

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ 212.224.14
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 26.04.2021 № 6

О присуждении **Герра Диас Даниель**, гражданину Республики Куба, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение энергоэффективности работы электротехнического комплекса с использованием солнечных батарей на подстанции Сантьяго-де-Куба» по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы принята к защите 26.04.2021 г., протокол заседания №4, диссертационным советом ГУ 212.224.14 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России; 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия, д. 2; приказ от 23.09.2019 г. № 1232 адм.; с изм. от 22.12.2020 г. № 1903 адм.; с изм. от 06.04.2021 г. №662 адм.

Соискатель, **Герра Диас Даниель**, 1986 года рождения, в 2015 году окончил университет Ориенте, Республика Куба, в области Электротехники, по направлению «Промышленность». С 2017 года по настоящее время является аспирантом очной формы обучения кафедры общей электротехники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре общей электротехники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент **Шклярский Ярослав Элиевич**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», кафедра общей электротехники, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Семыкина Ирина Юрьевна – доктор технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет», учебно-научный центр информационных технологий обучения, директор;

Синюкова Татьяна Викторовна – кандидат технических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий государственный технический университет», кафедра «Электропривода», доцент, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном **Шелудько Виктором Николаевичем**, доктором технических наук, заведующим кафедрой САУ, **Скакун Анастасией Дмитриевной**, кандидатом технических наук, доцентом, заместителем заведующего кафедрой САУ по научной работе и **Русяевой Татьяной Леонидовной**, кандидатом экономических наук, доцентом, ученым секретарем кафедры САУ, утвержденном **Тупиком Виктором Анатольевичем** доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе, указала, что практическая значимость работы заключается в том, что разработанный алгоритм формирования электротехнического комплекса с использованием солнечных батарей в условиях развивающихся стран может быть использован как при реконструкции, так и для проектирования новых солнечных подстанций с соблюдением технических, климатических и социально-экономических ограничений и с учетом варьирования нагрузки.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы в учебном процессе при реализации специальных образовательных программ как в Горном университете, так и в других высших учебных заведениях.

Соискатель имеет 8 печатных работ, в том числе 4 статьи в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК); 4 статьи в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus; получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Общий объем – 3,88 печатных листа, в том числе 2,1 печатных листа – соискателя.

Научные работы по теме диссертации:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:

1. Герра, Д.Д. Электротехнический комплекс слежения за солнцем для обеспечения эффективной работы фотоэлектрических батарей [текст] /

Д.Д. Герра, Э.В. Яковлева, И.Н. Войтюк, А.В. Коптева // «Известия ТулГУ. Технические науки», 2019. – № 10. – С. 556-562.

Личный вклад соискателя заключается в проведении исследования и имитационного моделирования систем слежения за Солнцем.

2. **Герра, Д.Д.** Математическое моделирование электротехнического комплекса с фотоэлектрическими модулями в климатических условиях Республики Куба [текст] / **Д.Д. Герра, Я.Э. Шклярский, Э.В. Яковлева** // «Известия ТулГУ. Технические науки», 2020. – № 5. – С. 422-431.

Личный вклад соискателя заключается в разработке математической и компьютерной модели электротехнического комплекса с фотоэлектрическими модулями, проведении исследования климата Республики Куба и имитационного моделирования.

3. **Герра, Д.Д.** Оценка статистическими методами генерации электрической энергии электротехническим комплексом с фотоэлектрическими панелями [текст] / **Д.Д. Герра** // «Известия ТулГУ. Технические науки», 2020. – № 12. – С. 369-378.

Личный вклад соискателя заключается в проведении статистического анализа генерируемой энергии фотоэлектрическими модулями в различных условиях.

4. **Герра, Д.Д.** Математическое моделирование солнечной электростанции в климатических условиях Республики Куба [текст] / **Д.Д. Герра, Э.В. Яковлева** // «Вопросы электротехнологии», 2020. – № 1(26). – С. 52-60.

Личный вклад соискателя заключается в разработке математической и компьютерной модели электротехнического комплекса с фотоэлектрическими модулями, проведении имитационного моделирования.

