

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.173.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНОБРНАУКИ РФ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА

НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 22 сентября 2022 г. протокол № 4

О присуждении Назарову Мусо Холмуродовичу, гражданину
Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация на тему «Оптимизация и планирование режимов автономной энергетической системы на основе возобновляемых и альтернативных источников энергии (на примере системы Памира)» по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы» принята к защите 28 июня 2022 г. (протокол заседания № 11) диссертационным советом Д 212.173.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки РФ, 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, приказ о создании диссертационного совета №156/нк от 01.04.2013 г.

Соискатель Назаров Мусо Холмуродович, «16» ноября 1992 года рождения. В 2016 году соискатель с отличием окончил магистратуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)», г. Новосибирск по направлению 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника», присуждена квалификация «Магистр». В 2022 году М.Х. Назаров завершил обучение в очной аспирантуре в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный

технический университет», Минобрнауки РФ, период обучения в аспирантуре с 01.09.2017 г. по 31.08.2022 г.

Назаров М.Х. на территории Российской Федерации не трудоустроен и трудовую деятельность не осуществляет.

Диссертация выполнена на кафедре Систем электроснабжения предприятий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки РФ.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Манусов Вадим Зиновьевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», профессор кафедры Систем электроснабжения предприятий.

Официальные оппоненты:

Сальников Василий Герасимович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет водного транспорта», г. Новосибирск, профессор кафедры Электроэнергетических систем и электротехники,

Бубенчиков Антон Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет», г. Омск, доцент кафедры Электроснабжение промышленных предприятий.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ФГАОУ ВО НИ ТПУ), г. Томск, в своем положительном отзыве, подписанном Ушаковым Василием Яковлевичем, председателем электроэнергетической секции научно-технического совета Инженерной школы энергетики ФГАОУ

ВО НИ ТПУ, профессором Отделения электроэнергетики и электротехники Инженерной школы ФГАОУ ВО НИ ТПУ, доктором технических наук, профессором и Андреевым Михаилом Владимировичем, доцентом Отделения электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики ФГАОУ ВО НИ ТПУ, кандидатом технических наук, доцентом и утвержденном Сухих Леонидом Григорьевичем, доктором физико-математических наук, проректором по науке и трансферу технологий ФГАОУ ВО НИ ТПУ, указала, что диссертационная работа М.Х. Назарова является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований представлено решение актуальных задач по оптимизации и планированию режимов автономной энергетической системы на основе возобновляемых и альтернативных источников энергии. Содержание диссертации отражает основные идеи работы и полученные в ней результаты, а также раскрывает ее научную и практическую ценность. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации. Диссертация Назарова Мусо Холмуродовича «Оптимизация и планирование режимов автономной энергетической системы на основе возобновляемых и альтернативных источников энергии (на примере системы Памира)» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, изложенным в п.п. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (ред. от 01.10.2018), а автор Назаров Мусо Холмуродович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 12 работ, из них 3 статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ, 4 статьи в научных изданиях, индексируемых Scopus /Web of Science, 5 публикаций в сборниках

материалов и трудов научных конференций, форумов всероссийского и международного уровня, 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют. Авторский вклад в опубликованных в соавторстве работах составляет не менее 60%. Общий объём научных изданий – 5,9 п.л.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

Научные статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК

1. **М.Х. Назаров.** Оптимизация режимов электропотребления автономной электрической системы с возобновляемыми и альтернативными источниками энергии / В.З. Манусов, М.Х. Назаров // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2020. – №4(153). – С. 810–820.

2. **М.Х. Назаров.** Оценка энергетического потенциала солнечной радиации региона с применением солнечного трекера / В.З. Манусов, Д.С. Ахьеев, М.Х. Назаров, И.Н. Одинаев, М.Х. Сафаралиев // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2020. – №1(78). – С. 189–203.

3. **М.Х. Назаров.** Проектирование силовых трансформаторов со сверхпроводниковой обмоткой с использованием 3d модели / В.З. Манусов, М.Х. Назаров // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2017. – №3-4. – С. 191–196.

Публикации в научных изданиях, индексируемых в базе данных Scopus

4. **Nazarov M.** Optimal Management of Energy Consumption in an Autonomous Power System Considering Alternative Energy Sources / Manusov V., Nazarov M., Matrenin P., Beryozkina S., Safaraliev M., Zicmane I., Ghulomzoda A. // Mathematics– 2022. – №3. – T10. – 525. – 17 P.

