

ОТЗЫВ

официального оппонента

кандидата технических наук Кириченко Анны Сергеевны

на диссертационную работу Бежана Алексея Владимировича

на тему «Повышение эффективности систем теплоснабжения удаленных районов Арктической зоны путем внедрения энергокомплексов на базе ветроэнергетических установок (на примере Мурманской области)», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

2.4.5 – «Энергетические системы и комплексы».

Актуальность темы диссертационного исследования

Рассматриваемая диссертационная работа посвящена вопросам определения технико-экономических параметров и целесообразности использования энергокомплексов, функционирующих на базе котельной и ветроэнергетических установок для целей теплоснабжения удаленных районов Арктической зоны Российской Федерации. Для этой цели было проведено математическое моделирование режимов работы ветроэнергетических установок совместно с котельной и вариантный технико-экономический анализ состава сооружений по критериям минимума себестоимости тепловой энергии и чистого дисконтированного дохода.

Внедрение энергокомплексов на основе возобновляемых источников энергии для Арктической зоны Российской Федерации является актуальной задачей, так как способствует повышению энергетической эффективности и надежности работы местных систем теплоснабжения в течении продолжительного отопительного периода, который в отдельных районах достигает 8-10 месяцев в году и более. Особый интерес представляют энергокомплексы, функционирующие на базе котельной и ветроэнергетических установок, так как такой состав оборудования позволяет наиболее полно использовать богатые ветроэнергетические ресурсы, чей потенциал повышается в холодный период года, и способствует решению задач энерго- и топливосбережения на местном уровне, а также повышению экологической безопасности региона путем замещения мощностей котельных, работающих на органическом топливе.

Обращение автора к решению проблемы энергосбережения и повышения энергетической эффективности систем теплоснабжения, в том числе с привлечением энергии ветра для широкого круга удаленных и изолированных потребителей АЗРФ, представляется актуальным и своевременным.

Анализ структуры и содержания диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, приложений и списка литературы, включающего 113 наименований. Диссертация представлена на 116 страницах. Текст сопровождается 10 таблицами и 51 рисунком.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, степень ее разработанности, сформулирована цель работы, которая заключается в теоретическом обосновании целесообразности использования энергокомплексов, включающих котельные, ветроэнергетические установки (ВЭУ) и тепловые аккумуляторы (ТА), для теплоснабжения удаленных районов Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ). Поставлены задачи исследования, которые соответствуют цели, сформулированы три научные положения, выносимые на защиту, показана научная новизна, теоретическая и практическая значимость исследования, представлена структура работы.

В первой главе представлен анализ научных исследований в области использования энергии ветра в технологиях производства тепла для целей

теплоснабжения. Проведенный анализ показал недостаток информации об эффективности использования ВЭУ на нужды теплоснабжения, которая могла бы свидетельствовать о том, что для удаленных районов АЗРФ и в частности для Мурманской области подобное использование ВЭУ может быть целесообразным. На основании этого сформулированы цель и задачи диссертационного исследования. Также автором представлена общая характеристика теплоснабжения Мурманской области, где основное внимание уделено изолированным и труднодоступным районам, которые удалены на значительные расстояния от центральных территорий. Отмечено, что в таких районах проблема с организацией теплоснабжения проявляется особенно остро. Бежаном А.В. представлен обзор возобновляемых источников энергии (ВИЭ) Мурманской области. Показано, что из всех имеющихся ВИЭ наибольшие возможности освоения и практического использования для целей теплоснабжения имеет энергия ветра.

Вторая глава подробно описывает разработку математической модели комбинированной системы теплоснабжения на основе энергокомплекса «котельная + ВЭУ + ТА». С помощью разработанной модели на примере работы энергокомплекса на базе котельной и ВЭУ Бежаном А.В. выполнен расчет энергетической эффективности системы теплоснабжения поселка Лодейное Мурманской области. По результатам расчета установлено, что применение ВЭУ способно уменьшить участие котельной в покрытии графика отопительной нагрузки поселка Лодейное и тем самым обеспечить годовую экономию органического топлива, расходуемого на котельной, в размере 75%.

В третьей главе Бежаном А.В. предложен способ математического моделирования работы водяных тепловых аккумуляторов кубической и цилиндрической форм. Разработана математическая модель жилого здания как аккумулятора тепла большой емкости для оценки изменения температуры внутреннего воздуха здания в зависимости от различных режимов работы котельной совместно с ВЭУ. Бежаном А.В. предложен способ применения такого ТА, суть которого заключается в том, что в периоды превышения мощности ВЭУ над ее потреблением можно сохранить избыточную энергию ВЭУ в общем объеме здания в виде тепловой энергии за счет теплоаккумулирующей способности здания путем повышения температуры внутреннего воздуха здания в пределах от 18 до 25°C, а затем в периоды нехватки мощности ВЭУ использовать сохраненную энергию путем уменьшения температуры внутреннего воздуха в интервале от 25 до 18°C. На примере поселка Лодейное установлено, что использование избыточной энергии ВЭУ и теплоаккумулирующей способности здания дает возможность дополнительно уменьшить участие котельной в покрытии графика отопительной нагрузки поселка Лодейное и тем самым увеличить за рассмотренный год экономию органического топлива, расходуемого на котельной, с 75% (величина получена по результатам расчета во 2 главе) до 83%.

