

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
24.2.347.04 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 22 мая 2024 протокол № 1

О присуждении Местникову Николаю Петровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка и исследование способов повышения энергоэффективности солнечных электростанций в условиях Севера» в виде рукописи по специальности 2.4.5 – Энергетические системы и комплексы, принята к защите 12 марта 2024 г., протокол № 2, диссертационным советом 24.2.347.04 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования РФ, 630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, приказ о создании диссертационного совета №1343/нк от 24.10.2022 г.

Соискатель Местников Николай Петрович 1996 года рождения, гражданин России, в 2020 г. окончил с отличием Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» по направлению 13.04.01 – «Теплоэнергетика и теплотехника» (профиль «Энергообеспечение предприятий»), присуждена квалификация «Магистр». С 2020 года по настоящее время обучается в очной аспирантуре Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени

М.К. Аммосова» по направлению 13.06.01 – Электро- и теплотехника на кафедре «Электроснабжение», нормативный период обучения с 01.09.2020 г. по 31.08.2024 г. (г. Якутск). С 2020 г. и по настоящее время, соискатель, Местников Николай Петрович, работает в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова» в должностях ассистента (с 01.09.2020 по 22.10.2023 г.) и старшего преподавателя (с 23.10.2023 г. по настоящее время) на кафедре «Электроснабжение».

Диссертация выполнена на кафедре «Электроснабжение» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова».

Научный руководитель – Васильев Павел Филиппович, кандидат технических наук, Федеральное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» Институт физико-технических проблем Севера имени В.П. Ларионова Сибирского отделения Российской Академии наук, отдел электроэнергетики, ведущий научный сотрудник, исполняющий обязанности заведующего отделом. Также Васильев Павел Филиппович по совместительству работает на кафедре «Электроснабжение» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова» в должности доцента, исполняющего обязанности заведующего кафедрой «Электроснабжение».

Официальные оппоненты:

Лукутин Борис Владимирович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», отделение электроэнергетики и электротехники, профессор;

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

дали положительный отзыв на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника», к.т.н., доцентом А.А. Севостьяновым и профессором кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника», д.т.н., профессором А.Л. Куликовым, утвержденном проректором по научной работе, д.ф.-м.н., профессором А.А. Куркиным, указала, что диссертационная работа Местникова Николая Петровича представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тематику, полностью удовлетворяет критериям п.9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 25.01.2024 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.4.5 – Энергетические системы и комплексы.

Соискатель имеет 22 опубликованных работы по теме диссертации, из них, согласно перечню российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (перечень ВАК) – 8, работ в научных изданиях, индексируемых базами Scopus и/или Web of Science – 3, монографий, индексируемых в базе РИНЦ – 2, патент РФ на изобретение – 1, свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ – 2, работ в материалах всероссийских и

международных конференций – 6. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты.

Авторский вклад в опубликованных в соавторстве работах составляет не менее 60 %. Общий объем научных изданий – 25,6 п.л.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Местников, Н.П.** Исследование влияния поверхностного загрязнения на функционирование фотоэлектрической панели в условиях Севера / Н.П. Местников, П.Ф. Васильев, А.М-Н. Альзаккар, А.А. Лобашев // Грозненский естественнонаучный бюллетень. – 2022. – Т. 7, № 1(27). – С. 90-97. – DOI: 10.25744/genb.2022.24.84.010.

2. **Местников, Н.П.** Исследование функционирования фотоэлектрической установки в условиях облачной погоды на территории Севера / Н.П. Местников, П.Ф. Васильев, Г.И. Давыдов, А.М. Хоютанов, А.М-Н. Альзаккар // iPolytech Journal. – 2022. – Т. 26. – № 1. – С. 81-91. – DOI: 10.21285/1814-3520-2022-1-81-91.

3. **Местников, Н.П.** Разработка и исследование способов повышения электроэнергетической эффективности солнечных электростанций в условиях Севера / Н.П. Местников // Вести высших учебных заведений Черноземья. – 2023. – Т. 19, № 1(71). – С. 70-83. – DOI: 10.53015/18159958_2023_19_1_70.

