГИНИ ОШИРИШ**

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

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

Қарши – 2021

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

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

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

Нематов Шухрат Насилло ўғли

Муқобил энергия манбаларидан фойдаланиб кичик қувватли
истеъмолчиларни электр таъминоти ишончилигини ошириш.....5

Нематов Шухрат Насилло ўғли

Повышение надежности электроснабжения маломощных потребителей
с использованием альтернативных источников энергии.....24

Nematov Shukhrat Nasillo o'gli

Improving the reliability of power supply to low-power consumers using
alternative energy sources43

Эълон қилинган ишлар рўйхати

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

**ҚАРШИ МУҲАНДИСЛИК-ИҚТИСОДИЁТ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**

PhD.03/30.09.2020.T.111.03 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

БУХОРО МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

НЕМАТОВ ШУХРАТ НАСИЛЛО ЎҒЛИ

**МУҚОБИЛ ЭНЕРГИЯ МАНБАЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИБ КИЧИК
ҚУВВАТЛИ ИСТЕЪМОЛЧИЛАРНИ ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ
ИШОНЧЛИЛИГИНИ ОШИРИШ**

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

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

Қарши – 2021

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси қошидаги Олий аттестациялаш комиссиясида В2018.2.PhD/T763 рақами билан рўйхатга олинган.

Диссертация Бухоро муҳандислик-технология институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)). Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.qmii.uz) ва «Ziyounet» Ахборот таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Мухамедханов Улутбек Турғудович
техника фанлар доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Юлдошев Исроил Абриевич
техника фанлар доктори, доцент

Уришев Бобораим
техника фанлар доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Қайта тикланадиган энергия манбалари
миллий илмий тадқиқот институти

Диссертация ҳимояси Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институти ҳузуридаги PhD.03/30.09.2020.T.111.03 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил "11" / 12 соат 14 дақиқа даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 180100, Қарши шаҳри, Мустақиллик кўчаси, 225 уй. Тел.: (99875) 224-02-89, факс: (99875) 224-13-95, e-mail: kiei_info@edu.uz.)

Диссертация билан Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№ 15 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 180100, Қарши шаҳри, Мустақиллик кўчаси, 225-уй. Тел.: (99875) 224-02-89, факс: (99875) 224-13-95, e-mail: kiei_info@edu.uz.)

Диссертация автореферати 2021 йил 30.11.2021 куни тарқатилди.
(2021 йил «29» 11 дақиқа даги № 6 рақамли реестр баённомаси).



Ф.Н. Узоқов

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

Х.А. Давлонов

Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш илмий котиби, т.ф.д., (PhD)

Б. Уришев

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертация аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Жаҳонда қайта тикланадиган энергия манбаларидан фойдаланиш бўйича олиб борилаётган илмий ва амалий тадқиқотлар энергия ресурсларга бўлган талаб ортаётган ҳамда экологик ҳолат салбий томонга ўзгараётган айти пайтда муҳим аҳамият касб этмоқда. 2010 йилда электр энергиясига улана олмаган аҳоли сони 1,2 млрд кишини ташкил этган бўлса бу кўрсаткич 2019 йилга келиб 759 миллион кишига етди. Бундай натижага эришишда 11 миллион аҳолининг қайта тикланувчи энергия манбалардан ташкил топган микротармоқлардан фойдаланиши кенг аҳамият касб этди.¹ «2040-йилга келиб қайта тикланувчан энергия манбаларининг ўрнатилган қувватини 7233 Гвт га етказиш кутилаётганлигини ҳисобга олсак»² электр истеъмолчилар учун қайта тикланувчи манбалардан ташкил топган микротармоқларни яратишни тақозо этади. Шу жиҳатдан чекка ҳудудларда автоном электр таъминотини йўлга қўйиш ва ишончлигини оширишда қайта тикланувчан энергия манбалари асосидаги микротармоқларни ишлаб чиқиш муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

Жаҳонда қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги гибрид энергетик тизимлар бўйича илмий-амалий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Олиб борилган тадқиқотлар натижасида қайта тикланувчи энергия манбалардан энергия ишлаб чиқарувчи қурилмалар нархи тушиб кетиши, инновацияларнинг кенг жорий этилиши ва соҳада хусусий секторнинг жалб этилиши қайта тикланувчи энергия манбалардан ташкил топган автоном микро тармоқларнинг бошқа тизимларга нисбатан рақобатбардошлилигини оширди. Ҳозирга келиб қайта тикланувчи энергия манбалардан ташкил топган автоном микротармоқлар, электр энергиясига уланмоқчи бўлган янги истеъмолчилар учун ташкил этиш осон, техник иқтисодий ва экологик жиҳатдан энг мақбул тизим сифатида қаралапти.³ Бу борада, айтиқса марказлашган энергия таъминотидан узоқда жойлашаган истеъмолчиларни ишончли энергия таъминоти учун гибрид энергетик тизим манбаларининг оптимал қувватларини аниқлаш ва улардан оқилона фойдаланишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда иқтисодиётнинг базавий тармоқларини модернизациялаш ва диверсификациялаш ҳамда ҳудудларни бир маромда ижтимоий-иқтисодий ривожлантириш бўйича кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. 2019- 2030 йиллар даврида Ўзбекистон Республикасининг «яшил» иқтисодиётга ўтиш стратегиясида, жумладан, «.....энергия ресурслари истеъмолини диверсификациялаш ва қайта тикланувчи энергия манбаларидан фойдаланишни ривожлантириш ва уларнинг улушини электр энергиясини ишлаб чиқариш умумий ҳажмининг 25 фоизидан кўпроғига етказиш, аҳоли ва иқтисодиёт

¹ <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2021/06/07/report-universal-access-to-sustainable-energy-will-remain-elusive-without-addressing-inequalities>

² IEA (2019), World Energy Outlook 2019, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>

³ Off-grid renewable energy solutions to expand electricity access: An opportunity not to be missed, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

тармоқларини 100 фоизгача замонавий, арзон ва ишончли энергиядан фойдаланиш имконияти билан таъминлаш, саноат корхоналари инфратузилмасини модернизациялаш, энергия самарадорлигини 20 фоиздан кам бўлмаган миқдорга ошириш ҳамда соф ва экологик хавфсиз технологиялар ва саноат жараёнларидан янада кенг фойдаланиш ҳисобига уларнинг барқарорлигини таъминлаш»⁴ бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Ушбу вазифаларни амалга оширишда, жумладан, муқобил энергия манбаларидан фойдаланиб кичик қувватли истеъмолчиларни электр таъминоти ишончилигини ошириш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 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, 2018 йил 28 апрелдаги ПҚ-3687-сон “Қайта тикланадиган энергия манбалари соҳасида инвестиция лойиҳаларини амалга оширишда оид кўшимча чора тадбирлари тўғрисида”ги ва 2019 йил 22 августдаги ПҚ-4422-сон “Иқтисодиёт тармоқлари ва ижтимоий соҳанинг энергия самарадорлигини ошириш, энергия тежовчи технологияларни жорий этиш ва қайта тикланадиган энергия манбаларини ривожлантиришнинг тезкор чора тадбирлари тўғрисида”ги қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларида белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республикада фан ва технологияларни ривожлантириш устивор йўналишларига мослиги. Диссертация иши бўйича тадқиқотлар фан ва технологиялар ривожланишининг IV “Қайта тикланувчан энергия манбаларидан фойдаланиш усулларини ривожлантириш, нанотехнологиялар, фотоника ва бошқа замонавий илғор технологиялар асосида қурилмалар ва технологияларни яратиш” устивор йўналишига мос келади.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Электр таъминоти ишончилиги ошириш учун гибрид энергетик тизимларни ишлаб чиқиш ва тадқиқот қилиш билан хорижда А.А.Буткина, С.М.Воронин, Павлос С. Георгилакис, Фаривар Фазелпоур, У.Сурешкумар, Шибаян Саркар, Моҳсен Фадаэе Нежад, А.Т.А. Джайлани, Жамиу Омотаё Оладигболу, Чонг Ли, Ҳосине Белмили каби олимлар шуғулланишган.

Республикамизда ҳудудларнинг техник-иқтисодий потециалини ўрганган ҳолда муқобил энергия манбаларидан самарали фойдаланиш орқали энергия таъминоти ишончилиги ошириш бўйича тадқиқотлар Р.А. Заҳидов, К.Р. Аллаев, Р.Р. Авезов, Ў.А. Таджиев, Н.Р. Авезова, А.М. Мирзабаев, Б. Уришев ва бошқалар томонидан бажарилган.

Мазкур тадқиқотлар натижасида ушбу йўналишда амалий натижаларга эришилган бўлсада, бир неча муқобил энергия манбаларидан ташкил топган

⁴ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019-йил 4-октябрдаги ПҚ-4477-сон «2019 — 2030 йиллар даврида Ўзбекистон Республикасининг «яшил» иқтисодиётга ўтиш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида»ги Қарори.

электр таъминоти тизимининг ишлашига ва электр энергиясидан фойдаланиш самарадорлигига таъсир этувчи омиллар етарли даражада ўрганилмаган ҳамда муқобил энергия манбаларидан ташкил топган кичик қувватли микро-тармоқларда энергия манбаларининг оптимал қувватларини аниқлаш бўйича тадқиқотлар етарлича ўтказилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация иши бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Бухоро муҳандислик-технология институтининг илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ № ОТ-Ф2-62 «Саноат корхонаси интеллектуал электр тармоғини умумлашган самарадорлик кўрсаткичи асосида яратиш назариясини ривожлантириш» мавзусидаги фундаментал лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқот мақсади муқобил энергия манбаларидан фойдаланиб кичик қувватли истеъмолчиларни электр таъминоти ишончилигини оширишдан иборат.

Тадқиқот вазифалари:

электр таъминоти ишончилиги паст бўлган чекка ҳудудлардаги электр истеъмолчиларни электр энергиясига эҳтиёжи ва электр таъминоти ишончилигига қўйилган талаблар асосида ушбу ҳудуддаги қайта тикланувчан энергия манбалари салоҳиятини баҳолаш;

кичик қувватли истеъмолчилар учун механик энергияни заҳиралаш қурилмасини лойиҳалаш услубиётини яратиш ва қурилмани ишлаб чиқиш;

Бухоро вилояти иқлимий шароитларига мослаштирилган кичик қувватли гибрид энергетик тизим энг мақбул инфратузилмасини ишлаб чиқиш ва йиғиш;

гибрид энергетик тизим энергия манбаларини номинал қувватини иқтисодий самарадорлик кўрсаткичи бўйича мақбул қийматини аниқлаш алгоритминини ишлаб чиқиш ва ҳисоблаш;

гибрид энергетик тизим энергия манбаларини улар ишлаб чиқарган энергия оқимлари асосида самарадор бошқариш алгоритминини ишлаб чиқиш;

гибрид энергетик тизимни электр таъминоти ишончилигини белгиловчи истеъмолчи энергия манбасини диверсификациялаш коэффициентини ишлаб чиқиш;

ишлаб чиқилган гибрид энергетик қурилмани чекка ҳудудларда жойлашган электр истеъмолчиларни электр таъминоти ишончилигини ошириш мақсадида қўллаш ва самарадорлигини аниқлаш.

Тадқиқот объекти сифатида электр тармоқларидан узоқда жойлашган кичик қувватли истеъмолчиларнинг электр таъминоти тизими олинган.

Тадқиқот предмети чекка ҳудудлардаги кичик қувватли электр истеъмолчиларни электр энергияси билан таъминловчи такомиллашган гибрид энергетик тизим тузилмаси ва унинг бошқарув тизими ҳамда электр таъминоти ишончилиқ кўрсаткичлари ҳисобланади.

Тадқиқот усуллари. Тадқиқот жараёнида электр таъминоти ишончилиги назарияси асослари, экспериментал-аналитик тадқиқот усули,

вейбул ва релей эҳтимоли тақсимот усули, "HOMER" дастури моделлаштиш усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

кичик қувватли истеъмолчилар электр таъминоти ишончилигини ошириш учун паст потенциалли шамол ва сув оқимларидан олинган механик энергияни эластик материаллар ёрдамида жамловчи механик энергия захиралаш қурилмаси ишлаб чиқилган;

механик энергия захиралагич, паст тезликли шамол оқимларида самарали ишловчи шамол энергетик қурилмаси ва қуёш фотоэлектрик станциясидан ташкил топган такомиллаштирилган гибрид энергетик тизим ишлаб чиқилган;

гибрид энергетик тизим таркибига кирувчи энергия манбалар қуввати ва конструктив ўлчамлари самарадор қийматларини ҳудуддаги қайта тикланувчан энергия ресурсларнинг энергетик салоҳиятидан келиб чиқиб ҳисоблаш алгоритми ишлаб чиқилган

кичик қувватли гибрид энергетик тизим энергия манбалари қувватлар оқимини оқилона тақсимлаш асосида олинган электр энергиясидан самарали фойдаланишни бошқариш алгоритми ишлаб чиқилган;

тақсимланган энергия манбалардан ташкил топган гибрид энергетик тизимнинг электр таъминоти ишончилигини кенг қамровли ва аниқроқ баҳолаш учун энергия манбасини диверсификациялаш коэффициентини аниқлаш тенгламаси таклиф этилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

Бухоро вилояти ҳудудидаги қайта тикланувчан энергия ресурсларининг энергетик салоҳияти аниқланиб кичик қувватли истеъмолчиларни ишончли электр таъминоти учун микро электр тармоқ тизими ишлаб чиқилган;

кичик қувватли электр истеъмолчилар учун кучсиз шамол ва сув оқимларидан олинган механик энергияни захиралаш қурилмаси ишлаб чиқилган;

электр тармоқлари бормаган ҳудудларда кичик тадбиркорликни ривожлантириш имконини берувчи кичик қувватли истеъмолчилар учун гибрид электр станция яратилган.

