

ОТЗЫВ

официального оппонента – на диссертационную работу Сафарова Манучехра Исуфовича **«Оптимизация распределенной генерации в локальной электроэнергетической системе с возобновляемыми источниками энергии»**, представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы.

1. Актуальность темы исследования и ее связь с запросами практики

Возобновляемые источники энергии играют большую роль в энергетике, что улучшает экологическую ситуацию и позволяет потребителям иметь собственные источники энергии.

После того, как объединённая электроэнергетическая система Средней Азии разделилась на отдельные энергосистемы, в Республике Таджикистан (РТ) из-за доминирующей доли гидроресурсов в зимний период нарушается энергобаланс в системе по причине нехватки первичного ресурса, приводящей к снижению генерируемой мощности с одновременным повышением спроса на электроэнергию. Наиболее остро проблема нехватки генерируемой мощности наблюдается в локальных электроэнергетических системах удалённых населенных пунктов, где в зимний период русла малых рек замерзают до 80%.

За последние три десятилетия Правительством Республики Таджикистан был принят ряд мер по снижению дефицита, генерирующего мощности в зимний период, об этом свидетельствует доработка нормативно-правовых документов, принятие ряда постановлений и их реализация. Например, Постановление Правительства РТ №795 от 30 декабря 2015 года «О программе освоения возобновляемых источников энергии и строительства малых гидроэлектростанций на 2016-2020гг.». На основе данной программы, а также Долгосрочной программы строительства МГЭС были построены новые МГЭС и реконструировано большинство существующих малых ГЭС в республике. Также из содержания этих документов можно сделать вывод о том, что изучению и внедрению ВИЭ уделяется особое внимание для повышения надежности, эффективности, безопасности и социальной обеспеченности населения, проживающего в труднодоступных и удаленных населенных пунктах республики.

В качестве перспективного объекта исследования в данной работе выбрана локальная электроэнергетическая система Мургабского района, расположенная в Горно-Бадахшанской автономной области (ГБАО) Таджикистана.

В значительной степени отличие режимов выбранной системы заключается в том, что в зимний период является энергодефицитным, а в

летний период - энергоизбыточным. Мургабский район состоит из 20 разбросанных населённых пунктов, расположенных в 50-150 км друг от друга, которые не присоединены к системам центрального электроснабжения ГБАО. Расстояние от административного центра области до районного центра 320 км. Возведение для этих целей воздушных ЛЭП 35 – 10/0,4 кВ с учетом постоянно растущих цен на строительные материалы представляется для района и области технически и экономически нецелесообразным. Принимая во внимание вышеизложенные обстоятельства, правильным вариантом для повышения эффективности систем электроснабжения может стать рассмотрение вопроса комплексного использования местных энергоресурсов на основе ВИЭ.

Наиболее перспективным для Мургабского района представляется совместное использование ресурсов ВИЭ, а конкретно ВЭУ и СЭС с целью сглаживания пиковых всплесков и простоев в производстве энергии. Отметим, что комплексное использование возобновляемых источников энергии с учетом их стохастического характера прихода возлагает дополнительные требования к балансированию режимов. Дополнительно также необходимо учитывать необходимость применения накопителей электрической энергии, где требуется уточнение его режимов эксплуатации в составе энергокомплекса.

Учитывая стохастический характер прихода первичных возобновляемых источников, возникает проблема выбора методики для оптимального режима совместного использования всего комплекса в составе локальной электроэнергетической системы. При решении задачи многокритериального характера требуется рассмотрение вариантов по наиболее худшему сценарию режимов генерации и потребления с целью создания оптимального варианта структурной схемы и режимов эксплуатации. Благодаря надежности принятых методов разработанная система может обеспечивать нагрузку в дни с меньшей выработкой от возобновляемых источников энергии и частым изменением нагрузки.

