

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет»

разработка «Исследование Диссертация локальных И базе электроэнергетических вертикально осевых систем на карусельного ветроэнергетических типа» выполнена установок Департаменте энергетических систем Политехнического института (Школы) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» (далее – ДВФУ).

В период подготовки диссертации соискатель Рахимов Фирдавс Мирзоумарович обучался в очной аспирантуре по направлению подготовки 13.06.01 — Электро — и теплотехника профиль «Теоретическая электротехника» с 2015 по 2019 годы в ДВФУ.

В 2016 году Рахимов Ф.М. начал свою преподавательскую деятельность – в должности ассистента кафедры электроэнергетики и электротехники. С 2019 по 2020 гг. занимал должность старшего преподавателя Департамента энергетических систем Политехнического института (Школы) ДВФУ.

Научный руководитель – Силин Николай Витальевич, доктор технических наук, работает в должности профессора Департамента энергетических систем Политехнического института (Школы) ДВФУ.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации.

Личный вклад автора заключается в выполнении основного объема исследований, изложенных в диссертационной работе, включая разработку математических моделей, выполнение численный расчетов, разработку и изготовление опытных образцов, постановку и проведение экспериментов, обработку и анализ полученных результатов.

Степень достоверности результатов проведенных исследований.

Достоверность полученных результатов обеспечивается корректностью применяемых математических моделей, строгой постановкой задач и соответствием полученных результатов с имеющимися в литературе результатами теории, численного моделирования и экспериментальными данными. Экспериментальные исследования проводились с использованием зарекомендовавших себя методов и современного научного оборудования, в том числе внесённого в реестры средств измерений РФ. Систематические и случайные погрешности экспериментов учтены с помощью классических методов статистической обработки данных. Достоверность полученных результатов подтверждена воспроизводимостью полученных данных. Полученные результаты согласуются с современными представлениями об изучаемых процессах, находятся в качественном и количественном соответствии с литературными данными по объектам исследований.

Научная новизна результатов исследования.

1 199 7 "

Научная новизна работы состоит в решении задачи оптимизации энергопотребления от локальной энергосистемы, предусматривающая учет неограниченного количества разнохарактерных источников возобновляемой электрической энергии, а также разработке конструкции ветрогенератора карусельного типа с вертикальной осью, включающей в себя использование одно, двух и многоярусных конструкции ветроколеса. Кроме того, проведена апробация работы экспериментальной ветроустановки в условиях городской среды. Показано, что эффективность использования ВЭУ в условиях

городской среды в большой степени зависит от обоснованного выбора места расположения установки с учетом высоты близлежащих зданий и направлений ветровых потоков. Доказана эффективность корректировки конструкции ветротурбины, в частности, путем изменения соотношения сторон ротора и размеров лопасти с целью увеличения коэффициента мощности. Изложен метод имитационного моделирования для исследования режимов работы вертикально - осевой ВЭУ. Получены достоверные результаты, позволяющие рассматривать режимы работы в широком диапазоне изменения скорости ветрового потока (от 1 м/с до 30м/с).

Практическая значимость исследования.

Результаты исследований и разработанные научно-технические решения по созданию локальных электроэнергетических систем с разнохарактерными источниками электроэнергии использованы для реализации долгосрочной программы освоения возобновляемых источников энергии в Республике Таджикистан. Разработанная ВЭУ с улучшенными энергетическими показателями может быть использована при создании локальных электроэнергетических систем, предназначенных для эксплуатации в экстремальных условиях для удаленных и труднодоступных районов (населенных пунктов) Республики Таджикистан.

Ценность научных работ соискателя.

Предложенные в работе модели и методы их анализа могут найти применение в дальнейших теоретических и численных исследованиях широкого класса задач теории локальных электроэнергетических систем. Результаты исследования ВЭУ с улучшенными энергетическими показателями могут быть использованы при создании локальных электроэнергетических систем, предназначенных для эксплуатации в экстремальных условиях для удаленных и труднодоступных районах (населенных пунктов) Республики Таджикистан. Ценность работ подтверждается публикациями в ведущих международных научных журналах и участием в крупнейших международных конференциях.

Полнота изложения материалов диссертации в статьях, опубликованных соискателем.

