

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

диссертационного совета 6D.КОА-055 при Физико-техническом институте им. С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана по диссертационной работе Махмудзода Бехруз Нозир на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3 – Энергетика и электротехника (2.3.3 – Энергоустановка на основе возобновляемых видов энергии).

(постановление Правительства РТ от 26.06.2023 №295)

Аттестационное дело № 3

Решение диссертационного совета от 12 марта 2026 г., протокол № 9

О присуждении Махмудзода Бехрузу Нозиру (Махмудов Бехруз Нозирович), гражданину Республики Таджикистан, учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3 – Энергетика и электротехника (2.3.3 – Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии).

Диссертация на тему: «Оценка эффективности крышных фотоэлектрических систем на основе геоинформационной системы в условиях Таджикистана», представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3 – Энергетика и электротехника (2.3.3 – Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии), принята к защите 08 января 2026 года, протоколом № 3 диссертационным советом 6D.КОА-055 по защите диссертаций при Физико-техническом институте им. С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана (734063, г. Душанбе, пр. Айни, 299/1), утверждённым приказом ВАК при Президенте Республики Таджикистан (ВАК РТ) от 06.09.2024 г. № 324/шд.

Соискатель учёной степени Махмудзода Бехруз Нозир, 01 ноября 1986 года рождения. В 2014 году окончил энергетический факультет Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими по специальности «430103 – Электроснабжение промышленных предприятий» (квалификация – специалист).

В 2019 году окончил очную аспирантуру Центра исследования и использования возобновляемых источников энергии Физико-технического института имени С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана.

Соискатель учёной степени кандидата технических наук Махмудзода Бехруз Нозир работает в должности младшего научного сотрудника Центра исследования и использования возобновляемых источников энергии Физико-технического института имени С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана.

Диссертация выполнена в Центре исследования и использования возобновляемых источников энергии Физико-технического института имени С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана.

Научный руководитель:

Мадвалиев Умархон — доктор физико-математических наук, член-корреспондент Национальной академии наук Таджикистана, главный научный сотрудник Центра исследования и использования возобновляемых источников энергии Физико-технического института имени С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана.

Официальные оппоненты:

Ахатов Жасуржон Саидович — доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией солнечных тепловых и энергетических установок Физико-технического института имени С.А. Азимова Академии наук Республики Узбекистан;

Назиров Хуршед Бобоходжаевич — кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электроэнергетика» Филиала «НИУ МЭИ» в г. Душанбе, дали положительные отзывы на диссертацию Махмудзода Б.Н.

Ведущая организация — Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими — в своём положительном отзыве, подписанном ответственным за подготовку отзыва ведущей организации Рахимзода Фирдавсом Мирзоумаром, кандидатом технических наук, доцентом кафедры «Электрические станции», указала, что диссертационная работа представляет собой самостоятельное научное исследование и полностью соответствует заявленной теме.

Диссертационная работа Махмудзода Бехруза Нозира посвящена актуальной научно-технической проблеме оценки эффективности крышных фотоэлектрических систем с использованием геоинформационных технологий. Работа выполнена на высоком научном уровне, системно раскрывает поставленные задачи и содержит обоснованные выводы.

Полученные результаты имеют практическую значимость для оценки технического потенциала солнечной энергетики и могут быть использованы при планировании и развитии распределённых солнечных энергетических установок в условиях Республики Таджикистан. Автор продемонстрировал глубокое владение современными методами анализа и моделирования, что подтверждает его высокую компетентность в исследуемой области.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Работа Махмудзода Бехруза Нозира на тему «Оценка эффективности крышных фотоэлектрических систем на основе геоинформационной системы в условиях Таджикистана» соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3 – Энергетика и электротехника (2.3.3 – Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии).

Соискатель имеет 8 опубликованных научных работ по теме диссертации, из них 4 статьи и 4 тезиса докладов. Одна статья опубликована в рецензируемом международном журнале, индексируемом в базе данных Scopus — Applied Solar Energy (ISSN 0003-701X). Ещё 3 статьи опубликованы в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК при Президенте Республики Таджикистан. Также опубликованы 4 работы в материалах международных научных конференций и других научных изданиях.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

I. Статьи в журналах, индексируемые в международной базе данных Web of Science и Scopus

[1-А] **B. N. Mahmudov.** Scalable Assessment of Rooftop Solar Potential in Central Asia using Open Data and Geometric Orientation Analysis [Текст] / U. Madvaliev, B. N. Mahmudov, A. R. Rustamzoda, M. A. Kudusov & R. Bakhromzod // Applied Solar Energy. - 2025. Vol. 61. P. 206–215. DOI: 10.3103/S0003701X25601280.