5. **Nazarov M.** Energy consumption conditions optimization of the autonomous system based on carbon-free energy / Manusov V., Nazarov M. //

Proceedings of the 2020 Ural Smart Energy Conference, USEC 2020, «Ural Smart Energy». – 2020. – pp. 93–96.

6. **Nazarov M.** Analyses of electrical parameters of power transformers with superconducting windings / Manusov V.Z., Nazarov M.K., Ivanov D.M. // International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM. – 2019. – pp. 547–551.

7. **Nazarov M.** Design and perspectives for innovative application of power transformers with a superconducting winding / Manusov V.Z., Nazarov M.Kh. // Actual problems of electronic instrument engineering (apeie) - proceedings APEIE - 2018. 14th international scientific-technical conference. – 2018. – pp. 290–294.

***Публикации в рецензируемых научных изданиях и материалах
международных, всероссийских конференций:***

8. **М.Х. Назаров.** Выбор оптимальных режимов электропотребления в автономной системе с возобновляемыми источниками энергии / В.З. Манусов, М.Х. Назаров, Р.И. Кода, Б.В. Палагушкин // Речной транспорт (XXI век). – 2021. – №3(99). – С. 60–63.

9. **М.Х. Назаров.** Выбор оптимальных режимов электропотребления изолированной энергосистемы на основе возобновляемых источников энергии / В. З. Манусов, Дж.С. Ахъеев, Ш.А. Бобоев, М.Х. Назаров // Материалы науч.-практ. конф.-выставки: «Дни возобновляемых источников энергии в Таджикском техническом университете имени академика М.С. Осими», Душанбе, 1-2 июня 2021 г. – 2021. – С. 71–83.

10. **М.Х. Назаров.** Планирование и оптимизация режимов автономной энергосистемы Памира / В.З. Манусов, М.Х. Назаров, Ш.А. Бобоев // Материалы Республиканская научно-практическая конференция: «Наука – основа инновационного развития», Душанбе, 27-28 апреля 2021 г. – С. 495–500.

11. **М.Х. Назаров.** Оценка энергии солнечного потенциала Памира / В. З. Манусов, Дж.С. Ахъеев, М.Х. Назаров, Д.А. Абросимов // Материалы международная научная конференция «Энергетика: состояние и перспективы

развития», Душанбе, ТТУ им. акад. М.С. Осими, – 2021. – С. 113–119.

12. **М.Х. Назаров.** Проектирование и перспектива инновационного применения силовых трансформаторов со сверхпроводниковой обмоткой / В.З. Манусов, М.Х. Назаров // Материалы четырнадцатой международной научно-технической конференции: «Актуальные проблемы электронного приборостроения АПЭП-2018», Новосибирск, НГТУ, – 2018. – С. 251–256.

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ:

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2020613134 – (программа «Построение нейросетевых моделей для прогнозирования энергетического потенциала альтернативных источников энергии»), дата выдачи 11 марта 2020 г.).

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2019617121 – (программа «Оптимизация режимов электропотребления автономной электрической системы с распределенной генерации»), дата выдачи 3 июня 2019 г.).

На автореферат диссертации поступило 8 отзывов, все отзывы положительные:

1. **Некоммерческое акционерное общество "Тарайгыров Университет"**, доктор технических наук, профессор кафедры «Электроэнергетики» Клецель Марк Яковлевич, доктор технических наук, профессор кафедры Новожилов Александр Николаевич, доктор PhD, ассоциированный профессор кафедры Машрапов Бауыржан Ерболович. *Замечания:* кем установлен и каковы конструктивные параметры сверхпроводящего индукционного накопителя энергии; о радикальности концепции исполнения автономной энергетической системы Памира на напряжение 20 кВ; кем выполнены расчеты запасов гидроэнергетических и солнечных ресурсов Таджикистана; почему выбрана установка солнечных панелей с фиксированным углом?

2. **Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими**, заведующий кафедрой Электрических станций, кандидат

технических наук Султонов Шерхон Муртазокулович и доцент кафедры, кандидат технических наук Ахъёев Джавод Саламшоевич. *Замечания:* о выборе мощности накопителя энергии; о возможности учета геотермальных источников энергии.

3. **ФГАОУ ВО "Уральский федеральный университет"**, доктор технических наук, профессор, заместитель директора по науке и инновациям Кокин Сергей Евгеньевич. *Замечания:* чем объясняется снижение относительной погрешности скорости ветра при использовании почасовой выборки; об устройстве и конструкции сверхпроводящего индукционного накопителя.