Олинган тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончилиги изланишларнинг замонавий усул ва ўлчаш воситаларидан фойдаланган ҳолда ўтказилганлиги, тажриба натижаларини текширишда ишончли ҳамда синалган моделлаштириш усуллариининг қўлланилганлиги, тажрибаларнинг табиий шароитда ўтказилганлиги, тадқиқотлар натижасида ишлаб чиқилган гибрид энергетик тизимнинг синовлари натижаларининг амалиётга жорий этилганлиги билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий-амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти кучсиз оқимларда самарадор ишловчи гибрид электр станция манбалари конструкциясини такомиллаштириш бўйича лойиҳалаш услубиёти, қайта тикланувчан энергия манбаларини ўз ичига олган

микро электр тармоқларда диверсификация коэффициентини аниқлаш услубиёти ва гибрид электр станцияга асосланган микро электр тармоқни модернизациялаш бўйича аниқроқ тавсиялар ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

Тадқиқотнинг амалий аҳамияти чекка ҳудудлардаги истеъмолчилар учун электр тармоқларини лойиҳалаштирмасдан истеъмолчиларни экологик тоза энергия манбалари асосида ишончли электр таъминоти билан таъминлаш имконини бериши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларнинг жорий қилиниши. Муқобил энергия манбаларидан фойдаланиб кичик қувватли истеъмолчиларни электр таъминоти ишончилигини ошириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

механик заҳиралагич элементларини оптимал ўлчамларини ҳисоблаш дастури ишлаб чиқилган ва Ўзбекистон Республикаси Адлия вазирлиги Интеллектуал мулк агентлигининг ЭХМ дастурига муаллифлик гувоҳномаси олинган (№ DGU 20202199., 10.02.21 й.). Натижада, кичик қувватли электр истеъмолчилар учун мақбул конструктив ўлчамларга эга паст потенциалли шамол ва сув оқимларида самарали ишловчи механик энергияни заҳиралаш қурилмасини лойиҳалаш имконияти яратилган;

қайта тикланувчи энергия манбалардан ташкил топган гибрид энергетик тизим Бухоро шаҳридан 25 км масофада жойлашган ҳудудда синовдан ўтказилган (Ўзбекистон Республикаси сув хўжалиги вазирлигининг 2021 йил 15 январдаги №04/20-148 маълумотномаси). Натижада, ушбу ҳудудда қайта тикланувчи энергия манбалардан ташкил топган гибрид электр станциянинг харажатлари анъанавий электр тармоқдан фойдаланишга нисбатан 3 бараварга арзонлиги аниқланган;

ишлаб чиқилган гибрид энергетик тизим Аму-Бухоро ирригация тизимлари ҳавза бошқармаси ҳузуридаги “Тошрабат-Жилвон” ирригация тизимлари бошқармасига қарашли сув тақсимлаш иншоотида жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси сув хўжалиги вазирлигининг 2021 йил 15 январдаги №04/20-148 маълумотномаси). Натижада, сув тақсимлаш иншооти учун автоном электр таъминотини тизимини ташкил этиш электр тармоқни ўтказиш ва ёқилғи харажатларини камайтириш ҳисобига 105 млн. сўмлик йиллик иқтисодий самара олинган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 5 та халқаро ва 2 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

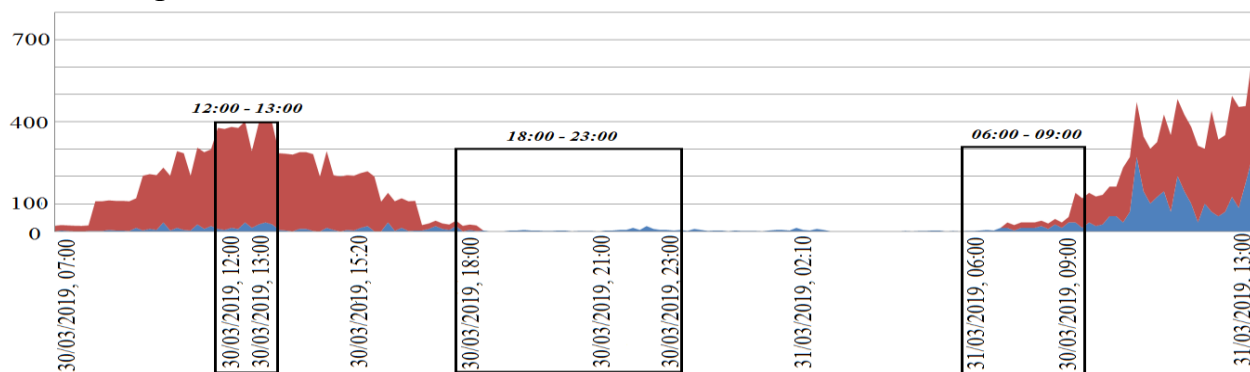
Тадқиқот натижаларнинг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 20 та илмий иш чоп этилган, шулардан 1 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрлар 9 та мақола, жумладан 7 таси республика ва 2 таси хорижий журналларда нашр этилган ҳамда Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлиги томонидан ЭХМ дастурига муаллифлик гувоҳномаси олинган.

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

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

диссертациянинг **Кириш** қисмида ечилаётган муаммонинг долзарблиги ва диссертация мавзусининг зарурияти асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари ҳамда республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, диссертация мавзуси бўйича хорижий тадқиқотлар шарҳи келтирилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, илмий ишларни чоп этганлик ҳақида маълумотлар ва диссертациянинг тузилиши келтирилган.

Диссертациянинг **“Чекка ҳудудлардаги истеъмолчиларда электр таъминоти ишончилигини оширишнинг зарурияти ва муаммолари”** деб номланган биринчи бобида, электр тармоқлари бормаган чекка ҳудудларда кичик қувватли истеъмолчиларни қайта тикланувчан энергия манбалари(ҚТЭМ) асосида энергия таъминоти тизимини яратиш имкониятлари ва амалга оширилган илмий-тадқиқот ишлари таҳлил қилинган. Ўзбекистон ҳудудидаги иқлимий кўрсаткичлар таҳлили асосида чекка ҳудудларда бир нечта ҚТЭМдан иборат гибрид энергетик тизимни жорий этиш орқали ишончли энергия таъминоти тизимини яратиш имконияти асослаб берилган. ҚТЭМ кучсиз ва барқарор бўлмаган ҳудудларда арзон энергия захиралаш қурилмаларини яратиш имконияти ўрганилди. Чекка ҳудудлардаги энергия истеъмолчилари учун автоном микротармоқларни қўллаш самарадорлиги асослаб берилган.

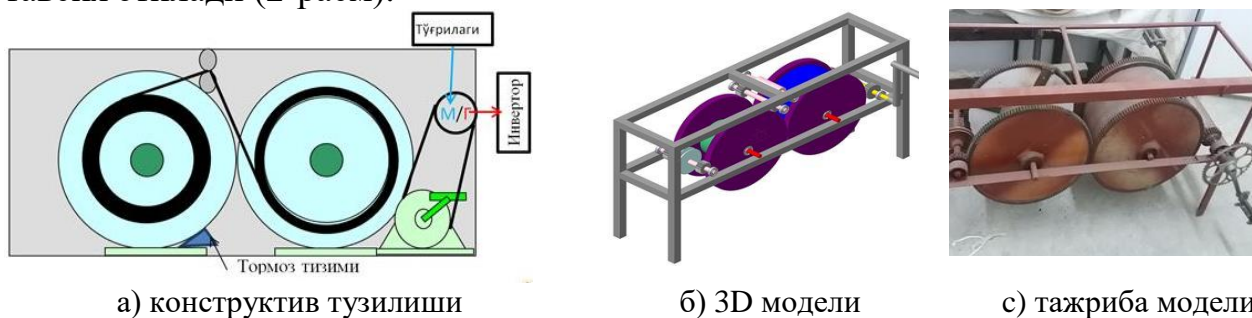


1– расм. Сутка давомида электр энергиясига эҳтиёж ва ҳосил бўладиган солиштирма шамол ва қуёш энергияси, Вт/м²

Диссертациянинг **“Гибрид энергетик тизим таркибидаги шамол, қуёш ва энергия захиралагич қурилмалари параметрларини аниқлаш”** деб номланган иккинчи бобида гибрид энергетик тизимни ташкил этувчи қурилмаларнинг тавсифи ва математик ифодалари келтирилган. ГЭТ ни математик моделлаштиришда дунёда ушбу тизимларни лойиҳалашда кенг қўлланиб келинаётган “HOMER” дастури математик ифодаларидан

фойдаланилди. Худудда жойлашган метеостанциядан олинган маълумотлар асосида Вейбулл эҳтимоллик тақсимооти функциясидан фойдаланиб худуднинг қуёш ва шамол энергияси салоҳияти аниқланди.

Кичик қувватли истеъмолчилар учун кучсиз энергия оқимларини бикр элементлар орқали потенциал энергия кўринишида захираловчи Механик Энергия Захиралагич (МЭЗ) қурилмаси таклиф этилди. Қурилманинг турли қувватлардаги янги моделини яратишда, автоматлаштирилган **лойиҳалаш услубиёти яратилди**. Ушбу қурилмада энергияни захиралаш, механик энергия ёки қуёш ва шамол энергетик қурилмаларида ҳосил бўлган ўзгармас кучланиш орқали амалга оширилади. Таклиф этилган МЭЗ қурилмаси қуввати кичик бўлганлиги сабабли фақатгина кичик қувватли истеъмолчиларда фойдаланиш тавсия этилади (2-расм).



2-расм. МЭЗ қурилмасинининг тузилиши

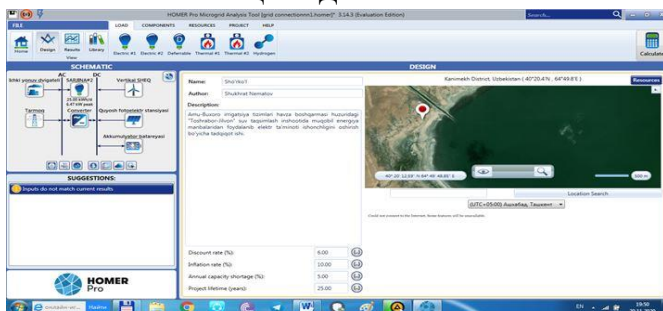
Диссертация ишининг **“Гибрид энергетик тизим таркибидаги шамол, қуёш ва энергия захиралагич қурилмалари параметрларини аниқлаш”** деб номланган учинчи бобида ГЭТ ва уни бошқарув тизимини такомиллаштириш бўйича олиб борилган аналитик тадқиқотлар натижалари келтирилган. 8-расмда истеъмолчининг электр энергиясига бўлган эҳтиёжининг худудда ҳосил бўлган шамол ва қуёш энергиясига боғлиқлиги кўрсатилган.

Тадқиқот ишида танлаб олинган худудда ҚТЭМдан фойдаланиш имкониятини баҳолаш учун ҳозирги кунда ушбу муаммони тадқиқ этишнинг энг замонавий тадқиқот воситаси бўлган **“HOMER”** дастуридан фойдаланилган. Тадқиқот объекти сифатида Бухоро шаҳридан 100 км масофада жойлашган **“Тошравот-жилвон”** сув тақсимлаш иншооти(СТИ) танлаб олинди (3-расм).

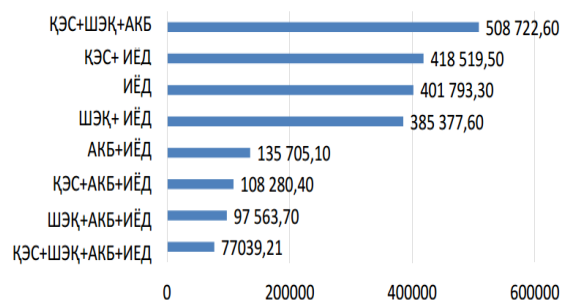
Худуддаги истеъмолчи гибрид энергетик тизимдан автоном таъминланган ҳолда таҳлил қилинди, бу ерда тизим элементлари сифатида қуёш фотоэлектрик станцияси, шамол энергетик қурилмаси, аккумулятор батареяси ва ички ёнув двигателидан фойдаланилди.

Гибрид энергетик тизимда фойдаланиладиган қуёш электр станцияси, шамол энергетик қурилмаси, аккумулятор батареяси ва ички ёнув двигателларнинг оптимал қувватини аниқлашда, улар қувватининг қийматини ўзгартириб 18710 та вариантда таҳлил қилинди. Тадқиқот объектини моделлаштириш орқали ўтказилган тадқиқотларда жами 8278 та вариант моделлаштирилди ва 7070 вариантни амалга ошириш имконияти бор эди. Электр энергиясини ишлаб чиқариш манбалари учун 568 та вариант кўриб

чикилди. Дастур ёрдамида олиб борилган таҳлиллар асосида ҳудудда қуёш ва шамол энергиясидан фойдаланиб ишончли электр таъминоти яратиш имконияти аниқланди.



3-расм. Тадқиқот объектини “HOMER” дастурида кўриниши



4-расм. HOMER дастури орқали моделлаштирилган тизимларнинг хизмат кўрсатиш вақти давомида жами харажатлар

Тадқиқотнинг кейинги босқичида тадқиқот объектини HOMER дастурида моделлаштириш жараёнида эътиборга олинмаган омилларни ҳисобга олган ҳолда тадқиқотлар давом эттирилди. Бунда истеъмолчини электр энергияси истеъмоли графиги, электр таъминоти тизимида қўядиган талаблари, қайта тикланувчан энергия ресурсларни суткали ўзгариши, ишлаб чиқилган тажрибавий ШЭҚ қурилмасининг конструктив параметрлари асосида лойиҳалаш ишлари қайта амалга оширилди ва натижалар аниқлаштирилди.

ГЭТнинг самарадорлик кўрсаткичларини баҳолаш мақсадида тизимдаги энергия манбалар қувватини аниқлаб олишда электр энергияси истеъмолини қондиришда ҳар бир энергия манбаи учун ўрнатилиши талаб этиладиган ишчи юзалар асосида таҳлил қилиш белгиланди. Ҳозирги кунда ГЭТ учун манбалар номинал қуввати асосида танланади, айниқса ШЭҚ номинал қувватини танлашда қурилманинг номинал тезлигидаги (10-20 м/с) қуввати танлаб олинади. Аммо бундай тезликдаги шамол оқими ҳудудда ҳар доим ҳам бўлавермайди яъни ШЭҚ доимий номинал қувватда ишламайди.

Қуёш панели учун талаб қилинган ишчи юзаси қуйидаги ифодадан аниқланади:

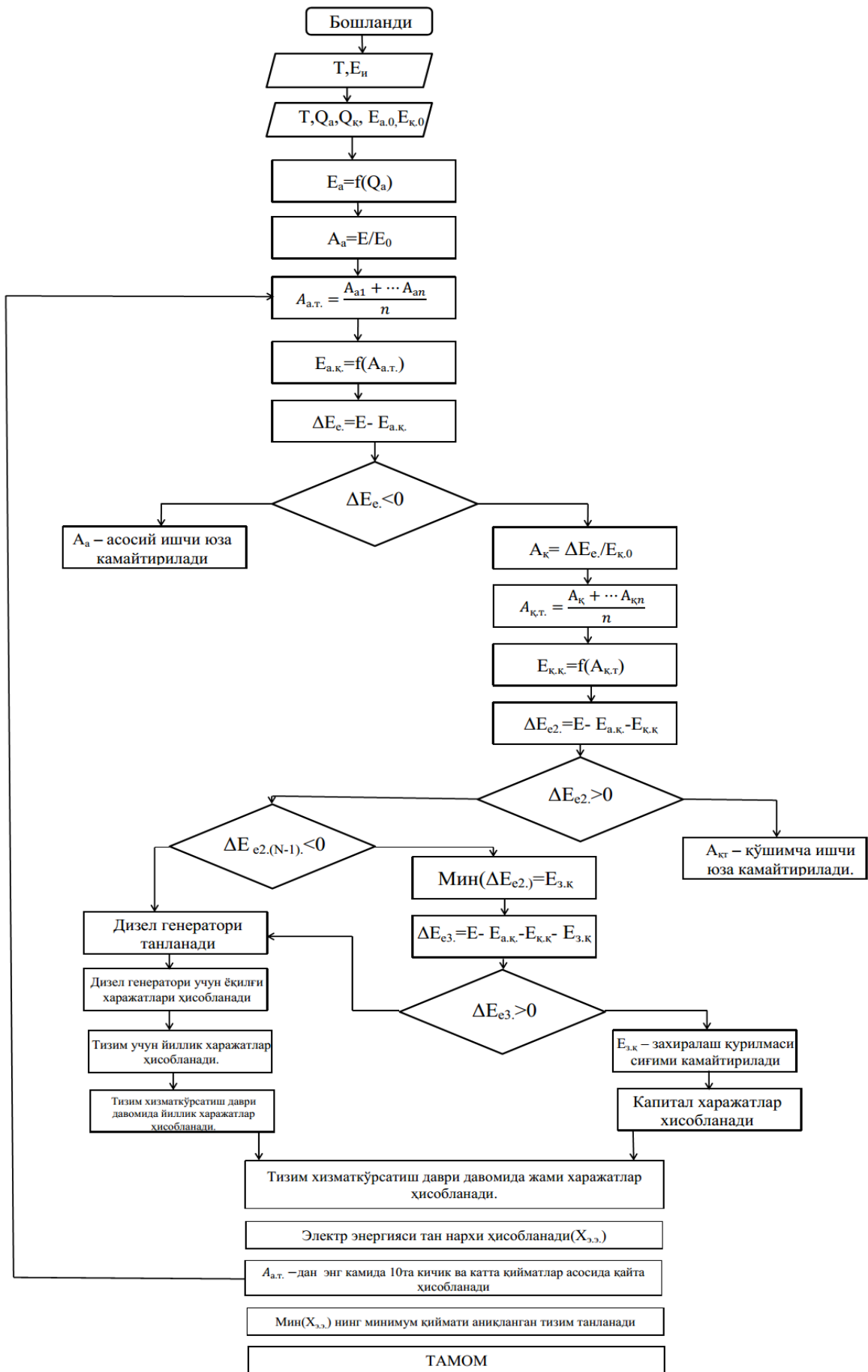
$$A_{\text{қ,кун}} = \frac{E_{\text{юк}}}{E_{\text{қ}} \cdot \eta} ; \quad (1)$$

бу ерда: $E_{\text{қ}}$ – берилган кундаги қуёш энергияси миқдори, Вт·соат/м²;
 $E_{\text{юк}}$ - берилган кунда истеъмолчи талаб қилган электр энергияси, Вт·соат;
 η -қуёш панелининг ФИК.