**I. Статьи, опубликованные в других изданиях, рекомендуемых ВАК при
Президенте Республики Таджикистан:**

[2-А] **Махмудов Б.Н.** Оценка экономического потенциала крышных-солнечных установок в Таджикистане на основе открытых пространственных данных и мультикритериального подхода [Текст] / Махмудов Б.Н. Мадвалиев У., Кудусов М.А., Рустамзода А.Р., // Доклады Академии Наук Республики Таджикистана. - 2025, том 68, - №6 – С. 566-577, ISSN 2791-1489

[3-А] **Махмудов Б.Н.** Оценка технического потенциала крышных-солнечных установок в Таджикистане на основе открытых пространственных данных и мультикритериального подхода [Текст] / Махмудов Б.Н., Мадвалиев У., Кудусов М.А., Рустамзода А.Р., // Доклады Академии Наук Республики Таджикистана. - 2025, том 68, - №5. – С. 452-463, ISSN 2791-1489.

[4-А] **Махмудов Б.Н.** Оценка потенциала солнечной энергии при установке фотоэлектрических панелей на крышах зданий города Душанбе / Мадвалиев У., Кудусов М.А., Махмудов Б.Н., Бахромзод Р., // Доклады Академии Наук Республики Таджикистана. - 2025, том 68, – №2. – С. 131-141, ISSN 2791-1489

**II. Список опубликованных работ в материалах международных
конференций:**

[5-А] **Махмудов Б.Н.** Влияние угла наклона фотоэлектрического модуля на выработку электроэнергии: исследование на примере крыши в северном Таджикистане [Текст] / Махмудов Б.Н., А. Давлатов // “Новые горизонты низкоуглеводного развития и в Узбекистане”, II Международная научно-техническая конференция. 25-26 сентября - 2025, – С. 32-36.

[6-А] **Махмудов Б.Н.** Сезонное влияние угла наклона фотоэлектрических модулей на выработку энергии в зимнее время: исследование на примере крыш

в Таджикистане [Текст] / Махмудов Б.Н., А. Давлатов // Труды международной конференции, «Состояние и перспективы развития возобновляемой энергетики в Таджикистане». 23-25 июня 2025 г. – С. 143-147.

[7-А] **Махмудов Б.Н.** Исследование возможностей использования солнечной энергии для установки фотоэлектрических панелей на крышах зданий Душанбе [Текст] / Махмудов Б.Н., Бахромзод Р. // Проблемы и перспективы развития физических наук: материалы международной научно-практической конференции. г. Худжанд: Дабир, – 2025. – С. 420–424.

[8-А] **Махмудов Б.Н.** Оценка технического потенциала рурфтоб-солнечных установок в Таджикистане на основе данных Microsoft building footprints и openstreetmap [Текст] / Махмудов Б.Н., Мадвалиев У., Зарифзода А., Рустамзода А.Р., Бахромзод Р., Кудусов М.А // “Новые горизонты низкоуглеводного развития в Узбекистане”, II Международная научно-техническая конференция. 25-26 сентября – 2025, – С. 109-113.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы:

1. Отзыв первого официального оппонента — Ахатова Жасуржона Саидовича, доктора технических наук, профессора, заведующего лабораторией солнечных тепловых и энергетических установок Физико-технического института имени С.А. Азимова Академии наук Республики Узбекистан..

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

– Представлен разработанный алгоритм автоматизированного определения полезной площади и ориентации крыш с использованием метода MRR (Minimum Rotated Rectangle). Было бы целесообразно представить основные преимущества данного метода и предлагаемого алгоритма, а также привести сопоставительные характеристики с другими существующими методами.

– Так как построены модели расчёта установленной мощности и годовой выработки электроэнергии солнечными установками с учётом климатических характеристик местности и выполнены соответствующие численные расчёты по определению энергетической эффективности рассматриваемых систем, было бы целесообразно представить результаты на конкретных примерах.