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

2. Научная новизна, результатов и выводов, сформулированных в диссертации:

Научная новизна основных положений и результатов работы заключается в следующем:

2.1. Определены вероятностные характеристики и законы распределения основных метеорологических факторов для источников генерации на основе возобновляемых источников энергии.

2.2. Разработана математическая модель для режимов электропотребления с учетом возобновляемых источников энергии и накопителя в виде системы нелинейных алгебраических уравнений.

2.3. Разработан алгоритм оптимального планирования электропотребления на основе линейного программирования и правил продукций для минимизации финансовых расходов потребителей.

3. Практическая значимость работы

3.1. Предложена математическая модель оптимального распределения энергетических ресурсов для потребителей Мургабского района за каждый час на суточном интервале времени с учетом энергии ветроустановок, солнечной фотоэлектрической станции и возможности ее аккумулирования.

3.2. Разработан алгоритм и его программная реализация метода оптимизации режимов электропотребления потребителя, что подтверждено свидетельством о государственной регистрации программ для ЭВМ.

3.3. Предложенные модели и методы излагаются при подготовке специалистов и магистров по специальности «Электрические станции» в курсах «Оптимизация электроэнергетических систем», «Энергетические сооружения и установки нетрадиционных возобновляемых источников энергии» и «Режимы работы электрооборудования нетрадиционных возобновляемых источников энергии» Таджикского технического университета имени академика М. С. Осими.

4. Оценка внутреннего единства и направленности полученных результатов на решение поставленных задач

Для достижения поставленных целей, автором решен сложный комплекс взаимосвязанных задач. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы из 135 наименований. Общий объем работы составляет 138 страниц.

Во введении обоснована актуальность работы, изложены цели и задачи диссертационной работы, методы решения поставленных задач.

В первой главе обсуждается актуальность работы, личный вклад автора, обоснована актуальность выбранных направлений исследования, рассмотрено состояние и перспективы использования возобновляемых источников энергии в локальной электроэнергетической системе. В Таджикистане имеется достаточное количество всех видов возобновляемых источников энергии. Также проведен анализ состояния и тенденции развития ветровой и солнечной энергетики в мире и в Республике Таджикистан.

Вторая глава посвящена статистической обработке ретроспективных временных рядов метеорологических факторов, а именно: скорости ветрового

потока и солнечной радиации для установления их вероятностных характеристик и законов распределения.

Для определения законов распределения была использована программа «Статистический анализ интервальных наблюдений одномерных непрерывных случайных величин. Версия 4.4.1.105».

В результате подбора функции распределения, наиболее приближенной оказалась смесь двух бета-распределений III рода.

Третья глава посвящена оптимальному использованию возобновляемых источников энергии в Мургабском районе. Ключевым моментом при этом является использование собственных ветроэнергетических и солнечных ресурсов, которые достаточно велики в данном регионе. Цель исследования состоит в разработке математической модели оптимального энергобаланса и электропотребления при участии потребителей и возобновляемых источников энергии в виде ветроресурсов и солнечной инсоляции с учетом разных ценовых показателей. Предложена система выбора приоритетности источников генерации, обеспечивающая минимизацию материально-финансовых затрат электропотребителя.

В четвертой главе дано технико-экономическое обоснование использования локальной электроэнергетической системы на основе возобновляемых источников энергии для Мургабского района.

Даны технико-экономические обоснования предложенных мероприятий по оптимальному планированию электропотребления в данной электроэнергетической системе. Определены затраты на инвестиции (капиталовложения) ветроэнергетических и солнечных станций, эксплуатационные издержки на амортизацию, отчисления на текущий ремонт и потери электроэнергии.

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

5. Соответствие работы избранной специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы

Исходя из анализа тематики выполненных исследований, поставленных и решенных автором задач, касающихся разработки оптимизационных моделей и методов, включая возобновляемые источники энергии, а также ее аккумулирования и по своему содержанию соответствует п.1, п.2, п.11 и п.12 паспорта научной специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы.