Қуёш панелининг ўртача ишчи юзаси ҳар бир кун учун талаб қилинадиган ишчи юзалар ўртача арифметиги асосида танланади:

$$A_{\text{қ,п.ўрт}} = \frac{\sum_1^n A_{\text{қ,кун}}}{N_{\text{кун}}} ; \quad (2)$$

бу ерда: $A_{\text{қ,кун}}$ - берилган кунда истеъмолчи талаб қилган электр энергиясини таъминловчи қуёш панели юзаси, м²; $N_{\text{кун}}$ – танлаб олинган кунлар сони.



5-расмда ГЭТ манбаларини қувватларини ва конструктив ўлчамларини мақбул қийматларини ҳисоблаш алгоритми

5-расмда ГЭТ манбаларини қувватларини ва конструктив ўлчамларини мақбул қийматларини ҳисоблаш алгоритми келтирилган. Алгоритм асосида ҳисобланган баъзи вариантларнинг техник-иқтисодий кўрсаткичлари 1-жадвал да келтирилган.

ГЭТдаги ҚТЭМлар конструктив параметрларини мақбуллаштириш техник ва иқтисодий кўрсаткичлар асосида амалга оширилади.

1-босқич. Худуднинг ҚТЭМлар салоҳияти таҳлили асосида энерге тик иншоот электр таъми ноти учун асосий ва қўшимча ҚТЭМи аниқлаб олинади

2-босқич. Худуд учун танланган асосий ва қўшимча ҚТЭМнинг ҳар бир кун учун энергетик салоҳияти аниқланади ва шу кунги юкламани таъминлаши мумкин бўлган кунлар кесимидаги ишчи юзалари аниқланади;

3-босқич. Танланган ҚТЭМ-нинг ишчи юзалари асосида тизимнинг иқтисодий кўрсаткичлари аниқланади. Тизимдан фойдаланиш иқтисодий самарадорлигини янада ошириш мақсадида асосий ва қўшимча ҚТЭМ сифатида танланган курил-малар учун ишчи юзалар қўшимча бир нечта қийматларда қайта ҳисобланади. Таҳлил қилинган вариантларда ГЭТда ишлаб чиқарилган минимал энергия таннархи бўйича техник кўрсаткичлар танланади.

ҚП ишчи юзаси (м ²)	ШЭҚ ишчи юзаси (м ²)	Йиллик харажатлар (млн.сўм)	Капитал харажатлар (млн.сўм)	1 йиллик СО ₂ ажратмаси (тонна)	Ишлаб чиқарилган энергия нархи (сўм)	Истеъмол қилинган энергия нархи (сўм)
42	3,53	2,22	110,36	0,29	559,53	1184,78
*43	3,35	2,05	110,72	0,28	553,21	1164,31
44	3,17	1,90	111,10	0,28	547,36	1145,58
45	2,99	1,75	111,48	0,28	542,15	1128,50
46	2,82	1,62	111,86	0,28	537,69	1113,33
47	2,65	1,50	112,27	0,27	533,67	1099,95
48	2,48	1,39	112,69	0,27	530,07	1087,79
49	2,32	1,29	113,10	0,27	526,90	1076,66
50	2,15	1,20	113,52	0,27	523,99	1066,29
51	2,01	1,13	114,04	0,26	521,00	1058,84
52	1,88	1,06	114,57	0,26	518,65	1053,63
**53	1,81	1,04	115,34	0,26	514,79	1052,99

*Модел орқали танланган ўртача юза. ** минимум энергия тан нархи га эга бўлган тизим.

1-жадвал. Математик ифодалар орқали ҳисобланган Гибрид энергетик тизимнинг иқтисодий кўрсаткичлари

Электр энергияси таннархи бўйича энг паст қийматли вариант яъни қуёш панели ишчи юзаси 53 м² га эга бўлган тизим танланди. 8-расмда 53 м² юзали ҚП ва 1,81 м² юзали ШЭҚ орқали ҳосил қилинган энергия оқимининг юкламага боғлиқлиги келтирилган. Мақбуллаштириш натижалари техник-иқтисодий кўрсаткичларнинг экстремум нуқталари борлигини кўрсатди (6,7-расмлар).

Олиб борилган тадқиқотлар натижалари кучсиз энергия оқимлари бўлган танланган худудда истеъмол графиги бўйича ишончли энергия таъминотини гибрид энергетик тизим асосидаги автоном микротармоқни ташкил орқали таъминлаш имконияти мавжудлигини кўрсатди.

Микротармоқдаги энергияни генерациялаш ва истеъмоли ўртасидаги фарқ қуйидагича аниқланади:

$$P_{\Delta} = (P_{\kappa} + P_{ш} - P_{и}) ; \quad (3)$$

бу ерда P_{κ} ва $P_{ш}$ - жорий вақтдаги қуёш панели ва шамол генератори қуввати, $Вт$; $P_{и}$ - истеъмол қилинаётган қувват, $Вт$.

Аккумулятордаги энергия, агар $P > 0$ бўлса, қуйидаги ифодадан аниқланади:

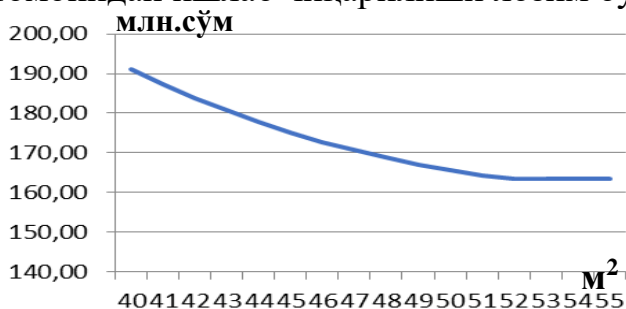
$$E_A = E_0 + \int_t^T P_{\Delta} dt ; \quad (4)$$

бу ерда E_0 - аккумулятордаги бошланғич энергия, $кВт \cdot соат$; t - жорий вақт, T - сутка давомидаги соатлар сони.

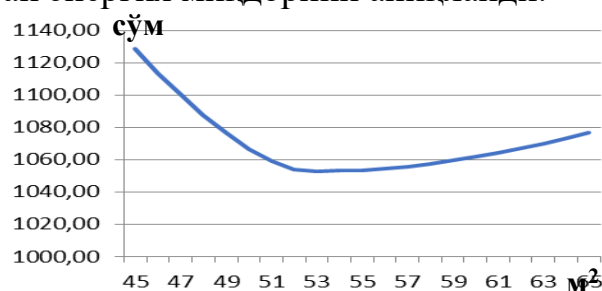
Микротармоқдаги энергияни генерациялаш ва истеъмолдаги фарқи:

$$E_{\Delta} = (E_{\kappa} + E_{ш} + E_A) - E_{и} = \left(\int_t^T P_{\kappa,t} dt + \int_t^T P_{ш,t} dt + E_{A,t} \right) - \int_t^T P_{и,t} dt ; \quad (5)$$

Агар бу фарқ мусбат чиқса, аккумуляторлардаги энергия қолдиғи – E_0 ни қийматини аниқлайди. Агар фарқ манфий бўлса кун давомида дизел генератор томонидан ишлаб чиқарилиши лозим бўлган энергия миқдорини аниқлайди.

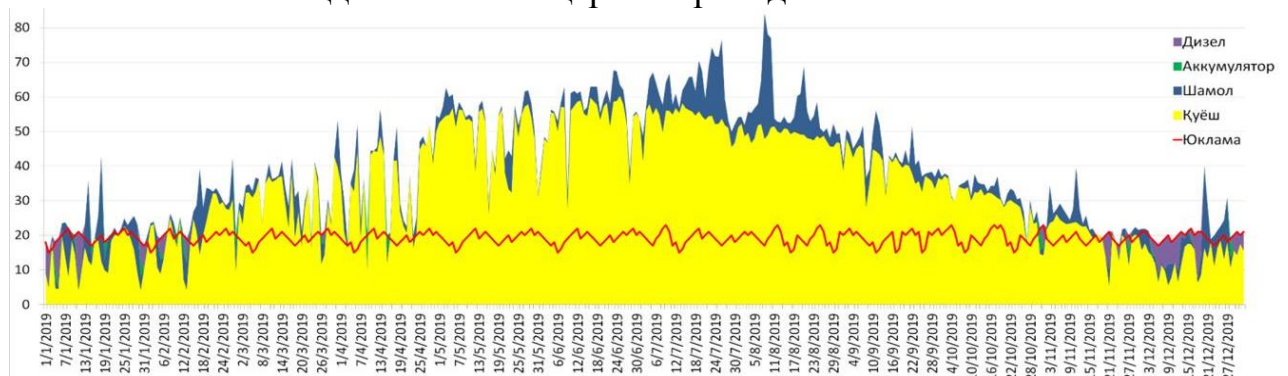


6-расм. 20 йилги жами харажатлар



7-расм. Тизимларда энергия нархи

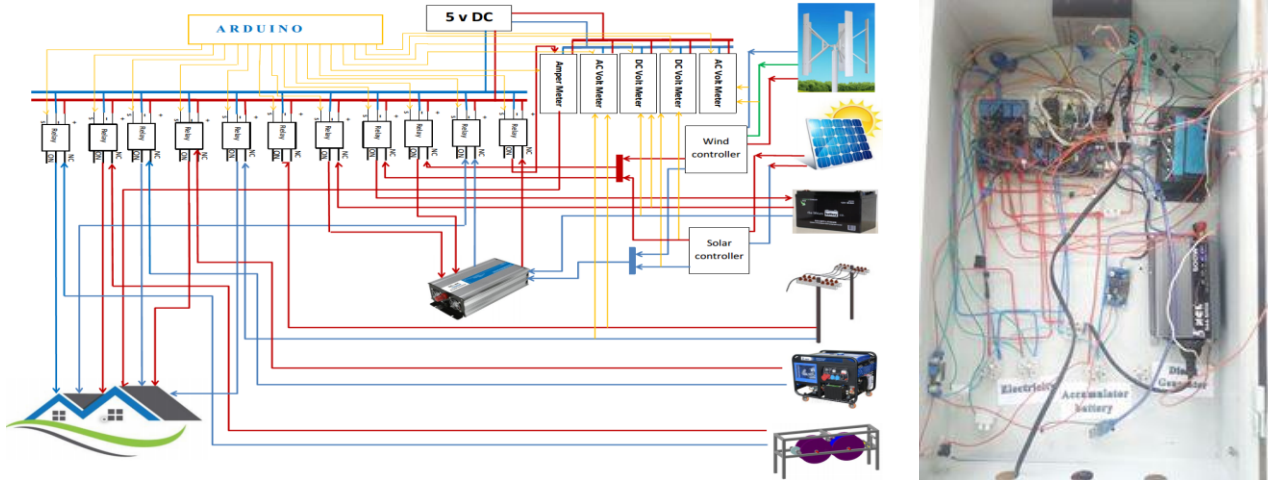
Таклиф этилаётган ГЭТ да энергия манбаларида ҳосил бўлаётган энергия оқимлари реал вақт режимида мониторинг қилинади ва энергия истеъмолчи юкламаси билан таққосланиб бошқариб борилади.



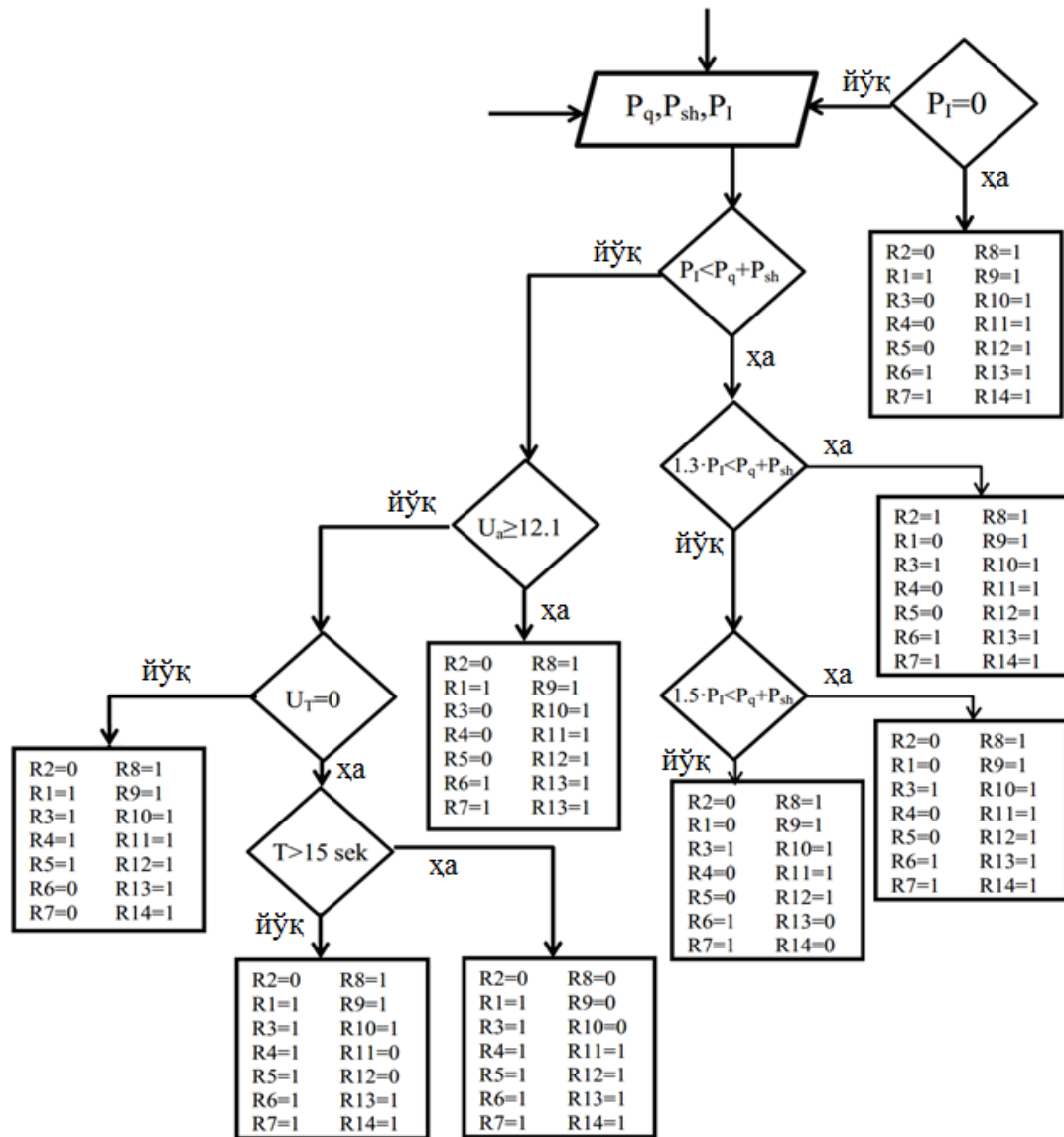
8-расм. ҚЭС ишчи юзаси 53 м^2 , ШЭҚ ишчи юзаси $1,81 \text{ м}^2$ бўлган ГЭТда қувват ҳосил бўлишининг юкламга боғлиқлик графиги

ГЭТни таҳлил қилиш ва бошқариш ардуино микроконтроллери асосида яратилган “бошқарув қурилмаси” орқали амалга оширилади. Бошқариш жараёнини янада такомиллаштириш ва келажакда тизимда ақли

технологияларни кенг тадбиқ этиш мақсадида бошқарув жараёни микроконтроллер орқали амалга оширилади. ГЭТ ни микроконтроллер воситасида бошқариш алгоритми 10-расмда кўрсатилган.