– Создана комплексная методика технико-экономического анализа эффективности крышных солнечных установок, включающая расчёт годовой выработки, себестоимости электроэнергии и срока окупаемости систем. В международной практике широко используются показатели LCOE (Levelized Cost of Energy), CAPEX (капитальные расходы), OPEX (операционные расходы) и другие показатели, с помощью которых оценивается эффективность энергетических систем. Эти показатели также имеют важное значение при привлечении иностранных инвестиций. В этой связи возникает вопрос: каковы возможности интеграции результатов данного исследования в международные системы оценки эффективности энергетических проектов?

2. Отзыв второго официального оппонента — Назирова Хуршеда Бобоходжаевича, кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Электроэнергетика» Филиала «НИУ МЭИ» в г. Душанбе.

По диссертационной работе имеются следующие замечания и рекомендации:

– В представленной работе для оценки полезной площади крыш используется «коэффициент пригодности», равный 0,75. Однако автором не раскрывается методика определения данной величины, что вызывает вопросы. Требуется подробно пояснить, каким образом было обосновано данное значение.

– В представленных на стр. 51 и 53 формулах для расчёта установленной мощности и годовой генерации ФЭС не учтены потери в основных элементах системы. Автор указывает, что потери учтены агрегированно в используемых данных PVOUT и составляют 14%. Требуется пояснить, от каких факторов зависят данные потери и применимо ли это значение для условий Таджикистана.

– Автор использует понятия «зелёный тариф» и «субсидия». Однако в действующей нормативно-правовой базе Республики Таджикистан подобные механизмы для частных лиц официально не установлены. Использовал ли автор данные термины как гипотетические сценарии, либо подразумевал другие реально существующие механизмы стимулирования (льготные кредиты, налоговые преференции и др.)?

– В таблице 3.13 рассчитан срок службы ФЭС для условий Таджикистана. Данный показатель составляет 180 лет, что значительно превышает нормативный срок службы фотоэлектрических установок. Требуется пояснить, с чем связано получение столь высокого значения.

– Установлен технический потенциал в 53,97 ГВт. Учитывает ли данный потенциал возможности передачи такого объёма мощности через существующую распределительную электрическую сеть?

3. Отзыв ведущей организации — Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими

Дан положительный отзыв (от 23 февраля 2026 г.), подписанный следующими представителями университета:

Председатель — Султонзода Шерхон Муртазо, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электрические станции» Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими.

Эксперт — Рахимзода Фирдавс Мирзоумар, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электрические станции» Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими.

Секретарь заседания — Зокирзода Аминджон Рахмон, кандидат технических наук, ассистент кафедры «Электрические станции» Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими.

Отзыв утверждён ректором Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими — доктором экономических наук, профессором Давлатзода К. К.

В отзыве, в частности, указано, что диссертационная работа является законченной самостоятельной научно-исследовательской работой, которая в полной мере удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

По уровню и объёму выполненных исследований, степени научной новизны и практической ценности полученных результатов диссертация «Оценка эффективности крышных фотоэлектрических систем на основе

геоинформационной системы в условиях Таджикистана» соответствует требованиям ВАК при Президенте Республики Таджикистан, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Махмудзода Бехруз Нозир заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3 – Энергетика и электротехника (2.3.3 – Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии).

Замечания ведущей организации

– Из предложенной модели расчёта годовой генерации на основе PVOUT не вполне ясно, какие параметры являются входными и выходными, а также какие ограничения и допущения были приняты.

– Во второй главе диссертации в формуле 2.1 коэффициент пригодности r крыши принят равным 0,75, однако отсутствует обоснование данного значения.

– В разделе степени разработанности научной проблемы не указаны научные достижения отечественных исследователей.

– В диссертации и автореферате упоминается алгоритм геоинформационной реализации на базе Python, однако не приводится подтверждение его реализации (фрагмент интерфейса программы, свидетельство о регистрации программного продукта или иной подтверждающий документ).

– В автореферате имеются опечатки и грамматические ошибки, а также в формулах индексы представлены на двух языках (русском и английском). Кроме того, некоторые рисунки недостаточно читаемы.

– В автореферате трудно проследить логическую последовательность изложения научных результатов, а также не выделены положения, выносимые на защиту.

– В автореферате приведены 2 таблицы и 3 рисунка, что не позволяет в полной мере представить объём выполненной работы и полученные результаты.