Основные положения и результаты диссертационного исследования опубликованы в 21 работах авторским объемом 4,25 п.л., в т.ч. 3 статей в научных периодических изданиях, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук:

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации:

Рахимов, Ф.М. Оптимизация энергопотребления на основе использования накопителя энергии [Текст] / Н.В. Коровкин, Н.В. Силин, Ф.М. Рахимов // Известия РАН. Энергетика. – 2019. - №4. – С. 27 – 41.

http://sciencejournals.ru/contents/izen/2019/izen4_19v0cont.pdf

Рахимов, Ф.М. К вопросу интеграции ветровых турбин с вертикальной осью в городскую среду [Текст] / Ф.М. Рахимов, Н.В. Силин, А.К. Киргизов, И. Толибзода // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. — 2018. — №4 (44). —С. 40–46.

http://vp-es.ttu.tj/userfiles/source 1552900643 Vestnik %E2%84%964 (44) S.1. - 2018-7.03.2019.pdf

3. Рахимов, Ф.М. Влияние соотношение сторон турбины вертикальноосевой ветроэнергетической установки на его производительность [Текст] / Ф.М. Рахимов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. — 2022. — №2 (58). —С. 21 - 31.

Патенты РФ:

- 4. Пат. 174578 Российская Федерация. МПК F03D 3/04(2006.01), F03D 7/06 (2006.01), F03D 9/25(2016.01) Мобильная ветроэнергоустановка/ Е.И. Кончаков, А.В. Таскин, Ф.М. Рахимов, Н.В. Силин; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» №2017103385 от 02.02.2017г. Бюл. №29 опубл. 20.10.2017г.
- 5. Пат. 184213 Российская Федерация. МПК F03D 3/04(2018.05) Ветроэнергетическая установка/ Н.В. Силин, Ф.М. Рахимов, А.В. Таскин;

- заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» №2018114126 от 18.04.2018г. Бюл. №29 опубл. 18.10.2018г.
- 6. Пат. 193227 Российская Федерация. МПК Е03В 15/02 (2006.01) Устройство для предотвращения образования льда на водной поверхности/ Н.В. Коровкин, Ф.М. Рахимов, Н.В. Силин, А.К. Киргизов; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» №2019125364 от 11.08.2019г. Бюл. №29 опубл. 17.10.2019г.
- 7. Пат. 193425 Российская Федерация. МПК G01M 13/00 (2006.01) Стенд для испытаний вертикальных лопастей / Н.В. Силин, М.А. Аврамцева, В.В. Уэно, В.С. Вейна, Ф.М. Рахимов, А.В. Таскин; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» №2019123145 от 23.07.2019г. Бюл. №31 опубл. 29.10.2019г.
- 8. Пат. 193703 Российская Федерация. МПК Е02В 15/02 (2006.01) Устройство для предотвращения образования льда на водной поверхности/ Н.В. Коровкин, Ф.М. Рахимов, Н.В. Силин; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» №2019125363 от 11.08.2019г. Бюл. №32 опубл. 11.11.2019г.
- 9. Пат. 208745 Российская Федерация. МПК F03D 5/00 (2006.01) Лопасть ветродвигателя/ Ф.М. Рахимов, Н.В. Силин, А.К. Киргизов; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» №2021122913 от 02.08.2021г. Бюл. №2 опубл. 11.01.2022г.

Публикации в других изданиях:

- 10. Рахимов, Ф.М. Исследование характеристик вертикально-осевой ветротурбины / Н.В. Силин, Ф.М. Рахимов // Актуальные вопросы фундаментальных и прикладных исследований. Сборник статей Всероссийской научной конференции. Владивосток, ДВФУ, 2019. с . 56-57.
- 11. Рахимов, Ф.М. Анализ эффективности внедрения вертикально осевых ветроэнергетических установок в частных домохозяйствах (на примере Приморского края) / Ф.М. Рахимов // Международная научно-

практическая конференция: «Развитие социального и научно-технического потенциала общества» сборник статей Международной научно-практической конференции 15 января 2018 г. г. Москва. [Электронный ресурс]— М.: Импульс, 2018. – с. 854-860. https://elibrary.ru/item.asp?id=32536577