а) конструктив схемаси
 б) бошқарув шкафи
 9 – расм. Танланган ҳудуд учун тақлиф этилаётган ГЭТ



10-расм. ГЭТ ни микроконтроллер воситасида бошқариш алгоритми.

Диссертация ишининг “Гибрид электр манбаининг экспериментал тадқиқотлари ва самарадорлик кўрсаткичлари” номли тўртинчи бобида экспериментал тадқиқотлар натижалари берилган. Ишлаб чиқилган ҚТЭМлари асосидаги ГЭТ, Гиждувон тумани ҳудудида жойлашган Бухоро шаҳридан 100 км масофада бўлган Ўзбекистон Республикаси сув хўжалиги вазирлигига қарашли Аму-Бухоро ирригация тизимлари хавза бошқармаси ҳузуридаги “Тошрабат-Жилвон” ирригация тизим бошқармасидаги СТИда тажриба-синов тадқиқотлари ўтказилди.



11-расм. СТИдаги электр юритма.

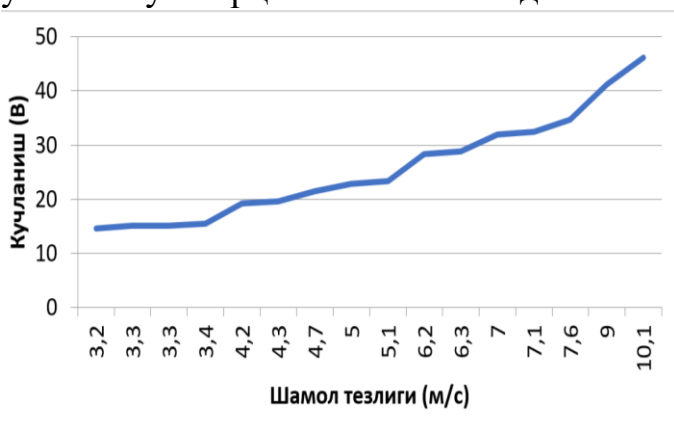


12-расм. ГЭТ манбаларининг умумий кўриниши.

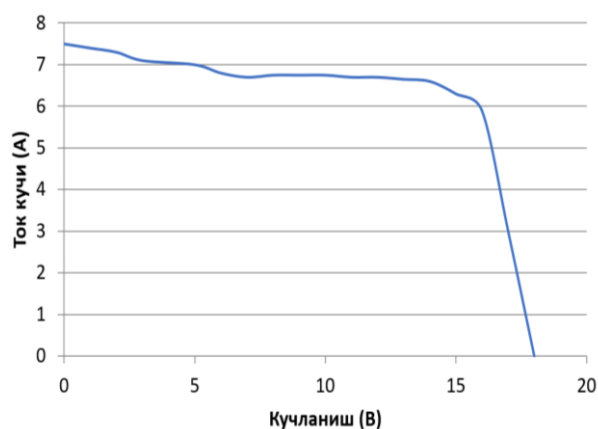


13-расм. ГЭТ бошқарув шкафи комутация жараёни.

СТИда электр таъминотини амалга ошириш учун 25 км масофада жойлашган Гиждувон шаҳри яқинидаги “Тошрабат гидроузел” подстанциядан 10 кВ ҳаво узатиш йўли орқали таъминланади.



14-расм. ШЭҚ чиқиш кучланишининг шамол тезлигига боғлиқлик графиги.



15-расм. ГЭТнинг истеъмол режимидаги вольт-ампер тавсифи

СТИда 10/0,4 кВ кучланишли 63 кВА қувватли уч фазали трансформатор ўрнатилган. Электр тармоқнинг ҳозирги кундаги нархларга келтирилган капитал харажатлари 1,8 млрд сўмни ташкил этади. 14-15 расмларда тадқиқот объектида тажриба-синов тадқиқотлари ўтказиш жараёнида олинган айрим натижалари келтирилган.

Танланган ҳудуддаги истеъмолчилар учун электр таъминотини ташкил этиш бир нечта вариантлар асосида тизимларнинг ишончлилик коэффициентлари баҳоланди. Баҳолаш натижалари 3-жадвалда келтирилган.

Таҳлиллар асосида ишончлилик кўрсаткичлари **минимал кўрсаткичларни** қайд этган тизим энг **ишончли** тизим сифатида баҳоланади. 3-жадвалдан кўринадики ГЭТ энг яхши ишончлилик кўрсаткичларига эга.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Қуёш панели	истемол				■				■	■		■	■		■	■	■	■							
	заҳиралаш				■			■	■		■	■		■	■		■		■						
Шамол энергетик қурилмаси	истемол							■															■		
	заҳиралаш		■		■	■																	■		■
Аккумулятор	истемол				■	■				■	■			■	■		■		■	■					
	заҳиралаш	■	■	■	■	■															■	■	■	■	■
Дизел генератор	истемол										■			■					■	■					
	заҳиралаш																				■				

16-расм. Тажрибада олинган кун давомида ГЭТ манбаларини иш режими диаграммаси.

ҚТЭМ асосидаги микротармоқлар ишончлилигини янада самаралироқ баҳолаш учун энергетик тизимларнинг қанчалик диверсификацияланганлиги таҳлил қилинди. Электр таъминоти ишончлилигини таъминлашда истеъмолчига алоҳида мустақил энергия манбаларидан таъминот олаётгани муҳим аҳамият касб этади. Бундай ҳолат бошқа соҳаларда, одатда, диверсификациялаш коэффиценти орқали баҳоланади.

Диверсификация коэффицентлари ифодалари таҳлили асосида энергия манбалари учун диверсификация коэффицентини аниқлашда қуйидаги ифода тавсия этилади:

$$K_d = \frac{\sum_{i=1}^n P_i - P_{i,max}}{\sum_{i=1}^n P_i} ; \tag{6}$$

бу ерда, n-энергия манбалари сони, дона; P_i -энергия истеъмолида иштирок этаётган энергия манбаи ёки заҳиралаш қурилмаси қуввати, кВт; $P_{i,max}$ -максимал қувватли энергия манбаи ёки энергия заҳиралаш қурилмаси, кВт. n-ифодадан кўринадики манбалар сони қанча кўп бўлса диверсификация коэффицентини шунча катта бўлади.

Тизим тури	Қ.П. кВт	ШЭҚ кВт	АкБ кВт	Жами кВт	K_d
ҚП+ШЭҚ+АБ+ИЁД	6,89	1,22	2,16	10,27	0,33
ҚП+АБ+ИЁД	8,87	0	2,16	11,03	0,19
ШЭҚ+АБ+ИЁД	0	18,9	2,16	19,06	0,1

2-жадвал. Турли тизимлардаги энергия манбаларининг қуввати.

ГЭТ учун диверсификация коэффициентини ҳисоблаймиз;

$$K_d = \frac{\sum_{n=1}^n P_i - P_{i,max}}{\sum_{n=1}^n P_i} = \frac{10,27 - 6,89}{10,27} = 0,33 ; \quad (7)$$

Шу тенгламалар ёрдамида тизимларнинг диверсификация коэффициенти ҳисобланди ва барча кўрсаткичлар асосида умумий жадвал тузилди (3-жадвал);

Кўрсаткич номи	ҚП+ШЭҚ +АКБ+Д	ҚП+АК Б+Д	ШЭҚ+ АКБ+Д	Элек. тар.	Д+АКБ
Иқтисодий					
20 йилги жами харажатлар,(млн.сўм)	163,42	170,43	667,21	2263,4	2263,40
Капитал харажат лар,(млн.сўм)	115,34	124,36	358,64	1895	56
Тизим жорий қилинганда 1кВт·соат энергия нархи,(сўм)	514,79	523,08	1265,3	16082,1	16875,0
Ижтимоий					
Йиллик СО ₂ ажратмаси,(тонна)	0,28	0,285	0,02	1,35	40,5
Ишончлилик					
EENS,(кВт·соат),(мин)	237,56	242,59	613,95	750	-
AENS,(кВт·соат),(мин)	18,27	18,66	47,22	57,7	-
ACCI,(кВт·соат),(мин)	29,69	30,32	76,74	93,75	-
ASIFI,(мин)	0,034	0,034	0,087	0,106	-
ИК	0,107	0,098	0,18	0,32	-
Диверсификация коэффициенти	0,33	0,19	0,1	-	-

3-жадвал. Тизимларни иқтисодий ва ишончлилик кўрсаткичларини таққослаш

3-жадвал асосида иқтисодий-ижтимоий кўрсаткичлар ва ишончлилик коэффициентлари баҳоланди. Тизимни жорий этишда жуда катта миқдорда атмосферага СО₂ гази чиқариши сабабли ички ёнув двигателига асосланган тизимни жорий этиш тавсия этилмади. Тизимни жорий этишда жуда юқори энергия тан-нархига эга бўлган электр тармоғидан фойдаланиш тавсия этилмади. Кейинги босқичда энергетик иншоотнинг электр таъминоти учун тавсия этилган иккита тизим диверсификация коэффициенти орқали баҳоланди ва ҚП+ШЭҚ+АБ+Д дан ташкил топган тизим тавсия этилди.

ХУЛОСА

Чекка худудлардаги кичик қувватли истеъмолчиларни муқобил энергия манбаларидан фойдаланиб электр таъминоти ишончилигини ошириш бўйича олиб борилган тадқиқотлар бўйича қуйидагиларни хулоса қилишимиз мумкин:

1. Бухоро вилояти жойлашган метеостанциялар маълумотлар таҳлили асосида чекка худудларидаги худуддаги қайта тикланувчан энергия манбаларининг энергетик салоҳияти ва ўша худудлардаги энергия истеъмолчилари эҳтиёжлари илмий асосланган услубиётда баҳоланди.

2. Бухоро вилояти худудидаги қайта тикланувчан энергия ресурсларининг энергетик салоҳияти аниқланиб худуддаги истеъмолчиларни ишончли электр таъминотини амалга оширадиган автоном микро электр тармоқ таркибий қурилмалари аниқланди.

3. Қисқа вақт ишловчи кичик қувватли истеъмолчилар учун кучсиз энергия оқимларида ишловчи механик энергияни захиралаш қурилмасини яратилди ва унинг оптимал ўлчамларини аниқловчи ЭҲМ дастури ишлаб чиқилди.

4. Кичик қувватли гибрид электр станцияни энергия манбалари ишлаб чиқарган электр энергияси оқими бўйича оптимал бошқариш алгоритминини ишлаб чиқилган ва амалиётда қўлланилган.

5. Гибрид энергетик тизим таркибига кирувчи энергия манбаларининг қуввати ва конструктив ўлчамларини оптимал қийматларини худуддаги қайта тикланувчан энергия ресурсларнинг жорий вақтдаги энергетик салоҳиятидан келиб чиқиб ҳисоблаш алгоритми ишлаб чиқилган.

6. Гибрид энергетик тизимни электр таъминоти ишончилигини белгиловчи истеъмолчи энергия манбасини диверсификациялаш коэффициентини ишлаб чиқилган ва ҳар хил тузилмаларни энергетик тизимларни электр таъминоти ишончилигини баҳоланиб унинг оптимал тузилмасини аниқлашда фойдаланилган;

7. Электр тармоқлари бормаган худудларда кичик тадбиркорликни ривожлантириш имконини берувчи кичик қувватли истеъмолчилар учун экологик тоза электр энергияси ишлаб чиқарувчи автоном микро тармоқ яратилган ва уни самарадор қўллаш шартлари аниқланган;

8. Бухоро вилояти иқлимий шароитларида самарадор ишлашини таъминловчи гибрид энергетик тизимнинг мақбул қурилмалари, конструктив ўлчамлари ва уни оқилona бошқарилишини таъминловчи таҳлилий - ахборот тизими ишлаб чиқилган.

9. Ишлаб чиқилган гибрид энергетик тизим Аму-Бухоро ирригация тизимлари ҳавза бошқармаси ҳузуридаги “Тошрабат-Жилвон” ирригация тизимлари бошқармасига қарашли сув тақсимлаш иншоотида, Қоровулбозор тумани, Навбахор МФИ, Қўриқтепа қишлоғидаги “Bukhara Natural Fruits” МЧЖ ва бошқа фермер хўжаликларда жорий этилиб умумий йиллик иқтисодий самарадорлик 180 млн сўмни ташкил этган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/30.09.2020.Т.111.03 ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ КАРШИНСКОМ
ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

БУХАРСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

НЕМАТОВ ШУХРАТ НАСИЛЛО УГЛИ

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
МАЛОМОЩНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

05.05.06 – Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии

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

Карши - 2021

Тема диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) технических наук зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2018.2.PhD/T763.

Диссертация выполнена в Бухарском инженерно-технологическом институте.

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

Научный руководитель:

Мухамедханов Улугбек Тургудович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Юлдашев Исроил Абриевич
доктор технических наук, доцент

Уришев Бобораим
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Национальный научно-исследовательский институт возобновляемых источников энергии

Защита диссертации состоится 11.12. 2021 года в 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD.03/30.09.2020.T.111.03 при Каршинском инженерно-экономическом институте. (Адрес: 180100, г. Карши, ул. Мустакиллик, 225. Тел: (99875) 224-02-89, факс: (99875) 224-13-95, e-mail: kiei_info@edu.uz)

С диссертацией можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре Каршинского инженерно-экономического института (зарегистрирована за № 15). (Адрес: 180100, г. Карши, ул. Мустакиллик, 225. Тел: (99875) 224-02-89, факс: (99875) 224-13-95, e-mail: kiei_info@edu.uz)

Автореферат диссертации разослан 3 11.12. 2021 года
(реестр протокола рассылки № 6 от 11.12. 2021 года)



Г.Н. Узоков
Председатель научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., проф.

Х.А. Давлонов
Ученый секретарь научного совета по присуждению ученых степеней, д.ф.т.н., (PhD)

Б. Уришев
Председатель научного семинара при научном совете по присуждению ученых степеней, д.т.н., проф.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и необходимость темы диссертации. В мире научные и практические исследования использования возобновляемых источников энергии приобретают все большее значение в то время, когда растет спрос на энергоресурсы, а экологическая ситуация меняется в худшую сторону. В 2010 году количество населения, не имеющих доступа к электричеству, составляло 1,2 миллиарда, а к 2019 году этот показатель достигло 759 миллионов. В достижении этого результата важную роль сыграло использование микросетей, состоящих из возобновляемых источников энергии которыми воспользовалось 11 миллионов человек.¹ «При том, что к 2040 году установленная мощность возобновляемых источников энергии ожидается на уровне 7233 ГВт»² требует создания автономных микросетей для потребителей малой мощности. В связи с этим развитие микросетей на основе возобновляемых источников энергии важно для создания и обеспечения надежности автономного электроснабжения в удаленных районах.

