

MUHANDISLIK & IQTISODIYOT

*ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal*

No1

2026

yanvar



Milliy nashrlar

OAK: <https://oak.uz/pages/4802>

05.00.00 - Texnika fanlari

08.00.00 - Iqtisodiyot fanlar



CYBERLENINKA



INDEX COPERNICUS
INTERNATIONAL



НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ
LIBRARY.RU



ISSN: 3060-463X



muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Bosh muharrir:

Zokirova Nodira Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, DSc, professor

Bosh muharrir o'rbinbosari:

Shakarov Zafar G'afforovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori, PhD, dotsent

Tahrir hay'ati:

Abduraxmanov Kalandar Xodjayevich, O'z FA akademigi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Sharipov Kongratbay Avezimbetovich, texnika fanlari doktori, professor

Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Abduraxmanova Gulnora Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Shaumarov Said Sanatovich, texnika fanlari doktori, professor

Turayev Bahodir Xatamovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Nasimov Dilmurod Abdulloyevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Allayeva Gulchexra Jalgasovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Arabov Nurali Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Maxmudov Odiljon Xolmirzayevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Xamrayeva Sayyora Nasimovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Bobonazarova Jamila Xolmurodovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Irmatova Aziza Baxromovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Bo'taboyev Mahammadjon To'ychiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Shamshiyeva Nargizaxon Nosirxuja kizi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor,

Xolmuxamedov Muhsinjon Murodullayevich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Xodjayeva Nodiraxon Abdurashidovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Amanov Otabek Amankulovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Toxirov Jaloliddin Ochil o'g'li, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Qurbanov Samandar Pulatovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Zikriyoyev Aziz Sadulloyevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Tabayev Azamat Zaripbayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sxay Lana Aleksandrovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Ismoilova Gulnora Fayzullayevna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Djumaniyazov Umrbek Ilxamovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Kasimova Nargiza Sabitjanovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Kalanova Moxigul Baxritdinovna, dotsent

Ashurzoda Luiza Muxtarovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sharipov Sardor Begmaxmat o'g'li, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sharipov Botirali Roxataliyevich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, professor

Tursunov Ulug'bek Sativoldiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent

Bauyedtinov Majit Janizaqovich, Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti dotsenti, PhD

Botirov Bozorbek Musurmon o'g'li, Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sultonov Shavkatjon Abdullayevich, Kimyo fanlari doktori, (DSc)

Jo'raeva Malohat Muhammadovna, filologiya fanlari doktori (DSc), professor.

Yusupov Maxamadamin Abduxamidovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor

Kalonova Moxigul Baxritdinovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi (PhD), dotsent

Mirzayev Kulmamat Djanzakovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor.

Karimova Nilufar Sadirdin qizi, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Norboev Odil Abrayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Nasimov Dilmurod Abdulloyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

- 05.01.00 – Axborot texnologiyalari, boshqaruv va kompyuter grafikasi
- 05.01.01 – Muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi. Audio va video texnologiyalari
- 05.01.02 – Tizimli tahlil, boshqaruv va axborotni qayta ishlash
- 05.01.03 – Informatikaning nazariy asoslari
- 05.01.04 – Hisoblash mashinalari, majmualari va kompyuter tarmoqlarining matematik va dasturiy ta'minoti
- 05.01.05 – Axborotlarni himoyalash usullari va tizimlari. Axborot xavfsizligi
- 05.01.06 – Hisoblash texnikasi va boshqaruv tizimlarining elementlari va qurilmalari
- 05.01.07 – Matematik modellashtirish
- 05.01.11 – Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt
- 05.02.00 – Mashinasozlik va mashinashunoslik
- 05.02.08 – Yer ustii majmualari va uchish apparatlari
- 05.03.02 – Metrologiya va metrologiya ta'minoti
- 05.04.01 – Telekommunikasiya va kompyuter tizimlari, telekommunikasiya tarmoqlari va qurilmalari. Axborotlarni taqsimlash
- 05.05.03 – Yorug'lik texnikasi. Maxsus yoritish texnologiyasi
- 05.05.05 – Issiqqlik texnikasining nazariy asoslari
- 05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari
- 05.06.01 – To'qimachilik va yengil sanoat ishlab chiqarishlari materialshunosligi

- 05.08.03 – Temir yo'l transportini ishlatalish
- 05.09.01 – Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar
- 05.09.04 – Suv ta'minoti. Kanalizatsiya. Suv havzalarini muhofazalovchi qurilish tizimlari
- 10.00.06 – Qiyoziy adabiyotshunoslik, chog'ishtirma tilshunoslik va tarjimashunoslik
- 10.00.04 – Yevropa, Amerika va Avstraliya xalqlari tili va adabiyoti
- 08.00.01 – Iqtisodiyot nazariyasi
- 08.00.02 – Makroiqtisodiyot
- 08.00.03 – Sanoat iqtisodiyoti
- 08.00.04 – Qishloq xo'jaligi iqtisodiyoti
- 08.00.05 – Xizmat ko'ssatish tarmoqlari iqtisodiyoti
- 08.00.06 – Ekonometrika va statistika
- 08.00.07 – Moliya, pul muomalasi va kredit
- 08.00.08 – Buxgalteriya hisobi, iqtisodiy tahlil va audit
- 08.00.09 – Jahon iqtisodiyoti
- 08.00.10 – Demografiya. Mehnat iqtisodiyoti
- 08.00.11 – Marketing
- 08.00.12 – Mintaqaviy iqtisodiyot
- 08.00.13 – Menejment
- 08.00.14 – Iqtisodiyotda axborot tizimlari va texnologiyalari
- 08.00.15 – Tadbirkorlik va kichik biznes iqtisodiyoti
- 08.00.16 – Raqamli iqtisodiyot va xalqaro raqamli integratsiya
- 08.00.17 – Turizm va mehmonxona faoliyati