Публикации в изданиях, входящих в базу цитирования Scopus:

5. **Герра Д.Д.** Sun tracking system for photovoltaic batteries in climatic conditions of the Republic of Cuba [текст] / **D.D. Gerra, E.V. Iakovleva** / IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019. – Vol. 643(1). – PP. 1-6 (*Герра Д.Д., Система слежения за солнцем для фотоэлектрических батарей в условиях Республики Куба / Д.Д. Герра, Э.В. Яковлева // IOP Серия конференций: Материаловедение и инженерия, 2019 – Т. 643(1) – С. 1-6 (Scopus).*)

Личный вклад соискателя заключается в разработке системы слежения за Солнцем, повышающей эффективность генерации электрической энергии фотоэлектрическими панелями в условиях Республики Куба.

6. Герра Д.Д. Mathematical modeling of parameters of solar modules for a solar power plant 2.5 MW in the climatic conditions of the Republic of Cuba [текст] / **D.D. Guerra**, E.V. Iakovleva // E3S Web of Conferences, 2019. – Vol. 140. – P. 1-7 (Герра Д.Д. Математическое моделирование параметров солнечных модулей, входящих в состав солнечной электростанции мощностью 2.5 МВт, в климатических условиях Республики Куба / Д.Д. Герра, Э.В. Яковлева // E3S Сеть конференций, 2019 – Т. 140 – С. 1-7) (Scopus).

Личный вклад соискателя заключается в создании математических моделей всех составляющих электротехнического комплекса с солнечной электростанцией с учетом двух вариантов установки фотоэлектрических модулей – стационарная установка и с использованием системы слежения за Солнцем.

7. Герра Д.Д. Alternative measures to reduce carbon dioxide emissions in the republic of Cuba [текст] / **D.D. Guerra**, E.V. Iakovleva, A.Y. Shklyarskiy. // Journal of Ecological Engineering. – Polish Society of Ecological Engineering (PTIE), 2020 – Vol. 21(4). – P. 55-60. (Герра Д.Д. Альтернативный способ снижения выбросов CO₂ в Республике Куба / Д.Д. Герра, Э.В. Яковлева, А.Я. Шклярский // Журнал экологической инженерии. - Польское общество экологической инженерии, 2019 – Т. 21(4) – С. 55-60) (Scopus).

Личный вклад соискателя заключается в создании математических моделей всех составляющих электротехнического комплекса с солнечной электростанцией с учетом двух вариантов установки фотоэлектрических модулей – стационарная установка и с использованием системы слежения за Солнцем.

8. Герра Д.Д. Improving the efficiency of the use of photovoltaic stations in the republic of Cuba [текст]/ E.V. Iakovleva, **D.D. Guerra** // Journal of Physics: Conference Series, 2020. – Vol. 1753(1). – P. 1-7. (Герра Д.Д. Повышение эффективности применения фотоэлектрической станции в Республике Куба / Э.В. Яковлева, Д.Д. Герра, // Журнал физики: Серия конференций, 2020 – Т. 1753(1) – С. 1-7) (Scopus).

Личный вклад автора диссертации заключается в разработке способа повышения эффективности применения солнечной электростанции в составе электротехнического комплекса на территории Республики Куба.

Патенты:

9. Свидетельство о госрегистрации программы для ЭВМ, № 2020615141. Российская Федерация. Программа для исследования режимов работы солнечных батарей / Д.Д. Герра, Э.В. Яковлева, правообладатель: федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет». – № 2020613791; заявл. 03.04.20; зарегистр. 18.05.2020; опубл. 18.05.2020.– 1 с (**Свидетельство о госрегистрации программы для ЭВМ**).

Личный вклад соискателя заключается в разработке программы исследования режимов работы солнечных батарей, необходимой для функционирования экспериментального стенда.

В диссертации Герра Диас Даниель отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах соискателя, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Апробация работы. Основные положения и результаты исследований освещались на международных научных конференциях и других научных мероприятиях, в том числе:

– IV Всероссийская научно-практическая конференция «Энергетика и энергосбережение: теория и практика» – 2018, Кемерово. Тема доклада «Экспериментальная модель автономной солнечной электростанции с системой слежения за солнцем», содокладчик: Э.В. Яковлева.

– Международная научная конференция по электроэнергетике «International Scientific Electric Power Conference ISEPC» – 2019, Санкт-Петербург. Тема доклада: «Система слежения за солнцем для фотоэлектрических батарей в условиях Республики Куба», содокладчик: Э.В. Яковлева.