Несмотря на высказанные замечания, диссертационная работа Махмудзода Бехруза Нозира на тему «Оценка эффективности крышных фотоэлектрических систем на основе геоинформационной системы в условиях Таджикистана» выполнена на высоком научном уровне.

4. **Дополнительные отзывы на автореферат**

В диссертационный совет поступили 5 положительных отзывов:

4.1. От доктора технических наук Комилова А., заведующего лабораторией интеграции возобновляемых источников энергии в электросеть ННИС ВИЭ при Министерстве энергетики Республики Узбекистан.

Замечание:

В автореферате наблюдается недостаточная визуализация результатов исследования. При достаточно подробном описании этапов работы только рисунок 3 демонстрирует итог исследования, что затрудняет восприятие практической значимости работы.

4.2. От доцента института МПСУ Национального исследовательского университета «МИЭТ», доктора философии (PhD) Камолова М.М. — замечаний нет.

4.3. От кандидата технических наук Амирханова А.С., декана факультета устойчивой энергетики и цифровых технологий Института энергетики Таджикистана — замечаний нет.

4.4. От доктора технических наук Гулахмадзодда А.А., директора Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ — замечаний нет.

4.5. От чл.-корр. НАН КР, доктора технических наук, профессора Обозова А.Дж.

Замечание:

Из материалов автореферата недостаточно ясно, в чём заключается принципиальное отличие предложенной методики оценки технической и технико-экономической эффективности крышных фотоэлектрических систем от существующих подходов, применяемых в странах с ограниченными пространственными данными и использованием **открытых геоданных**.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой научной квалификацией, значительным опытом научно-исследовательской деятельности и наличием научных трудов в области возобновляемых источников видов энергии. Указанные специалисты являются

признанными экспертами в соответствующей научной области, имеют публикации в рецензируемых научных изданиях и обладают достаточной компетентностью для всесторонней и объективной оценки представленной диссертационной работы. Назначенная ведущая организация располагает необходимым научным потенциалом, кадровыми и материально-техническими ресурсами для проведения квалифицированной экспертизы результатов исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Разработана геоинформационная методика оценки технического потенциала крышных фотоэлектрических систем, основанная на использовании открытых пространственных данных и алгоритмов геоинформационного анализа. В рамках предложенного подхода реализован алгоритм автоматизированного определения геометрических характеристик крыш зданий, включая полезную площадь и ориентацию, с применением метода минимального повернутого прямоугольника (Minimum Rotated Rectangle, MRR). Это позволило сформировать базу данных характеристик крыш и выполнить расчёт возможной установленной мощности солнечных установок.

Предложена комплексная методика технико-экономической оценки эффективности крышных фотоэлектрических систем, включающая расчёт годовой выработки электроэнергии, коэффициента использования установленной мощности, приведённой стоимости электроэнергии (ПСЭ), срока окупаемости, чистой приведённой стоимости и внутренней нормы доходности. Разработанная методика позволяет проводить интегральную оценку эффективности солнечных установок с учётом климатических условий, пространственных характеристик зданий и экономических параметров энергосистемы.

Доказано, что применение геоинформационных методов анализа пространственных данных и спутниковых климатических баз данных солнечной радиации позволяет выполнять достоверную оценку энергетического

потенциала крышных фотоэлектрических систем даже в условиях ограниченности детализированных пространственных данных. Установлено, что использование открытых геоданных, цифровых моделей рельефа и глобальных климатических баз данных обеспечивает возможность масштабируемой оценки потенциала солнечной генерации на уровне зданий, районов и городов.

Введены новые подходы к интегральной классификации пригодности крыш зданий для размещения фотоэлектрических установок, основанные на совокупном учёте пространственных, энергетических и экономических факторов. Предложенная система классификации позволяет выделять наиболее перспективные объекты и территории для внедрения распределённой солнечной генерации.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Доказано, что разработанная методика геоинформационного анализа крышного солнечного потенциала расширяет научные представления о применении пространственного моделирования в задачах распределённой энергетики. Полученные результаты формируют научную основу для оценки эффективности фотоэлектрических установок в условиях ограниченности пространственных данных и сложного горного рельефа.

Применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс методов геоинформационного анализа, моделирования солнечной инсоляции, обработки спутниковых климатических данных и технико-экономического анализа энергетических систем. Использование указанных методов позволило получить количественные оценки потенциала крышных фотоэлектрических систем и определить закономерности их эффективности в условиях Республики Таджикистан.