Ma'lumot uchun, OAK

Rayosatining 2024-yil 28-avgustdagagi 360/5-son qarori bilan "Dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxati" ga texnika va iqtisodiyot fanlari bo'yicha "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali ro'yxatga kiritilgan.

Muassis: "Tadbirkor va ishbilarmon" MChJ

Hamkorlarimiz:

1. Toshkent shahridagi G.V.Plexanov nomidagi Rossiya iqtisodiyot universiteti
2. Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti
3. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" milliy tadqiqot universiteti
4. Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
5. Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
6. Toshkent davlat transport universiteti
7. Toshkent arxitektura-qurilish universiteti
8. Toshkent kimyo-teknologiya universiteti
9. Jizzax politexnika instituti



MUNDARIJA

ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА УЗБЕКИСТАНА.....	26
Каракулов Фарход Зайпудинович	
TRANSPORT TIZIMIGA RAQAMLI TEKNOLOGIYALARNI JORIY ETISH VA TAKOMILLASHTIRISH USULLARI.....	33
Bababekova Gulchexra Baxtiyarovna	
QURILISH MATERİALLARI ISHLAB CHIQARUVCHI KORXONALAR NING SIFAT MENEJMENTI TIZIMINI BAHOLASH.....	38
Achilov Ilmurad Nematovich	
TURIZM OBYEKTLARINI RAQAMLI TEKNOLOGIYALAR ASOSIDA RIVOJLANTIRISHNING TASHKILIY-IQTISODIY MEXANIZMLARI.....	45
Toshtemirov Kojiakbar Qahramon o'g'li	
КАЧЕСТВО КРЕДИТНОГО ПОРТФЕЛЯ БАНКОВ УЗБЕКИСТАНА ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ПРОБЛЕМНЫХ КРЕДИТОВ	51
Алиева Сусанна Сейрановна	
ВЛИЯНИЕ ЛИБЕРАЛИЗАЦИИ И РЫНОЧНЫХ МЕХАНИЗМОВ НА РАЗВИТИЕ ОВЦЕВОДСТВА И КАРАКУЛЕВОДСТВА В ГЛОБАЛЬНОМ МАСШТАБЕ	58
Нуриллаев Жамолиддин Ярашевич	
BARQAROR INVESTITSIYALAR: IQTISODIYOTDAGI ROLI VA DOLZARBLIGI	65
Ruzibayeva Nargiza Xakimovna	
KRAUDFANDING – BARQAROR RIVOJLANISHNI AMALGA OSHIRISH UCHUN INNOVATSION MOLIYAVIY VOSITA SIFATIDA.....	71
Ashurova Oltin Yuldashevna	
FUQAROLIK JAMIYATI INSTITUTLARINI DAVLAT TOMONIDAN QO'LLAB-QUVVATLASHDA MOLIYAVIY BOSHQARUV SAMARADORLIGINI OSHIRISH MASALALARI.....	78
Xusanova Gulsum Baxtiyorovna	
QISHLOQ XO'JALIGI MAHSULOTLARI UCHUN BARQAROR BREND QIYMATINI SHAKLLANTIRISH STRATEGIYALARI	84
Bekmurod Davlatmuratovich Ollaberganov, Zilola Baxramovna Abdikarimova	
TADBIRKORLIK SUBYEKTLARI INVESTITSION JOZIBADORLIGINI OSHIRISHDA KORPORATIV BOSHQARUVNING O'ZIGA XOS XUSUSIYATLARI	89
Atajanov Kamal Atavayevich	
AVTOTRANSFORMATORLARNING TASHQI MAGNIT MAYDONINING MATEMATIK MODELI	96
Pirmatov Nurali Berdiyarovich, Bekishev Allabergen Yergashevich, Baxriddinov Begzod Alibek o'g'li	
O'ZBEKİSTON VA JAHON AMALIYOTIDA BUDJET MUASSASALARIDA BUXGALTERIYA HISOBINING RIVOJLANISHIGA RETROSPEKTIV TAHLİL	101
Berdiyev Toshkenboy Panjiyevich	
TIJORAT BANKLARIDA MUAMMOLI KREDITLARNI BOSHQARISH TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISH: RISKGA ASOSLANGAN YONDASHUV VA AMALIY MEXANIZMLAR	108
Tojiyev Sardor Dilmurod o'g'li	
TIJORAT BANKLARI DEPOZIT BAZASINI MUSTAHKAMLASHNING O'ZIGA XOS XUSUSIYATLARI	113
Shayxiyev Boburbek Ulug'bekovich	
DAVLAT-XUSUSIY SHERIKLIGI ASOSIDA OLIV TA'LIM TIZIMINI TRANSFORMATSIYA QILISHNING KONSEPTUAL MODELI.....	120
Abdullayev Javohir Abdumalik o'g'li	