6. Степень достоверности результатов и обоснованности выводов исследования

Достоверность научных положений, полученных результатов и выводов подтверждается корректным использованием теории электроэнергетических систем, общей теории электротехники, теоретических основ электротехники, вероятностно-статистических методов обработки ретроспективных данных, а также достаточно хорошей достоверностью метеорологических данных.

7. Апробация работы и подтверждение опубликования ее основных положений и результатов

Основные материалы и результаты исследований работы докладывались и обсуждались на международных конференциях и научных семинарах. По теме диссертации опубликовано 16 печатных работ, в том числе 4 работ в рецензируемых изданиях из перечня, рекомендованных ВАК при президенте Республики Таджикистан, а также 11 работ в прочих научных изданиях, получено 1 свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Автореферат диссертации и публикации полностью отражают содержание и научные результаты, полученные автором в диссертационной работе.

8. Основные замечания по работе

8.1. На взгляд оппонента первая глава диссертации перенасыщена известными фактами, которые можно было бы не включать в итоговую версию работы.

8.2. На стр. 69 сказано, что «Данные по скорости ветра за 2021 год были взяты из источника [110]». Однако, источник [110] – это книга 2008 года.

8.3. В главе 2 приведён обзор законов распределения. Однако, не приводится численное сравнение результатов, на основании которых выбрано одно распределение.

8.4. В главе 3 приведена информация для трёх дней по ветропотенциалу и для одного дня по солнечному потенциалу. Дальнейшие выводы было бы полезно сделать по более большой выборке.

8.5. В главе 3 приведено описание разработанной программы по составлению баланса ЭЭС и его оптимизации. Можно ли сделать вывод об её универсальности для других энергосистем?

8.6. В работе имеются отдельные стилистические погрешности и неточности. Например, в таблице 1.2, стр. 37, 1.4 стр. 39 не указаны единицы измерения. Рисунок 1.2 и 1.6 совпадают по названию, хотя по смыслу на рисунке 1.6 необходимо было указать Ресурсы энергии солнца.

9. Общее заключение о соответствии диссертационной работы требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям

В целом результаты научных исследований и выводы, полученные М.И. Сафарова, свидетельствуют о том, что соискателем выполнена достаточно актуальная и современная работа, направленная на решение важной практической задачи в электроэнергетике, а именно оптимизация режимов электропотребления в локальной электроэнергетической системой. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой и имеет существенное значение для улучшения технических и экономических показателей электроэнергетических систем.

Диссертационная работа вполне отвечает требованиям согласно Приложению 2 к Пункту 40 Постановления Правительства Республики Таджикистан «О порядке присуждения ученых степеней» № 267 от 30 июня 2021 года. Её автор Сафарова Манучехра Исуфовича, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы.

Официальный оппонент

доктор технических наук, доцент,
декан факультета энергетики
Новосибирского государственного
технического университета, РФ



А.Г. Русина

Подпись д.т.н., Русина А.Г. заверяю:
Начальник отдела кадров

Дата: « 13 » 09 2023 г.



О.К. Пустовалова

ОТЗЫВ

официального оппонента – на диссертационную работу Сафарова Манучехра Исуфовича **«Оптимизация распределенной генерации в локальной электроэнергетической системе с возобновляемыми источниками энергии»**, представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы.

1. Актуальность работы

Рассмотренные вопросы оптимизация процессов преобразования, распределения, регулирования в локальных электроэнергетических системах с применением возобновляемых источников энергии для сельских потребителей республики с горным массивом представляются значимыми для ведения производственной деятельности и жизни населения.

С внедрением возобновляемых источников энергии в локальных электроэнергетических системах возникает необходимость решения ряда задач, а именно, планирования электропотребления, которая удовлетворяла бы техническим и экономическим критериям.

