

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.347.05,
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 04 июля 2025 г. протокол № 2

О присуждении Осгонбаатару Тувшину, гражданину Монголии, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация на тему «Разработка системы предиктивной аналитики режимов работы электроэнергетической системы с возобновляемыми источниками (на примере энергосистемы Монголии)» **по специальности** 2.4.3 – «Электроэнергетика» принята к защите 29 апреля 2025 г. (протокол заседания № 4) диссертационным советом 24.2.347.05, 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 №525/нк от 24.03.2023 г.

Соискатель Осгонбаатар Тувшин, «13» августа 1986 года рождения. В 2016 году соискатель окончил «Монгольский государственный университет науки и технологий», г. Улан-Батор по направлению подготовки 521000 – «Автоматизация электрической системы», присуждена квалификация «Магистр». В 2025 году он завершил обучение в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки РФ, по направлению «13.06.01 - Электро- и теплотехника» (профиль: Электрические станции и электроэнергетические

системы), 17 июня 2025 г. выдан диплом об окончании аспирантуры с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь», свидетельствующий освоение им программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, нормативный период обучения в аспирантуре с 01.09.2021 г. по 31.08.2025 г.

Осгонбаатар Тувшин трудовой деятельности на территории РФ в настоящее время не осуществляет.

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

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент, Русина Анастасия Георгиевна, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», факультет энергетики, декан.

Официальные оппоненты:

Суслов Константин Витальевич, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, кафедра гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии, профессор,

Глазунова Анна Михайловна, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт систем энергетики им Л.А. Мелентьева» Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск, отдел электроэнергетических систем №40, старший научный сотрудник.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, в своем положительном отзыве, подписанном профессором Отделения

электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики, доктором технических наук, председателем электроэнергетической секции научно-технического совета Инженерной школы энергетики Ушаковым Василием Яковлевичем и инженером Организационного отдела Инженерной школы энергетики, секретарем электроэнергетической секции научно-технического совета Инженерной школы энергетики Гнездиловым Петром Андреевичем, и утвержденном кандидатом физико-математических наук, проректором по науке и стратегическим проектам Гоголевым Алексеем Сергеевичем, указала, что диссертация Осгонбаатара Тувшина является законченной научно-исследовательской работой, в которой представлено решение актуальной задачи разработки средства оптимального планирования режимов работы электроэнергетической системы с возобновляемыми источниками энергии, основанного на математических моделях и интеллектуализации. Содержание диссертации отражает основные идеи работы и полученные в ней результаты, а также раскрывает её научную и практическую ценность. содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации. Диссертация Осгонбаатара Тувшина «Разработка системы предиктивной аналитики режимов работы электроэнергетической системы с возобновляемыми источниками (на примере энергосистемы Монголии)» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, изложенном в п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842 (ред. от 16.10.2024), а её автор, Осгонбаатар Тувшин, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3. Электроэнергетика.

Соискатель имеет 11 печатных работ, в том числе 4 научные статьи в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень ВАК РФ; 5 статей, входящих в наукометрическую базу Scopus; 1 статью в сборнике научных трудов всероссийских конференций; 1 статью в прочих журналах. Получены 3 свидетельства о государственной регистрации программ для

ЭВМ.

Недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют. Авторский вклад в опубликованных в соавторстве работах составляет 60%. Общий объём научных изданий – 6,2 п.л.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

Научные статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК

1. **Осгонбаатар Т.** Прогнозирование суточного графика электропотребления рабочих дней с учетом метеофакторов для центральной энергосистемы Монголии / А. Г. Русина, Т. Осгонбаатар, П. В. Матренин, Н. С. Попов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2022. – Т. 24. – №. 2. – С. 98-107. Doi: 10.30724/1998-9903-2022-24-2-97-106

2. **Осгонбаатар Т.** Ранговый анализ и ансамблевая модель машинного обучения для прогнозирования нагрузок в узлах центральной энергосистемы Монголии / А. Г. Русина, Т. Осгонбаатар, П. В. Матренин // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2023. – № 3 (78). – С. 36–44.