GEODEZIYA VA GIS TEXNOLOGIYALARINING INTEGRATSIYASI.....	125
<i>Zynura sabirova</i>	
RESPUBLIKADA UY-JOY QURILISHI SAMARADORLIGINI OSHIRISHDA DAVLAT VA XUSUSIY SEKTOR HAMKORLIGINING O'RNI	129
<i>Otajonov Tohirjon Xo'janazar o'g'li</i>	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ СОЦИАЛЬНО-ТРУДОВЫХ ОТНОШЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА АО «УЗБЕКИСТОН ТЕМИР ЙУЛЛАРИ» В УСЛОВИЯХ СТРУКТУРНЫХ РЕФОРМ.....	133
<i>Кадирова Шарофат Амоновна</i>	
KASBLARNI MODERNIZATSIIA QILISH VA MEHNAT BOZORINING YANGI MODELINI BARPO ETISH	139
<i>Ruziyev Oybek Abdumuminovich, Nurboyev Jaloliddin Mamadiyevich</i>	
O'ZBEKISTONDA AVTOMOBIL BIZNESINING RIVOJLANISH TENDENSIYALARI	143
<i>Saidov Dilshodbek Razzakovich</i>	
QISHLOQ JOYLARIDA MEHNAT RESURSLARIDAN FOYDALANISH SAMARADORLIGINI BAHOLASH USULLARI	148
<i>Amaniyazova Rayxan Bayniyazovna</i>	
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ МАЛОМОЩНЫХ СЕТЕВЫХ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ В УСЛОВИЯХ УЗБЕКИСТАНА	153
<i>Кудратов Афзалхужа Рустамович, Далмурадова Наргиза Нуриллаевна, Шогучкаров Санжар Кодирович</i>	

MUNDARIJA • СОДЕРЖАНИЕ • CONTENTS



ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ МАЛОМОЩНЫХ СЕТЕВЫХ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ В УСЛОВИЯХ УЗБЕКИСТАНА

Кудратов Афзалхужа Рустамович

докторант Ташкентского государственного
технического университета,
ORCID: 0009-0001-9069-205X

Далмурадова Наргиза Нуриллаевна

и.о. доц. Ташкентского государственного
технического университета, (PhD)
ORCID: 0000-0003-3373-1945

Шогучкаров Санжар Кодирович

доц. Ташкентского государственного
технического университета, (PhD)
ORCID: 0000-0002-5684-9818

Аннотация. В статье проводится экономическая оценка эксплуатационной устойчивости маломощных сетевых фотоэлектрических станций в условиях Республики Узбекистан за период 2024—2025 гг. Представлены количественные взаимосвязи между показателями надёжности, включая фактическую выработку и потери вследствие простоев, и экономическими параметрами функционирования, в том числе затратами на техническое обслуживание, потерями доходов от генерации и приведённой себестоимостью электроэнергии. Показано, что повышение эксплуатационной устойчивости солнечных фотоэлектрических станций на 1-3 процентных пункта в исследуемый период приводило к снижению потерь выработки до 8 %, что, в свою очередь, обеспечивало сокращение приведённой себестоимости электроэнергии на 7-12 %. Обосновано, что эксплуатационная устойчивость должна рассматриваться не только как техническая, но и как финансово-экономическая категория.

Ключевые слова: эксплуатационная устойчивость, фотоэлектрические станции, приведённая себестоимость, экономическая эффективность, потери дохода, Республика Узбекистан, 2024—2025.

Annotatsiya. Maqolada O'zbekiston Respublikasi sharoitida kam quvvatli tarmoqqa ulangan fotoelektrik stansiyalarning ekspluatatsion barqarorligini iqtisodiy baholash masalalari 2024—2025 yillar misolida tahlil qilingan. Tadqiqotda ishonchlilik ko'rsatkichlari, jumladan, haqiqiy elektr energiyasi ishlab chiqarish hajmi va to'xtab qolishlar natijasida yuzaga keladigan yo'qotishlar bilan texnik xizmat ko'rsatish xarajatlari, generatsiyadan olinmagan daromad yo'qotishlari hamda elektr energiyasining keltirilgan tannarxi o'rtaсидagi miqdoriy bog'liqliklar aniqlangan. Tadqiqot natijalari ekspluatatsion barqarorlikning 1-3 foiz punktga oshishi ishlab chiqarish yo'qotishlarini 8 % gacha kamaytirishini va buning natijasida elektr energiyasining keltirilgan tannarxi 7-12 % ga qisqarishini ko'rsatadi. Ekspluatatsion barqarorlikni faqat texnik emas, balki muhim moliyaviy-iqtisodiy omil sifatida baholash zarurligi asoslab berilgan.

Kalit so'zlar: ekspluatatsion barqarorlik, fotoelektrik stansiyalar, keltirilgan tannarx, iqtisodiy samaradorlik, daromad yo'qotishlari, O'zbekiston Respublikasi, 2024—2025.



Abstract. The article provides an economic assessment of the operational sustainability of small-capacity grid-connected photovoltaic power plants under the conditions of the Republic of Uzbekistan for the period 2024—2025. Quantitative relationships are identified between reliability indicators, including actual electricity generation and losses due to downtime, and economic performance parameters such as maintenance costs, lost revenues from generation, and the levelized cost of electricity. The results demonstrate that an increase in operational sustainability by 1-3 percentage points during the analyzed period led to a reduction in generation losses of up to 8 %, which in turn contributed to a decrease in the levelized cost of electricity by 7-12 %. It is substantiated that operational sustainability should be considered not only as a technical indicator but also as a significant financial and economic factor.