– Международная научная конференция «International Scientific Conference on Energy, Environmental and Construction Engineering EECE» – 2019, г. Санкт-Петербург. Тема доклада: «Математическое моделирование параметров солнечных модулей, входящих в состав солнечной электростанции мощностью 2.5 МВт, в климатических условиях Республики Куба», содокладчик: Э.В. Яковлева.

– VII Международная научно-практическая конференция «Инновации и перспективы развития горного машиностроения IPDME» – 2020, г. Санкт-Петербург. Тема доклада: «Повышение эффективности применения фото электростанций в Республике Куба», содокладчик: Э.В. Яковлева.

– XVI Международная научная конференция «Форума-конкурса студентов и молодых ученых APN» – 2020, г. Санкт-Петербург. Тема доклада: «Расчет оптимального угла наклона стационарного солнечного генератора», содокладчик: Э.В. Яковлева.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: доцента кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок» ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», к.т.н., доцента

В.И. Суздорфа; доцента кафедры релейной защиты и автоматики электрических станций, сетей и систем федерального государственного автономного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Петербургский энергетический институт повышения квалификации», к.т.н. **В.В. Полищука**; директора Дирекции энерготрейдинга ООО «Авелар Солар Технолоджи» **Т.Т. Котамова**; руководителя группы отдела крупного электропривода, управления комплексными решениями ООО «Сименс», к.т.н. **А.А. Брагина**; руководителя инженерно-конструкторского отдела низковольтного оборудования ООО «ПО «ЭНЕРГОСИСТЕМА», к.т.н. **А.П. Шевчука**.

В отзывах дана положительная оценка проведенных исследований, отмечена актуальность выбранной темы, высокая степень проработки вопроса и профессиональный подход к решению поставленных задач, однако имеется ряд замечаний:

1. В автореферате нет разделения на выработанную солнечными модулями электроэнергию и отданную в сеть. Учтено ли их соотношение? (к.т.н. **В.И. Суздорф**).

2. Автор не использует общепринятые показатели энергоэффективности. Каков критерий эффективности, предложенный автором? Возможно его представление в явном виде? (к.т.н. **В.И. Суздорф**).

3. Нет оценки влияния работы сервоприводов на энергоэффективность (к.т.н. **В.И. Суздорф**).

4. В тексте автореферата диссертации говорится о географических особенностях региона Сантьяго де Куба, однако сами особенно не раскрываются, так же, как и не описаны ограничения по техническим и социально-экономическим условиям (к.т.н. **В.В. Полищук**).

5. В тексте автореферата диссертации отсутствуют климатические характеристики региона – средняя температура, скорость ветра, влажность и т.д. (к.т.н. **В.В. Полищук**).

6. В тексте автореферата упоминается метод РСА для выбора определяющих факторов, следовало бы раскрыть суть метода, а также почему был выбран именно этот метод (к.т.н. **В.В. Полищук**).

7. С целью уточнения параметров, влияющих на разработанную модель, следовало дополнительно провести анализ по величинам средней абсолютной ошибке (MAE) и среднеквадратичной ошибке (RMSE) (**Т.Т. Котамов**).

8. Отсутствует уточнение, которое учитывает при оценке солнечно излучения такие факторы как: облачность, осадки и видимость (**Т.Т. Котамов**).

9. На рисунке 3 показано, что относительная влажность обладает более сильной обратной корреляцией с выработкой СЭС, чем солнечное излучение (-0,73 против 0,7 соответственно), однако данный параметр исключен из рассмотрения, но при этом автором выбрана скорость ветра с

коэффициентом 0,55. Сам факт того, что солнечное излучение, температура окружающей среды и относительная влажность обладают сопоставимой по силе корреляцией с выработкой СЭС является маловероятным (Т.Т. Котамов).

10. По тексту автореферата сложно оценить эффективность заявленного алгоритма выбора технических средств СЭС, т.к. автором не описано, какие именно варианты модернизации сравниваются между собой и какие конкретно расчеты проводятся (Т.Т. Котамов).

11. Что является критерием эффективности солнечной электростанции (к.т.н. А.А. Брагин)?

12. Возможно ли применить разработанные методику и алгоритм для модернизации солнечных электростанций в России (к.т.н. А.А. Брагин)?