4. **Местников, Н.П.** Оценка эффективности внедрения трекерных установок в солнечные электростанции в условиях Севера / Н.П. Местников, А.К. Корякин, П.Ф. Васильев, А.М-Н. Альзаккар // Вестник МЭИ. – 2023. – № 6. – С. 67-76. – DOI: 10.24160/1993-6982-2023-6-67-76.

5. Способ повышения электроэнергетической эффективности солнечной электростанции микро- и малой мощности : пат. Рос. Федерации на изобретение № 2794626 / **Н.П. Местников, П.Ф. Васильев** ; патентообладатель ФГБУН ФИЦ «ЯНЦ СО РАН» ; зарег. 24.04.2023, приоритет от 13.10.2022.

6. **Mestnikov, N.P.** Development of Method of Protection of Solar Panels Against Dust Pollution in the Northern Part of the Russian Far East / N.P. Mestnikov, P.F. Vasilyev, A. Alzakkar // 2021 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon) – Magnitogorsk, 2021. – DOI: 10.1109/UralCon52005.2021.9559596.

На автореферат поступило 9 отзывов, все отзывы положительные:

1. Сальников Василий Герасимович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры электроэнергетических систем и электротехники, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет водного транспорта» отметил, что в автореферате неясно, чем именно обусловлено применение программного обеспечения «Global Solar Atlas», а не использованы другие методы расчета.

2. Нуруллин Эльмас Габбасович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Энергообеспечение в АПК», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный аграрный университет», подчеркнул, что в автореферате имеются достаточно весомые новые научные результаты, но формулировки пунктов 1,3 и 4 не раскрывают научную новизну; в автореферате представлена только блок-схема разработанной математической модели, а сама модель и оценка ее адекватности отсутствуют, что затрудняет полноценное понимание данного научного результата; выбранная тема исследования является наукоемкой и имеет большое практическое значение, но в автореферате следовало бы представить перспективные направления исследований по ней.

3. Ильин Владимир Кузьмич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Энергообеспечение предприятий, строительство зданий и сооружений», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» указал, что в автореферате

есть сложное для понимания сочетание «повышение энергоэффективности и точности результатов оценки технико-экономических параметров функционирования солнечных электростанций», ибо точность результатов зависит от одних факторов, а повышение точности результатов оценки это совсем другое; также есть фраза «во второй главе сформирована методологическая база исследования», но методология – это совокупность научных знаний, выступающих в роли руководящих принципов, приемов и средств реализации, организации теоретической и практической деятельности; в автореферате в табл. 11 указана вероятность безотказной работы, но непонятно на каком временном интервале определялась данная величина.

4. Суслов Константин Витальевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» указал, что в автореферате неясно рассматривались ли параметры, влияющие на выработку электроэнергии фотоэлектрическими панелями, характерные для северных территорий РФ кроме Республики Саха (Якутия); в автореферате не представляется возможным определить какие параметры указаны в формуле 1; в автореферате не представлено обоснование 15 суток выполнения натурных исследований по изучению поверхностного загрязнения на функционирование солнечной электростанций.

5. Загинайлов Владимир Ильич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры электроснабжения и электротехники им. И.А. Будзко, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет» (МСХА им. К.А. Тимирязева); Лештаев Олег Валерьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения и электротехники им. И.А. Будзко, Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет» (МСХА им. К.А. Тимирязева) отметили, что из автореферата не ясно, как предложенные способы повышения энергоэффективности солнечной электростанции связаны с показателями надежности гибридной системы электроснабжения; каким образом применение предложенных методов повышения энергоэффективности позволит влиять на время электроснабжения объектов от автономной солнечной электростанции, а влияние емкости аккумуляторных батарей на учтено; влияет ли нанесение воскового жидкого покрытия на светопропускание защитного стекла солнечного модуля.

