

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.298.05, СОЗДАННОГО НА
БАЗЕ федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»

Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК
аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 12 марта 2021 г. № 6

О присуждении Махсумову Илхому Бурхоновичу, гражданину Республики
Таджикистан, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка энергокомплекса на базе возобновляемых источников
энергии для электроснабжения труднодоступных районов Республики Таджикистан с
использованием термозащиты солнечных модулей» по специальности 05.09.03 –
«Электротехнические комплексы и системы» принята к защите 30 декабря 2020 г.
(протокол заседания № 5) диссертационным советом Д 212.298.05, созданным на базе
федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный
исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования
Российской Федерации, 454080, г. Челябинск, пр-т им. В.И. Ленина, 76; приказ о
создании диссертационного совета – № 105/нк от 11.04.2012.

Соискатель Махсумов Илхом Бурхонович, 1988 года рождения, в 2011 году
окончил Институт энергетики Таджикистана. В 2020 году соискатель окончил обучение в
очной аспирантуре федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)». В настоящее время соискатель не
работает.

Диссертация выполнена на кафедре электрических станций, сетей и систем
электроснабжения федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего
образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Кирпичникова
Ирина Михайловна, заведующий кафедрой электрических станций, сетей и систем
электроснабжения федерального государственного автономного образовательного

учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

1. **Тягунов Михаил Георгиевич**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет "МЭИ"».

2. **Зайнутдинов Рустем Ахтямович**, кандидат технических наук, заместитель генерального директора ООО научно-производственного предприятия «Астраханский региональный обучающий центр энергетической эффективности (ООО НПП «Астраэнергоэффект»)), – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (ФГАОУ ВО «УрФУ»), г. Екатеринбург – в своём положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой атомных станций и возобновляемых источников энергии, д.т.н., профессором Щеклеиным С.Е. и утверждённом доктором физико-математических наук, профессором Германенко А.В., проректором по науке ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», указала, что диссертационное исследование, в процессе которого проводится изучение возможности строительства энергокомплекса на базе солнечной энергетики с разработкой систем защиты солнечного модуля от перегрева, является актуальным, а диссертационная работа Махсумова И.Б. представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему. По своей актуальности, объёму выполненных исследований, научному содержанию, новизне и практической значимости результатов, работа полностью отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата наук.

Соискатель имеет 18 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 18 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ, 5 работ в изданиях, индексируемых базами Scopus и Web of Science. Общий объём опубликованных работ составляет 7,3 п.л.

Наиболее значимые публикации по теме диссертации:

1. Кирпичникова И.М. Исследование температуры поверхности солнечных модулей с использованием голографической защиты от перегрева / И.М. Кирпичникова,

И.Б. Махсумов // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2019. – Т. 15. – № 4. – С. 19–29. (11/5)

2. Кирпичникова И.М. Повышение энергетической эффективности работы солнечных модулей за счет снижения температуры поверхности / И.М. Кирпичникова, И.Б. Махсумов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 2. С. 489–499. (11/4)

3. Кирпичникова И.М. Построение энергетических характеристик солнечных модулей с учетом условий окружающей среды / И.М. Кирпичникова, И.Б. Махсумов // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2020. – № 34. С. 56–74. (19/10)

4. Кирпичникова И.М. Выбор электрооборудования автономной фотоэлектрической системы с использованием программного обеспечения PVsyst / И.М. Кирпичникова, И.Б. Махсумов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2020. – Т. 20, № 2. – С. 77–88. (12/6)

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург, отзыв подписан профессором кафедры автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники, д.п.н., к.т.н., проф. Семеновым Н.Г. с замечаниями: «1. Из текста автореферата и рисунка 1 не ясно какие *«два уровня критериев и точные альтернативы»* применялись для принятия решения по выбору оптимальной площади строительства солнечной электростанции; 2. В тексте автореферата, стр. 13, указано, что автором разработана *«математическая модель процесса генерирования электроэнергии солнечными модулями»*, хотя далее по тексту на рисунке 7 представлена имитационная модель солнечной установки. Это опечатка или математическая модель представлена в диссертации?».

2. ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», г. Комсомольск-на-Амуре, отзыв подписан профессором кафедры промышленной энергетики КНАГУ, д.т.н., профессором Климашом В.С. с замечаниями: «1. Требуется пояснение, каким образом предложенная термозащита уменьшает температуру на поверхности фотоэлектрических модулей?; 2. Следовало бы для наглядности на рисунке 7 привести модель солнечной установки без термозащиты».

3. ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет», г. Иваново, отзыв подписан младшим научным сотрудником управления научно-исследовательских работ, доцентом кафедры «Автоматическое управление

электроэнергетическими системами», к.т.н., Яблоковым А.А. с замечаниями: «1. Не понятно, каким образом происходит увеличение коэффициента концентрации солнечных лучей в призмах в 3-3,5 раза?; 2. В практической значимости работы говорится о том, что использование термозащиты «позволит снизить процент деградации солнечных модулей из-за их перегрева». Следовало бы уточнить, на сколько конкретно снизится процент деградации».

4. ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», г. Краснодар, отзыв подписан заведующим кафедрой «Электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии», д.т.н., профессором Григорашем О.В. с замечаниями: «1. Не полностью раскрыто содержание методики расчета энергетических характеристик солнечных модулей, в части её особенностей с известными методиками расчета; 2. Тема работы «Разработка энергокомплекса.....», но в автореферате не представлена схема этого комплекса и режимы работы; 3. Заключение должно содержать не только результаты, но и предложения и рекомендации производству, а также перспективы дальнейших разработок по теме исследований».

5. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Забайкальский государственный университет», г. Чита, отзыв подписан профессором кафедры энергетики ЗабГУ, Почетным работником высшего профессионального образования РФ, действительным членом Российской академии естественных наук, Заслуженным деятелем науки и техники Читинской области д.т.н., профессором Суворовым И.Ф. и доцентом кафедры «Автоматизация производственных процессов» ЗабГУ, к.т.н., доцентом Дейсом Д.А. с замечаниями: «1. На стр. 9 указано, что оценка влияния температуры окружающей среды на работу СМ осуществлялась для модуля Delta SM 100-24M. По тексту автореферата не понятно: актуально ли выводы при использовании СМ других производителей?; 2. В тексте автореферата (стр. 14) указано, что применение термозащитной плёнки позволяет уменьшить температуру поверхности СМ на 3 градуса при температуре воздуха 45 градусов, однако при этом не рассмотрен вопрос энергетической эффективности её применения (применение дополнительного слоя на поверхности СМ может привести к снижению вырабатываемой модулем мощности)».

6. ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, отзыв подписан профессором кафедры электроэнергетики и электротехники, д.т.н., профессором Бекировым Э.А. с замечаниями: «1. На стр. 8 автореферата автором взято направление на определение оптимальной площади,

занимаемой солнечной электростанцией. Однако, в дальнейшем о решении этой задачи больше не упоминается; 2. На рисунке 3 автореферата отмечено влияние температуры поверхности фотоэлемента только на один его параметр – напряжение холостого хода $U_{хх}$. Следует уточнить, почему зависимостью других параметров, в этом числе тока короткого замыкания $I_{кз}$, от температуры автор пренебрег; 3. Из текста автореферата не ясно, почему для покрытия 48 модулей площадью 1.94 м^2 каждый, что составляет 93.12 м^2 , необходимо 96 м^2 защитной плёнки; 4. Из таблицы 2 автореферата следует, что разница в стоимости произведённой энергии фотоэлектрическими панелями с плёнкой и без нее составляют 6990,48 рублей. При указанных начальных затратах на обеспечение термозащиты в 68 тыс. рублей, срок ее окупаемости составит около 10 лет. Из текста автореферата не ясно, превышает ли гарантийный срок в условиях таких высоких температур заявленный срок ее окупаемости».

7. ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Барнаул, отзыв подписан профессором кафедры «Электрификация производства и быта», Лауреатом Премии Правительство РФ, Почетным работником высшего образования РФ, д.т.н., профессором Куликовой Л.В. с замечаниями: «1. Необходимо пояснить название структурной схемы определения энергетических параметров, приведенной на рис. 3 (стр. 11), т.к. в автореферате отсутствует описание составляющих этой схемы, их название и расшифровка приведенных сокращений; 2. Автор многократно говорит о разработанных математических моделях (стр. 11,12,13 и т.д.), однако в автореферате отсутствуют эти модели. Необходимо пояснить: каким образом получены модели, какие параметры и (или) режимы они описывают; 3. В разделе «Заключение» автореферата необходимо привести рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы (ГОСТ 7.011-2011. Диссертация автореферат диссертации. Структура и правила оформления, п. 9.2.3)».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается публикациями авторов по заданной тематике. За последние 5 лет имеются публикации: доктор техн. наук Тягуновым М.Г. – 6 публикаций в изданиях из перечня ВАК, 3 публикаций в изданиях, индексируемых в Scopus; канд. техн. наук Зайнутдиновым Р.А. – 4 публикаций в изданиях из перечня ВАК, 3 публикации в издании, индексируемом в Scopus; ведущая организация – 5 публикаций в изданиях из перечня ВАК, 5 публикаций в изданиях, индексируемых в Scopus. Сотрудниками ведущей организации являются ученые и специалисты, научная деятельность которых проходит в области энергетики и

комплексного использования возобновляемых источников энергии: д.т.н., проф. Щеклеин С.Е., д.т.н. доцент. Велькин В.И., д.т.н. проф. Пахалуев В.М. и др.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны методы многокритериального подхода для принятия решений о выборе оптимальной площади строительства солнечной электростанции и аналитическая иерархия процесса на основе Power и Global Solar Atlas всемирного банка с целью бесперебойного энергоснабжения отдаленных и горных местностей Таджикистана; методика расчета энергетических характеристик солнечных модулей при повышенных температурах эксплуатации;

предложено в структурную схему определения энергетических характеристик фотоэлектрических модулей ввести блок ТЗМ (термозащиты модулей), снижающий влияние температуры окружающей среды на выработку электроэнергии при эксплуатации модулей в условиях повышенных температур;