- 12. Рахимов, Ф.М. Применение мобильных ветроустановок для энергообеспечения маломощных потребителей [Текст]/ Ф.М. Рахимов // Перспективные системы и задачи управления: материалы Тринадцатой Всероссийской научно-практической конференции и Девятой молодежной школы-семинара «Управление и обработка информации в технических системах» / Южный федеральный университет. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2018. —с. 270-272.
- 13. Рахимов, Ф.М. К вопросу использования ветроустановок в городской среде / Н.В. Силин, Ф.М. Рахимов // Наука и образование: сохраняя прошлое, создаём будущее. сборник статей XV Международной научно-практической конференции в 3 ч. .Ч 1. [Электронный ресурс]—Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». –2018. –с.39-43. https://elibrary.ru/item.asp?id=34894003
- 14. Рахимов, Ф.М. К вопросу создания виртуальной электростанции для повышения эффективности распределенных энергетических источников / Н.В. Силин, Ф.М. Рахимов // «Современные технологии и развитие политехнического образования» [Электронный ресурс]: международная научная конференция, ДВФУ,- Владивосток, 2016. с. 378-381.

https://www.dvfu.ru/upload/medialibrary/f6a/Сборник%202016 политех%20(1).pdf

15. Рахимов, Ф.М. К вопросу внедрения инновационных технологий smart grid в систему электроснабжения острова русский / Н.В. Силин, В.А. Кислюков, Н. Хасанзода, Е.П. Манаков, Ф.М. Рахимов // «Современные технологии и развитие политехнического образования» [Электронный ресурс]: международная научная конференция, ДВФУ,- Владивосток, 2016. с. 382-386.

https://www.dvfu.ru/upload/medialibrary/f6a/Сборник%202016 политех%20(1).pdf

16. Рахимов, Ф.М. К вопросу создания локальных энергетических установок на базе возобновляемых источников энергии / А.В. Таскин, Е.И. Кончаков, А.В. Герасименко, Ф.М. Рахимов, Н.В. Силин, Н. Хасанзода // «Современные технологии и развитие политехнического образования» [Электронный ресурс]: международная научная конференция, ДВФУ,-Владивосток, 2016. с. 391-393.

https://www.dvfu.ru/upload/medialibrary/f6a/Сборник%202016 политех%20(1).pdf

- 17. Рахимов, Ф.М. Вопросы комплексного использования возобновляемых источников энергии на локальных объектах / Н.В. Силин, Ф.М. Рахимов // «Наука, техника, промышленное производство: история, современное состояние, перспективы» [Электронный ресурс]: материалы региональной науч.-практ. конф. молодых ученых, ДВФУ,- Владивосток, 2016. с. 77-81.
- 18. Рахимов, Ф.М. Система мониторинга характеристик фотоэлектрических модулей с применением современных коммуникационных технологии / Н.В. Силин, Ф.М. Рахимов // Материалы Республиканской научно практической конференции Электроэнергетика, гидроэнергетика, надёжность и безопасность / Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими.-Душанбе: «Промэкспо». 2016. с. 232-236.
- 19. Рахимов, Ф.М. Ввод распределенной генерации в сеть для предоставления системных услуг [Текст] / С.Т. Исмаилов, Ф.М. Рахимов, А. Гуломзода // «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительство и энергетики» 11-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительство и энергетики/ Материалы конференции ТулГУ, -Тула, 2015. с. 362-367.
- 20. Рахимов, Ф.М. Эффективность использования солнечных фотоэлектрических панелей в условиях Таджикистана [Текст] / Л.С. Касобов, Ф.М. Рахимов // «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительство и энергетики» 10-я Международная

конференция по проблемам горной промышленности, строительство и энергетики/ Материалы конференции ТулГУ, -Тула, 2014. Т-2. с. 356-359.

21. Рахимов, Ф.М. Проблемы обеспечения надёжности электроснабжения города Душанбе и пути его решения [Текст] / Л.С. Касобов, Ф.М. Рахимов // Энергетика: Эффективность, надежность, безопасность: материалы трудов XIX Всероссийской научно-технической конференции / Томский политехнический университет, 4-6 декабря 2013 — Томск: ООО «Скан», 2013. Т. II. —с. 57-59

Основные результаты научно-исследовательской работы представлены на конференциях, симпозиумах и т.д. с указанием времени и места проведения.