3. **Осгонбаатар Т.** Оптимизация нормального режима работы электрической системы с возобновляемыми источниками энергии на примере Монголии / А. Г. Русина, Т. Осгонбаатар, П. В. Матренин, Г. С. Бондарчук // iPolytech Journal. – 2023. – Т. 27. – №. 4. – С. 760-772. Doi: 10.21285/1814-3520-2023-4-760-772

4. **Осгонбаатар Т.** Ансамблевая модель для прогнозирования выработки ветровых электростанций / А. Г. Русина, Т. Осгонбаатар, П. В. Матренин, Н. Н. Сергеев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2024. – Т. 26. – №. 1. – С. 64-76. Doi: 10.30724/1998-9903-2024-26-1-64-76

Публикации в научных изданиях, индексируемых в базе данных Scopus

5. **Osgonbaatar T.** Short-term Load Forecasting Using Statistical Methods for the Central Power System of Mongolia / Rusina A. G., Osgonbaatar T., Matrenin P. V. // 2022 IEEE International Multi-Conference on Engineering,

Computer and Information Sciences (SIBIRCON). – IEEE, 2022. – С. 2030-2035. Doi: 10.1109/SIBIRCON56155.2022.10017047

6. **Osgonbaatar T.** Overview of Renewable Energy Sources in Mongolia / Matrenin P. V., Osgonbaatar T., Sergeev N. N. // 2022 IEEE International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON). – IEEE, 2022. – С. 700-703. Doi: 10.1109/SIBIRCON56155.2022.100169868.

7. **Osgonbaatar T.** Ensemble Machine Learning Model for Day Ahead Solar Power Forecasting for Mongolia Power System / A. G. Rusina, T. Osgonbaatar, A. I. Stepanova, P. V. Matrenin // 2023 Belarusian-Ural-Siberian Smart Energy Conference (BUSSEC). – IEEE, 2023. – С. 84-87. Doi: 10.1109/BUSSEC59406.2023.102963449.

8. **Osgonbaatar T.** A Rank Analysis and Ensemble Machine Learning Model for Load Forecasting in the Nodes of the Central Mongolian Power System / T. Osgonbaatar, P. Matrenin, M. Safaraliev, I. Zicmane, A. Rusina, S. Kokin // Inventions. – 2023. – Vol. 8, iss. 5. – Art. 114 (20 p.). Doi: 10.3390/inventions8050114

9. **Osgonbaatar T.** Assessment of the Pumped Storage Hydropower Impact on the Energy Balance of Mongolian Central Power System / B. Burentsagaan, T. Osgonbaatar, A. Rusina, Sh. Sidicov, A. Arestova // 2024 IEEE 25th International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM). – IEEE, 2024. – С. 1390-1395. Doi: 10.1109/EDM61683.2024.10615165

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ:

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2023684879 «Программа краткосрочного прогнозирования графиков нагрузки в узлах электроэнергетической системы на основе ансамблевых моделей машинного обучения и рангового анализа» Матренин П.В., **Осгонбаатар Т.**, Русина А.Г., 21.11.2023.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2023684886 «Программа прогнозирования генерации на базе возобновляемых источников энергии для энергетической системы

Монголии» Матренин П.В., **Осгонбаатар Т.**, Русина А.Г., 21.11.2023.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2023684885 «Программа оптимизации нормальных режимов работы электроэнергетических систем за счет планирования графиков генерации тепловых электрических станций» **Осгонбаатар Т.**, Русина А.Г., 21.11.2023.

На автореферат диссертации поступило 8 отзывов, все отзывы положительные:

1. ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», профессор кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», доктор технических наук, доцент Грачева Елена Ивановна. *Замечания:* 1) в тексте автореферата не представлено пояснение, какие были выявлены переменные в результате исследования внешних факторов, которые должны быть учтены в модели прогнозирования суточного графика нагрузки (стр. 8). Какие параметры графиков нагрузки при этом исследуются? 2) требуется пояснить, что такое «общая величина объекта» в выражении (9).

2. Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, заведующий кафедрой «Электрические станции», кандидат технических наук, доцент Султонов Шерхон Муртазокулович. *Замечание:* Возможно ли расширить функции системы предиктивной аналитики, например, учесть системы накопления энергии, которым уделяется особое внимание в настоящее время.

3. ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», доцент кафедры электротехники Уральского энергетического института, кандидат технических наук, доцент Ерошенко Станислав Андреевич. *Замечания и вопросы:* 1) неясно, по какой причине прогнозировалась скорость ветра, а не выработка ветровой электростанций, при наличии у автора достаточного объема данных о выработке ветровой электростанции; 2) модель

прогнозирования генерации солнечной электростанции учитывает значения вырабатываемой мощности (авторегрессионная составляющая) за предыдущие 3 дня. Чем обоснован выбор именно такой глубины ретроспективы? 3) На стр. 17 указано «Видно, что результаты расчетов, выполненных двумя способами, совпадают», хотя на Рисунке 12 видны значительные отклонения. Необходимо было сопоставить также результаты расчетов обоими способами с фактическими значениями.

4. Филиал АО «СО ЕЭС» «Объединенное диспетчерское управление энергосистемы Сибири», заместитель главного диспетчера по режимам, кандидат технических наук Останин Андрей Юрьевич. *Замечания:* 1) В автореферате не приводится описание классических методов прогнозирования суточного графика нагрузки ЭЭС. 2) Следует объяснить, почему автор не применил методы метаоптимизации, такие как генетический алгоритм и рой частиц, к задаче оптимизации установившихся режимов работы ЭЭС.

5. ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории цифровой трансформации предприятий минерально-сырьевого комплекса, кандидат технических наук Непша Федор Сергеевич, научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории цифровой трансформации предприятий минерально-сырьевого комплекса Ливен Андрей Степанович. *Замечание и вопрос:* 1) В автореферате нет сравнения результатов работы прогнозных моделей солнечной генерации автора с существующими. 2) Учитывались ли СНЭЭ в рассматриваемой энергосистеме?

6. ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», доцент кафедры «Электроснабжение и электропривод», кандидат технических наук, доцент, Костинский Сергей Сергеевич. *Замечания:* 1) В тексте автореферата на стр. 12, 13, 14, 15 в таблицах приведена величина « $nMAE$ » и дано

пояснение, что это «нормализованная средняя ошибка по модулю в процентах». Из текстового пояснения не совсем понятен смысл указанной величины. Следовало бы в тексте автореферата указать выражение, приведенное в диссертационной работе на стр. 105 (формула 3.4), используя которое вычисляется указанная величина. 2) Из текста автореферата не ясно, чем обосновано использование для оценки ансамблевых моделей величин «MAE» и «nMAE»? 3) Из текста автореферата не ясно, по какому критерию лучше проводить оптимизацию распределения мощности между ТЭЦ, по критерию минимизации затрат или потерь? 4) В тексте автореферата имеется ряд опечаток, на стр. 9 используется величина « R_i » и указано, что это «коэффициент ранга», на рис. 4 на графике, на оси ординат, также указана величина «коэффициент ранга», а в табл. 2 указана величина «коэффициент участия»; на рис. 4 цветовой маркировкой и цифробуквенной III рангу соответствует наименование расчета «зона B», а IV рангу соответствует наименование расчета «зона T», а в табл. 2 наоборот III рангу соответствует наименование расчета «зона T», а IV рангу соответствует наименование расчета «зона B».