6. Корякин Александр Кимович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Энергообеспечение в АПК», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Арктический государственный агротехнологический университет» отметил, что в автореферате предложено дугообразное размещение фотоэлектрических панелей солнечной электростанции, но при данном размещении требуется бетонированная площадка со значительными трудозатратами и, следовательно, следовало бы обосновать данные сложности; при эксплуатации солнечной электростанции существует проблема поверхностного загрязнения, но также необходим учет фактора обледенения поверхности панели в течение весеннего и осеннего периода и каким образом можно было бы снизить влияние данного фактора.

7. Семенов Александр Сергеевич, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры «Электроэнергетика и автоматизация промышленного производства», директор Политехнического института (филиала) в г. Мирном, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова» указал, что в автореферате представлен способ – 3, связанный с повышением выработки электроэнергии фотоэлектрической панели путем применения напыления металла на

металлизированную полиэфирную пленку для усиления доли отраженного солнечного излучения, но проводились ли исследования повышения или понижения эффективности при использовании разных металлов; при оценке технико-экономических показателей дисконтированный срок окупаемости составил 11 лет – это довольно долгий срок, но не зная изначальных данных тяжело судить об объемах годовой экономии моторного масла и топлива и уменьшения выбросов CO₂, и следовало бы привести данные показатели еще и в процентах; имеются незначительные опечатки, орфографические и пунктуационные ошибки в автореферате на стр. 5, 7, 9 и 15.

8. Локтионов Егор Юрьевич, кандидат технических наук, заведующий лабораторией учебного центра «Фотонная энергетика», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», указал, что в автореферате в табл. 1 приведены факторы и подфакторы, влияющие на выработку электроэнергии, но учитывается ли в исследовании комбинированное воздействие нескольких подфакторов на работу фотоэлектрического модуля; в автореферате не обоснован шаг изменения ориентации фотоэлектрических модулей именно на 30⁰ при дугообразном размещении; в автореферате в табл. 7 очевидно имеются опечатки.

9. Иванова Ирина Юрьевна, кандидат экономических наук, заведующая лабораторией энергоснабжения децентрализованных потребителей отдела комплексных и региональных проблем энергетики, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, отметила, что в каком порядке произведен расчет недоотпуска электроэнергии по проценту снижения мощности фотоэлектрических панелей при учете различных внешних влияющих факторов, представленный в табл. 2-5 на стр. 10; в пункте 2 заключения указывается о снижении выработки электроэнергии при учете внешних факторов, а приведены

проценты снижения генерирующей мощности из табл. 2-5 на стр. 10.; почему в автореферате указан разный процент снижения мощности в пункте 2 заключения и в табл. 2-3 на стр. 10 при поверхностном загрязнении ФЭП мелкодисперсными фракциями пыли и при температуре окружающей среды от -60 до +20 °С?; в автореферате для формулы на стр. 11 указаны не все условные обозначения; в автореферате на графиках рис. 6 размерность выработки указана в кВт; в автореферате при оценке комплексного применения способов снижения негативного влияния внешних факторов на эффективность солнечной ЭС на стр. 16 удельная годовая экономия дизельного топлива приведена в т/кВт.

Выбор официальных оппонентов обосновывается высокой квалификацией специалистов, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Область научных интересов доктора технических наук, профессора Лукутина Бориса Владимировича связана с исследованиями автономных гибридных систем электроснабжения с энергоисточниками различной физической природы, в том числе возобновляемыми, гелио-, ветро- и гидроэлектростанциями, оценкой потенциала природных возобновляемых энергетических ресурсов территорий, имеет большое количество научных публикаций по близкой к диссертационной работе тематике.

Область научных интересов кандидата технических наук, доцента Бубенчикова Антона Анатольевича связана в значительной степени с исследованиями автономной и распределенной генерации с применением традиционных и возобновляемых источников энергии (фото-, ветро- энергоустановки и др.), а также умными сетями и автоматизированными системами коммерческого учета потребляемой электроэнергии.