-	Название	Место и время	Название доклада	Тип
	мероприятия	проведения		доклада
	практической	Россия, 19.09.2016 - 23.09.2016	Вопросы комплексного использования воз- обновляемых источников энергии на локальных объектах	Устный
	практической	Россия, 19.09.2016 - 23.09.2016	К вопросу создания локальных энергетических установок на базе возобновляемых источников энергии	Устный
	практической	Россия, 19.09.2016 - 23.09.2016	К вопросу внедрения инновационных технологий smart grid в систему электроснабжения острова русский	Устный
	технологии и	Россия, 23.12.2016	К вопросу использования ветроустановок в городской среде	Устный

			T	
	международная			
	научная конференция			
5	Перспективные	Ростов-на-Дону,	Применение	
	системы и задачи	Россия,	мобильных	
	управления:	03.04.2018	ветроустановок для	
	материалы		энергообеспечения	
	Тринадцатой		маломощных	
	Всероссийской		потребителей	
	научно-практической		Применение	
	конференции и		мобильных	Устный
	Девятой молодежной		ветроустановок для	
	школы-семинара		энергообеспечения	
	«Управление и		маломощных	
	обработка		потребителей	
	информации в			
	технических			
	системах»			
6	Международная	Москва,	Анализ	
	научно-практическая	Россия	эффективности	
	конференция:	15.01.2018	внедрения	
	«Развитие		вертикально – осевых	
	социального и		ветроэнергетических	Устный
	научно-технического		установок в частных	
	потенциала		домохозяйствах (на	
	общества»		примере	
			Приморского края)	

Соответствие содержания диссертации научной специальности (с указанием специальности и отрасли наук).

Научное исследование, выполненное в рамках диссертации, соответствует специальности 05.14.01 — «электроэнергетические системы и комплексы» (технические науки), в частности: пункту 1 «Разработка научных основ исследования общих свойств, создания и принципов функционирования энергетических систем и комплексов», пункту 2 « Исследование и разработка нетрадиционных источников энергии и новых технологий преобразования энергии в энергетических системах и комплексах», пункту 3 «Использование на этапе проектирования и в период эксплуатации методов математического моделирования с целью исследования и оптимизации структуры параметров

энергетических систем и комплексов и происходящих в системах энергетических процессов».

Соответствие диссертации п. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней».

Диссертация «Исследование и разработка локальных электроэнергетических систем на базе вертикально — осевых ветроэнергетических установок карусельного типа» включает новизну, цель и постановку задач, основные результаты которых представлены в научных статьях и докладывались на конференциях. Выполненная диссертация соответствует требованиям, установленным п. 9—14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней».

Диссертация «Исследование и разработка локальных электроэнергетических систем на базе вертикально — осевых ветроэнергетических установок карусельного типа» Рахимова Фирдавса Мирзоумаровича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 — «электроэнергетические системы и комплексы».

Заключение принято на расширенном заседании Департамента энергетических систем Политехнического института (Школы) ДВФУ,

Присутствовало на заседании 61 чел.

удостоверяю Начальник отдел

Результаты голосования: «за» — 61 чел., «против» — 0 чел., «воздержалось» — 0 чел., протокол №4 от 22 декабря 2022 г.

Директор Департамента энергетических систем

Штым К.А.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

заседания ученого совета энергетического факультета Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими

Диссертация на тему «Исследование и разработка локальных электроэнергетических систем на базе вертикально — осевых ветроэнергетических установок карусельного типа», выполнена на кафедре «Электрические станции» Энергетического факультета Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими Рахимовым Фирдавсом Мирзоумаровичем.

В 2005 г. Рахимов Фирдавс Мирзоумарович окончил специалитет Энергетического факультета Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими по направлению «Гидроэлектроэнергетика». В период подготовки диссертации с 2015 г. по 2019 г. проходил обучение в очной аспирантуре на кафедре «Электроэнергетики и электротехники» ФГБОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» (ДВФУ).

Сданы кандидатские минимумы. Диплом об окончании аспирантуры №4033731 серия 102524 от 16.07.2019г. выданной ФГБОУ ВО «ДВФУ», и удостоверение № 1063 о сдаче кандидатских экзаменов выдана «15» июня 2022 г. выданной ТТУ имени академика М.С. Осими.

Научный руководитель — Силин Николай Витальевич, доктор технических наук, работает в должности профессора Департамента энергетических систем Политехнического института (Школы) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» ДВФУ.