7. АНО «Центр «Энерджинет», генеральный директор Холкин Дмитрий Владимирович, ведущий эксперт, кандидат физико-математических наук, доцент Мельников Павел Валентинович. *Замечания и вопросы:* 1) В автореферате не в полной мере раскрыты ограничения предложенных моделей (например, зависимость точности прогноза ветровой генерации от качества метеоданных). 2) Проводились ли эксперименты или испытания в реальных условиях, а именно в Центральной энергосистеме Монголии? 3) Целевые функции (минимизация затрат и потерь) проанализированы отдельно, но не рассмотрен гибридный подход (многокритериальная оптимизация). Это могло бы повысить гибкость управления. 4) Возможна ли реализация предлагаемой концепции аналитики для других электроэнергетических систем?

8. ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»,

профессор политехнической школы, доктор технических наук, доцент, Осипов Дмитрий Сергеевич, заведующий лабораторией искусственного интеллекта электроэнергетических систем, кандидат технических наук, доцент Шепелев Александр Олегович. *Замечания и вопросы:* 1) Во второй главе выбранные нейросетевые модели достаточно ограничены (ансамблевая модель, случайный лес, градиентный бустинг). Почему автор ограничивается лишь этим набором моделей искусственного интеллекта? И применимы ли указанные модели при прогнозировании в отличных от представленных в диссертации условиях с той же точностью? 2) В главе 4 при формулировании задачи оптимизации автор вводит ряд ограничений. Стоит отметить, что введение ограничения по диапазону выработки ТЭЦ (выражение 15) не отражает реальную выработку активной мощности. Активная мощность, вырабатываемая на станции синхронными машинами, связана с выработкой реактивной мощности через PQ диаграмму. Необходимо пояснение, почему автор прибегнул к такому значительному (на наш взгляд) упрощению. 3) В выражении 17, автор, почему-то параметры активной и реактивной проводимостей называет сопротивлением («проводимость и сопротивление ветви между узлами...»).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем что, доктор технических наук, доцент **Суслов Константин Витальевич** является одним из признанных авторитетов в области исследования и разработки моделей и методов комплексного обоснования развития изолированных систем электроснабжения, управления системами возобновляемых источников энергии и обеспечения качества электрической энергии, он имеет большое количество публикаций по тематике близкой к представленной к защите диссертационной работы; сфера научных интересов и тематика исследований доктора технических наук, доцента **Глазуновой Анны Михайловны** связана с разработкой методологии и реализацией моделей прогнозирования суточных графиков нагрузки и расчетами режимов электроэнергетических систем с

возобновляемыми источниками, она также имеет значительное количество публикаций, близких по тематике представленной к защите диссертационной работы.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск – один из крупнейших ВУЗов России, в котором передовыми направлениями научных исследований являются теоретические и прикладные задачи моделирования электрических систем и расчет их режимов работы, а также прогнозирования процессов в электроэнергетике.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная концепция системы предиктивной аналитики и прогнозирования на основе совместного использования статистических методов, методов машинного обучения и детерминированных методов оптимизации для планирования режимов работы электроэнергетических систем с возобновляемыми источниками энергии, обеспечивающая планирование режимов и проведение имитационных расчетов в стохастических условиях;

предложена оригинальная методика прогнозирования суточных графиков нагрузки и генерации узлов электроэнергетической системы, учитывающая наличие возобновляемых источников энергии и основанная на применении ансамблевых моделей машинного обучения;

доказана возможность повышения качества планирования режимов работы электроэнергетической системы с учетом стохастических характеристик возобновляемых источников и эффективности использования энергоресурсов;

введено новое понятие: не введено.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана необходимость совместного прогнозирования как

электропотребления, так и генерации на базе возобновляемых источников энергии;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы обработки статистической информации и оптимизации, позволяющие повысить эффективность функционирования электроэнергетической системы по технико-экономическим критериям;

изложены аргументы и доказательства, подтверждающие, что предложенные методики могут быть применены для решения задач, поставленных в диссертации, а также этапы реализации системы предиктивной аналитики режимов работы электроэнергетических систем;

раскрыты противоречия между общепринятым решением исключения нерабочих дней из массива данных при прогнозировании потребления электроэнергии и экспериментальными результатами диссертационного исследования, доказывающими необходимость полноценного учета всех дней (кроме праздничных) при построении модели;

изучены факторы, связанные с метеорологическими условиями и сезонностью, при построении ансамблевых моделей прогнозирования суточных графиков нагрузки электроэнергетической системы и генерации от возобновляемых источников энергии;

проведена модернизация существующих математических моделей прогнозирования графиков нагрузки электроэнергетической системы и генерации возобновляемых источников, обеспечивающая повышение точности расчетов, на основе сравнительного анализа настройки гиперпараметров и выбора структуры ансамблевых моделей машинного обучения.