Keywords: operational sustainability, photovoltaic power plants, levelized cost of electricity, economic efficiency, revenue losses, Republic of Uzbekistan, 2024—2025.

ВВЕДЕНИЕ

К 2025 г. доля генерации из возобновляемых источников энергии (ВИЭ) во всём мире стабильно увеличивается. По данным Международного агентства по возобновляемой энергии, установленная мощность солнечной генерации в мире превысила 1,2 ТВт в 2024 г., что примерно на 17 % больше, чем в 2023 г., а в 2025 г. рост продолжился на около 15 % [1], что отражает уверенный переход глобальной энергетической системы к распределённой генерации.

В Республике Узбекистан наблюдается схожая тенденция: по данным Министерства энергетики страны, установленная мощность солнечных фотоэлектрических станций (СФЭС) в 2024 г. достигла примерно 1,1 ГВт, что на 22 % больше, чем в 2023 г., а к концу 2025 г. ожидается рост до около 1,35 ГВт благодаря реализации национальных программ развития ВИЭ [2]. При этом доля СФЭС в структуре распределённой генерации выросла с 19 % в 2023 г. до 27 % в 2025 г., что подчёркивает значимость их экономической эффективности.

Однако капитальные вложения (CAPEX) в СФЭС за последние годы снизились: модульные цены сократились примерно на 12-14 % в период 2024—2025 гг. [3], что делает экономические аспекты эксплуатации, такие как эксплуатационные затраты (OPEX), потери от простоев и приведённая себестоимость, критически важными для оценки эффективности инвестиций. Согласно анализу эксплуатационных данных исследуемых объектов, фактические потери выработки достигали до 8 % годовой расчётной генерации, что существенно влияет на экономические результаты проектов; такие уровни отклонений согласуются с общими выводами международных обзоров о влиянии операций и технического обслуживания на реальную производительность PV-систем [4].

В связи с этим в настоящей статье выполнена оценка влияния эксплуатационной устойчивости на ключевые экономические показатели функционирования СФЭС, включая экономические потери от простоев, эксплуатационные затраты и приведённую себестоимость электроэнергии (ЭЭ) для условий 2024—2025 гг. Такой подход позволяет рассматривать эксплуатационную устойчивость как экономическую категорию, а не только как технический параметр, что имеет принципиальное значение как для практики эксплуатации, так и для формирования политики развития распределённой генерации.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Вопросы надёжности и последствий отказов электроэнергетических систем подробно рассмотрены в классических работах по надёжности электроснабжения. В данных исследованиях показано, что отказы оборудования и перерывы в электроснабжении приводят к снижению готовности энергетических объектов, увеличению продолжительности эксплуатационных простоев и, как следствие, к недоотпуску электроэнергии (ЭЭ) [5-8]. Недоотпуск ЭЭ при этом рассматривается как интегральный показатель, отражающий совокупное влияние технических отказов на функционирование электроэнергетических систем.

В большинстве указанных работ надёжность анализируется преимущественно с технических позиций через показатели вероятности отказов, средней продолжительности простоев и готовности оборудования. Вместе с тем подчёркивается, что снижение надёжности имеет не только инженерные, но и экономические последствия, поскольку недоотпуск ЭЭ приводит к снижению эффективности использования установленной мощности, росту относительных эксплуатационных затрат и ухудшению технико-экономических показателей энергетических объектов. Тем самым формируется методологическая основа для перехода от сугубо технической оценки надёжности к анализу её экономических последствий [5-8].



Нормативно-методическую основу формализации показателей надёжности, готовности и отказов оборудования составляют международные стандарты International Electrotechnical Commission. В стандартах серий IEC 60050, IEC 61709 и IEC 60300 закреплены основные термины и показатели надёжности и эксплуатационной доступности технических систем на протяжении их жизненного цикла [9-11]. Несмотря на преимущественно техническую направленность, данные показатели широко применяются в экономических оценках, поскольку продолжительность простоев и уровень готовности оборудования напрямую определяют объём недоотпущеной ЭЭ и связанные с этим эксплуатационные потери.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В условиях расширения распределённой солнечной генерации в Республике Узбекистан в 2024—2025 гг. эксплуатационная устойчивость (ЭУ) маломощных сетевых солнечных фотоэлектрических станций (СФЭС) должна рассматриваться не только как техническая характеристика, но и как экономический фактор, определяющий фактическую эффективность вложенных инвестиций. С экономической точки зрения ЭУ СФЭС проявляется через фактическую годовую выработку электроэнергии (ЭЭ), уровень потерь, обусловленных вынужденными простоями, структуру эксплуатационных затрат и изменение приведённой себестоимости ЭЭ. Снижение ЭУ напрямую трансформируется в финансовые потери, тогда как её повышение обеспечивает рост экономической эффективности объекта генерации.