доказано экспериментами, что коэффициент, учитывающий влияние повышенных температур на выходную мощность модуля при расчете энергетических характеристик фотоэлектрических модулей, имеет значение меньше единицы при температурах больше 25°C.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана адекватность методики расчета основных энергетических параметров солнечных модулей с учетом коэффициента термозащиты, позволяющей прогнозировать реальную выработку электроэнергии на солнечных электростанциях, в частности, получить дополнительно около 7 МВт·часов в год на электростанции из 48 фотоэлектрических модулей;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы основные положения теории расчета энергетического потенциала солнечной энергии, методика расчета вольт-амперных и мощностных характеристик солнечного модуля, основы электротехники, методы компьютерного моделирования, лабораторные и натурные эксперименты;

изложена идея повышения выработки электроэнергии на солнечных энергоустановках за счет концентрации солнечных лучей видимого диапазона спектра в призматических солнечных концентраторах;

раскрыты особенности и проблемы работы энергетических систем в труднодоступной местности при отсутствии централизованного энергоснабжения и повышенных температурах окружающей среды;

изучены процессы влияния повышенных температур воздуха на выработку электроэнергии, на основе чего были разработаны соответствующие математические модели генерации энергии солнечными модулями при стандартных условиях и условиях повышенной температуры окружающей среды;

обосновано использование программы PVsyst для моделирования автономной фотоэлектрической системы для электроснабжения одного из удаленных неэлектрифицированных районов республики;

доказано, что выбор электрооборудования автономной энергосистемы для горных районов республики с высоким солнечным потенциалом с использованием программы PVsyst является эффективным и позволит обеспечить надежное электроснабжение объектов;

проведена модернизация и оптимизация автономной системы электроснабжения объектов на основе имитационного исследования коэффициента производительности и нормализованной выработки электроэнергии.

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

разработанная методика расчета энергетических характеристик солнечных модулей при эксплуатации в жарком климате **внедрена** в ОАО «Системаавтоматика», г. Душанбе, ОАО «Душанбинские городские электрические сети», в учебном процессе Института энергетики Таджикистана и Южно-Уральском государственном университете (НИУ).

разработаны структурная схема, методика определения энергетических параметров солнечного модуля, математические модели работы фотоэлектрической системы, внутренняя структура термозащиты в виде призмаконов, этапы моделирования автономной фотоэлектрической системы с использованием программы PVsyst;

представлены рекомендации: использовать методику расчета основных энергетических параметров солнечных электростанций энергетическими и проектными организациями для определения целесообразности строительства и эксплуатации солнечных энергоустановок и комплексов на территории республики.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

установлено качественное совпадение результатов моделирования и экспериментальных натурных испытаний работы солнечных энергоустановок при использовании структурной схемы определения энергетических характеристик модулей.

теория построена на известных проверяемых результатах, в том числе для расчета вольт - амперных и мощностных характеристик солнечных модулей, и согласуется с опубликованными данными, представленными в работах российских и зарубежных ученых;

идея базируется на возможности эффективной работы фотоэлектрических систем в условиях жаркого климата за счет использования термозащиты модулей от перегрева;

использованы современные компьютерные программы для моделирования энергокомплексов в реальных условиях эксплуатации и базы данных NASA и Meteonorm по определению энергетического потенциала местных источников энергии.

Личный вклад автора состоит в:

Разработана методика расчета энергетических характеристик солнечных модулей при их эксплуатации в реальных условиях повышенных температур, предложено в структурную схему расчета ввести блок ТЗМ, снижающий влияние температуры окружающей среды на выработку электроэнергии. Разработано устройство термозащиты солнечных модулей от перегрева на основе голографической пленки с призмаконами, дана экономическая оценка ее эффективности при использовании на солнечных электростанциях. Разработана математическая модель солнечной электростанции с использованием термозащиты солнечных модулей с применением компьютерной программы MATLAB/Simulink; с применением компьютерной программы PVsyst смоделирована автономная солнечная энергосистема, проведен выбор оптимального оборудования для энергообеспечения потребителей. Проведен анализ эффективности автономной системы для труднодоступных районов республики, который показал целесообразность строительства энергокомплекса на базе солнечных электростанций в труднодоступных районах республики при отсутствии централизованного электроснабжения.

Диссертация Махсумова И.Б. «Разработка энергокомплекса на базе возобновляемых источников энергии для электроснабжения труднодоступных районов Республики Таджикистан с использованием термозащиты солнечных модулей» является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи – улучшение энергетических характеристик солнечных модулей за счет снижения перегрева их поверхности при работе солнечных электростанций в жарком климате.

Диссертационная работа имеет значение для развития отрасли знаний – электротехнические комплексы и системы.

На заседании 12 марта 2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Махсумову И.Б. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве **16** человек, из них **05** – докторов наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы», участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту **НЕТ** человек, присутствовали дистанционно **6** человек, проголосовали: за – **16**, против – **НЕТ**, воздержались – **НЕТ**.

Председатель
диссертационного совета

Радионов Андрей Александрович

Учёный секретарь
диссертационного совета

Григорьев Максим Анатольевич

12.03.2021 г.