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

разработаны и внедрены программные продукты, разработанные в ходе диссертационных исследований, в ОАО «Национальный диспетчерский центр Монголии», Ассоциации производителей возобновляемой энергии

Монголии и ООО «Hydro engineering», что подтверждают соответствующие акты внедрения;

определены перспективы практического использования разработанных методик для планирования режимов работы электроэнергетических систем с возобновляемыми источниками энергии;

создана основы для построения системы предиктивной аналитики режимов работы электроэнергетической системы с возобновляемыми источниками;

представлены методические рекомендации в отчете «Технические рекомендации по интеграции гидроаккумулирующих электростанций мощностью 250 МВт в центральную энергосистему Монголии», подготовленном по заказу Министерства энергетики Монголии.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

экспериментальные работы не проводились;

теория построена на использовании фундаментальных научных положений, строгости применяемых математических методов, а достоверность разработанных моделей подтверждается совпадением полученных результатов с результатами опубликованных исследований других авторов;

идея базируется на создании единых наборов программных средств для проведения серий имитационных расчетов и принятия решения по мониторингу, контролю и планированию нормальных режимов электроэнергетической системы с возобновляемыми источниками энергии;

использованы данные современных исследований, опубликованных в российских и зарубежных научных изданиях, по методам и моделям управления режимами электроэнергетических систем с возобновляемыми источниками, а также фактические данные об электропотреблении и метеоусловиях;

установлено качественное и количественное совпадение полученных автором результатов и выводов, сделанных на их основании, с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

использованы современные вычислительные процедуры компьютерного

моделирования, методы искусственного интеллекта, представительные совокупности выборочных данных, методы обработки и анализа статистических данных.

Личный вклад соискателя состоит в постановке совместно с руководителем задач научного исследования, самостоятельной разработке и верификации математических моделей, их программной реализации, расчетах, анализе и обобщении полученных результатов, а также подготовке основных публикаций по теме диссертации. Вклад соискателя в статьях, выполненных в соавторстве, составляет не менее 60%.

В ходе защиты диссертации были сделаны следующие критические замечания:

1. При планировании режимов электроэнергетической системы необходимо предусматривать резервы с учетом стохастичности выработки электроэнергии на возобновляемых источниках, а также полнее учитывать существующие возможности накопления электроэнергии.

2. При прогнозировании стохастических потребления и выработки электроэнергии следует учитывать корреляцию между ними при воздействии метеофакторов.

3. При планировании режимов ЭЭС следует учитывать не только стохастичность выработки электроэнергии на возобновляемых источниках, но и динамику ее изменения соотнося с динамиками электропотребления и выработки электроэнергии на тепловых электростанциях.

Соискатель Осгонбаатар Тувшин аргументировано ответил на все заданные ему в ходе заседания вопросы.

Диссертация представляет собой 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 04 июля 2025 г. диссертационный совет принял решение **за** разработку системы предиктивной аналитики режимов электроэнергетической системы с возобновляемыми источниками, имеющей существенное значение для развития электроэнергетики, присудить Огонбаатару Тувшину ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 9 человек, из них 8 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 11 человек, входящих в состав совета, дополнительно введенных на разовую защиту нет, проголосовали: «за» - 9, «против» - нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель
диссертацион

Александр Георгиевич Фишов

Ученый секр
диссертацион

Анатолий Анатольевич Осинцев

04 июля 2025 г.