Возобновляемые источники энергии зависят генерирующих мощностей природных энергоносителей, характеризующихся изменчивостью и частичной непредсказуемостью. Незапланированные отключения возобновляемых источников энергии могут быть вызваны как отказами самого оборудования, так и рисками от климатических последствий.

На пути решений перечисленных задач возникает необходимость в выборе оптимального состава энергетического комплекса, влияющего как на надежность систем электроснабжения, так и на экономические показатели.

Перечисленные факторы, а также недостаточность решений по оптимизации систем на базе ВИЭ с оптимальным планированием «электропотреблением» режима генерации и потребления определяют актуальность диссертационной работы Сафарова Манучехра Исуфовича, посвященной разработке системы оптимального электропотребления в локальной электроэнергетической системе.

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

2. Степень обоснованности научных положений, полученных результатов и выводов подтверждается корректным использованием общей теории электротехники, теоретических основ электротехники, вероятностно-статистических методов обработки ретроспективных данных, а также достаточно хорошей достоверностью метеорологических данных.

3. Новизна научных положений, выводов и рекомендации их достоверность

К научная новизне результатов диссертационной работы можно отнести следующие результаты:

1. Определены вероятностные характеристики и законы распределения основных метеорологических факторов для источников генерации на основе возобновляемых источников энергии.

2. Разработана математическая модель для режимов электропотребления с учетом возобновляемых источников энергии и накопителя в виде системы нелинейных алгебраических уравнений.

3. Разработан алгоритм оптимального планирования электропотребления на основе линейного программирования и правил продукций для минимизации финансовых расходов потребителей.

Достоверность научных положений и результатов работы подтверждена представленными в диссертации результатами.

4. Теоретическая и практическая значимость работы

Результаты теоретических исследований по оптимизации локальных электроэнергетических систем с разнохарактерными источниками электроэнергии, а также решена задача оптимизации электропотребления на суточном интервале времени методами линейного программирования для различных условий использования возобновляемых источников энергии с учетом их взаимодействия и стоимости вырабатываемой электроэнергии. Практическая значимость работы определяется также возможностью внедрения в учебный процесс по дисциплинам, связанным разработкой и созданием систем электроснабжения на базе возобновляемых источников энергии.

5. Апробация работы и публикации

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных конференциях и научных семинарах:

- Международной научно-практической конференции «Независимость – основа развития энергетики страны», Энергетический институт, г. Бохтар 23 декабря 2017 года;

- Международной научно-практической конференции «World science: problems and innovations», МЦНС «Наука и просвещение» г. Пенза часть 1. 28 февраля 2018 года;

- Международной научно-практической конференции «Перспектива развития науки и образования», Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими, г. Душанбе, 28 ноября 2019;

- Международной научно-практической конференции: «Энергетика региона: состояние и перспективы развития», Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, г. Душанбе, 21 декабря 2019 года;

- 16-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики». (2020) года;

- Республиканской научно-практической конференции: «Энергетика: Душанбе, 21 декабря, 2020 г; XVII Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2022 г.

Публикации: По материалам диссертационной работы опубликовано 16 печатных работ, среди которых 4 работы в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан, получен сертификат о государственной регистрации программы для ЭВМ, а также 11 работ в прочих научных изданиях.

Личный вклад автора в диссертационную работу заключается в общей постановке цели и задач исследования, проведении экспериментальных исследований по определению основных показателей ветроэнергетической установки и солнечной станции, участии в обработке, анализе, обобщении полученных результатов, подготовке материалов к публикации, а также составлении основных выводов, сделанных автором совместно с научным руководителем.

6. Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом

Диссертация Сафарова М.И., включает введение, четырех глав, основного текста, заключение, списка сокращений, списка литературы, включающего в себя 135 наименований и 4 приложений. Общий объем работы составляет 138 страниц, включая 21 таблицу и 46 рисунка.

