

ОТЗЫВ

официального оппонента – на диссертационную работу
Рахимова Фирдавса Мирзоумаровича **«Исследование и разработка
локальных электроэнергетических систем на базе вертикально –
осевых ветроэнергетических установок карусельного типа»**,
представленную к защите на соискание ученой степени
кандидата технических наук
по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы

Актуальность темы диссертации

Для обеспечения бесперебойного и надежного электроснабжения в настоящее время все больше внимания уделяется изучению потенциалов возобновляемых источников и внедрению на их основе новых технологий, в частности, для электроснабжения потребителей удаленных и изолированных объектов. Общее состояние локальных электроэнергетических систем во многом определяется положением дел в доступности первичных ресурсов. В настоящее время энергетическая отрасль Республика Таджикистана развивается большими темпами. Задача повышения качества жизни населения по всей территории Республики является приоритетным направлением. Результатом реализации поставленных задач является обеспечение доступа к экологически чистой энергии, в частности, электрической энергии от возобновляемых источников.

Одним из путей развития энергосистемы Таджикистана является создание локальных электроэнергетических систем, состоящих из малых ГЭС (мГЭС) и ветроэнергетических установок (ВЭУ). Для получения надежной локальной электроэнергетической системы бесперебойного питания нагрузки необходима её оптимизация. Оптимальное планирование с использованием научно-обоснованных решений поможет повысить надежность и эффективность генерации, а также учесть колебания спроса, вызванные изменением численности населения. Вышесказанное подтверждает актуальность проведенного диссертационного исследования.

Научная новизна

Научная новизна результатов работы определяется тем, что Рахимовым Ф.М. в его диссертации:

1. Решена задача оптимизации энергопотребления от локальной

энергосистемы, предусматривающая учет неограниченного количества разнохарактерных источников возобновляемой энергии;

2. Разработана методика повышения эффективности работы мГЭС 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 конструкций ветроколеса. Доказана эффективность корректировки конструкции ветротурбины, в частности, путем изменения соотношения сторон ротора и размеров лопасти с целью увеличения коэффициента использования установленной мощности.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается применением профессиональных алгоритмов оптимизации, стандартных программных сред, совпадением теоретических и экспериментальных результатов с данными других исследователей.

Научная и практическая значимость полученных результатов

Результаты теоретических исследований по оптимизации локальных электроэнергетических систем с разнохарактерными источниками электроэнергии, а также запатентованные и созданные ветроэнергетические установки могут быть использованы для реализации долгосрочной программы освоения возобновляемых источников энергии в Республике Таджикистан.

Практическая значимость работы определяется также возможностью внедрения в учебный процесс по дисциплинам, связанным разработкой и созданием систем электроснабжения на базе возобновляемых источников энергии.

Публикации и апробация работы

Основные результаты диссертации отражены в 21 печатной работе, среди которых 3 публикации в изданиях, рекомендованных ВАК, 6 патентов. Апробация работы проводилась на всероссийских и международных научных конференциях.

Анализ содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка, включающего 135 наименований использованных источников. Текст диссертации имеет общий объем 165 страниц машинописного текста, содержит 12 таблиц, 60 иллюстраций.

Во **введении** указаны актуальность работы, её научная новизна, теоретическая и практическая значимость, диссертационного исследования.

В **первой главе** обсуждается актуальность работы, личный вклад автора, обоснована актуальность выбранных направлений исследования, проанализированы литературные источники по поставленным направлениям исследования, рассмотрены существующие способы решения поставленных задач, даны оценки их достоинств и недостатков, представлена цель работы, поставлены задачи исследования.