4. **Некоммерческое акционерное общество "Тарайгыров Университет"**, доктор технических наук, профессор кафедры «Электроэнергетики» Новожилов Александр Николаевич. *Замечания:* о проведении расчетов надежности электроснабжения; о редакционных погрешностях текста.

5. **ФГБОУ ВО "Иркутский национальный исследовательский технический университет"**, кандидат технических наук, доцент кафедры Электрических станций, сетей и систем Федчишин Вадим Валентинович. *Замечания:* о возможности использования результатов работы для оптимизации режимов электроснабжения промышленных агломераций; об ограничении на мощность ГЭС.

6. **ФГБОУ ВО "Омский государственный университет путей сообщения"**, доктор технических наук, доцент, проректор по инновационному развитию, заведующий кафедрой «Электроснабжение железнодорожного транспорта» Смердин Александр Николаевич и кандидат технических наук, доцент кафедры «Подвижной состав электрических железных дорог» Третьяков Евгений Александрович. *Замечания:* о способе регулирования напряжения в электрической сети; каков срок окупаемости предлагаемых в работе технических решений; об учете потерь электрической энергии.

7. **Дарханский технологический институт МГУНТ**, кандидат технических наук, заведующая отделением энергетики и информационной технологии Бумцэнд Уянгасайхан, *Замечания:* следовало опереться на теорию нечетких множеств при учете метеорологических факторов; об отсутствии коэффициента быстроходности в формуле 10.

8. **Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Энергетики» Трофимов Герман Геннадьевич и PhD, ассоциированный профессор, заведующий кафедры Сарсенбаев Ерлан Алиаскарович, *Замечания:* в чем заключается адаптивность метода обучения нейронной сети; не рассматриваются вопросы компенсации реактивной мощности.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем что, область научных интересов доктора технических наук профессора **Сальникова Василия Герасимовича** состоит в исследовании режимов автономных систем электроснабжения, включая надежность и конструктивное исполнение линии электропередачи, для снижения потерь мощности, повышения энергоэффективности и качества электрической энергии. Он имеет достаточно большое количество публикаций по тематике близкой к диссертационной работе, представленной к защите, а также сфере научных интересов и тематике исследований соискателя;

сфера научных интересов и тематика исследований кандидата технических наук, доцента **Бубенчикова Антона Анатольевича** в значительной степени связана с ветроэнергетическими установками и альтернативными источниками энергии, их экономической эффективностью, а также автоматизированными системами коммерческого учета потребляемой энергии, также он имеет значительное количество публикаций по тематике диссертационной работы, представленной к защите.

В Федеральном государственном автономном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ), г. Томск, в Отделении энергетики и электротехники Инженерной школы энергетики активно занимаются исследованиями по проблематике, соответствующей теме диссертационной работы М.Х. Назарова, а именно задачами, связанными с оптимизацией режимов электрических сетей, альтернативными и возобновляемыми источниками энергии и применением методов искусственного интеллекта, что подтверждается трудами ведущих ученых и специалистов Инженерной школы энергетики.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика планирования и оптимизации режимов электропотребления от различных возобновляемых источников энергии на основе методов линейного программирования и правил продукции с целью снижения материальных и финансовых затрат каждого электропотребителя на суточном интервале времени;

предложены оригинальные модели и алгоритмы оптимизации режимов электропотребления, отличающиеся правилами приоритетности выбора генерирующих источников для минимизации материально-технических и финансовых затрат;

доказана перспективность использования предложенных прогностических моделей скорости ветрового потока и солнечной инсоляции на основе искусственных нейронных сетей и дана оценка их относительной погрешности;

введено изменение трактовки понятия "планирование электропотребления" отдельного потребителя на суточном интервале времени – "оптимальное планирование электропотребления";

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения и целесообразность применения двух методов

прогнозирования метеорологических факторов: на основе общей статистической выборки или на основе отдельных почасовых выборок, которые расширяют границы использования ретроспективных статистических рядов скорости ветрового потока и солнечной инсоляции;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы адаптивные методы обучения искусственной нейронной сети для снижения относительной погрешности прогноза и показано их преимущество по сравнению с методом стохастического градиента;

изложены новые аргументы в пользу применения методов искусственного интеллекта для предсказания мощности возобновляемых и альтернативных источников энергии на основе искусственной нейронной сети и адаптивных методов её обучения;