Выбор ведущей организации ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» обусловлен широкой известностью и достижениями в области исследований

энергетических установок, систем электроснабжения, распределенной генерации электрической энергии, в том числе с применением нетрадиционных (возобновляемых) источников энергии, что подтверждается трудами ведущих научных сотрудников, ученых, преподавателей и специалистов данной организации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан новый способ дугообразного размещения фотоэлектрических панелей солнечных электростанций, учитывающий траекторию движения Солнца, и позволяющий увеличить выработку электроэнергии. Данный способ позволяет повысить производительность солнечных электростанций без применения дорогостоящих материалов и сложного оборудования в течение летнего периода эксплуатации;

предложены дополняющие коэффициенты к существующей методике оценки энергетического потенциала солнечных электростанций, увеличивающие точность расчета годовой выработки электроэнергии. Данные коэффициенты получены путем выполнения ряда натурных исследований по идентификации характера и показателей влияния внешних факторов Северо-Востока России на функционирование солнечной электростанций;

представлена математическая модель оценки энергетического потенциала солнечных электростанций, учитывающая внешние факторы Северо-Востока России в виде применения предложенных дополняющих коэффициентов;

предложена реализация способа защиты фотоэлектрических панелей солнечных электростанций от поверхностного загрязнения на основе воскового жидкого покрытия, способствующего уменьшению периодичности очистки панелей. Данный способ позволяет создать стойкий слой защиты поверхности фотоэлектрических панелей от негативного влияния мелкодисперсных фракций пыли и снегового покрова;

получены показатели влияния внешних факторов Северо-Востока России на функционирование солнечной электростанции. Под данными факторами подразумеваются: поверхностное загрязнение, вызванное образованием мелкодисперсных фракций пыли или снегового покрова; температура окружающей среды; различные виды облачности; сезонные лесные пожары. Применение полученных показателей влияния позволяет увеличить точность расчетов годовой выработки электроэнергии от солнечной электростанции;

показана возможность применения специального покрытия из металлизированной полиэфирной пленки с напылением металла на горизонтальную поверхность земли относительно тыльной части двухсторонней фотоэлектрической панели для усиления доли отраженного солнечного излучения с последующим повышением выработки электроэнергии от панели;

установлено, что в случае применения разработанных и предложенных способов повышения энергоэффективности солнечной электростанции, функционирующей в составе автономной энергетической системы, уменьшаются объемы потребления горюче-смазочных материалов и выбросов углекислых газов в окружающую среду. Улучшаются параметры работы рассматриваемой энергетической системы в соответствии с результатами оценки по параметрам надежности и технико-экономическим показателям.

Теоретическая и практическая значимость исследования **обоснована** тем, что:

доказаны и экспериментально обоснованы предложенные способы повышения энергоэффективности солнечных электростанций, представляющие собой способы защиты от поверхностного загрязнения и дугообразного размещения для фотоэлектрических панелей и позволяющие увеличить выработку электрической энергии от объектов солнечной

энергетики, функционирующих в составе автономных энергетических систем.

изучены и раскрыты дополняющие коэффициенты, содержащие в себе показатели и характер влияния внешних факторов Северо-Востока России на функционирование солнечной электростанции, и увеличивающие точность расчета выработки электроэнергии от объекта солнечной энергетики при сравнении с фактическими данными выработки.

Таким образом, полученные результаты могут быть использованы при выполнении имитационных расчетов, оценки технико-экономических параметров работы объектов солнечной энергетики, а также в актуализации прикладных мероприятий по повышению энергоэффективности солнечных электростанций, размещенных на территории Севера.

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

разработаны и внедрены способы повышения энергоэффективности, методика расчета рабочих параметров и математическая модель оценки энергетического потенциала и технико-экономических показателей функционирования солнечных электростанций, учитывающих внешние факторы Севера;

получены акты внедрения в производственный процесс Министерства жилищно-коммунального хозяйства и энергетики Республики Саха (Якутия), ГАУ РС(Я) «Центр развития ЖКХ и повышения энергоэффективности» и ООО «ЯкутскЭкоСети»;

материалы работы **отражены** в отчете НИР в рамках выполнения государственного задания по проекту FWRS-2021-0013 «Исследования путей повышения эксплуатационной надежности и эффективности интеллектуальных электроэнергетических систем в условиях Севера и Арктики» №121032200059-7 по приоритетному направлению ПФНИ в РФ 2.5.1 Энергетика и рациональное природопользование;

материалы работы **применены** в учебной дисциплине «Общая энергетика» СВФУ и выполнении хоздоговорной работы по разработке технико-экономического обоснования строительства солнечной электростанции в Нерюнгринском горно-обогатительном комбинате и стратегии развития ООО «ЯкутскЭкоСети» с видением до 2032 г.