Во **второй главе** исследованы модели локальной электроэнергетической системы, включающей мГЭС и ВЭУ. Показано, что при решении задачи оптимизации (минимизации и/или максимизации показателей) при комбинированном применении ВИЭ целесообразно применять математические модели, основанные на методах линейного программирования и генетического алгоритма. При разнородности источников (например, применение мГЭС и ВЭУ) большое внимание следует также уделять решению задачи оптимального управления режимами генерации и потребления электроэнергии нагрузкой для обеспечения балансов энергии и мощности. Предложена методика моделирования процессов в локальной электроэнергетической установке, включающей в себя мГЭС и ВЭУ, предусматривающая представление мощности нагрузки как сумму строго заданной и вариативной частей, из которых только последняя может изменяться при решении задачи оптимизации. Получены решения задачи оптимизации одноуровневого локального источника электроснабжения для поселка Басид, позволяющие для усредненного графика ветровой активности и минимальной мощности мГЭС выбирать мощность накопителя энергии.

В **третьей главе** представлены результаты разработки и моделирования устройств локальной энергосистемы, в частности, разработка и исследование вертикально-осевой ветроэнергетической установки

карусельного типа. На основе анализа существующих типов конструкций предложена новая конструкция вертикально осевой ветроэнергетической установки карусельного типа. Представлен алгоритм, позволяющий оптимизировать соотношение сторон ветроколеса с целью повышения эффективности установки. В заключительной части главы выполнена сравнительная оценка основных показателей разработанной конструкции.

Четвертая глава структурно представлена тремя разделами. В **первом разделе** четвертой главы даётся количественная оценка ветропотенциала городской среды. Отмечено, что для количественной оценки ветропотенциала городской среды целесообразно использовать как природные и антропогенные показатели, так и такие понятия, как плотность шероховатости, интенсивность турбулентных потоков и др. Все эти показатели косвенно или напрямую позволяют оценить производительность турбины ВЭУ. С повышением высоты здания коэффициент усиления ветра увеличивается для зданий квадратной формы до 25 – 30% , а круглой формы - до 40%. Данные исследования соискателя показали, что энергетический потенциал ветра между проходами здания можно использовать с помощью небольших ветровых турбин для производства энергии. Во **втором разделе** четвертой главы изложен подход к оценке надежности локальной электроэнергетической системы на базе мГЭС и ВЭУ. Отмечено, что для осуществления электроснабжения удаленных объектов от локальных электроэнергетических систем автономный источник электропитания должен иметь коэффициент готовности не ниже 0,99. Автор показал, что коэффициент готовности локального источника электроснабжения, включающего в себя мГЭС и ВЭУ равен 0,987, а это близко к значению 0,99, что можно отнести к надежным источникам электроснабжения. **Третья часть** четвертой главы посвящена оценке технико-экономических преимуществ ветровой энергии для электроснабжения удаленных потребителей Республики Таджикистан. По результатам наблюдений среднегодовой скорости ветра на 40% площади Таджикистана имеется возможность использования ветроэнергетических установок. Автор приводит в качестве примера оценку потенциала использования энергии ветра в селе Басид, доказывається целесообразность использования исследуемых локальных источников электроэнергии.

Выводы и заключения обоснованы и соответствуют содержаниям глав диссертации и научным публикациям.

Замечания

1. В паспорте специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы отмечены актуальные области исследований электротехнических комплексов и систем, отображающие широкий спектр направлений исследований. В связи с этим автору следовало бы более конкретно отразить связь тематики исследований и результатов работы с областями исследований, перечисленными в паспорте специальности.

2. Во второй главе диссертационной работы соискателем получены решения задачи оптимизации (минимизации и/или максимизации показателей) при комбинированном применении ВИЭ, основанные на применении математических моделей, основанных на методах линейного программирования и генетического алгоритма. Не представлен сравнительный анализ эффективности использования других оптимизационных алгоритмов.

3. В главе 3 на странице 104 указано, что полученные зависимости развиваемой мощности вертикально-осевой ВЭУ карусельного типа при различных значениях P_{load} изображены на рисунке 3.31. В диссертации рисунок под номером 3.31. отсутствует. Указывается, что при сравнении полученных результатов имитационного компьютерного моделирования с экспериментальными данными их сходимость составила 92%.

Как определялась величина сходимости, составляющая 92%.

4. В выводах третьей главы диссертации приводятся данные, указывающие на рост значений таких показателей, как:

- стартовый момент – на 5 %,
- коэффициент использования ветра – на 2 %,
- снижение затрат на обслуживание – на 15%.
- уменьшение длины лопастей – на 8 %.