Под внедрением интегрированной методики в рамках исследования понимается комплекс организационно-эксплуатационных мероприятий, включающий анализ данных мониторинга генерации, оптимизацию регламентов технического обслуживания и сокращение времени реакции на аварийные остановки оборудования. Методика реализовывалась без дополнительных капитальных вложений и была направлена на повышение ЭУ действующих маломощных сетевых СФЭС.

Одним из ключевых экономических последствий недостаточной ЭУ являются потери доходов, обусловленные вынужденными остановками генерации. Экономические потери от простоев СФЭС за расчётный период определяются выражением [6]:

$$Z_{\text{пот}} = W_{\text{нед}} \cdot T_z \quad (1)$$

где: $Z_{\text{пот}}$ – экономические потери от простоев, сум; $W_{\text{нед}}$ – объём недоотпущеной ЭЭ вследствие простоев, кВт·ч; T_z – средний тариф реализации ЭЭ, сум/кВт·ч.

Объём недоотпущеной ЭЭ определяется как разность между расчётной и фактической выработкой [6]:

$$W_{\text{нед}} = W_{\text{рас}} - W_{\phi} \quad (2)$$

где: $W_{\text{рас}}$ – расчётная выработка при номинальных условиях эксплуатации; W_{ϕ} – фактическая выработка ЭЭ.

По данным эксплуатационных отчётов за 2024–2025 гг., для маломощных СФЭС в условиях Узбекистана величина $W_{\text{нед}}$ может достигать 6–8 % годовой расчётной выработки, что делает потери дохода экономически значимыми даже при сравнительно низких тарифах на ЭЭ [3]. В расчётах принят экономически эквивалентный тариф на ЭЭ в размере 1000 сум/кВт·ч, отражающий приведённую стоимость ЭЭ для распределённой генерации в условиях 2024–2025 гг.

Помимо прямых потерь от недовыработки, снижение ЭУ приводит к росту затрат на техническое обслуживание и ремонт.

Совокупные эксплуатационные затраты за период эксплуатации определяются выражением:

$$Z_{\text{эксп}} = Z_{\text{пл}} + Z_{\text{вл}} \quad (3)$$

где: $Z_{\text{эксп}}$ – суммарные эксплуатационные затраты; $Z_{\text{пл}}$ – плановые затраты на обслуживание; $Z_{\text{вл}}$ – внеплановые затраты, связанные с аварийными отказами и простоями.

Анализ фактических данных 2024–2025 гг. показывает, что при недостаточной ЭУ доля внеплановых затрат может составлять до 30 % от общих эксплуатационных расходов, что негативно отражается на финансовом результате проекта. Подобный подход к оценке экономических потерь от недоотпуска ЭЭ широко применяется в экономике энергетики.

Для адекватной экономической оценки СФЭС предлагается использовать модифицированное выражение приведённой себестоимости ЭЭ, учитывающее эксплуатационные потери [11]:



$$C_{\text{пр}} = \frac{K_{\text{инв}} + \sum_{t=1}^n \frac{Z_{\text{эксп}}(t) + Z_{\text{пот}}(t)}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{W_{\phi}(t)}{(1+r)^t}} \quad (4)$$

где: $C_{\text{пр}}$ – приведённая себестоимость ЭЭ, сум/кВт·ч; $K_{\text{инв}}$ – капитальные вложения; $Z_{\text{эксп}}$ – эксплуатационные затраты в году t ; $Z_{\text{пот}}(t)$ – экономические потери от простоев в году t ; $W_{\phi}(t)$ – фактическая выработка ЭЭ; r – нормативная ставка дисконтирования; n – срок эксплуатации, лет.

Используемый подход соответствует экономической сущности показателя LCOE и позволяет учитывать влияние эксплуатационной устойчивости на себестоимость ЭЭ. Включение экономических потерь от простоев принципиально меняет оценку эффективности: при одинаковых капитальных вложениях станции с более высокой ЭУ характеризуются меньшей приведённой себестоимостью и большей инвестиционной привлекательностью.

Таким образом, эксплуатационная устойчивость выступает фактором управления себестоимостью ЭЭ и экономической эффективностью маломощных сетевых СФЭС, а не вторичным техническим параметром.

АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Экономическая оценка выполнена на основе данных эксплуатации пяти маломощных сетевых солнечных фотоэлектрических станций (СФЭС), функционирующих в различных регионах Республики в 2024—2025 гг. Основные параметры исследуемых СФЭС представлены в табл. 1.

Исследуемые объекты характеризуются подключением к сетям низкого напряжения, отсутствием резервных источников генерации, эксплуатацией в условиях повышенной запылённости и температурных колебаний, а также ограниченным уровнем автоматизации технического обслуживания. Использование реальных эксплуатационных данных позволяет рассматривать полученные результаты как эмпирически обоснованные.

