

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Махмудзода Бехруза Нозира на тему: «Оценка эффективности крышных фотоэлектрических систем на основе геоинформационной системы в условиях Таджикистана», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям: 2.3 — Энергетика и электротехника и 2.3.3 — Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии. Душанбе, 2026 г. — 144 стр.

1. Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Тема диссертационного исследования соответствует Паспорту номенклатуры специальностей ВАК при Президенте Республики Таджикистан по специальности 2.3 – Энергетика и электротехника (2.3.3 – Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии), в частности следующим пунктам: 2. Теоретический анализ, экспериментальные исследования, физическое и математическое моделирование энергоустановок, электростанций и энергетических комплексов на базе возобновляемых видов энергии с целью оптимизации их параметров и режимов использования. 4. Разработка научных подходов, методов, алгоритмов и программного, информационного обеспечения для контроля и диагностики, оценки надежности оборудования, энергоустановок, электростанций и энергетических комплексов в целом.

2. Актуальность тематики исследования соответствует целям устойчивого развития и Национальной стратегии развития Республики Таджикистан на период до 2030 года, в которой отмечается необходимость «диверсификации генерирующих источников энергии, предусматривающей освоение гидроэнергетических ресурсов больших и малых рек, развитие существующих мощностей нефтегазовой и угольной отрасли, освоение новых месторождений органического топлива, создание технических возможностей для использования нетрадиционных (возобновляемых) источников энергии (солнечной, ветряной, биологической, геотермальной), модернизацию существующих и строительство новых ГЭС и ТЭС».

Страна, обладающая огромным гидроэнергетическим потенциалом, в осенне-зимнем сезоне сталкивается с дефицитом электроэнергии из-за зависимости ГЭС от сезонных факторов (маловодный зимний период, рост потребления электроэнергии). В этих условиях одним из решений является использование распределённой генерации за счёт потенциала крыш зданий и домов. Нужно отметить, что 70% населения Таджикистана проживает в сельской местности, что делает использование потенциала крыш зданий особенно актуальным. Фотоэлектрические системы, установленные на крышах зданий, позволяют генерировать электроэнергию непосредственно у

потребителя, снижая потери в сетях и нагрузку на централизованную систему, а также повышая энергетическую безопасность домохозяйств и предприятий. Климатические условия Таджикистана с высоким количеством солнечных дней в году создают исключительно благоприятные предпосылки для широкого внедрения подобных технологий.

Энергетическая отдача солнечной панели кардинально зависит от локальных условий: ориентации и угла наклона крыши, степени затенения, региональной инсоляции и температуры. В горном рельефе Таджикистана эти параметры крайне изменчивы даже в пределах одного населенного пункта. Поэтому традиционные усреднённые расчёты неприменимы. Использование геоинформационных систем (ГИС) с данными дистанционного зондирования, цифровыми моделями рельефа и 3D-моделями застройки позволяет перейти от гипотетических оценок к точному кадастру потенциально пригодных крыш, расчёту генерации для каждой из них и оптимальному размещению систем. Таким образом, тема находится на стыке двух насущных задач: практического освоения возобновляемых источников энергии и внедрения современных цифровых инструментов пространственного анализа для принятия обоснованных управленческих и инвестиционных решений в энергетике.

3. Научная новизна исследования:

1. Разработан алгоритм автоматизированного определения полезной площади и ориентации крыш с использованием метода минимального повернутого прямоугольника (Minimum Rotated Rectangle, MRR).
2. Предложена интегрированная методика геоинформационной оценки технического потенциала крыш для размещения солнечных энергетических установок, адаптированная к условиям отсутствия детализированных цифровых моделей поверхности зданий и к сложной горной местности Таджикистана.
3. Создана комплексная методика технико-экономического анализа эффективности крышных солнечных установок, включающая расчёт годовой выработки, себестоимости электроэнергии, срока окупаемости и построение интегральной классификации пригодности крыш на основе совокупности пространственных и экономических параметров.

4. Степень изученности научной темы. Степень изученности научной темы. В диссертационной работе отражён мировой опыт передовых учёных в области оценки потенциала солнечной энергии, который достаточно подробно представлен в обзоре литературы.

5. Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трёх глав, выводов и списка литературы. Объем работы составляет 144 страницы текста, включая 18 рисунков и 15 таблиц. Список литературы включает 137 источников.

Введение обосновывает актуальность диссертационного исследования, заключающуюся в необходимости решения проблемы сезонного энергодефицита в Таджикистане за счет развития распределенной солнечной генерации. В нем определяются цель, задачи, объект и предмет исследования, формулируются научная новизна, положения, выносимые на защиту, а также практическая значимость работы.

Глава 1 посвящена комплексному анализу исходных предпосылок и научно-методической базы исследования. В ней решена ключевая задача по систематизации состояния энергетической системы Таджикистана, выявлению роли крышных фотоэлектрических систем (ФЭС) в ее устойчивости и критическому обзору международных и адаптированных подходов к оценке солнечного потенциала крыш с использованием геоинформационных систем (ГИС). На основе этого анализа сформулированы цели и конкретные задачи диссертации.

Глава 2 представляет разработку авторской методики комплексной технико-экономической оценки эффективности крышных ФЭС. В данной главе решена задача создания последовательного алгоритма, объединяющего моделирование энергетической выработки (с учетом конфигурации крыш и локальных климатических данных) с детальным экономическим анализом (расчет ПСЭ, ЧПС, срока окупаемости) в условиях Таджикистана, а также описана архитектура ее геоинформационной реализации для автоматизированных расчетов.

