

## Отзыв

официального оппонента Безруких Павла Павловича, доктора технических наук на диссертационную работу Бежана Алексея Владимировича «ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ РАЙОНОВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ ЭНЕРГОКОМПЛЕКСОВ НА БАЗЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК (НА ПРИМЕРЕ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ)», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.5. «Энергетические системы и комплексы»

Диссертационная работа Бежана Алексея Владимировича «Повышение эффективности систем теплоснабжения удалённых районов Арктической зоны путём внедрения энергокомплексов на базе ветроэнергетических установок (на примере Мурманской области)» состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы из 113 наименований и 2 приложений. Работа изложена на 116 страницах машинописного текста, включает в себя 51 рисунок и 10 таблиц.

**Актуальность исследования.** Уже несколько десятков лет для СССР и современной России завоз топлива в северные районы имел и имеет первостепенное значение, точнее жизненно важное значение. Однако при этом стоимость завоза топлива непрерывно возрастала, превышая стоимость отпускаемого топлива в 10 – 15 раз. Поэтому сокращение расхода топлива на котельных и дизельных станциях в северных районах России ещё долгое время будет оставаться остро актуальной проблемой. Одним из принимаемых технических решений в этой области было и есть – использование для теплоснабжения и горячего водоснабжения электроэнергии, вырабатываемой ветростанциями и солнечными станциями.

**Научная новизна.** Диссертант предложил и разработал иной способ использования электрической энергии, вырабатываемой ветроустановкой. Он предложил ввести в контур обратной воды, подаваемой в котёл, электрический подогреватель, питаемый от ветроустановки и теплоаккумулятор. Это позволяет при наличии продолжительно дующего ветра останавливать котёл или существенно снизить его нагрузку и предотвратить или снизить расход топлива. При этом автор разработал математические модели всех элементов системы и системы в целом. Исследуя изменения скорости ветра на действующей ветростанции в часовом диапазоне в течении года и сравнивая возможное производство электроэнергии ветроустановкой с реальным



расходом топлива в котельной, автор определил возможность сэкономить до 75% топлива.

**Практическая значимость** состоит в том, что предложенные математические модели могут использоваться в процессе проектирования реальных объектов, а также в учебном процессе многих направлений.

**Обоснованность и достоверность** подтверждается совпадением результатов математического моделирования с данными «экспериментальных» наблюдений.

По диссертации имеются следующие замечания и вопросы.

1. В выводах по главе 1 (стр.32 п.2) используются словосочетания: «запасы возобновляемых источников энергии», «запасы энергии ветра». В технической литературе слово «запасы» употребляется применительно к нефти, газу, углю, полезным ископаемым, а применительно к возобновляемым источникам энергии используется термин «ресурс» или «потенциал».

2. На Рис. 2-3 (стр.39) Показана схема теплового баланса здания, в прямоугольник, изображающий здание, показан один вход (теплота горячей воды) и два выхода: один выход -теплота обратной воды; второй выход – тепловые потери через стены здания плюс потери тепла с нагретым воздухом. Фактически существует ещё один вход – холодный воздух, который замещает ушедший горячий. Вопрос: «Как учитывается это обстоятельство в уравнениях и какая температура наружного воздуха принимается в расчётах?»

3. В расчётах проведённых для п. Лодейное Мурманской области предложенная диссертантом система теплоснабжения (котельная + ВЭУ + тепло аккумулятор) дала экономию годового расхода топлива 75%. Результат очень высокий. Достижению этого результата может препятствовать режим работы котельной (количество, частота и длительность остановок котельной, режим минимальных нагрузок при которых возрастает удельный расход топлива и т п.). Есть ли какие-либо данные по вопросу: режимы работы котла?

4. Как объяснить график на рис. 4.11, стр.90, на котором себестоимость тепловой энергии при мощности котельной выше 1 Гкал/ч не зависит от мощности котельной? При этом удельная стоимость котельной и удельный расход топлива снижаются, что должно приводить к снижению себестоимости производства тепловой энергии.

Вопросы не влияют на окончательную положительную оценку работы.

Все задачи, поставленные диссертантом, выполнены основательно с применением математического моделирования. Он разработал модели всех элементов системы, а модели некоторых элементов представлены несколькими вариантами. В результате получена общая математическая модель системы: котельная + ВЭУ + тепловой аккумулятор, позволяющая



рассчитать долю котельной в годовом потреблении и долю ВЭУ. Особо следует отметить оригинальный метод проверки достоверности расчётов на математической модели. В практике рецензента он встречается впервые. Для этого на действующей котельной п. Лодейная Мурманской области из архивных данных за минувший год была определена скорость ветра в 10-ти минутном интервале (525600 вычислений) и построена зависимость: «годовой ход скорости ветра». По этой характеристике была определена мощность и выработка ВЭУ в каждый день года. По данным других архивов была построена зависимость температуры наружного воздуха в те же дни, в которые измерялась скорость ветра. По данным этой зависимости проведён расчёт необходимого количества производства тепловой энергии для отопления здания. Сравнивая результаты двух расчётов, автор получил, что по году доля котельной составила 25% от общего расхода топлива. Видимо практика внесет коррективы в эту цифру, но она является хорошим ориентиром. Вся работа выполнена достаточно грамотным научным языком и представляет собой законченное научное исследование.

Автореферат и опубликованные работы достаточно полно отражают содержание диссертации.

Диссертация Бежана Алексея Владимировича «Повышение эффективности систем теплоснабжения удалённых районов Арктической зоны путём внедрения энергокомплексов на базе ветроэнергетических установок (на примере Мурманской области), представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.5. «Энергетические системы и комплексы» соответствует направлениям исследований паспорта научной специальности 2.4.5. «Энергетические системы и комплексы».

Диссертация Бежана Алексея Владимировича «Повышение эффективности систем теплоснабжения удалённых районов Арктической зоны путём внедрения энергокомплексов на базе ветроэнергетических установок (на примере Мурманской области), выполнена автором самостоятельно и на высоком научно-техническом уровне. Она содержит решение актуальной задачи по повышению эффективности работы котельных в северных территориях России, путём использования энергии ветра для замещения дорогого привозного органического топлива.

Представленная диссертация характеризует автора как грамотного специалиста в области теплоэнергетики, способного разобраться в специфических областях возобновляемой энергетики, способного ставить и творчески решать сложные научно-технические проблемы.



Актуальность, новизна и значимость результатов диссертации отвечает требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г.№842 (с актуальными на настоящий момент времени изменениями) а её автор Бежан Алексей Владимирович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.5. «Энергетические системы и комплексы»

Официальный оппонент,  
Профессор кафедры гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии доктор технических наук, с.н.с, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Безруких  
Павел  
Павлович

14.11.2023.

Подпись Безруких П.П. заверяю

ЗАМЕСТИТЕЛЬ  
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ЦЕНТРА



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ». Адрес: 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14. Тел: (495) 362-72-51. E-mail: bezruky80veter@yandex.ru

Я. Безруких Павел Павлович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Бежана Алексея Владимировича и их дальнейшую обработку.