раскрыты противоречия между технической реализацией электрической сети энергосистемы с несколькими ступенями трансформации напряжения и принципами оптимизации режимов электропотребления отдельных потребителей;

изучены отдельные режимные и метеорологические факторы, оказывающие значимое влияние на достоверность моделей генерации и электропотребления, включая возможности накопления электроэнергии;

проведена модернизация существующих математических моделей и алгоритмов прогнозирования скорости ветрового потока и солнечной инсоляции на основе сравнительного анализа функций активации ReLU и Сигмоид нейронов скрытого слоя искусственной нейронной сети;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены модели и методы оптимальных режимов электропотребления автономных электрических систем, которые излагаются в образовательных дисциплинах "Возобновляемые источники энергии", "Автономные системы электроснабжения" и "Оптимизация систем электроснабжения" в Новосибирском государственном техническом

университете, а также в образовательных дисциплинах "Режимы работы электроэнергетических систем" и "Оптимизация электроэнергетических систем" в Таджикском техническом университете имени М.С. Осими.

определены перспективы практического использования предложенных методов и алгоритмов прогнозирования энергетических ресурсов и оптимального планирования электропотребления от возобновляемых источников и накопителя энергии;

созданы и верифицированы новые в данной предметной области модель и алгоритм использования для краткосрочного прогнозирования генерируемой мощности на основе не общего ретроспективного статистического ряда, а только отдельно выбранных часов суток, что позволяет учитывать автокорреляционные связи скорости ветра и солнечной инсоляции с предыдущими сутками;

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию структуры и конструктивному исполнению автономной системы электроснабжения Памира с целью улучшения энергоэффективности и повышения её технико-экономических показателей, включая благополучие населения;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

экспериментальные работы не проводились;

теория построена на использовании фундаментальных научных положений, теории электроэнергетических систем, статистических методов обработки данных, методов искусственного интеллекта в виде адаптивной нейронной сети и продукционных правил "Если..., То..." с использованием апробированных моделей и методов;

идея базируется на углублённом анализе режимов и обобщении сущности автономных энергосистем с распределенной генерации от возобновляемых, альтернативных источников и накопителя энергии при отсутствии электрической связи с централизованной энергосистемой;

использованы данные современных исследований, опубликованные в международных научных журналах и результаты предыдущих исследований

по методам и моделям прогнозирования на основе искусственной нейронной сети и оптимизации электропотребления в электроэнергетических системах на основе валидации и верификации, предложенных авторских решений и их программной реализации;

установлено качественное совпадение авторских результатов повышения энергоэффективности сети при переходе на одну ступень напряжения с результатами аналогичных исследований проведенных в других энергосистемах;

использованы современные вычислительные методы компьютерного моделирования и статистической обработки ретроспективных длинных временных рядов, а также системный анализ полученных данных для принятия решений;

Личный вклад соискателя состоит в получении исходных данных их обработке и интерпретации, разработке теоретических положений и реализации методов и алгоритмов прогнозирования и оптимального планирования электропотребления в автономных электрических системах, выполнение сравнительного анализа различных моделей с точки зрения их эффективности и подготовки основных публикаций в которых вклад автора не менее 60%.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания (вопросы): 1) Известно, что Таджикистан не такая богатая страна и в связи с этим возникает вопрос откуда Вы собираетесь получить финансы на строительство солнечных станций?; 2) Объясните понятие адаптивный метод обучения и к чему он адаптирован?; 3) Не лучше будет в место солнечных и ветровых станций построить гидроэлектростанцию?; 4) В связи дороговизной сверхпроводникового индуктивного накопителя для данной автономной сети лучше было бы использовать литий-ионные накопители энергии; 5) Не удачно сформулировано обоснование перехода электрической сети на напряжение 20 кВ.

Соискатель Назаров Мусо Холмуродович аргументировано ответил на все заданные ему в ходе заседания вопросы.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития электроэнергетических систем, и соответствует пп. 9-14 Положения о присуждении учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 22 сентября 2022 г. диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические решения по прогнозированию и оптимальному планированию электропотребления энергосистем, имеющие существенное значение для развития страны, присудить Назарову Мусо Холмуродовичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 8 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, дополнительно введенных на разовую защиту нет, проголосовали: за 11, против нет, недействительных бюллетеней 2.

Председатель
диссертационного
Ученый секретарь
диссертационного

Фишов Александр Георгиевич

Осинцев Анатолий Анатольевич

22 сентября 2022 г.