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

В **первой главе** обсуждается актуальность работы, личный вклад автора, обоснована актуальность выбранных направлений исследования, рассмотрено состояние и перспективы использования возобновляемых источников энергии в локальной электроэнергетической системе. Также проведен анализ состояния и тенденции развития ветровой и солнечной энергетики в мире и в Республике Таджикистан.

Вторая глава посвящена статистической обработке ретроспективных временных рядов метеорологических факторов, а именно: скорости ветрового потока и солнечной радиации для установления их вероятностных характеристик и законов распределения.

Для определения законов распределения была использована программа «Статистический анализ интервальных наблюдений одномерных непрерывных случайных величин. Версия 4.4.1.105». В результате подбора функции распределения, наиболее приближенной оказалась смесь двух бета-распределений III рода.

Третья глава посвящена оптимальному использованию возобновляемых источников энергии в Мургабском районе. Ключевым

моментом при этом является использование собственных ветроэнергетических и солнечных ресурсов, которые достаточно велики в данном регионе. Цель исследования состоит в разработке математической модели оптимального энергобаланса и электропотребления при участии потребителей и возобновляемых источников энергии в виде ветроресурсов и солнечной инсоляции как локальной системы с учетом разных ценовых показателей. Предложена система выбора приоритетности источников генерации, обеспечивающая минимизацию материально-финансовых затрат электропотребителя.

В четвертой главе дано технико-экономическое обоснование использования локальной электроэнергетической системы на основе возобновляемых источников энергии для Мургабского района.

Определены затраты на инвестиции (капиталовложения) ветроэнергетических и солнечных станций, эксплуатационные издержки на амортизацию, отчисления на текущий ремонт и потери электроэнергии.

Автореферат диссертации достаточно полно отражает содержание диссертации.

7. Замечания по диссертационной работе

1. Хорошо сделано, что каждая глава диссертации начинается с краткого обзора содержания главы и завершается выводами. Но почему-то для первой главы такое введение пропущено.

2. На стр. 22 диссертации, приведен атлас ветра Республики Таджикистан, изображение нечитабельно (рисунок 1.1).

3. Предложенная матрица цен формула (3.6) является квазиоптимальной, поскольку в модели оптимизации не учитывается цена суммарных потерь электроэнергии в сети.

4. В диссертации не рассмотрены вопросы надежности электроснабжения от возобновляемых источников энергии.

5. В расчетах экономической эффективности локальной электроэнергетической системы на базе возобновляемых источников энергии не приведен сравнительный расчет затрат на строительство линий электропередач в представленном районе, а также не рассмотрен вопрос возможных убытков в случае природных климатических отклонений.

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

Заключение

Диссертационная работа Сафарова Манучехра Исуфовича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научно-техническом уровне, представляющей собой завершенное

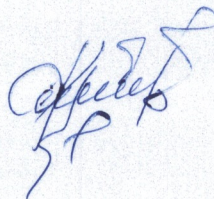
исследование на конкретную актуальную тему. Выводы и предложения аргументированы, полученные результаты новые и достоверные.

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

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Сафарова Манучехра Исуфовича «Оптимизация распределенной генерации в локальной электроэнергетической системе с возобновляемыми источниками энергии» удовлетворяет требования «Положения о присуждении учёных степеней» ВАК при Президенте Республики Таджикистан к кандидатским диссертациям, а её автор Сафаров М.И. заслуживает присуждения ему искомой учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы.

Официальный оппонент

кандидат технических наук,
начальник отдела международных
отношений, реализации проектов и
академической мобильности
Таджикского государственного
университета коммерции, г. Душанбе

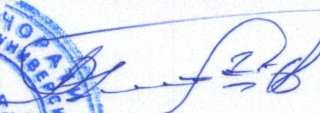


Абдуллоев Б.Т.

Подпись к.т.н., Абдуллоев Б.Т.

заверяю: Начальник отдела кадров

Дата: «18» 09 2023г.



Пирзода С.