Глава 3 содержит практическое применение разработанной методики для количественной оценки потенциала и эффективности крышных ФЭС в Таджикистане. В ней решена задача апробации модели на двух уровнях: масштабном (оценка по административным районам) и детальном (на примере г. Душанбе), включая расчет экономических показателей, анализ чувствительности, сравнительный анализ со странами Центральной Азии и экспериментальную валидацию влияния угла наклона панелей на выработку энергии.

Выводы содержат систематизированное изложение основных научных и практических результатов, полученных в ходе исследования,

подтверждающих достижение поставленной цели и выполнение всех задач работы. В разделе «Рекомендации по практическому применению результатов» предложены конкретные пути внедрения разработанной методики и полученных данных для органов государственного управления, энергетических компаний и потенциальных инвесторов в Республике Таджикистан.

6. Теоретическая и научно-практическая значимость. Теоретическая значимость заключается в развитии научных представлений о методах геоинформационного анализа солнечного потенциала, моделировании пространственных характеристик зданий для оценки энергетической пригодности объектов. Работа формирует научную основу для применения геоинформационных методов в задачах распределённой энергетики при отсутствии детализированных пространственных данных. Научно-практическая значимость отражается в возможности применения разработанных методик:

- при проектировании крышных солнечных установок для объектов различного назначения;
- при проведении энергетических обследований зданий;
- при формировании муниципальных и государственных программ развития распределённой генерации;
- при создании цифровых «солнечных кадастров»;
- при подготовке инвестиционных решений и выборе наиболее перспективных районов.

7. Публикации по теме диссертации. По результатам выполненных исследований по теме диссертации опубликовано 8 печатных работ, в том числе: 3 статьи в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК при Президенте Республики Таджикистан, 1 статья в рецензируемых журналах, индексируемых в базе данных Scopus, а также 4 статей в сборниках докладов и материалах международных конференций.

8. Диссертация Махмудзода Б.Н. полностью **соответствует** требованиям Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан, предъявляемым к квалификационным научным работам. Представленное исследование характеризуется внутренним единством, свидетельствует о личном вкладе автора в развитие научного направления и посвящено решению актуальной задачи в области оценки эффективности фотоэлектрических систем. Структура диссертации выдержана в соответствии с установленными нормативами и включает все необходимые разделы: введение с обоснованием

актуальности, общую характеристику работы, аналитический обзор литературы, основную часть, заключение с изложением основных научных результатов и рекомендаций по практическому использованию, а также библиографический список. Основные положения диссертации прошли необходимую апробацию, а её результаты опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РТ. Работа выполнена с соблюдением этических принципов научного исследования, а языковое оформление диссертации соответствует актуальным требованиям, предъявляемым к научным работам, представляемым к защите на соискание учёной степени.

По диссертации имеется ряд вопросов и замечаний:

1. В представленной работе для оценки полезной площади крыш используется «коэффициент пригодности», равный 0,75. Однако автором не раскрывается методика определения данной величины, что является непонятным. Требуется подробно раскрыть, как было обосновано данное значение.
2. 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 эти потери и применимо ли это значение для условий Таджикистана.
3. Автор использует понятия «зелёный тариф» и «субсидия». Однако в действующей нормативно-правовой политике РТ подобные механизмы для частных лиц официально не установлены. Использовал ли автор эти термины как гипотетические сценарии или подразумевал иные реально существующие механизмы (льготные кредиты и т.д.)?
4. В таблице 3.13 рассчитан срок службы ФЭС для условий Таджикистана. Этот показатель составляет 180 лет, что многократно превышает нормативный срок службы установок. С чем связано получение столь высокого значения?
5. Установлен технический потенциал в 53,97 ГВт. Учитывает ли данный потенциал возможности передачи такого объёма мощности через существующую распределительную сеть?

Указанные замечания и недостатки в целом не снижают качество и положительную научную оценку данной диссертации и не оказывают отрицательного влияния на её научный уровень.

Заключение: Работа Махмудзода Бехруза Нозира представляет собой самостоятельное, законченное научное исследование. По теме диссертации опубликовано 8 печатных работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых журналах ВАК РТ, 1 статья в базе Scopus, а также 4 статьи в сборниках международных конференций.

Диссертация Махмудзода Бехруза Нозира, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3, соответствует требованиям Порядка присуждения учёных степеней (Пост. Правительства РТ №267 от 30.06.2021), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент: к.т.н., доцент
Заведующий кафедрой «Электроэнергетика»,
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Душанбе
Дата: « 11 » 02 2026 г.



Назиров Х.Б.

Адрес: индекс 734013, Республика
Таджикистан, город Душанбе, район
Шохмансур, улица Мирзо Турсунзаде, зд. 82,
кв. - Тел.: (+992) 37 227 15 03 E-mail:
dfmei@mail.ru

Подпись к.т.н., доцента Назирова Х.Б.
заверяю: ведущий специалист по кадрам
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Душанбе



Цариева Б.К.

Дата: « 11 » 02 2026 г.

Адрес: индекс 734013, Республика
Таджикистан, город Душанбе, район
Шохмансур, улица Мирзо Турсунзаде, зд. 82,
кв. - Тел.: (+992) 37 227 15 03 E-mail:
dfmei@mail.ru