В мире проводятся научные и практические исследования гибридных энергетических систем на основе возобновляемых источников энергии. Результатом проведенных исследований явилось падение цен на устройства с использованием возобновляемых источников энергии, а повсеместное внедрение инноваций и участие частного сектора в отрасли, повысили конкурентоспособность автономных микросетей от возобновляемых источников энергии в сравнении с другими системами. В настоящее время автономные микросети, состоящие из возобновляемых источников энергии, рассматриваются как самой простой, технически, экономически и экологически чистой системой для новых потребителей, которые хотят подключиться к электроэнергии.³ В связи с этим особое внимание уделяется определению оптимальной мощности источников гибридной энергосистемы и их рациональному использованию для надежного энергоснабжения потребителей, находящихся вдали от централизованного электроснабжения.

В республике принимаются комплексные меры по модернизации и диверсификации базовых секторов экономики и постепенному социально-экономическому развитию регионов, и достигаются определенные результаты. В Стратегии Республики Узбекистан по переходу к «зеленой» экономике на 2019-2030 годы, в том числе «..... диверсификация энергопотребления и развитие возобновляемых источников энергии и их доли с 25% от общей выработки электроэнергии до обеспечение доступа населения и экономики к 100% современной, дешевой и надежной энергии, модернизация инфраструктуры промышленных предприятий, повысит энергоэффективность как минимум на 20% и обеспечит их устойчивость за счет более широкого

¹ <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2021/06/07/report-universal-access-to-sustainable-energy-will-remain-elusive-without-addressing-inequalities>

² IEA (2019), World Energy Outlook 2019, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>

³ Off-grid renewable energy solutions to expand electricity access: An opportunity not to be missed, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi..

использования чистых и экологически безопасных технологий и промышленных процессов»⁴. При выполнении этих задач важно повысить надежность электроснабжения малых потребителей электроэнергии, в том числе за счет использования альтернативных источников энергии.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлении Президента Республики Узбекистан № ПП-3012 от 26 мая 2017 года «О Программе мер по дальнейшему развитию возобновляемой энергетики, повышению энергоэффективности в отраслях экономики и социальной сфере на 2017 — 2021 годы», 28 апреля 2018 года № ПП-3687 «Об ускоренных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии» и № ПП-4422 от 22 августа 2019 года «Об ускоренных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии» также для выполнения задач, изложенных в других нормативных актах, принятых в данной области.

Соответствие исследований приоритетам развития науки и технологий в республике. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики IV. «Развитие методов использования возобновляемых источников энергии, создание технологий и устройств на основе нанотехнологии, фотоники и других передовых технологий».

Степень изученности проблемы. Научные исследования, направленные на разработку гибридных энергосистем для повышения надежности систем электроснабжения занимались ведущие ученые мира, в том числе А.А.Буткина, С.М.Воронин, Павлос С. Георгилакис, Фаривар Фазелпоур, У.Сурешкумар, Шибаян Саркар, Моҳсен Фадазе Нежад, А.Т.А. Джайлани, Жамиу Омотаё Оладигболу, Чонг Ли, Ҳосине Белмили.

В республике исследованиями по повышению надежности энергоснабжения за счет эффективного использования альтернативных источников энергии путем изучения технико-экономического потенциала регионов страны проводилась отечественными учеными, Р.А. Захидов, К.Р. Аллаев, Р.Р. Авезов, О.А. Таджиев, Н.Р. Авезова, А.М. Мирзабаев, Б.Уришев и другие.

Несмотря на положительные практические результаты, в этих исследованиях недостаточно изучены факторы, влияющие на производительность и эффективность системы электроснабжения, состоящей из нескольких альтернативных источников энергии, а также определению оптимальных значений мощности источников энергии микросетей, состоящих из нескольких альтернативных источников энергии.

⁴ Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-4477 от 4 октября 2019 года «Об утверждении стратегии по переходу Республики Узбекистан на «зеленую» экономику на период 2019 — 2030 годов»

Актуальность диссертационного исследования планам научно-исследовательской работы вуза, в котором выполнялась диссертационная работа. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательской работы Бухарского инженерно-технологического института в рамках фундаментального проекта ОТ-Ф2-62 «Развитие теории построения интеллектуальной сети промышленного предприятия на основе обобщенного показателя эффективности системы электроснабжения».

Цель исследования является повышение надежности электроснабжения маломощных потребителей электроэнергии с использованием альтернативных источников энергии.

Задачи исследования:

оценка потенциала возобновляемых источников энергии в удаленных районах с низкой надежностью электроснабжения на основании потребности потребителей в электроэнергии и требований к надежности электроснабжения;

создание и разработка методики проектирования устройства накопитель механической энергии для малых потребителей электроэнергии;

разработка и сборка наиболее оптимальной инфраструктуры маломощной гибридной энергосистемы, адаптированной к климатическим условиям Бухарской области;

разработка и расчет алгоритма определения оптимального значения номинальной мощности источников энергии гибридной энергосистемы с точки зрения экономической эффективности;

разработка эффективного алгоритма управления гибридной энергосистемой на основе генерируемых ими энергетических потоков;

разработка коэффициента диверсификации источника энергии потребителя, определяющего надежность электроснабжения гибридной энергосистемы;

применение разработанного гибридного энергетического устройства и определение его эффективности с целью повышения надежности электроснабжения потребителей электроэнергии, находящихся в удаленных районах.

Объект исследования является система электроснабжения малых потребителей электроэнергии, удаленных от электросети.

Предметы исследования являются структура усовершенствованной гибридной энергосистемы и система управления ею, обеспечивающая электроэнергией потребителей электроэнергии малой мощности в удаленных районах, а также показатели надежности электроснабжения.

Методы исследования. В процессе исследования применены основы теории надежности электроснабжения, экспериментально-аналитический метод исследования, метод распределения вероятностей вейбула и реле, методы моделирования программы HOMER.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработано устройство накопления механической энергии для накопления механической энергии от низкопотенциальных ветровых и водных

потоков с использованием растяжения эластичных материалов для повышения надежности электроснабжения маломощных потребителей;

разработана усовершенствованная гибридная энергосистема, состоящая из накопителя механической энергии, ветроэнергетической установки, эффективно работающей при низкоскоростных ветровых потоках, и солнечной фотоэлектрической станции;

разработан алгоритм расчета оптимальных значений мощности и размеров источников энергии, включенных в гибридную энергосистему на основе энергетического потенциала возобновляемых источников энергии в регионе.

разработан алгоритм управления эффективным использованием электроэнергии, полученной на основе рационального распределения потоков мощности источников энергии в маломощной гибридной энергосистеме;

для более комплексной и точной оценки надежности гибридной энергосистемы, состоящей из распределенных источников энергии предложено уравнение для определения коэффициента диверсификации источника энергии.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

определен энергетический потенциал возобновляемых источников энергии на территории Бухарской области и разработана система микроэнергетических сетей для надежного электроснабжения малых потребителей электроэнергии;

разработано устройство накопитель механической энергии, получаемое от слабых ветровых и водных потоков для малых энергопотребителей;

создана гибридная электростанция для потребителей малой мощности, позволяющая малому бизнесу развиваться в регионах, где нет электросетей;

Достоверность полученных результатов исследования. Достоверность результатов исследования подтверждается тем, что исследования проводились с использованием современных методов и средств измерений, использованием надежных и проверенных методов моделирования при проверке экспериментальных результатов, проведением экспериментов в естественных условиях, внедрением результатов испытания разработанной гибридной энергетической системы на реальных объектах.

Научная и практическая значимость результатов исследования. научная значимость результатов исследования заключается в том, что разработана методология проектирования для улучшения конструкции источников гибридных электростанций, эффективно работающих на слабых потоках, методология определения коэффициента диверсификации источников энергии в микроэлектрических сетях, включая возобновляемые источники энергии, а также рекомендаций по модернизации микросети на основе гибридных электростанций.

Практическая значимость результатов исследований заключается в том, что, позволяет обеспечивать потребителей отдаленных районов надежным электроснабжением на основе экологически чистых источников энергии без необходимости проектирования электрических сетей.

Внедрение результатов исследования. На основе обоснования параметров полученных результатов, по повышению надежности электроснабжения потребителей малой мощности с использованием альтернативных источников энергии:

разработана программа расчета оптимальных размеров элементов механического накопителя и получено авторское свидетельство на программу для ЭВМ Агентства интеллектуальной собственности Министерства юстиции Республики Узбекистан (№ DGU 20202199., 10.02.21). В результате получена возможность проектирования устройства накопления механической энергии для маломощных электропотребителей, эффективно работающего в низкопотенциальных ветровых и водных потоках, с оптимальными конструктивными размерами;

гибридная энергосистема, состоящая из возобновляемых источников энергии, была испытана на территории в 25 км от Бухары (справка Министерства водных ресурсов Республики Узбекистан от 15 января 2021 г. №04 / 20-148). В результате было установлено, что стоимость гибридной электростанции, состоящей из возобновляемых источников энергии, в этом регионе в 3 раза дешевле, чем при использовании традиционной электросети;

разработанная гибридная энергосистема внедрена на водораспределительном объекте управления ирригационных систем Тошрабат-Джилвон Аму-Бухарского бассейнового управления (справка Министерства водных ресурсов Республики Узбекистан от 15 января 2021 г. №04 / 20. -148). В результате организация автономной системы электроснабжения водораспределительного сооружения получен экономический эффект на 105 млн. сум в год за счет исключения затрат на топливо и строительство электрической сети.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования обсуждались на 5-и международных и 2-х республиканских научных конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 20 научных работ, из них 1 монография, 9 в научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации доктора философии (PhD), в том числе 7 в республиканских и 2 в зарубежных журналах, а также получено авторское свидетельство на программу для ЭВМ Агентства по Интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

Структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИСЕРТАЦИИ

В введении диссертации обоснована актуальность проблемы и востребованность темы диссертации, цели и задачи исследования и соответствие актуальности темы с приоритетами развития науки и технологий страны. Приведены результаты анализа зарубежных исследований по теме диссертации, описаны результаты исследований научно-практической значимости, раскрыта реализация результатов исследований, дана информация о публикации научных статей и структуре диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной **«Необходимость и проблемы повышения надежности электроснабжения потребителей удаленных территорий»**, анализируются возможности и исследовательские работы по созданию системы электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии для маломощных потребителей удаленных территорий без электрической сети. На этой основе был проанализирован состав потребителей электроэнергии на этих территориях и их потребности в электроснабжении, а также возможность развития альтернативных источников энергии в регионе. На основе анализа климатических показателей на территории Узбекистана можно создать надежную систему энергоснабжения путем внедрения гибридной энергосистемы, состоящей из нескольких возобновляемых источников энергии в удаленных районах. Была изучена возможность создания дешевых устройств хранения энергии в областях, где возобновляемые источники энергии слабы и нестабильны. Обоснована эффективность использования автономных микросетей для потребителей энергии в удаленных районах..

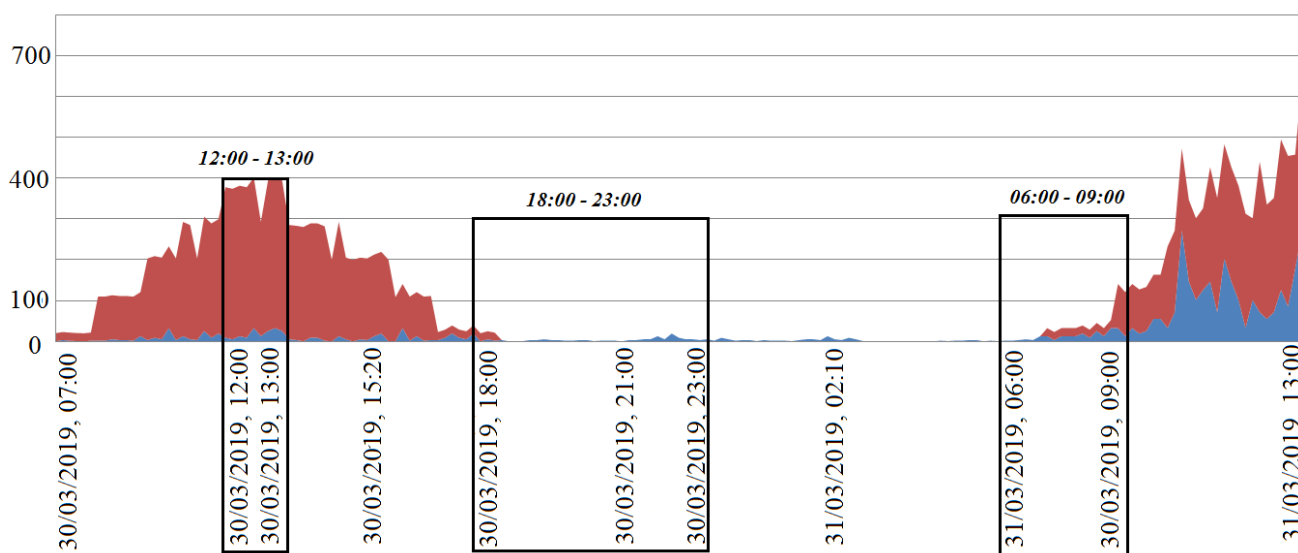


Рисунок 1. Удельная суточная потребность и потенциал энергии ветра и солнца в сутки, Вт/м²

Вторая глава диссертации, озаглавленная **«Определение параметров ветряных, солнечных установок и накопителей энергии гибридной энергосистеме»**, содержит описание и математические выражения устройств, составляющих гибридную энергосистему. При математическом моделировании ГЭТ использовались математические выражения программы HOMER, которая

широко используется при проектировании этих систем в мире. На основании данных метеорологической станции, расположенной в этом районе, потенциал солнечной и ветровой энергии в этом районе был определен с помощью функции распределения вероятностей Вейбулла.

Для небольших потребителей электроэнергии было предложено устройство накопитель механической энергии (НМЭ), которое накапливает слабые потоки энергии в виде потенциальной энергии с помощью упругих элементов. При создании новой модели устройства разной мощности была создана методика автоматизированного проектирования. В устройстве накопление энергии обеспечивается механической энергией или постоянном напряжении, генерируемой в устройствах солнечной и ветровой энергии. Предлагаемое устройство НМЭ рекомендовано для использования маломощными и кратковременными потребителями (рисунок 1).

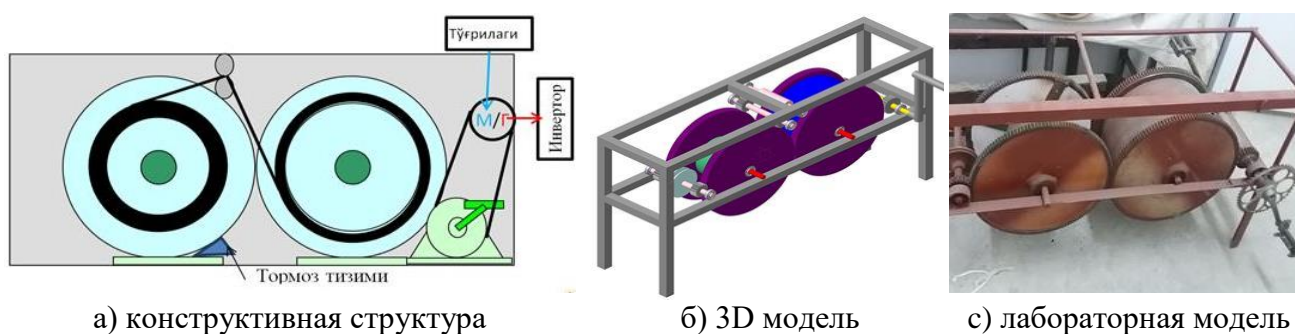


Рисунок 2. Вид устройства НМЭ

В третьей главе диссертации «**Определение оптимальной мощности источников энергии гибридной энергосистемы и усовершенствование её системы управления**» представлены результаты аналитических исследований ГЭУ и системы управления им. На рисунке 8 показана, зависимость потребности потребителей в электроэнергии от энергии ветра и солнца, вырабатываемой в данной местности.