Изложены результаты анализа пространственного распределения солнечного потенциала крыш зданий, энергетических характеристик фотоэлектрических систем и факторов, влияющих на их экономическую эффективность.

Раскрыта роль распределённой солнечной генерации в повышении устойчивости энергоснабжения и снижении сетевых потерь, а также определены основные факторы, влияющие на эффективность внедрения крышных фотоэлектрических систем в энергетическую систему Таджикистана.

Изучены энергетические и экономические характеристики функционирования крышных фотоэлектрических систем с учётом особенностей климатических условий, структуры энергопотребления и тарифной политики.

Проведена модернизация подходов к оценке солнечного потенциала зданий на основе геоинформационных технологий путём адаптации существующих методов к условиям ограниченности пространственных данных и сложного рельефа территории.

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

Разработаны и внедрены алгоритмы геоинформационного анализа пространственных данных, позволяющие автоматически определять геометрические характеристики крыш зданий и рассчитывать возможную установленную мощность фотоэлектрических систем.

Определены ключевые параметры энергетической эффективности крышных солнечных установок, включая возможную установленную мощность, годовую выработку электроэнергии и экономические показатели функционирования систем.

Создана методика комплексной оценки эффективности крышных фотоэлектрических систем, которая может использоваться при разработке программ развития возобновляемой энергетики, проектировании солнечных установок и подготовке инвестиционных решений.

Представлены результаты оценки потенциала внедрения крышных фотоэлектрических систем для отдельных районов и города Душанбе, что может быть использовано при формировании муниципальных программ развития распределённой солнечной генерации и создании цифровых «солнечных кадастров».

Оценка достоверности результатов теоретического исследования выявила:

В теоретическом и методическом подходе использованы общепринятые методы геоинформационного анализа, математического моделирования солнечной радиации и технико-экономического анализа энергетических систем. В качестве информационной базы использованы международные базы данных солнечной радиации, открытые геоданные о зданиях и пространственные данные дистанционного зондирования Земли, что обеспечивает воспроизводимость и объективность полученных результатов.

Идея исследования базируется на комплексном подходе к оценке эффективности крышных фотоэлектрических систем, сочетающем методы геоинформационного анализа пространственных данных, моделирование солнечной инсоляции и экономическую оценку энергетических проектов.

Использованы современные программные средства геоинформационного анализа и обработки пространственных данных, а также методы расчёта энергетических и экономических характеристик фотоэлектрических систем.

Установлено, что применение предложенной методики позволяет выполнять масштабируемую оценку потенциала крышных солнечных установок и выявлять наиболее перспективные зоны для развития распределённой солнечной энергетики.

Личный вклад соискателя состоит в: личный вклад автора состоит в формировании и обосновании методического подхода к оценке технического и экономического потенциала крышных фотоэлектрических установок на основе геоинформационного анализа открытых пространственных данных, включая определение инсоляции, затенённости, ориентации кровель и расчёт ожидаемой выработки электроэнергии. Полученные алгоритмы, расчётные процедуры, результаты моделирования и все выводы, представленные в опубликованных статьях автора, выполнены им лично.

На заседании диссертационного совета 6D.KOA-055 при Физико-техническом институте имени С.У. Умарова Национальной академии наук

Таджикистана от 12 марта 2026 г. (протокол № 9) принято решение присудить Махмудзода Бехрузу Нозиру учёную степень кандидата технических наук по специальности 2.3 – Энергетика и электротехника (2.3.3 – Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии).

Состав диссертационного совета утверждён в количестве 16 человек. На заседании присутствовали 15 членов совета (в том числе 2 члена диссертационного совета участвовали в режиме онлайн), из них 3 доктора наук, 1 кандидата наук и 1 доктор философии (PhD) по специальности 2.3 – Энергетика и электротехника (2.3.3 – Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии).

Результаты тайного голосования:

за присуждение учёной степени — 14;
против присуждения учёной степени — нет;
недействительных бюллетеней — 1.

Председатель

диссертационного совета
6D.KOA-055 при Физико-техническом
институте им. С.У. Умарова НАНТ,
д. ф.-м. н., профессор



Абдуллозода С.Ф.

Ученый секретарь

диссертационного совета
6D.KOA-055 при Физико-техническом
институте им. С.У. Умарова НАНТ,
доктор философии (PhD)

Каюмов М.М.

«12» марта 2026 г.