В четвертой главе выполнена технико-экономическая оценка перспектив внедрения энергокомплексов «котельная + ВЭУ» на нужды теплоснабжения в удаленных районах Мурманской области по показателю минимума себестоимости тепловой энергии и по величине чистого дисконтированного дохода. Бежаном А.В. показано, что использование ВЭУ совместно с котельными мощностью более 0,1 Гкал/ч на нужды теплоснабжения позволяет экономить на котельных 60-90% органического топлива стоимостью 25000-72000 руб/т у.т. и тем самым снизить себестоимость тепловой энергии на 10-60%. Для котельных меньшей мощности эффект от использования ВЭУ снижается, причем чем меньше мощность котельной, тем больше использование ВЭУ оказывается экономически не целесообразным. С финансовой точки зрения сооружение энергокомплексов «котельная + ВЭУ» является оправданным, так как к завершению расчетного срока службы энергокомплексов может быть сформирована прибыль в размере

17-105% от первоначальных инвестиций, дисконтированный срок окупаемости проектов составит 6-14 лет.

В заключении, по результатам проведенных исследований, соискателем сформулированы основные результаты и обобщающие выводы по диссертационной работе.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна

Обоснованность и достоверность результатов работы: Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертации Бежана А.В., подтверждается корректностью постановки исследуемых задач, хорошим совпадением результатов математического моделирования с данными экспериментального наблюдения, а также не противоречат аналогичным результатам исследований других авторов. Результаты научных исследований докладывались автором на международных и российских конференциях. Основные итоги и выводы диссертационной работы опубликованы в 19 научных работах, в том числе 7 - в изданиях, входящих в перечень российских рецензируемых научных журналов ВАК РФ и 3 - в изданиях, входящих в международную базу Scopus. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Новыми научными результатами, полученными автором, являются:

1. Для районов с повышенным потенциалом ветра и продолжительным отопительным сезоном сформулирован и определен вариант эффективного построения современных систем теплоснабжения с привлечением энергии ветра в качестве дополнительного источника тепловой энергии, позволяющий рассматривать применение комплекса «ВЭУ + ТА» как топливосберегающую технологию.

2. Разработана математическая модель системы теплоснабжения, где источниками тепловой энергии являются котельная и комплекс, состоящий из ВЭУ и ТА. Модель представляет собой математический инструмент для расчета и анализа различных режимов работы котельной совместно с ВЭУ в зависимости от различных исходных климатических данных, определения рациональной структуры системы теплоснабжения с участием ВЭУ, определения возможных объёмов экономии органического топлива.

3. Разработаны математические модели водяных аккумуляторов тепла кубической и цилиндрической форм, работающие в комплексе с ветроэнергетической установкой, позволяющие проводить вычислительный эксперимент, моделировать и исследовать процессы зарядки, разрядки и ожидания тепловой нагрузки этих аккумуляторов. Модели позволяют определить время зарядки и разрядки, и выходную температуру воды ТА.

4. Разработан и математически описан методический подход к определению температуры воздуха внутри зданий, теплоснабжение которых обеспечивается энергокомплексом «котельная + ВЭУ».

5. Проведена оценка эффективности сооружения и использования ВЭУ совместно с котельными для целей теплоснабжения в удаленных районах Мурманской области. Ожидается, что результаты, полученные в этом исследовании, восполнят недостаток информации о целесообразности сооружения ветроэнергетических установок для целей теплоснабжения, что весьма полезно и для других регионов страны, в которых имеются похожие районы, испытывающие различные проблемы с теплоснабжением.

Теоретическая и практическая значимость научных результатов состоит в том, что в результате проведенных исследований:

1. Для районов с повышенным потенциалом ветра и продолжительным отопительным сезоном вариант модернизации и построения современных систем

теплоснабжения за счет вовлечения энергии ветра в отопительный процесс может найти своё практическое применение в качестве топливосберегающей технологии.