Для оценки возможности использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в выбранной области была использована программа HOMER, которая в настоящее время является самым современным инструментом исследования этой проблемы. В качестве объекта исследования было выбрано водораспределительное сооружение «Тошравот-Жилвон», расположенное в 100 км от Бухары (Рисунок 3).

Потребитель в этом районе был проанализирован при автономном питании гибридной энергосистемы с использованием солнечной фотоэлектрической установки, ветроэнергетической установки, батареи и двигателя внутреннего сгорания в качестве элементов системы.

При определении оптимальной мощности солнечной электростанции, ветряной электростанции, аккумуляторной батареи и двигателей внутреннего сгорания, используемых в гибридной энергосистеме, были проанализированы результаты 18710 вариантов, путем изменения значения их мощностей. Всего в исследовании было смоделировано 8 278 вариантов путем моделирования

объекта исследования, из них 7070 вариантов могут быть реализованы. Рассмотрено 568 вариантов источников для генерации электроэнергии.

На следующем этапе исследования было продолжено исследование с учетом факторов, которые не были учтены в процессе моделирования объекта исследования. При этом были переработаны проектные работы и определены результаты на основании графика потребления электроэнергии, требований к системе электроснабжения, суточных изменений ВИЭ, проектных параметров разработанных экспериментальных ВЭУ.

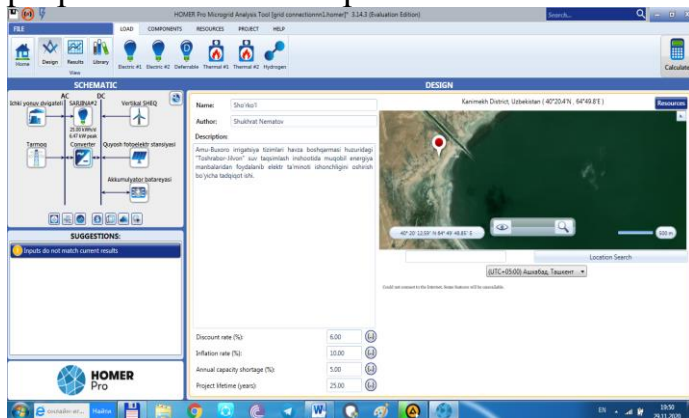


Рисунок 3. Вид объекта исследования в программе "HOMER"

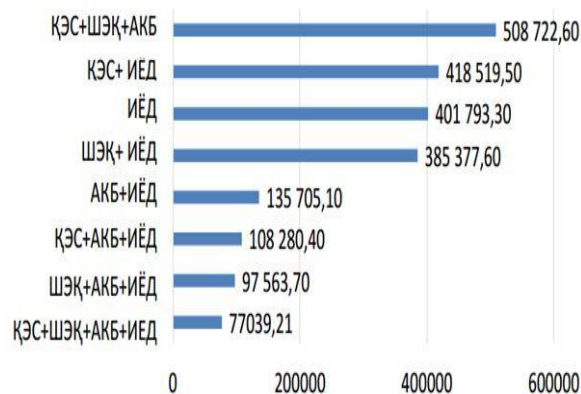


Рисунок 4. Общие затраты в течение срока службы систем, смоделированные с помощью программы HOMER

Для оценки эффективности ГЭС определяются источники энергии в системе. Планируется анализировать потребление электроэнергии на основе рабочих поверхностей, которые необходимо настроить для каждого источника энергии. В настоящее время источники для ГЭС выбираются исходя из номинальной мощности, в частности, мощность при номинальной скорости (10-20 м/с) выбирается при выборе номинальной мощности ФЭС. Однако такие скорости ветра не всегда наблюдаются в регионе, т.е. ВЭУ не всегда работает на номинальной мощности.

Требуемая рабочая поверхность для солнечной панели определяется следующим выражением:

$$A_{\text{с.ден}} = \frac{E_{\text{наг}}}{E_{\text{с}} \cdot \eta} ; \quad (1)$$

где: $E_{\text{с}}$ - количество солнечной энергии в данный день, Вт·часы/м²;
 $E_{\text{наг}}$ - нагрузка электроэнергии, необходимая потребителю в данный день, Вт·часы; η - КПД солнечной панели.

Средняя рабочая поверхность солнечной панели выбирается исходя из среднего арифметического требуемых рабочих поверхностей на каждый день

$$A_{\text{сп.ср.}} = \frac{\sum_{1}^n A_{\text{сп.ден}}}{N_{\text{ден}}} ; \quad (2)$$

где: $A_{\text{сп.ден}}$ - площадь ФЭС, обеспечивающей потребляемую потребителем электроэнергию на заданную дату, м²; $N_{\text{ден}}$ - количество выбранных дней;

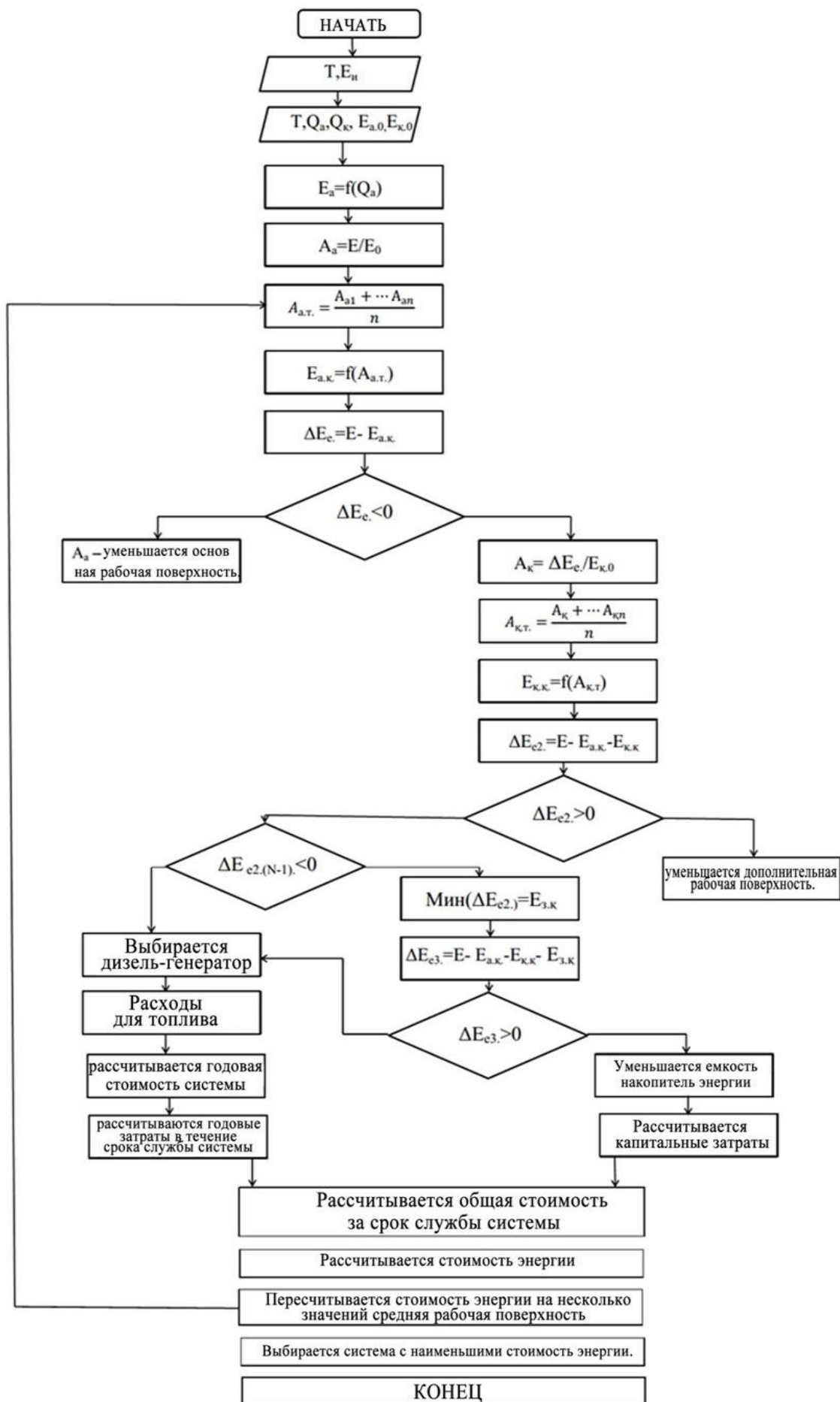


Рисунок 5. Блок-схема алгоритма оптимизации мощности источников, входящих в ГЭС

На рисунке 5 показан алгоритм расчета оптимальных значений мощностей и проектных размеров источников ГЭС. Рассчитанные на основе алгоритма технико-экономические показатели некоторых вариантов приведены в таблице 1. Процесс оптимизации проектных параметров ВИЭ в ГЭС осуществляется по технико-экономическим показателям.

1-этап. На основе анализа потенциала ВИЭ в регионе будут определены основные и дополнительные ВИЭ для электроснабжения электростанций.

2-этап. Энергетический потенциал основного и вспомогательного ВИЭ, выбранного для участка, определяется на каждый день, а рабочие поверхности определяются в те дни, которые могут обеспечить текущую нагрузку;

3-этап. На основании рабочих поверхностей выбранного ВИЭ определяется экономическая эффективность системы. Чтобы еще больше повысить рентабельность использования системы, рабочие поверхности пересчитываются с несколькими значениями для устройств, выбранных как основные и дополнительные ВИЭ. В проанализированных вариантах выбраны технические параметры по минимальной стоимости энергии, производимой в ГЭС.

Рабочая поверхность из ФЭС (м ²)	Рабочая поверхность ВЭУ (м ²)	Годовые расходы (млн.сум)	Капитальные затраты (млн.сум)	Выбросы CO ₂ за год (тонны)	Стоимость произведенной энергии (сум)	Стоимость потребляемой энергии (сум)
42	3,53	2,22	110,36	0,29	559,53	1184,78
*43	3,35	2,05	110,72	0,28	553,21	1164,31
44	3,17	1,90	111,10	0,28	547,36	1145,58
45	2,99	1,75	111,48	0,28	542,15	1128,50
46	2,82	1,62	111,86	0,28	537,69	1113,33
47	2,65	1,50	112,27	0,27	533,67	1099,95
48	2,48	1,39	112,69	0,27	530,07	1087,79
49	2,32	1,29	113,10	0,27	526,90	1076,66
50	2,15	1,20	113,52	0,27	523,99	1066,29
51	2,01	1,13	114,04	0,26	521,00	1058,84
52	1,88	1,06	114,57	0,26	518,65	1053,63
**53	1,81	1,04	115,34	0,26	514,79	1052,99

* Средняя поверхность, выбранной модели. ** система с минимальной стоимостью энергии.

Таблица 1. Экономические показатели гибридной энергетической системы, рассчитанные с помощью математических выражений.

Выбрана система самого дешевого варианта по стоимости электроэнергии - солнечная панель с рабочей поверхностью 53 м.² На рисунке 8 показана зависимость потока энергии от нагрузки, создаваемого ФЭС 53 м² и ВЭУ 1,81 м². Результаты согласования показали, что технико-экономические показатели имеют экстремальные значения (рисунки 6-7).

Результаты исследования показали, что обеспечить надежное энергоснабжение выбранной территории с низкими потоками энергии можно за счет создания автономной микросети на основе гибридной энергосистемы.

Разница между выработкой и потреблением энергии в микросети определяется следующим образом:

$$P_{\Delta} = (P_{\kappa} + P_{\text{ш}} - P_{\text{и}}) ; \quad (3)$$

здесь P_{κ} и $P_{\text{ш}}$ - **произведенная мощность солнечной панели и ветрогенератора текущего времени, Вт**; $P_{\text{и}}$ -потребляемая мощность, Вт.

Энергия, запасенная в аккумуляторе в течение дня, если $P > 0$, определяется следующим выражением:

$$E_A = E_0 + \int_t^T P_{\Delta} dt ; \quad (4)$$

где E_0 -начальная энергия в аккумуляторе, кВт·часы; t -текущее время, количество часов в T -дни.

Разница выработки и потребления энергии в течение дня в микросети:

$$E_{\Delta} = (E_{\kappa} + E_{\text{ш}} + E_A) - E_{\text{и}} = \left(\int_t^T P_{\kappa,t} dt + \int_t^T P_{\text{ш},t} dt + E_{A,t} \right) - \int_t^T P_{\text{и},t} dt ; \quad (5)$$

Если эта разница положительная, она определяет значение баланса энергии в аккумуляторе - E_0 . Если разница отрицательная, она определяет количество энергии, которое дизель-генератор должен вырабатывать в течение дня.

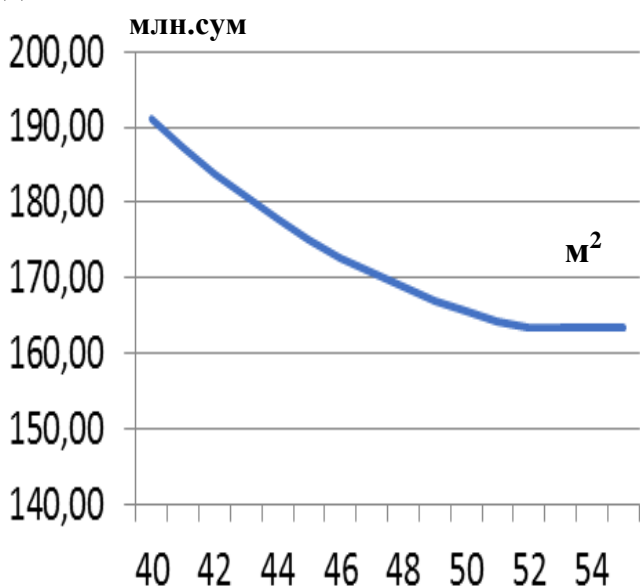


Рисунок 6. Общие затраты в течение срока службы систем

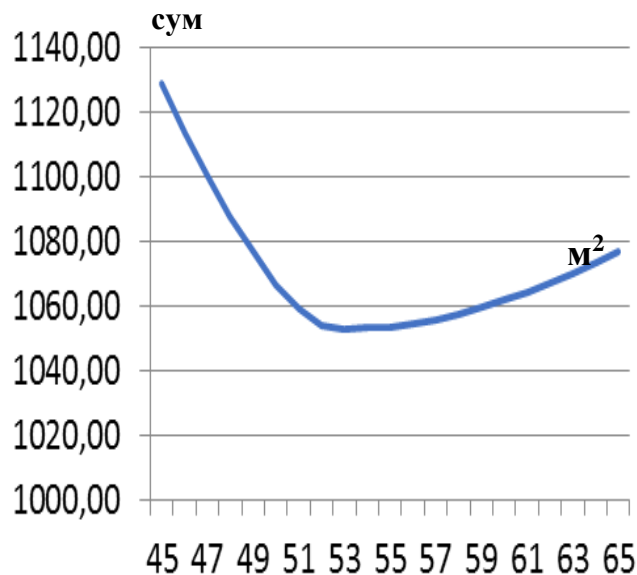


Рисунок 7. Стоимость энергии в системах

В предлагаемой ГЭС потоки энергии, генерируемые источниками энергии, отслеживаются в реальном времени и сравниваются с энергетической нагрузкой потребителя. Анализ и управление системой ГЭС осуществляется с помощью устройства управления, созданного на базе микроконтроллера arduino.

Анализ и управление ГЭС осуществляется через «устройство управления» на базе микроконтроллеров Arduino. Процесс управления будет реализован через микроконтроллер с целью дальнейшего улучшения процесса

управления и в будущем для широкого применения интеллектуальных технологий в системе. Алгоритм управления ГЭС через микроконтроллер показан на рисунке 10.