Однако не приведены оценки или расчет погрешностей, что может нивелировать все «достижения» до нуля.

5. Исследование автора посвящено, в основном, ветроэнергетике. Однако, ни в автореферате, ни в библиографическом списке не приведены ссылки на работы самых известных в области ветроэнергетики специалистов РФ: д.т.н. Николаева В.Г. (Москва) и д.т.н. Соломина Е.В. (Челябинск).

6. В заключении не представлены перспективы продолжения работы и внедрения результатов в энергосистемах Таджикистана.

В диссертации и автореферате встречаются отдельные технические, орфографические и стилистические ошибки. Однако, вышеприведенные замечания и существующие технические недостатки не уменьшают научную и практическую значимость полученных в работе результатов.

Заключение

Диссертация Рахимова Фирдавса Мирзоумаровича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научно-техническом уровне, представляющей собой завершённое исследование на конкретную актуальную тему. Выводы и предложения аргументированы, полученные результаты новые и достоверные.

Содержание диссертационной работы и автореферата соответствует паспорту научной специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Рахимова Фирдавса Мирзоумаровича «Исследование и разработка локальных электроэнергетических систем на базе вертикально – осевых ветроэнергетических установок карусельного типа» удовлетворяет требования «Положения о присуждении учёных степеней» ВАК при Президенте Республики Таджикистан к кандидатским диссертациям, а её автор Рахимов Фирдавс Мирзоумарович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы.

Официальный оппонент
доктор технических наук, доцент,
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный
университет им. первого Президента России
Б.Н. Ельцина»

v.i.velkin@urfu.ru тел. +7 9221046248



Велькин В.И.

Подпись д.т.н., Велькина В.И. заверяю:
Ученый секретарь ученого совета УрФУ

Морозова В.А



ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук **Юлдашева Зарифджана Шарифовича** на диссертационную работу **Рахимова Фирдавса Мирзоумаровича «ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ЛОКАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА БАЗЕ ВЕРТИКАЛЬНО– ОСЕВЫХ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК КАРУСЕЛЬНОГО ТИПА»**, представленную в диссертационный совет 6D.KOA-049 при Таджикском техническом университете имени академика М.С. Осими к публичной защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы

1. Актуальность темы диссертации

В период независимости Республики Таджикистан до 2021 года введено в эксплуатацию более 1300 МВт новых мощностей, из которых более 25 МВт приходятся на долю малых гидравлических электрических станций (МГЭС). Изолированные МГЭС 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.

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 поможет 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 энергии из возобновляемых источников и более высокими колебаниями нагрузки. Решение данных проблем путем моделирования 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 эксплуатации, обладающими достаточно надежными энергетическими характеристиками. Эффективное решение подобных задач в основном связано с использованием методов физического и математического моделирования.

2. Оценка содержания диссертации, ее завершенности в целом

Работа написана по общепринятой схеме и состоит из введения; четырех глав; заключения, содержащего общие выводы; списка использованной литературы; списка сокращений и условных обозначений; приложений. Она изложена на 165 страницах, содержит 144 страниц основного текста с 60 рисунками и 12 таблицами, список использованной литературы насчитывает 135 наименований, в том числе 16 на иностранных языках. Каждая глава заканчивается краткими выводами.

В приложениях размещены обобщенная карта продолжительности солнечной радиации в различных районах Республики Таджикистан, среднегодовая скорость ветра по территории Таджикистана, паспортные данные серийно выпускаемых ВЭУ малой мощности, коэффициенты использования энергии ветра, зависимость выходной мощности ВЭУ от изменения скорости ветрового потока, копии патентов на полезную модель, акт внедрения результатов диссертационной работы.