13. В тексте автореферата не описаны характер и мощности нагрузки (к.т.н. А.П. Шевчук).

14. В обозначении климатических переменных есть неточности – G_h и G_h , T_a и T_a и т. д. (к.т.н. А.П. Шевчук).

15. В автореферате неправильная нумерация рисунков (к.т.н. А.П. Шевчук).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований и публикаций по теме диссертационной работы и их компетентностью в области диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

введены дополнительные климатические показатели, учет которых обязателен для выявления возможной величины генерирования энергии в зависимости от климатических условий региона;

предложены варианты подхода к определению величины генерируемой мощности солнечной подстанции с учетом социально-экономических условий стран с развивающейся экономикой;

разработан алгоритм выбора технических средств, входящих в состав солнечной электростанции;

доказана необходимость для развивающихся стран введения в функцию, отражающую максимально возможное значение генерации электроэнергии солнечной подстанции, дополнительного социально-экономического фактора;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:
изложена идея совершенствования электротехнического комплекса с использованием солнечных батарей в условиях Республики Куба;

изучены различные подходы по формированию структуры электротехнического комплекса, содержащего солнечную электростанцию;
изучены климатические факторы, учет которых достаточен для определения величины генерируемой мощности солнечной подстанции;

выявлены технико-экономические подходы, положенные в основу разработанного алгоритма по модернизации электротехнического комплекса с использованием солнечных батарей с учетом специфики экономики Республики Куба;

доказано, что для условий Республики Куба при определении возможной величины генерации энергии солнечной подстанции достаточно учитывать два основных фактора: солнечное излучение и температуру окружающей среды;

разработан алгоритм выбора рационального варианта модернизации или проектирования солнечной электроподстанции, в основу которого положена сформированная функция, отражающая максимально возможное значение генерации электроэнергии в зависимости от ограничений по климатическим, возможным техническим и социально-экономическим факторам;

обосновано применение функции отклика в виде величины генерации электроэнергии солнечной электроподстанции в зависимости от пяти факторов: солнечное излучение, температура окружающей среды, атмосферное давление, относительная влажность и скорость ветра;

проведено компьютерное моделирование режимов работы электротехнического комплекса с использованием солнечных батарей, позволяющее оценить эффективность его работы.

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

разработан алгоритм выбора рационального варианта модернизации (или проектирования) солнечной электроподстанции с учетом выявленных определяющих факторов, определяющих значение генерации электроэнергии;

разработана компьютерная модель электротехнического комплекса с использованием солнечных батарей, позволяющая определить максимальную величину генерируемой мощности;

представлены рекомендации к внедрению результатов исследования в учебный процесс для профильных обучающихся;

представлены рекомендации к внедрению результатов исследования при реконструкции электроподстанции Сантьяго-де Куба.

Оценка достоверности результатов выявила:

результаты исследований получены с применением апробированных методов математического и имитационного моделирования и лицензированной программной среды Matlab-Simulink для моделирования работы электротехнического комплекса предприятий среднего напряжения; **теория** построена на известных закономерностях и проверяемых данных и фактах и согласуется с опубликованными ранее экспериментальными данными других исследователей по теме диссертации; **идея базируется** на результатах анализа и обобщения зарубежного и отечественного опыта по оценке величины генерации солнечных батарей; **установлена** сходимость результатов имитационного моделирования рассматриваемых режимов работы электротехнических комплексов, стендовых испытаний и математического расчета.

Личный вклад соискателя состоит в формулировке задач и постановке цели исследования; в анализе зарубежной и отечественной научно-технической литературы и нормативных документов на предмет проработанности темы исследования и выявления недостатков; в проведении математического и имитационного моделирования работы электротехнического комплекса; в обобщении и обработке полученных данных; в формулировке научных положений и выводов, а также в подготовке текстов научных публикаций, диссертации и автореферата.

На заседании 29 июня 2021 года диссертационный совет принял решение присудить **Герра Диас Даниель** ученую степень кандидата технических наук за решение важной научно-практической задачи по повышению энергоэффективности работы электротехнического комплекса с применением солнечных батарей в условиях вариативности климатических и социально-экономических факторов.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 13, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

Шпенст Вадим Анатольевич

Волкодаева Марина Владимировна

29.06.2021 г.