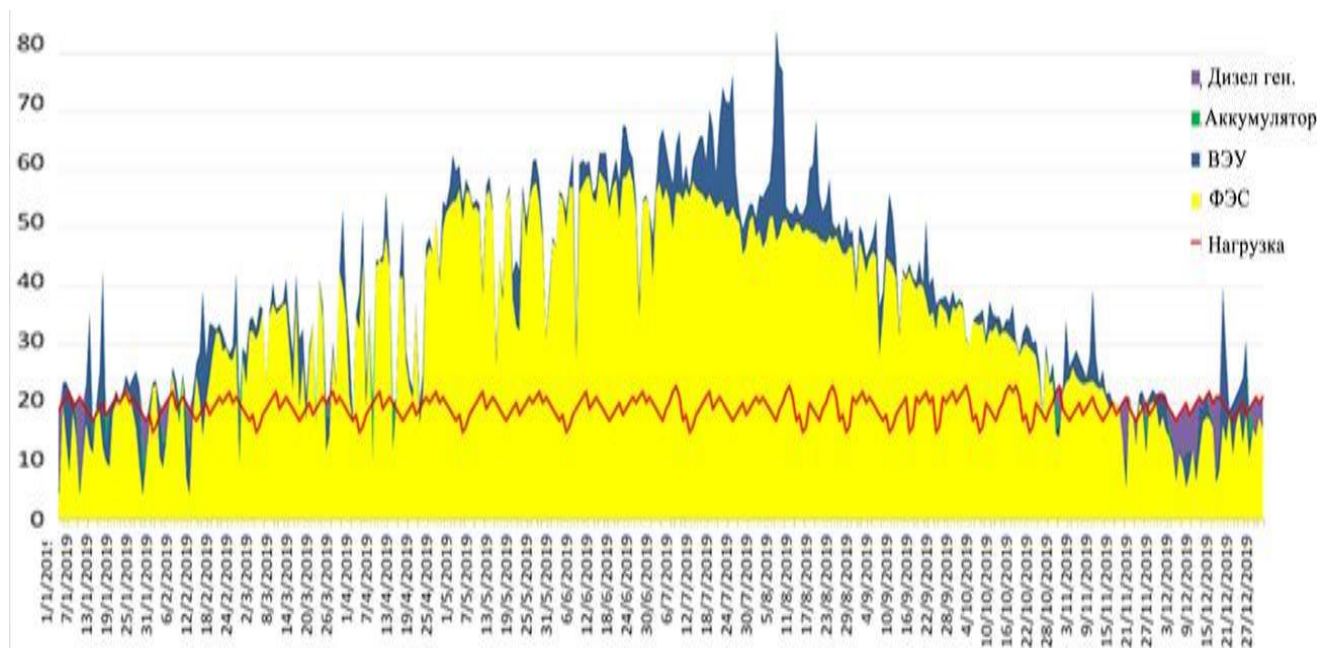


Рисунок 8. График зависимости выработки электроэнергии на ФЭС с рабочей площадью 53 м² и ВЭУ с рабочей площадью 1,81 м²

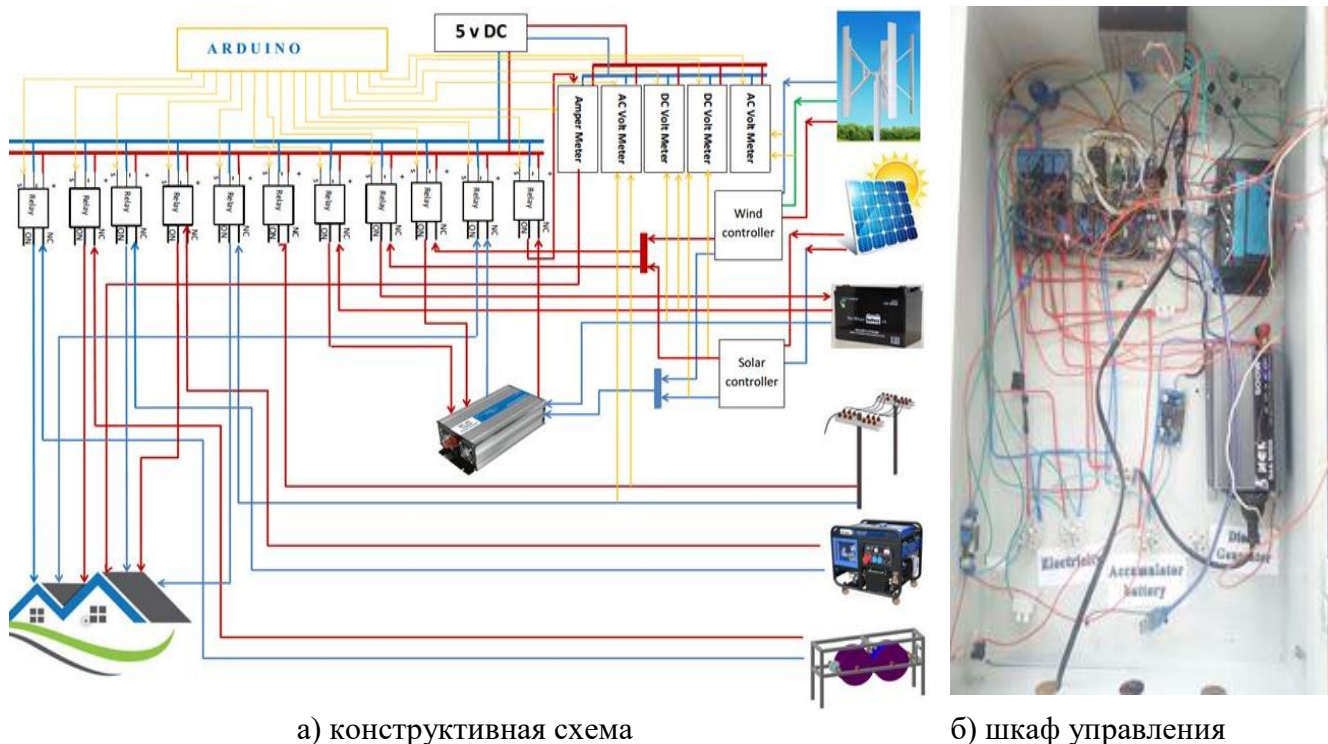


Рисунок 9. Алгоритм управления ГЭС посредством микроконтроллера

Исследование было сосредоточено на прямом использовании нескольких источников энергии в предлагаемом устройстве управления ГЭС. Это связано с меньшим использованием устройств накопителей энергии в энергосистеме.

Потому что в настоящее время накопители энергии перестают работать из-за меняющихся климатических условий в стране. Основное отличие от других устройств в том, что управление осуществляется с помощью микроконтроллера

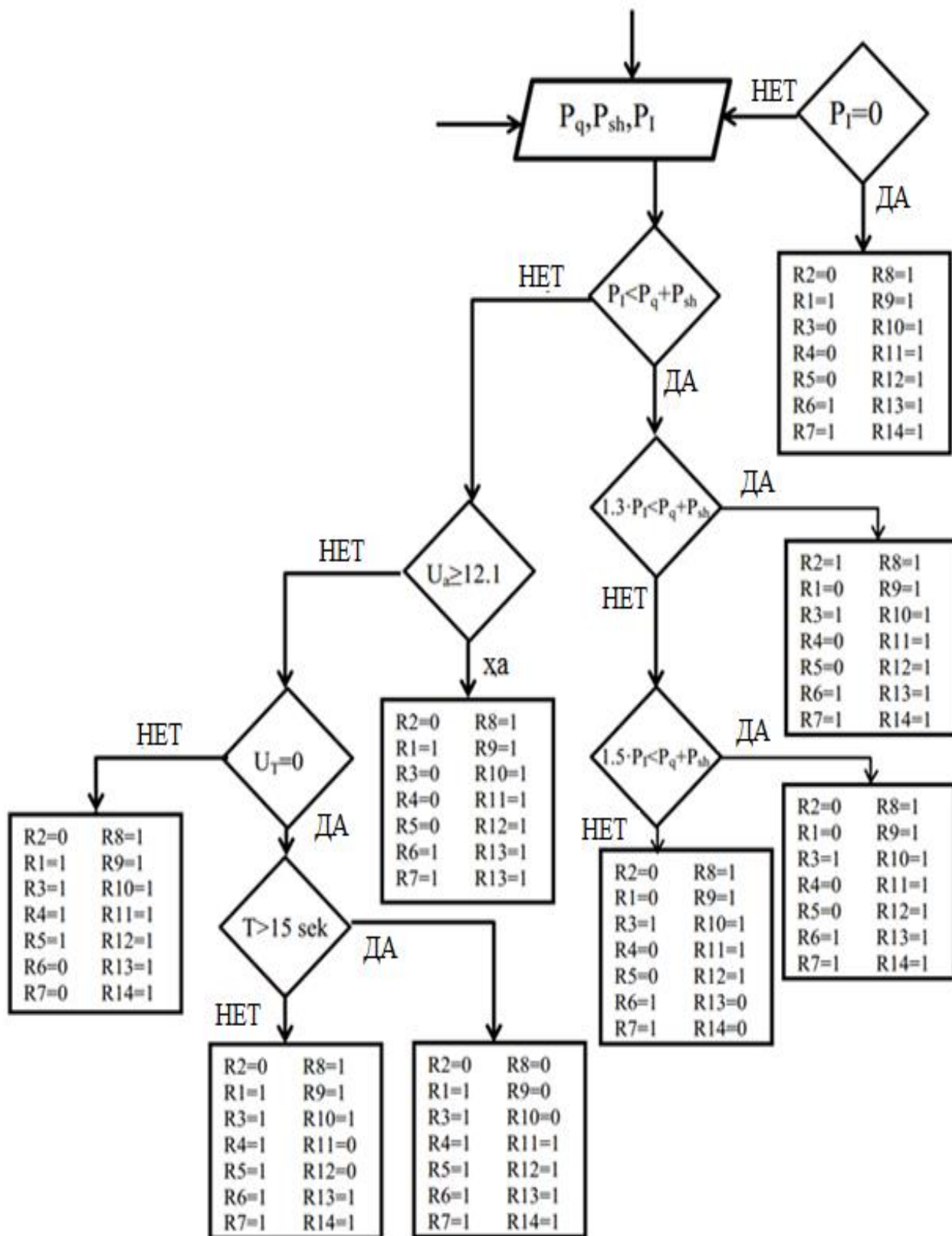


Рисунок 10. Алгоритм управления ГЭС

Результаты экспериментальных исследований представлены в четвертой главе диссертации «**Экспериментальные исследования и эффективность гибридных источников питания**». ГЭС исследованы по экспериментальному опыту в водораспределительном сооружении управления ирригационных систем «Тошработ-Жилвон» Аму-Бухарского бассейнового управления оросительных систем, на основе возобновляемых источников энергии на территории Гиждуванского района, в 100 км от города Бухара.



Рисунок 11. Электро привод водораспределительного объекта



Рисунок 12. Общий вид источников ГЭС

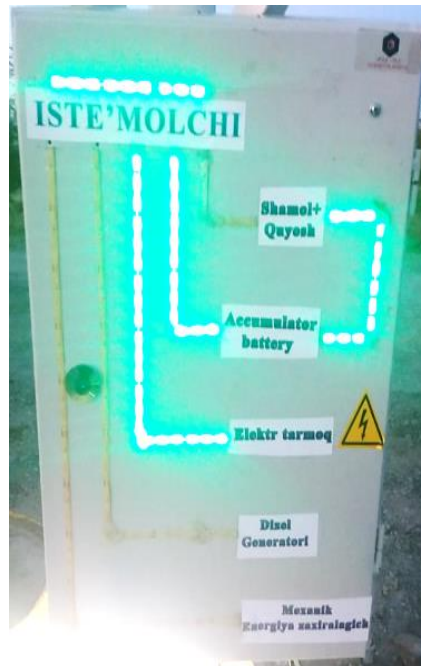


Рисунок 13. Процесс коммутации шкафа управления ГЭС.

Водораспределительное устройство находится в 25 км от города Гиждуван. Подстанция «Тошработ гидроузел» будет снабжена воздушной линией электропередачи 10 кВ.



Рисунок 14. График зависимости выходного напряжения от скорости ветра

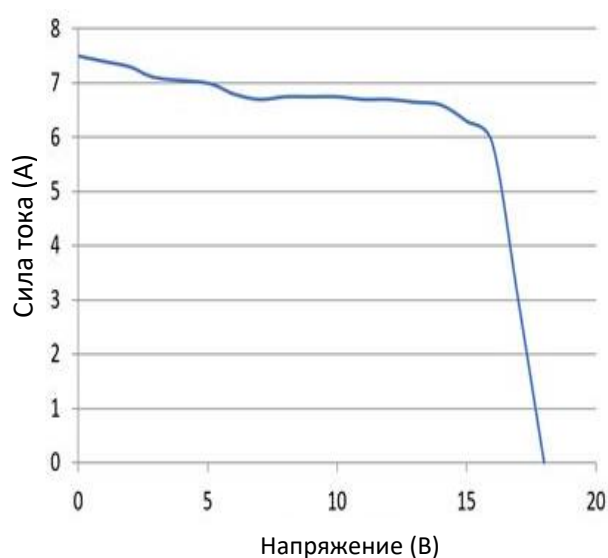


Рисунок 15. Вольт-амперная характеристика ФЭС

На водораспределительном объекте установлен трехфазный трансформатор мощностью 63 кВА на напряжение 10/0,4 кВ. Капитальные вложения в электрическую сеть в текущих ценах составляет 1,8 млрд сумов.

На рисунках 14-15 показаны некоторые результаты, полученные в ходе экспериментальных исследований на исследовательской площадке.

Коэффициенты надежности систем оценивались на основе нескольких вариантов внедрение электроснабжения для потребителей на выбранной территории. Результаты оценки представлены в таблице 3.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ФЭС	потребление				■				■	■		■	■		■	■	■	■							
	накопление				■			■	■		■	■		■	■		■		■						
ВЭУ	потребление							■															■		
	накопление	■			■	■																■		■	
АКБ	потребление				■	■			■		■	■		■	■		■		■	■					
	накопление	■	■	■	■	■															■	■	■	■	■
ДС	потребление										■			■					■	■					
	накопление																			■					

Рисунок 16. Диаграмма режима работы источников ГЭС в день эксперимента

На основании анализа система с **наименьшими показателями** надежности оценивается как наиболее **надежная**. Как видно из таблицы, ГЭС обладают высочайшей надежностью.

Оценки надежности микросети на основе возобновляемых источников энергии в дальнейшем было оценена степенью диверсификации энергетической системы. Для обеспечения надежности электроснабжения важно, чтобы потребитель получал отдельное питание от независимых источников энергии. В других областях это обычно оценивается показателем диверсификации.

На основе анализа выражений коэффициентов диверсификации мы рекомендуем следующее выражение при определении коэффициента диверсификации для источников энергии:

$$K_d = \frac{\sum_{n=1}^n P_i - P_{i,max}}{\sum_{n=1}^n P_i} ; \quad (6)$$

где, n - количество источников энергии, шт.; P_i -мощность источника или накопителя энергии, участвующего в потреблении энергии, кВт; $P_{i.max}$ - максимальная мощность источника или накопителя энергии, кВт. Как видно из формулы 6, чем больше источников, тем больше показатель диверсификации.