Основные выводы и предложения по рассматриваемым в диссертации вопросам нашли отражение в 21 печатной работе, из которых: 3 статьи опубликованы в журналах из перечня ВАК при Президенте Республики Таджикистан, 6 патентов на изобретения и 2 прочих статьях, что соответствует критериям, обозначенным в Положении о присуждении учёных степеней.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

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

Предметом исследования является повышение эффективности функционирования локальных энергосистем на базе возобновляемых источников энергии за счет их комплексного использования.

Целью диссертационной работы Рахимова Ф.М. состоит в научно-обоснованной теории оптимизации режимов работы разнохарактерных

генерирующих источников в локальных электроэнергетических системах и разработке технических решений по повышению эффективности ветроэнергетических установок.

Задачи исследований:

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 энергопотребления от локальной энергосистемы, предусматривающая учет неограниченного количества разнохарактерных источников возобновляемой электрической 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, выполнить анализ их 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, для электроснабжения в городской среде.

Методы исследования. Автором при решении поставленных задач применялись 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.

Научная новизна работы состоит в следующем:

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 30 м/с).

Практическая ценность работы:

1. Результаты исследований и разработанные научно-технические решения по созданию локальных электроэнергетических систем с разнохарактерными источниками электроэнергии могут быть использованы для реализации долгосрочной программы освоения возобновляемых источников энергии в Республике Таджикистан.

2. 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.

3. Материалы диссертационной работы внедрены в учебный процесс департамента электроэнергетики и электротехники ДВФУ при обеспечении дисциплины «Основы проектной деятельности» и на каф. «Электрические станции» ТТУ имени академика М.С. Осими.

4. Результаты диссертационной работы использованы при создании экспериментальной установки локальной электроэнергетической системы на базе ветрогенератора на кафедре электроэнергетики и электротехники ДВФУ, а также на кафедре электрические станции ТТУ имени академика М.С. Осими.

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.

В первой главе проведен анализ современного состояния и проблем электроснабжения потребителей от локальных электроэнергетических систем. Локальные электроэнергетические системы электроснабжения известны давно, но после появления генерирующих установок большой мощности и последующего объединения они уступили свое место централизованным энергетическим сетям. Однако в последние время наблюдается рост их числа.

Изложены основные требования, предъявляемые к локальным системам электроснабжений на базе ВИЭ. Отмечено, что они определяются в основном спецификой вида используемого источника и потребителями электроэнергии, которые имеют стохастический характер, приводится классификация локальных электроэнергетических систем электроснабжения с использованием источников малой генерации.

Даны предложения по использованию наиболее доступных возобновляемых источников энергии в локальных электроэнергетических системах республики для повышения их эффективности.

Во второй главе приведены результаты математического моделирования локальной электроэнергетической системы с МГЭС и ВЭУ карусельного типа.

При решении задачи комбинированного применения ВИЭ возникает необходимость рассматривать несколько критериев оптимизации (минимизации и/или максимизации показателей), для определения которых можно применить математические модели основанные, например, на решении задач линейного программирования и генетического алгоритма.

Также представлены результаты исследования по обеспечению надежной работы локальной энергосистемы при минимальной зависимости от первичного источника путем вовлечения в энергобаланс других источников. На первом этапе решена задача оптимизации выработки

электроэнергии путем моделирования автономной энергосистемы с обязательным учетом заданной и вариативной частей мощности нагрузки путем использования генетического алгоритма и метода минимизации линейной функции при линейных ограничениях в виде равенств и неравенств (симплекс метод). Преимуществом является полный учет неограниченного количества разнохарактерных источников возобновляемой электрической энергии.

Глава 3 посвящена разработке и моделированию устройств локальной энергосистемы, в частности, ветроэнергетической установки многолопастного типа. Приведена постановка задачи для разработки ВЭУ карусельного типа, отвечающего условиям Республики Таджикистан. Получение максимальной энергии в ВЭУ в большой степени зависит от оптимальной конструкции и рациональной формы конструктивных элементов.

Проведен сравнительный анализ действующих конструкций ВЭУ многолопастного типа. Коэффициент полезного действия (КПД) ВЭУ в первую очередь определяется взаимодействием ветрового потока с лопастями ветроколеса. Правильно выбранные форма и типы лопастей, а также углы их установки по отношению к направлению потока могут, существенно уменьшить потери мощности и степень влияния непродуктивных углов.