На заседании Ученого совета энергетического факультета присутствовали: Рахимзода Дж. Б. (к.т.н., доц. Декан Энергетического факультета), Вохидов М.М. (к.т.н., доц., зам. декан Энергетического факультета), Хасанзода Н. (к.т.н., доц. зам. декан Энергетического факультета), Бобозода Ш.А. (зам. декан Энергетического факультета), Исмоилов Ф.О. (зав. каф. «Электроснабжения», к.т.н., доц.), Балаев М.А. (к.т.н., доц.), Султонзода Ш.М. (зав. каф. «Электрические станции», к.т.н., доц.), Касобов Л.С. (к.т.н., доц.), Диёрзода Р.Х. (зав. каф. «АЭП и ЭМ», к.т.н., доц.) — второй рецензент по работе, Киргизов А.К. (зав. каф. «ТОР и Э», к.т.н., доц.), Мирзозода Б.М. (зав. каф. «РЗиАЭС», к.т.н., доц.), Тагоев С.А. (зав. каф. «Т и ТЭ», к.т.н., доц.), Нариддинов А. (зав. каф. «Физика», к.т.н., доц.), Ёдалиева З. Н. (к.т.н., доц.), Косимов У.У. (к.т.н., доц.), Абдурахмонов

А.Я. (к.т.н., доц.), Пирмадов М.Д. (к.т.н., доц.) и Давлатшоев Д. (к.т.н., доц.) – первый рецензент по работе,

Всего присутствовало 18 человек.

Соискателю были заданы следующие вопросы:

- 1) Тагоев С.А., к.т.н., доцент, заведующей кафедрой «Техника и энергетики тепла».
- Вы указали диапазон изменения скорости ветровых потоков от 1м/с до 30м/с чем это связано и встречаются ли в Республике Таджикистан ветровые потоки в данном диапазоне?
 - 2) Балаев М.А., к.т.н., доцент, кафедры «Электроснабжения».
- Вы в главе 4 рассматриваете вопрос об использовании ВЭУ карусельного типа в городской среде, была ли учтена шум издаваемой ВЭУ при работе в городской среде?
 - 3) Касобов Л.С., к.т.н., доцент, кафедры «Электрические станции».
- При анализе полученных результатов (экспериментальных и расчетных) какой математический метод был применен?
 - 4) Ахророва А.Д., д.э.н., профессор.
- на сегодняшний момент достаточно ли данных для оценки потенциала ветровых ресурсов по территории Республики Таджикистан?
- в один из пунктов новизны встречается термин «оптимизация энергопотребления» что это означает, или рассмотрено ли в вашей работе вопрос оптимизации энергопотребления потребителя?
 - 5) Саидзода X., к.т.н., доцент, кафедры «Электроснабжение».
 - Для проведения экспериментов, какой объект был выбран?
 - Какой срок окупаемости объекта.
- 6) Джураев Ш.Дж., к.т.н., доцент, кафедры «Электроэнергетики» филиала НИУ МЭИ в городе Душанбе.
 - В чем причина выбора вертикально осевого ВЭУ?

На заданные вопросы соискатель дал исчерпывающие ответы и пояснения. Мнение и замечания по итогам рецензирования диссертации высказали к.т.н. доцент. Давлатшоев Д. и к.т.н., доц. Диёрзода Р.Х. Мнения о докладе и предложения по его улучшению высказали доц. Киргизов А.К., Саидзода Х. и Балаев М. С заключительным словом выступил зав. каф. «Электрические станции» и ознакомил присутствующих с отзывом научного руководителя д.т.н. доц. Силина Н.В.

Рецензент от кафедры «АЭП и ЭМ» к.т.н. доцент Давлатшоев Д. зачитал проект заключения кафедры, составленного на основе обсуждения работы и выступлений участников заседания.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Личный вклад автора заключается:

Основные положения и результаты данной работы вынесенные на защиту, получены лично автором. Основные положения, а также анализ полученных результатов выполнен автором совместно с научным руководителем.

Актуальность и необходимость проведения исследований по теме диссертации. В настоящее время в электроэнергетической системе Республики Таджикистана основным источником электроэнергии являются гидроэлектростанции (ГЭС), доля которых составляет в общем энергобалансе 96% всех действующих электростанций. В зимний период изза жесткого дефицита воды выработка электроэнергии сокращается в десятки раз, а в отдельных случаях полностью прекращается. Поэтому актуальной задачей для развития экономики Республики Таджикистана является повышение надежности электроэнергетических систем (ЭЭС), а также поиск альтернативных источников для ослабления зависимости от одного энергоресурса.

Правительством Республики Таджикистан было принято Постановление № 795 (от 30.12.2015г.) «О Программе освоения возобновляемых источников энергии и строительства малых гидроэлектростанций на 2016-2020 гг.». Кроме того, для освоения энергии малых рек разработана и принята Правительством Долгосрочная Программа строительства малых гидроэлектростанций. Согласно этим документам особое внимание следует уделить изучению потенциалов возобновляемых источников и внедрению новой технологии на основе них для электроснабжения потребителей удаленных горных населенных пунктов республики. В настоящее время эти программы частично реализованы, на стадии рассмотрения находится новая программа.