Тип системы	ФЭС кВт	ВЭУ кВт	АКБ кВт	Общий кВт	K_d
ФЭС + ВЭУ + АКБ + ДС	6,89	1,22	2,16	10,27	0,33
ФЭС + АКБ + ДС	8,87	0	2,16	11.03	0,19
ВЭУ + АКБ + ДС	0	18,9	2,16	19.06	0,1

Таблица 2. Мощность источников энергии в разных системах

Рассчитываем коэффициент диверсификации для ГЭС;

$$K_d = \frac{\sum_{i=1}^n P_i - P_{i.max}}{\sum_{i=1}^n P_i} = \frac{10,27 - 6,89}{10,27} = 0,33 ; \quad (7)$$

Используя эти уравнения, был рассчитан коэффициент диверсификации всех систем и построена таблица (Таблица 3);

Название индикатора	ФЭС+ВЭУ + АКБ+ДС	ФЭС + АКБ+ДС	ВЭУ+ АКБ+ ДС	Электро сеть	ДС +АКБ
Экономическая					
Итого затраты на 20 лет, (млн.сум)	163,42	170,43	667,21	2263,4	2263,4
Капитальные затраты, (млн.сум)	115,34	124,36	358,64	1895	56
Стоимость энергии 1 кВт·ч при внедрении системы, (сум)	514,79	523,08	1265,3	16082,1	16875
Социальное					
Годовой выброс CO ₂ (тонна)	0,28	0,285	0,02	1,35	40,5
Надежность					
EENS, (квт·час),(мин)	237,56	242,59	613,95	750	-
AENS, (квт·час),(мин.)	18,27	18,66	47,22	57,7	-
ACCI, (квт·час),(мин)	29,69	30,32	76,74	93,75	-
ASIFI (мин)	0,034	0,034	0,087	0,106	-

ИК	0,107	0,098	0,18	0,32	-
Фактор диверсификации	0,32	0,19	0,1	-	-

Таблица 3. Сравнение систем по экономическим показателям и по надежности.

На основе таблицы 3 оценены социально-экономические показатели и коэффициенты надежности. Не рекомендуется внедрять систему на базе двигателя внутреннего сгорания из-за выброса в атмосферу большого количества CO₂. При внедрении системы не рекомендуется использовать электросеть, которая с очень высокой стоимостью энергии. На следующем этапе рекомендуются две системы электроснабжения электростанции, которые оценивались по коэффициенту диверсификации, и была рекомендована система, состоящая из ФЭС + ВЭУ + АКБ + ДС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований для повышения надежности электроснабжения удаленных потребителей в отдаленных районах с использованием альтернативных источников энергии можно сделать следующие выводы:

1. На основе анализа данных метеорологических станций Бухарской области была проведена научно обоснованная оценка энергетического потенциала возобновляемых источников энергии с учетом потребностей потребителей энергии в удаленных районах.

2. Определен энергетический потенциал возобновляемых источников энергии на территории Бухарской области и определены конструктивные элементы автономной микросети, обеспечивающие надежное электроснабжение потребителей региона.

3. Для маломощных потребителей с кратковременными режимами работы был создан механический накопитель энергии, работающий на слабых потоках первичной энергии, и разработана компьютерная программа для определения его оптимальных размеров.

4. Разработан и реализован на практике алгоритм оптимального управления потоками источников, разработанной гибридной энергетической установки.

5. Разработан алгоритм расчета оптимальных значений мощности и конструктивных размеров источников энергии, составляющих гибридную энергосистему, на основе текущего энергетического потенциала возобновляемых источников энергии в регионе.

6. Разработан коэффициент диверсификации источника энергии потребителя, определяющий надежность электроснабжения гибридной энергосистемы и использован для оценки надежности электроснабжения различных энергосистем и для определения его оптимальной структуры;

7. Создана автономная микросеть по производству экологически чистой электроэнергии для потребителей малой мощности, что позволит им развивать малое производство в районах без электросетей, определены условия для ее эффективного использования;

8. Разработана аналитико-информационная система, обеспечивающая приемлемые устройства, конструктивные размеры и рациональное управление гибридной энергосистемой, обеспечивающей ее эффективную работу в климатических условиях Бухарской области.

9. Разработанная гибридная энергосистема расположена на водораспределительном сооружении управления ирригационных систем Тошрабат-Жилвон Аму-Бухарского бассейнового управления оросительных систем, Коровулбозорского района, МФО «Навбахор», ООО «Бухара Натурал Фруктс» в селе Куриктепа и других фермерских хозяйствах. Годовая экономическая эффективность составила 180 млн сумов.

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.03 / 30.09.2020.T.111.03 ON AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES AT KARSHI ENGINEERING-ECONOMICS
INSTITUTE**

BUKHARA ENGINEERING-TECHNOLOGICAL INSTITUTE

NEMATOV SHUKHRAT NASILLO OGLI

**INCREASING POWER SUPPLY RELIABILITY FOR LOW-POWERED
CONSUMERS USING ALTERNATIVE ENERGY SOURCES**

05.05.06 - Power plants on the basis of renewable energy

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

Karshi - 2021

The theme of doctoral dissertation of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under №. B2018.2.PhD/T763.

The doctoral dissertation has been prepared at the Bukhara engineering-technological institute.

The abstract of the dissertation is in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is placed on the website of the Scientific council (www.qmii.uz) and on Information-educational portal «ZiyoNet» at the adress (www.ziynet.uz).

Scientific adviser: Mukhamedkhanov Ulugbek Turgudovich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents: Yuldoshev Isroil Abrievich
doctor of technical sciences, docent

Urishev Boborakhim Urishevich
doctor of technical sciences, professor

Leading organization: National scientific research institute of Renewable energy sources

The defense of dissertation will take place 11.12. 2021 at 14⁰⁰ at a meeting of the Scientific council number PhD.03/30.09.2020.T.111.03 at the Karshi engineering-economics institute. (Address: 180100, Karshi, Mustakillik street, 225. Phone: (99875) 224-02-89, fax: (99875) 224-13-95, e-mail: kiei_info@edu.uz)

The doctoral dissertation can be found at the Information resource center of the Karshi engineering-economics institute (registered with № 15) (Address: 180100, Karshi, Mustakillik street, 225. Phone: (99875) 224-02-89, fax: (99875) 224-13-95, e-mail: kiei_info@edu.uz.)

Abstract of dissertation was sent 30.11.2021
(register of the distribution protocol № 8 from 29.11.2021)



G.N. Uzokov
Chairman of scientific council for awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

Kh.A. Davlonov
Scientific secretary of the scientific council for awarding scientific degrees, doctor of philosophy (PhD) of technical sciences

B. Urishev
Chairman of the scientific seminar under the scientific council for awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of Phd thesis)

The aim of the research work is to improve the reliability of power supply to low-power electricity consumers using alternative energy sources.

The tasks of the research:

assessment the potential of renewable energy sources in remote areas, based on the electricity needs of consumers in areas with low reliability of power supply and requirements for the reliability of power supply;

creation and development of a design methodology for a mechanical energy storage device for small electricity consumers;

development and installation of the most optimal infrastructure for a low-power hybrid power system, adapted to the climatic conditions of the Bukhara region;

development and calculation of an algorithm for determining the optimal value of the nominal power of the hybrid power system from the point of view of economic efficiency;

development of an effective control algorithm for a hybrid power system based on the energy flows generated by them;

development of the energy consumption diversification factor, which determines the reliability of the power supply of the hybrid power system;

application of the developed hybrid energy device and determination of its efficiency in order to increase the reliability of power supply to electricity consumers located in remote areas.

The object of the research is a power supply system for small electricity consumers, remote from the power grid.

Scientific novelty of the research work is as follows:

developed mechanical energy storage device to accumulate mechanical energy from low-potential wind and water flows using stretching of elastic materials to increase the reliability of power supply to low-power consumers;

an improved hybrid power system has been developed, consisting of a mechanical energy storage device, a wind power plant that effectively operates at low-speed wind flows, and a solar photovoltaic station;

developed an algorithm for calculating the optimal power values and sizes of energy sources included in the hybrid energy system based on the energy potential of renewable energy sources in the region;

developed an algorithm for managing the efficient use of electricity obtained on the basis of rational distribution of power flows of energy sources in a low-power hybrid power system;

for a more comprehensive and accurate assessment of the reliability of a hybrid power system, consisting of distributed energy sources, an equation is proposed to determine the coefficient of diversification of an energy source.

Implementation of the research results.

Based on the substantiation of the parameters of the results obtained, to improve the reliability of power supply to low-power consumers using alternative energy sources:

developed a program for calculating the optimal dimensions of mechanical storage elements and a copyright certificate for a computer program of the Intellectual Property Agency under the Ministry of Justice of the Republic of Uzbekistan was obtained (No. DGU 20202199., 10.02.21). As a result, it became possible to design a mechanical energy storage device for low-power electrical consumers, effectively operating in low-potential wind and water flows, with optimal structural dimensions

a hybrid energy system consisting of renewable energy sources was tested on an area 25 km from Bukhara (certificate of the Ministry of Water Resources of the Republic of Uzbekistan dated January 15, 2021, No. 04 / 20-148). As a result, it was found that the cost of a hybrid power plant consisting of renewable energy sources in this region is 3 times cheaper than using a traditional power grid;

developed hybrid energy system was introduced at the water distribution facility of the Toshrobot-Jilvon Irrigation systems department under the Amu-Bukhara Irrigation systems basin department (certificate of the Ministry of Water Resources of the Republic of Uzbekistan dated January 15, 2021, No. 04/20-148). As a result, the organization of an autonomous power supply system for the water distribution structure received an economic effect of 105 million soums per year by eliminating the cost of fuel and the construction of an power grid.

The structure and scope of the thesis. The structure and scope of the thesis. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a bibliography and annexes. The volume of the thesis is 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I-бўлим (I часть; part I)

1. Садуллаев Н.Н., Шобоев А.Х., Бозоров М.Б., Нематов Ш.Н. Построение "Интеллектуальной" микросети на основе обобщенного показателя эффективности системы электроснабжения. (Монография) —Т.: «Бухоро нашр», 2020,160 стр.
2. Мухамедханов У.Т., Нематов Ш.Н. Повышение энергоэффективности и надежности электроснабжения потребителей малой мощности // Развитие науки и технологий, 2019, №1, 104 –110 –С (05.00.00; №24).
3. Мухамедханов У.Т., Садуллаев Н.Н., Нематов Ш.Н. Электр таъминоти ишончилигини оширишда қўлланиладиган истиқболли энергия захиралагич қурилмалари таҳлили // «Фан ва технологиялар тараққиёти». 2020, №2, б. 98-105 (05.00.00; №24).
4. Садуллаев Н.Н., Шобоев А.Х., Нематов Ш.Н. Повышение эффективности работы возобновляемых источников в регионах слабыми потоками ветра // «Проблемы информатики и энергетики». №5-6, Ташкент-2015г. Тошкент, 2019. №4, б. 68-79 (05.00.00; №5).
5. Садуллаев Н.Н., Шобоев А.Х., Нематов Ш.Н. Ўзбекистон минтақасида кичик қувватли шамол генераторлари ишлаш самарадорлигини ошириш // «ТошДТУ хабарлари». Тошкент, 2016, №4, б. 80-83 (05.00.00; №16).
6. Нематов Ш.Н. Синхрон генераторнинг ANSYS MAXWELL дастуридаги таҳлили // «Фан ва технологиялар тараққиёти». Бухоро, 2017, №2, б. 16-22 (05.00.00; №24).
7. Нематов Ш.Н. Электр таъминоти ишончилигини оширишда электр энергия захиралагичларидан фойдаланиш // «Фан ва технологиялар тараққиёти». 2019, №2, б. 112-118 (05.00.00; №24).
8. Sadullaev N.N. Shoboev A., Nematov S.N. Monitoring of indicators of the power consumption with use of matrix model of system of electro supply of the enterprise. World wide journal of multidisciplinary research and development. India. 3 (2017) 76-80 (IF=4,25).
9. Нематов Ш.Н., Аббасов А.С. Электр таъминоти ишончилигини оширишда электр энергия захиралагичларидан фойдаланиш // «Фан ва технологиялар тараққиёти». 2016, №4, б. 43-48 (05.00.00; №24).
10. Sadullaev N.N., Mukhamedkhanov U.T., Nematov Sh.N., F.O. Sayliev. Increasing Energy Efficiency and Reliability of Electric Supply of Low Power Consumers. International Journal of Engineering Trends and Technology. Volume 68 Issue 12, 43-47, 2020. (Scopus IF=0,2).

II -бўлим (II часть; part II)

11. Sadullaev N.N., Bozorov M.B., Nematov S.N. Research of efficiency of functioning of system of electro supply of the enterprise by method multi-criterial analysis // “Journal of Electrical and Electronic System”. Volume 7, Issue 2, 2018. pp. 27-30.
12. Nematov Sh.N., Mukhamedkhanov U.T., Sadullaev N.N. Estimation of Hybrid Power Source Operation Efficiency Based on Generalized Indicators // «Chemical technology, control and management International scientific and technical journal». 2020, №5-6 (95-96), 33-38 pp
13. Нематов Ш.Н. Повышение надежности электроснабжения за счет использования микро-сетей малой мощности у потребителей в удаленных районах // «Материалы международной конференции «Инновационные пути решения актуальных проблем развития пищевой и нефтегазохимической промышленности». 3-том, 2020, 12-14 ноябрь, ст: 369-373.
14. N. Sadullaev and S. Nematov. Micro-grid Based Power Supply of Remote Consumers Located Away from the Centralized Power Grid // «2020 IEEE International Conference on Advent Trends in Multidisciplinary Research and Innovation (ICATMRI)», 2020, pp.1-6, doi: 10.1109/ICATMRI51801.2020.9398476.
15. Nasullo Sadullaev, Shukhrat Nematov, Mukhiba Gafurova. Increase the reliability of power supply by using mechanical energy storage devices for low-power consumers // E3S Web Conf. 288 01060 (2021), doi: 10.1051/e3sconf/202128801060
16. Садуллаев Н.Н., Нематов Ш.Н., Сафаров А.Б. Расчёт оптимальных размеров конструкции механического накопителя энергии // ЭХМ дастур DGU 20202199.
17. Sadullaev N.N., Shoboev A.H., Nematov S.N. Increase efficiency of renewable sources in regions with weak wind streams // «Scientific international conference RU & SU '15». Ruse University "Angel Kanchev", 10 October 2015, Ruse, Bulgaria. p 169-172.
18. Нематов Ш.Н. Кичик қувватли истеъмолчиларда электр энергия захиралаш курилмаларидан фойдаланиб электр таъминоти ишончлиги ошириш // «Олий таълим инновацион фаолияти ва фаол тадбиркорлик интеграцияси ривожланишининг муаммолари» илмий-амалий анжумани материаллари, II – том. Бухоро муҳандислик технология институти, 2019, б. 420 – 422.
19. Садуллаев Н.Н., Нематов Ш.Н. Определение коэффициент надежности электроснабжения потребителей // Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития инновационного сотрудничества в научных исследованиях и системе подготовке кадров». Бух МТИ, -Бухара. 2017, 154-156 с.
20. Садуллаев Н.Н., Шобоев А.Х., Нематов Ш.Н. Энергия тежаш бўйича лойиҳалар самарадорлигини соф дисконтланган фойда усулида аниқлаш // «Минтақа иқтисодиёти рақобатбардошлигини ошириш муаммолари ва ечимлари» республика илмий-амалий анжумани. Бухоро-2015.179—182 б.

Автореферат «Инновацион технологиялар» илмий журнали тахририятида тахрирдан ўтказилди ва унинг ўзбек, рус ва инглиз (резюме) тилларидаги матнлари мослиги текширилди (17.11.2021 й)

Босишга рухсат этилди: 18.11.2021 йил
Бичими 60x45 ¹/₈, «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи 2,8. Адади: 100.
Буюртма: № _____.

ҚарМИ «INTELLEKT» ташрети МИУ да чоп этилган.
Қарши шаҳри, Мустақиллик кўчаси, 225-уй.