Также приведена разработанная конструкция вертикально осевого ВЭУ многолопастного типа для локальных источников электроснабжения, приведены результаты расчетных и экспериментальных исследований энергетических характеристик ВЭУ с учетом коэффициента соотношения сторон, для этого разработан алгоритм расчета параметров ВЭУ с вертикальной осью вращения.

Автором разработана имитационная компьютерная модель работы вертикально осевой ветроэнергетической установки в среде MatLab, для чего была предложена функциональная схема имитационной модели, а потом разработана сама модель.

Автор приводит описание разработанного стенда для испытания лопастей вертикально осевых ВЭУ и результаты экспериментальных исследований работы вертикально осевой ВЭУ карусельного типа.

В четвертой главе представлены результаты технико-экономического описания эффективности использования локальной электроэнергетической системы для городской среды.

Автором дана количественная оценка ветропотенциала городской среды, для количественной оценки ветропотенциала городской среды целесообразно использовать как природные и антропогенные показатели, так

и такие понятия, как плотность шероховатости, интенсивность турбулентных потоков и др. Отмечается, что эти показатели напрямую или косвенно позволяют оценить производительность турбины.

Обоснована надежность локальной электроэнергетической системы на основе ВИЭ и показаны технико-экономические преимущества ветровой энергии для электроснабжения удаленных потребителей Республики Таджикистан.

3. Достоверность и новизна каждого основного вывода или результата диссертации

Обоснованность и достоверность большинства научных положений и выводов, сделанных по результатам теоретических и экспериментальных исследований обусловлены методически правильной постановкой задач, применением эффективных методов научного исследования и соответствующих объективных критериев оценки результатов.

Выводы и результаты, полученные при выполнении работы, апробированы на конференциях.

Выводы в основном носят конкретный достоверный характер, соответствуют поставленным целям и задачам и раскрывают тему и результаты научных исследований.

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований автором сформулированы следующие выводы:

Первый вывод посвящен анализу современного состояния электроэнергетики на территории Республики Таджикистан, а также существующих способов и средств повышения их энергетической эффективности. В результате обобщения данных показано, что в настоящее время надежность и эффективность электроснабжения удаленных районов на территории Республики Таджикистан является актуальной проблемой.

Вывод является постановочным, конкретным и достоверным.

Второй вывод посвящен разработке метода оптимизации энергопотребления от локальной энергосистемы, предусматривающий учет неограниченного количества разнохарактерных источников возобновляемой электрической энергии. Строгая математическая постановка и решение задачи по оптимизации энергопотребления позволит разрабатывать системы эффективного электроснабжения для конкретных условий удаленных районов.

Вывод является постановочным, конкретным и достоверным.

Третий вывод посвящен разработке математической модели локальной электроэнергетической системы на основе МГЭС, ВЭУ и накопителя энергии для оценки и анализа эффективного управления

активной нагрузкой в условиях жесткого дефицита воды. Исследование данной структуры локальной электроэнергетической системы путем разделения мощности нагрузки на строго заданную и вариативную часть показало целесообразность её применения при решении задачи повышения эффективности работы малых ГЭС в условиях жесткого дефицита воды.

Вывод является новым и достоверным.

В четвертом выводе приведены результаты исследования влияние ветроэнергетической установки на режим работы локальной электроэнергетической системы в условиях изменения конфигурации графиков нагрузки потребителей активной мощности с помощью методов математического моделирования. В результате разработаны рекомендации по практическому применению ВЭУ.

В пятом выводе предложены и запатентованы новые конструкции ветровой установки многолопастного типа. Разработанные конструкции ВЭУ карусельного типа с вертикальной осью, включающие в себя использование одно, двух и многоярусных конструкции ветроколеса, а также технические решения позволяют существенно улучшить показатели по стартовому моменту, коэффициенту использования ветра, устойчивости работы конструкции при работе в условиях турбулентности, а также обеспечить снижение затрат на обслуживание.