Оценка достоверности результатов.

Результаты натурных исследований **получены** на сертифицированном оборудовании в области солнечной энергетики, обоснованы и учтены погрешности применяемого гелиоэнергетического оборудования.

Использованы современные статистические методики обработки экспериментальных данных, в том числе методы расчета t-критерия Стьюдента в целях определения достоверности полученных экспериментальных данных при выполнении натурных исследований.

Достоверность полученных результатов обеспечена:

выполнением натурных исследований, учитывающих ключевые требования теории планирования экспериментальных исследований и климатические условия;

подтверждением принятых условий и **соответствием** результатов имитационных расчетов с показателями функционирования существующих солнечных ЭС Севера в пределах $\pm 4 \dots 5\%$.

Личный вклад соискателя заключается в самостоятельном проведении теоретического анализа, натурных исследований, обработке и оценке полученных данных, в разработке способов повышения энергоэффективности солнечных электростанций и методики оценки энергетического потенциала объектов гелиоэнергетики.

Все результаты, представленные в диссертации, получены автором самостоятельно или при непосредственном участии, доля которой составляет не менее 60%. Представление изложенных в диссертации и выносимых на защиту результатов, полученных в совместных исследованиях, согласовано с соавторами.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. При расчете показателей надежности и выработки электроэнергии необходимо учесть характер потребителя и электропотребления в населенном пункте, где размещается солнечная электростанция.

2. Произведен ли учет затрат на переработку фотоэлектрических панелей и аккумуляторных батарей при расчете капитальных затрат солнечной электростанции.

3. При последующих исследованиях в области гелиоэнергетики рекомендовано учесть действующие международные требования в области возобновляемой энергетики.

Соискатель Местников Николай Петрович согласился с замечаниями, аргументированно ответил на все вопросы, задаваемые ему в ходе заседания.

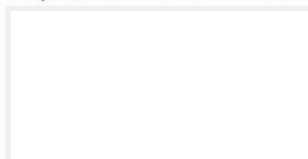
Диссертация представляет собой законченное и самостоятельное исследование, в котором впервые с использованием разработанных способов повышения энергоэффективности изучены характер и показатели влияния климатических факторов Севера на функционирование солнечных электростанций. В работе предложены дополняющие коэффициенты к существующей методике оценки энергетического потенциала солнечных электростанций, увеличивающие точность расчета годовой выработки электроэнергии; разработана математическая модель оценки энергетического потенциала солнечных электростанций, учитывающая внешние факторы Северо-Востока России; предложена реализация способа защиты фотоэлектрических панелей солнечных электростанций от поверхностного загрязнения на основе воскового жидкого покрытия, способствующего уменьшению периодичности очистки панелей; впервые предложен новый способ дугообразного размещения фотоэлектрических панелей солнечных электростанций, учитывающий траекторию движения Солнца, и позволяющий увеличить выработку электрической энергии.

На заседании 22 мая 2024 г. диссертационный совет принял решение:

за решение научной задачи, имеющее существенное значение в области повышения энергетической эффективности объектов возобновляемой энергетики, в том числе гелиоэнергетики, присудить **Местникову Николаю Петровичу** ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.4.5 – Энергетические системы и комплексы.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 11 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 15 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени 10, против присуждения ученой степени – нет, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель диссертационного совета,
доктор физико-математических наук,
академик РАН



Сергей Владимирович
Алексенко

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор технических



Олеся Владимировна
Боруш

22 мая 2024 года