До 2020 года в республике введено в эксплуатацию более 1300 МВт новых мощностей, из которого более 25 МВт приходятся на долю малых гидроэлектростанций (МГЭС). Изолированные малые - ГЭС составляют основу локальных электроэнергетических систем, обеспечивающих электроснабжение потребителей в удаленных и труднодоступных районах. Надежность и бесперебойность обеспечения потребителей электроэнергией от таких источников в большой степени зависит от наличия водных ресурсов. Дефицит воды в период с октября по март приводит к снижению выработки электроэнергии на 60% и более, а в отдельных случаях и вовсе прекращается.

Одним из путей решения данной проблемы состоит в создании локальных электроэнергетических систем, состоящих из МГЭС и ветроэнергетических установок (ВЭУ). Ветроэнергетический потенциал Таджикистана достаточно большой и занимает второе место после гидроресурсов. В то же время совместное использование МГЭС и ВЭУ приводит к усложнению решаемых задач по эффективности и оптимизации их совместной эксплуатации в виду разнохарактерности первичных ресурсов.

Для получения надежной локальной электроэнергетической системы бесперебойного питания нагрузки необходима эффективная оптимизация. Оптимальное планирование с использованием научно-обоснованных стратегий может преодолеть непостоянство потребления и генерации, а также колебания спроса, вызванные изменением численности населения. Разрабатываемые стратегии должны учитывать наихудший сценарий возобновляемой генерации и потребления нагрузки для создания

оптимальных мощностей. Благодаря надежности этих методов спроектированная система может обеспечивать нагрузку в дни с меньшей выработкой возобновляемых источников энергии и более высокими колебаниями нагрузки.

Решение данных проблем является актуальной задачей и связано с оптимизацией процессов преобразования, распределения, регулирования в подобных электроэнергетических системах.

Большого внимания требуют также вопросы разработки и создания ветровых энергетических установок, предназначенных для экстремальных условий эксплуатаций обладающими достаточно надежными энергетическими характеристиками. Эффективное решение подобных задач в основном связано с использованием методов физического и математического моделирования.

Степень разработанности темы. Проблемам математической интерпретации процессов преобразования, распределения, регулирования в электротехнических и электроэнергетических системах, посвящены работы К.С. Демирчяна, Л.Р. Неймана, Н.В. Коровкина, Л.А. Бессонова, В.А. Веникова, Л.Д. Рожкова, Д.А. Арзамасцева, Н.И. Воропая, Ю.Б. Гука и др.

Вопросы оптимизации систем на базе ВИЭ отражены в работах российских и зарубежных ученых: В.П. Харитонова, П.П. Безруких, В.В. Елистратова, В.И. Виссарионова, О.С. Поппеля, Б.В. Лукутина, С.Н. Удалова, В.З. Манусова, С.Г. Обухова, А.К. Киргизова, Ф.О. Исмоилова, К. Роре, G.F. Naterer, S. Eriksson, и др.

Объектами исследования диссертационной работы являются локальные электроэнергетические системы на базе возобновляемых источников энергии, в том числе локальные энергосистемы на основе МГЭС.

Предмет исследования: повышение эффективности функционирования локальных электроэнергетических систем на базе возобновляемых источников энергии за счет их комплексного использования.

Отрасль исследования. Энергетика, электротехника и возобновляемые источников энергии.

Достоверность полученных в диссертации результаты обеспечивались использованием апробированных методов исследования, сопоставлением полученных теоретических результатов с экспериментальными данными и с результатами известных работ.

Цель диссертационной работы является - создания научнообоснованной теории оптимизации режимов работы разнохарактерных генерирующих источников в локальных электроэнергетических системах и разработке технических решений по повышению эффективности ветроэнергетических установок.