Вывод является новым, конкретным и достоверным.

Шестой вывод посвящен технико-экономическому обоснованию применения локальных электроэнергетических систем для электроснабжения в городской среде. 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.

Вывод является новым, конкретным и достоверным.

Выводы и заключения, сделанные в работе, обоснованы и соответствуют содержаниям глав диссертации и научным публикациям.

4. Значимость для науки и практики основных результатов и выводов

Результаты исследований и разработанные научно-технические решения могут быть использованы при создании локальных электроэнергетических систем, предназначенных для эксплуатации в экстремальных условиях для удаленных и труднодоступных районов (населенных пунктов) Республики Таджикистан.

Материалы диссертационной работы внедрены в учебный процесс департамента электроэнергетики и электротехники ДВФУ при обеспечении

дисциплины «Основы проектной деятельности», при создании экспериментальной установки локальной электроэнергетической системы на базе ветрогенератора в ДВФУ и в учебном процессе Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими при обеспечении дисциплин «Физические основы возобновляемых источников энергии», «Режимы работы электрооборудования нетрадиционных возобновляемых источников энергии» и «Режимы работы электроэнергетических систем».

Автореферат и публикации результатов исследования

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы и включает краткое описание основных материалов диссертации, результаты исследования и выводы по работе.

Основные результаты диссертации опубликованы в 21 печатных работах, в том числе 3 работы в рецензируемых изданиях рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан для опубликования результатов диссертационных исследований, 10 работ – в трудах Международных и Всероссийских научно-технических конференции, 2 работ в других изданиях, 6 патентах на полезные модели.

5. Замечания по работе

1. Практическая значимость работы в использовании результатов при реализации программы освоения возобновляемых источников энергии Таджикистана не конкретизирована.
2. В работе отсутствует подробный анализ деятельности ученых Республики Таджикистан, которые занимаются в этом направлении с 1980-х годов.
3. В работе уделено недостаточное внимание оценке влияния на производительность ветроэнергетической установки плотности воздуха и других атмосферных факторов. На стр. 32 и стр. 85 диссертации плотность воздуха ρ , соответственно, приведена 1,2 и 1,225.
4. Стр. 92 диссертации: «Для адекватности полученных результатов авторами разработана экспериментально- демонстрационная установка. Порядок и условия проведения эксперимента не приводится и не описывается методика, по которой производится сравнение полученных результатов.». Считаю, что данный материал укрепил бы практическую значимость работы.
5. Из шести патентов на полезную модель автора два патента на полезную модель №№193227 и 193703 практически не относятся к теме исследований.
6. В диссертации и автореферате встречаются отдельные технические и стилистические ошибки. Например, стр.97 диссертации: нет обозначения осей и единиц измерения; стр. 101, рис.3.28 диссертации: Рисунок черно-белый. Ниже говорится о цветном обозначении компонентов упрощенной схемы, что затрудняет восприятие.

6. Заключение

Руководствуясь требованиями «Положения о присуждении учёных степеней» ВАК при Президенте Республики Таджикистан, оценивая содержание диссертационной работы в целом можно заключить, что она выполнена на актуальную тему, является законченной научно-квалификационной работой, в которой осуществлено решение основных задач научной проблемы повышения эффективности функционирования локальных электроэнергетических систем на базе возобновляемых источников энергии, имеющей важное народно-хозяйственное значение.

В целом по теоретическому уровню и эффективности исследований работа отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, **Рахимов Фирдавс Мирзоумарович**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы.

Официальный оппонент
доктор технических наук,
и.о. главного научного сотрудника
Центра исследования и использования
возобновляемых источников энергии,
Физико – технического института
имени С.У. Умарова НАНТ
Моб. Тел. (+992) 777-16-22-16
E-mail: zarifjan_yz@mail.ru
734063 г. Душанбе, улица Айни, 299/1.



Юлдашев З.Ш.

Подпись, должность и ученую степень З.Ш. Юлдашева

Удостоверяю

Начальник ОК ФТИ им. С.У. Умарова НАНТ

05.04.2023.



Ёрова М.