Таблица 1. Исходные параметры сетевых СФЭС малой мощности, расположенных в пяти регионах республики

№	Регион (район)	Уст. мощность, кВт	Тип модулей (материал)	Тип инвертора / КПД, %	Ориентация, °	Угол наклона, °	Среднегодовая инсоляция, ч
1	Навоий	10	Longi LR5-72HPH 535 M (моно-Si)	Huawei SUN2000-10KTL-M1 / 98,4	170	40	2900
2	Ташкент	10	LR5-72HIH-555M G2 Longi (моно-Si)	Huawei SUN2000-10KTL-M1 / 98,4	188	35	2750
3	Фергана	10	JKM530M-72HL4-BDVP Jinko Solar (моно-Si)	Huawei SUN2000-10KTL-M1 / 98,4	130	35	2750-2800
4	Каракалпакстан	10	LR5-72HIH-535M G2 Longi (моно-Si)	Huawei SUN2000-3KTL-L1 / 98,3	180	30	2600-2700
5	Кашкадарья	10	Trina Vertex TSM-DE19-550W (моно-Si)	Huawei SUN2000-10KTL-M1 / 98,3	180	40	2900-3000



Анализ данных мониторинга за 2024—2025 гг. показал (рис. 1), что фактическая годовая выработка исследуемых СФЭС систематически отличается от расчётной, что формирует недополученный денежный поток.

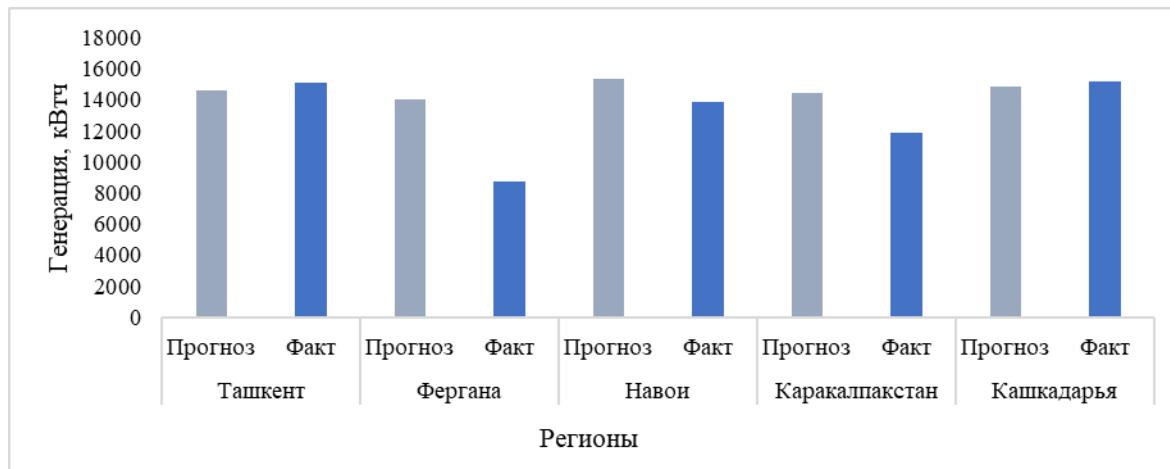


Рис. 1. Прогнозная и фактическая генерация сетевых СФЭС в выбранных регионах

Основными причинами снижения выработки являются вынужденные простои оборудования, отказы инверторов и сетевые ограничения. На рис. 2 представлена динамика отключений в исследуемых СФЭС.

Рост числа отключений в отдельные месяцы приводит к увеличению времени простоев и, как следствие, к росту потерь доходов, что подтверждает необходимость учёта эксплуатационной устойчивости (ЭУ) в экономических расчётах.

В результате анализа установлено, что величина недоотпущененной электроэнергии (ЭЭ) составила:

- до внедрения интегрированной методики — 6,5-8,1 % от расчётной годовой выработки;
- после внедрения методики — 2,3-3,1 %.

Таким образом, сокращение потерь ЭЭ достигло в среднем 4,8-5,2 процентного пункта, что имеет прямое экономическое выражение. Экономические потери от недоотпуска ЭЭ составили 15-19 млн сум/год на объект до повышения ЭУ и 5,0-7,5 млн сум/год после внедрения методики, что соответствует снижению потерь доходов на 55-60 %.

Для анализа структуры эксплуатационных затрат использована сравнительная диаграмма (рис. 3).