Задачи исследований. Для достижения поставленной цели в данной диссертационной работе необходимо решить следующие задачи:

- 1. Обобщить и проанализировать информацию о современном состоянии электроэнергетики на территории Республики Таджикистан, а также существующих способов и средств повышения их энергетической эффективности, ослабления зависимости удаленных населенных пунктов от наличия водных ресурсов.
- 2. Разработать метод оптимизации состава локальной электроэнергетической системы с учетом неограниченного количества разнохарактерных источников возобновляемой электрической энергии и накопителей энергии.
- 3. Разработать расчетную математическую модель локальной электроэнергетической системы на основе МГЭС, ВЭУ и накопителя энергии для оценки и анализа эффективного управления активной нагрузкой в условиях жесткого дефицита воды.
- 4. Исследовать влияние ветроэнергетической установки на режим работы локальной электроэнергетической системы и изменение конфигурации графиков нагрузки потребителей (или групп потребителей) активной мощности.
- 5. Провести комплексное исследование по физическому и математическому моделированию режимов работы ветровых энергетических установок, анализ её влияния на работу локальной электроэнергетической системы и на основе полученных результатов разработать рекомендации по практическому применению;
- 6. Разработать и запатентовать конструкцию ветровой установки многолопастного типа, имеющую улучшенные показатели по стартовому моменту, коэффициенту использования ветра, устойчивости работы конструкции при работе в условиях турбулентности, а также обеспечивающей снижение затрат на обслуживание.
- 7. Провести технико-экономическое обоснование применения локальных электроэнергетических систем, состоящих из МГЭС и ВЭУ для электроснабжения удаленных потребителей.

Новизна полеченных в диссертации и научных результатов заключается в том, что, впервые:

- 1. Решена задача оптимизации энергопотребления от локальной энергосистемы, предусматривающая учет неограниченного количества разнохарактерных источников возобновляемой электрической энергии, таких как малые гидроэлектростанции, ветроустановки, солнечные батареи, биоустановки с накопителями различного типа.
- 2. Разработана методика повышения эффективности работы малых ГЭС в условиях жесткого дефицита воды, предусматривающая подключение к сети ветрогенератора и нагрузки, разделённой на две части: строго заданную и вариативную, изменяемую в целях оптимизации.
- 3. *Разработана* конструкция ВЭУ карусельного типа с вертикальной осью, включающая в себя использование одно, двух и многоярусных конструкции ветроколеса.

4. Доказана эффективность корректировки конструкции ветротурбины, в частности, путем изменения соотношения сторон ротора и размеров лопасти с целью увеличения коэффициента мощности. Получены достоверные результаты, позволяющие рассматривать режимы работы в широком диапазоне изменения скорости ветрового потока (от 1 м/с до 30м/с).

Практическая значимость и реализация результатов.

Результаты исследований и разработанные научно-технические решения по созданию локальных электроэнергетических систем с разнохарактерными источниками электроэнергии использованы для реализации долгосрочной программы освоения возобновляемых источников энергии в Республике Таджикистан. Разработанная ВЭУ с улучшенными энергетическими показателями может быть использована при создании локальных электроэнергетических систем, предназначенных для эксплуатации в экстремальных условиях для удаленных и труднодоступных районов (населенных пунктов) Республики Таджикистан.

Ценность научных работ соискателя.

Предложенные в работе модели и методы их анализа могут найти применение в дальнейших теоретических и численных исследованиях широкого класса задач теории локальных электроэнергетических систем. Результаты исследования ВЭУ с улучшенными энергетическими показателями может быть использовано при создании локальных электроэнергетических систем, предназначенных для эксплуатации в экстремальных условиях для удаленных и труднодоступных районов (населенных пунктов) Республики Таджикистан. Ценность работ подтверждается публикациями в ведущих международных научных журналах и участием в крупнейших международных конференциях.

Методы исследования. При решении поставленных задач применяются методы теоретической электротехники, метод минимизации линейной функции при линейных ограничениях в виде равенств и неравенств (симплекс-метод), методы математического моделирования, программный пакет MATLAB/Simulink, методы физического моделирования.

Основные положения, выносимые на защиту:

- 1. Пути решения проблем обеспечения электроснабжением потребителей в удаленных районах Таджикистана.
- 2. Принципы создания локальных энергетических систем на базе использования разнохарактерных источников энергии.
- 3. Структура и принцип реализации экспериментального образца вертикально осевой ВЭУ с двухъярусным ротором.
- 4. Алгоритм корректировки конструкции ветротурбины, в частности, путем изменения соотношения сторон ротора и размеров лопасти с целью увеличения коэффициента мощности.
- 5. Результаты теоретических и экспериментальных исследований режимов работы вертикально-осевой ВЭУ карусельного типа в составе ЛЭС.