2. Разработанные математические модели и принципы их построения могут быть использованы при проектировании современных систем теплоснабжения, что позволит прогнозировать и моделировать реальную картину теплоснабжения с точки зрения функциональности процессов, происходящих во время производства и потребления тепловой энергии, исследовать поведение водяных тепловых аккумуляторов в тепловых системах коммунального и технологического назначения, а также проводить различные вычислительные эксперименты и комплексный анализ теплоснабжения, что, несомненно, может представлять практический интерес для теплоэнергетиков и специалистов в области теплоснабжения.

3. Выполненная оценка перспектив внедрения и использования ветроэнергетических установок совместно с котельными подтвердила эффективность их использования на нужды теплоснабжения в удаленных районах Мурманской области. Практическая реализация таких проектов на территории Мурманской области для целей теплоснабжения в дальнейшем может послужить хорошим толчком к крупномасштабному использованию энергии ветра на нужды теплоснабжения не только в указанном регионе, но и на всей территории АЗРФ.

4. Результаты исследования приняты к использованию в учебном процессе кафедры «Промышленная теплоэнергетика и системы теплоснабжения» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет».

Замечания по диссертационной работе

1. В параграфе 1.1 недостаточно внимания уделено зарубежным исследованиям.

2. В параграфе 2.9 диссертации на странице 59 приведены результаты расчета энергетической эффективности системы теплоснабжения на основе энергокомплекса «котельная + ВЭУ» поселка Лодейное Мурманской области, где сказано, что применение ВЭУ способно уменьшить участие котельной в покрытии графика отопительной нагрузки п. Лодейное и обеспечить экономию органического топлива, расходуемого на котельной, за год примерно на 75%. На мой взгляд, результаты расчета следовало бы дополнить расчетом величины годового снижения расхода тепловой энергии, вырабатываемой котельной, а также расчетом годового количества сэкономленного топлива, выраженного в натуральном выражении.

3. В подрисуночной подписи рисунка 2.10 диссертации не хватает пункта 3.

4. Низкое качество рисунков 2.7 и 2.8. На рисунке 4.2 начальная точка 0.02 Гкал/ч неотличима от 0 Гкал/ч, что затрудняет восприятие графика. На рисунке 4.3 нет единообразия в подписях.

5. В расчете удельных капиталовложений минимальная мощность ВЭУ принята 0.02 Гкал/ч, тогда как на графике 4.3а, судя по пику в $\beta=0.02$, минимальная мощность ВЭУ получается 0.0004 Гкал/ч, а для графика 4.3б 0.002 Гкал/ч. Для других графиков определить невозможно, ввиду отсутствия очевидной точки изменения кривизны графика.

Заключение

Диссертационная работа Бежана Алексея Владимировича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему. Диссертационная работа производит положительное впечатление и отличается стройностью и логичностью изложения. Высказанные замечания ни в коей мере не умаляют достоинств рассматриваемой работы, которая, на мой взгляд, представляет собой законченное,

хорошо проработанное научное исследование, несомненно, имеющее научную новизну и практическую значимость.

Автореферат и опубликованные работы в полной мере отражают основное содержание диссертационного исследования. Диссертационная работа Бежана Алексея Владимировича «Повышение эффективности систем теплоснабжения удаленных районов Арктической зоны путем внедрения энергокомплексов на базе ветроэнергетических установок (на примере Мурманской области)» соответствует паспорту специальности 2.4.5 – «Энергетические системы и комплексы».

Таким образом, диссертация Бежана Алексея Владимировича на тему «Повышение эффективности систем теплоснабжения удаленных районов Арктической зоны путем внедрения энергокомплексов на базе ветроэнергетических установок (на примере Мурманской области)» по своему содержанию и оформлению соответствует критериям пунктов 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (с актуальными на настоящий момент времени изменениями), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Бежан Алексей Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.5 – «Энергетические системы и комплексы».

Официальный оппонент:

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Электротехники, теплотехники
и возобновляемых источников энергии» ФГБОУ ВО
«Кубанский государственный аграрный
университет им. И.Т. Трубилина»

Кириченко Анна Сергеевна
«30» октября 2023 г.

Информация об оппоненте:

ФИО: Кириченко Анна Сергеевна.

Ученая степень: кандидат технических наук.

Кандидатская диссертация защищена по специальности 05.14.08 – Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии.

Почтовый адрес: 350044, РФ, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13, ауд. 318 эл.

Тел.: +7 (861) 221-60-94

Тел. (моб): +7-905-402-18-36

E-mail: kirichenko.a@edu.kubsau.ru

Наименование организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ).

Должность: доцент кафедры «Электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии».

Я, Кириченко Анна Сергеевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Бежана Алексея Владимировича, и их дальнейшую обработку.

Подпись Кириченко А.С. удостоверяю
начальник отдела кадров ФГБОУ ВО
«Кубанский государственный аграрный
университет им. И.Т. Трубилина»



Удовицкая Марина Ивановна