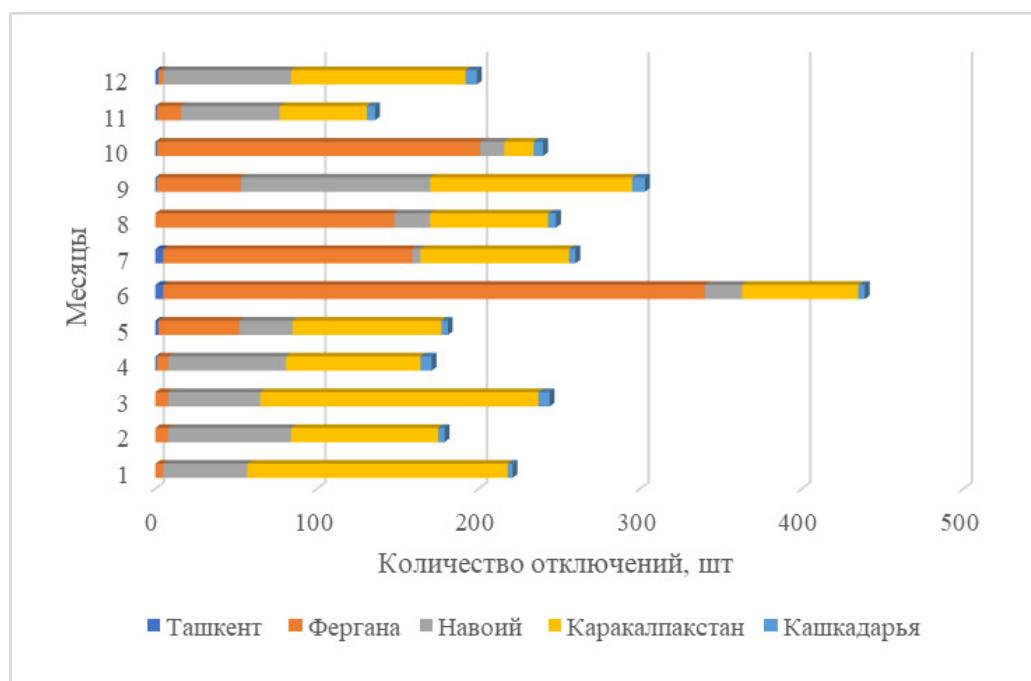


Рис. 2. Количество отключений по месяцам СФЭС в выбранных регионах страны



Рис. 3. Структура эксплуатационных затрат маломощных сетевых СФЭС до (синяя линия) и после (оранжевая линия) повышения ЭУ (2024—2025 гг.)

Результаты показывают перераспределение затрат в сторону планового обслуживания и снижение доли внеплановых расходов. Доля внепланового обслуживания сократилась с 28-32 % до 15-18 %, что соответствует уменьшению совокупных эксплуатационных затрат на 10-15 % и повышению предсказуемости финансовых потоков.

Оценка приведённой себестоимости ЭЭ с учётом эксплуатационных потерь показала, что:

- до повышения устойчивости $LCOE = 820\text{-}880$ сум/кВт·ч;
- после повышения устойчивости $LCOE = 740\text{-}800$ сум/кВт·ч.

Снижение приведённой себестоимости составило 7-12 %, что является экономически значимым для проектов малой распределённой генерации.

Для оценки интегрального влияния ЭУ на инвестиционные показатели рассмотрена динамика накопленного денежного потока и срок простой окупаемости маломощной сетевой СФЭС (рис. 4).

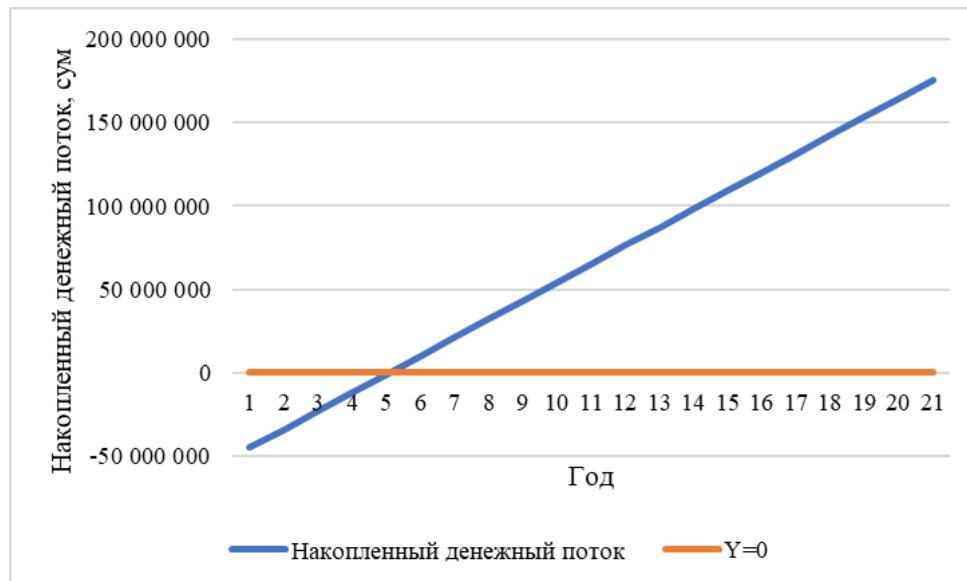


Рис. 4. График простой окупаемости сетевой СФЭС (10 кВт). Накопленный денежный поток рассчитан на срок эксплуатации 20 лет с учётом коэффициента дисконтирования, определённого по результатам ценового дисконтирования.

Как видно из рис. 4, снижение потерь от простоев и рост фактической выработки обеспечивают более быстрое достижение точки безубыточности, что согласуется с уменьшением $LCOE$ и отражается в сокращении срока окупаемости проекта. Для маломощных сетевых СФЭС именно срок простой окупаемости является ключевым практическим показателем, тогда как дисконтированный анализ носит вспомогательный характер.



В целом полученные результаты подтверждают, что повышение ЭУ обеспечивает рост фактической выработки, снижение потерь доходов, уменьшение эксплуатационных затрат и улучшение ключевых экономических показателей маломощных сетевых СФЭС.

Полученные результаты подтверждают, что эксплуатационная устойчивость маломощных сетевых СФЭС в условиях Республики Узбекистан в 2024—2025 гг. выходит за рамки сугубо технического показателя и должна рассматриваться как полноценная экономическая категория.

Экономическая оценка солнечных фотоэлектрических станций в традиционных подходах основывается на анализе капитальных вложений и расчётной выработки электроэнергии, что позволяет получить обобщённое представление об инвестиционной эффективности проектов. Вместе с тем учёт фактических эксплуатационных данных, включая влияние простоев и режимов работы оборудования, расширяет возможности экономического анализа и способствует более точной оценке доходных показателей. Учет данных факторов позволяет своевременно выявлять резервы повышения эффективности, оптимизировать эксплуатационные режимы и более полно учитывать изменения приведённой себестоимости электроэнергии. В этом контексте эксплуатационная устойчивость рассматривается как инструмент управления финансовыми рисками распределённой генерации и повышения устойчивости экономических результатов проектов.