Апробации работы. Основные положения и результаты диссертационного исследования опубликованы в 21 работах авторским

- объемом 4,25 п.л., в т.ч. 3 статей в научных периодических изданиях, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук. К наиболее значимым работам можно отнести:
- 1. **Рахимов, Ф.М.** Оптимизация энергопотребления на основе использования накопителя энергии [Текст] / Н.В. Коровкин, Н.В. Силин, Ф.М. Рахимов // Известия РАН. Энергетика. 2019. №4. С. 27 41.
- 2. **Рахимов, Ф.М.** К вопросу интеграции ветровых турбин с вертикальной осью в городскую среду [Текст] / Ф.М. Рахимов, Н.В. Силин, А.К. Киргизов, И. Толибзода // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2018. №4 (44). —С. 40–46.
- 3. **Рахимов, Ф.М.** Влияние соотношение сторон турбины вертикальноосевой ветроэнергетической установки на его производительность [Текст] / Ф.М. Рахимов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2022. №2 (58). —С. 21 31.

Патенты РФ:

- 4. Пат. 174578 Российская Федерация. МПК F03D 3/04(2006.01), F03D 7/06 (2006.01), F03D 9/25(2016.01) Мобильная ветроэнергоустановка/ Е.И. Кончаков, А.В. Таскин, Ф.М. Рахимов, Н.В. Силин; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» №2017103385 от 02.02.2017г. Бюл. №29 опубл. 20.10.2017г.
- 5. Пат. 184213 Российская Федерация. МПК F03D 3/04(2018.05) Ветроэнергетическая установка/ Н.В. Силин, Ф.М. Рахимов, А.В. Таскин; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» №2018114126 от 18.04.2018г. Бюл. №29 опубл. 18.10.2018г.
- 6. Пат. 193227 Российская Федерация. МПК Е03В 15/02 (2006.01) Устройство для предотвращения образования льда на водной поверхности/ Н.В. Коровкин, Ф.М. Рахимов, Н.В. Силин, А.К. Киргизов; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» №2019125364 от 11.08.2019г. Бюл. №29 опубл. 17.10.2019г.
- 7. Пат. 193425 Российская Федерация. МПК G01M 13/00 (2006.01) Стенд для испытаний вертикальных лопастей / Н.В. Силин, М.А. Аврамцева, В.В. Уэно, В.С. Вейна, Ф.М. Рахимов, А.В. Таскин; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» №2019123145 от 23.07.2019г. Бюл. №31 опубл. 29.10.2019г.
- 8. Пат. 193703 Российская Федерация. МПК Е02В 15/02 (2006.01) Устройство для предотвращения образования льда на водной поверхности/ Н.В. Коровкин, Ф.М. Рахимов, Н.В. Силин; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» №2019125363 от 11.08.2019г. Бюл. №32 опубл. 11.11.2019г.
- 9. Пат. 208745 Российская Федерация. МПК F03D 5/00 (2006.01) Лопасть ветродвигателя/ **Ф.М. Рахимов**, Н.В. Силин, А.К. Киргизов; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» №2021122913 от 02.08.2021г. Бюл. №2 опубл. 11.01.2022г.

Основные научные результаты диссертационной работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях.

Постановили:

Диссертация соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Республики Таджикистан «О порядке присуждения ученых степеней» № 267 от 30 июня 2021 года.

Представленная соискателем Рахимовым Фирдавсом Мирзоумаровичем диссертационная работа является законченной научно – квалифицированной работой и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 «Энергетические системы и комплексы». По уровню решения поставленных задач, содержанию и оформлению работа отвечает требованиям, предъявляемым ВАК РТ к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Заключение принято на заседании Ученого совета Энергетического факультета Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими. На заседании присутствовали 17 чел. Результаты голосования: «за» - 17 чел. (заключение принято единогласно), «против» - 0, «воздержались» - 0, протокол № 7 от 05 января 2023г.

Председатель заседания,

Ученный секретарь заседания,

Независимые рецензенты: к.т.н. доцент кафедры «Электрические станции» Таджикского технического университета им. академика М.С. Осими

им. академика М.С. Осими

Доссова Давлатшоев Д.

к.т.н., зав. кафедры
«Автоматизированные электроприводы
и электрические машины»
Таджикского технического
университета им.
академика М.С. Осими

Диёрзода Р.Х.

Дж.Б. Рахимзода

Ш.А. Бобозода

Подписы: к.т.н. Рахимзода Дж.Б., Бобозода И. к.т.н. Давлатшоев Д.Д. и к.т.н. Диёрзода Р. К. Начальник отдела кадров и специальных работ

Шарипова Д.А.