С экономической точки зрения снижение приведённой себестоимости ЭЭ на 7-12 %, достигнутое за счёт повышения ЭУ, является сопоставимым по эффекту либо с сокращением капитальных затрат на 10-15 %, либо с увеличением установленной мощности без роста инвестиций. При этом повышение устойчивости не требует значительных дополнительных капитальных вложений, реализуется за счёт оптимизации эксплуатации, мониторинга и технического обслуживания и способствует снижению неопределенности прогнозируемых денежных потоков.

Результаты исследования имеют прикладное значение и для формирования энергетической политики. В условиях роста доли распределённой солнечной генерации становится очевидным, что тарифные механизмы, основанные исключительно на установленной мощности, не отражают реальной экономической эффективности СФЭС, а объекты с низкой эксплуатационной устойчивостью создают скрытые потери как для инвесторов, так и для энергосистемы в целом. Повышение фактической выработки за счёт роста ЭУ позволяет снизить удельную нагрузку на сети без строительства новых генерирующих мощностей.

С экономической точки зрения целесообразно учитывать показатели ЭУ при разработке механизмов стимулирования возобновляемых источников энергии, отборе проектов для государственной поддержки и формировании региональных программ развития распределённой генерации. Таким образом, устойчивость СФЭС должна рассматриваться как экономический критерий приоритизации проектов, а не как второстепенный технический параметр.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

В настоящей работе на основе анализа эксплуатационных данных реальных маломощных сетевых солнечных фотоэлектрических станций (СФЭС) за период 2024—2025 гг. установлено, что эксплуатационная устойчивость (ЭУ) является важным фактором, определяющим экономическую эффективность функционирования СФЭС в условиях распределённой генерации. Полученные результаты показывают, что учёт фактических эксплуатационных режимов и особенностей работы оборудования позволяет более полно оценить экономические показатели проектов и выявить дополнительные возможности для повышения их эффективности.

Установлено, что недостаточная ЭУ приводит к существенному снижению фактической выработки электроэнергии (ЭЭ), росту потерь доходов и увеличению приведённой себестоимости электроэнергии. В то же время повышение устойчивости действующих СФЭС обеспечивает выраженный экономический эффект, проявляющийся в сокращении потерь доходов более чем на 50 %, снижении эксплуатационных затрат на 10-15 % и уменьшении уровня LCOE на 7-12 % без необходимости дополнительных капитальных вложений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- IRENA. Renewable Capacity Statistics 2025. <https://www.irena.org/Publications/2025/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2025>
- Отчёт Министерства энергетики Республики Узбекистан, 2025. <https://gov.uz/ru/minenergy/news/view/107219>
- Quarterly Solar Industry Update. <https://www.energy.gov/eere/solar/quarterly-solar-industry-update>
- Hind Abdulla, Andrei Sleptchenko, Ammar Nayfeh. Photovoltaic systems operation and maintenance: A review and future directions // Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 195, 2024, 114342. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114342>



5. Биллинтон Р., Аллан Р. Оценка надёжности электроэнергетических систем : пер. с англ. — М.: Энергоатомиздат, 1988. — 288 с.
6. Волков Н. Г. Надёжность электроснабжения. Томск, 2003. — 140 с.
7. Зорин В. В. Надёжность систем электроснабжения. — М.: Высшая школа, 1992. — 192 с.
8. Руденко Ю. Н., Ушаков И. А. Надёжность систем энергетики. — М.: Наука, 1989. — 323 с.
9. IEC 60050. International Electrotechnical Vocabulary (IEV). <https://doi.org/10.3403/BSIEC60050>
10. IEC 61709. Electric Components — Reliability: Reference Conditions for Failure Rates and Stress Models for Conversion. — Р. 254. <https://www.elecenghub.com/IEC/118738211/IEC-61709>
11. IEC 60300-1:2024. Dependability management — Managing dependability. — Р. 78. <https://www.en-standard.eu/bs-en-iec-60300-1-2024-dependability-management-managing-dependability/>

muhandislik **& iqtisodiyot**

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Ingliz tili muharriri: Feruz Hakimov

Musahhih: Zokir Alibekov

Sahifalovchi va dizayner: Abdurahmon Qurbonov

2026. № 1

© Materiallar ko'chirib bosilganda "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali manba sifatida ko'rsatilishi shart. Jurnalda bosilgan material va reklamalardagi dalillarning aniqligiga mualliflar ma'sul. Tahririyat fikri har vaqt ham mualliflar fikriga mos kelamasligi mumkin. Tahririyatga yuborilgan materiallar qaytarilmaydi.

"Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali 26.06.2023-yildan
O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Adminstratsiyasi huzuridagi
Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan
№S-5669245 reyestr raqami tartibi bo'yicha ro'yxatdan o'tkazilgan.
Litsenziya raqami: №095310.

Manzilimiz: Toshkent shahri Yunusobod
tumani 15-mavze 19-uy





+998 93 718 40 07



<https://muhandislik-iqtisodiyot.uz/index.php/journal>



t.me/yait_2100