

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 622.274.442

DOI: 10.26730/2587-5574-2025-3-69-81

ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ НА РЫНКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ МИКРОГЕНЕРАЦИИ

Устюжанина А.С., Паскарь И.Н.

Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева



Информация о статье

Поступила:

26 июля 2025 г.

Одобрена после рецензирования:

18 августа 2025 г.

Принята к публикации:

29 августа 2025 г.

Ключевые слова: распределенная генерация, тариф, ценообразование электроэнергии, p2p-торговля, внутрисетевой тариф, микрогенерация

Аннотация.

В статье рассматривается структура тарифа внутри p2p-рынка, где взаимодействуют активные потребители с собственной генерацией. Согласно Постановлению Правительства №299 и ФЗ №35 «Об электроэнергетике» такие частные домохозяйства могут продавать излишки произведенной электроэнергии в сеть на условиях «взаимозачета». Предполагается, что потребители могут продавать ЭЭ не только в сеть, но и другим таким же потребителям, которые находятся в том же микрогриде (иначе говоря, в одной микроэнергосистеме). Такая продажа ЭЭ должна быть по другому тарифу, в другой валюте. Поскольку микрогрид – это часть «Интернета энергии», то предлагается производить покупку ЭЭ между потребителями по внутрисетевому тарифу, выраженному в криптовалюте. Выводом в работе является структура внутрисетевого тарифа на электроэнергию для объектов микрогенерации и рассчитанный пример внедрения такой системы на территории Кемеровской области.

Для цитирования: Устюжанина А.С., Паскарь И.Н. Ценообразование на рынке электроэнергии для объектов микрогенерации // Экономика и управление инновациями. 2025. № 3 (34). С. 69-81. DOI: 10.26730/2587-5574-2025-3-69-81, EDN: JXOUOV

PRICING IN THE ELECTRICITY MARKET FOR MICROGENERATION FACILITIES

Anastasia S. Ustyuzhanina, Ivan N. Paskar

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University



Article info

Submitted:

26 July 2025

Approved after reviewing:

18 August 2025

Accepted for publication:

29 August 2025

Keywords:

Abstract.

The article examines the tariff structure within the p2p market, where active consumers interact with their own generation. According to Government Resolution No. 299 and Federal Law No. 35 "On Electric Power Industry", such private households can sell surplus electricity produced to the grid on the terms of "mutual offset". It is assumed that consumers can not only sell EE to the grid, but also to other similar consumers who are in the same microgrid (in other words, in one microenergy system). Such sale of EE should be at a different tariff, in a different currency. Since the microgrid is part of the "Internet of Energy", it is proposed to purchase EE between consumers at an intra-grid tariff expressed in cryptocurrency. The conclusion of the work is the structure of the intra-grid tariff for electricity for microgeneration facilities and a calculated example of the implementation of such a system in the Kemerovo Region.

distributed generation, tariff, electricity pricing, p2p trading, intra-grid tariff, microgeneration

For citation: Ustyuzhanina A.S., Paskar I.N. Pricing in the electricity market for microgeneration facilities. *Economics and Innovation Management*, 2025, no. 3 (34), pp. 69-81. DOI: 10.26730/2587-5574-2025-3-69-81, EDN: JXOUOV

1 Introduction / Введение

В настоящее время мировая энергетика переходит на новый этап развития, который характеризуется увеличением цен и ростом энергопотребления. Основным направлением модернизации сферы электроэнергетики является 3D-децентрализация, диджитализация, декарбонизация. Совместно с этим актуальной тенденцией развития энергетики является переход к использованию установок малой генерации (так называемая микрогенерация или распределенная генерация) мощностью до 25 МВт. Все чаще предприятия малого бизнеса и население отказываются от централизованного электроснабжения в пользу собственных (децентрализованных) источников электроэнергии. Доля собственной выработки электроэнергии (ЭЭ) предприятиями – 6,2%, населением – 15,6% от общего объема. Этот отказ прежде всего связан с неизбежными потерями при передаче ЭЭ на большие расстояния, ростом тарифов и проблемами подключения к сетям [1, 28].

Потребителю часто становится выгоднее иметь собственный источник питания, расположенный непосредственно в месте энергопотребления. Благодаря ФЗ №35 «Об электроэнергетике» и Постановлению Правительства №299 от 2 марта 2021 года был прописан порядок работы с объектами микрогенерации. Теперь физические и юридические лица, которые установили на своей территории объекты РГ, могут продавать излишки произведенной электроэнергии в сеть.

Распределенная генерация (РГ) – совокупность генерирующих установок, мощностью до 25 МВт, которые связаны интеллектуальными системами электроснабжения (Рис. 1). Благодаря использованию установок микрогенерации уменьшаются выбросы парниковых газов за счет того, что преимущественно используется РГ на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) [2].

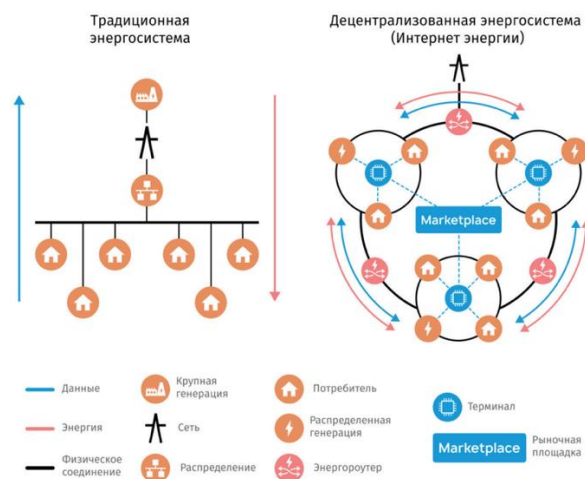


Рис. 1. Централизованная (традиционная) и децентрализованная энергосистемы [5]

Fig. 1. Centralized (traditional) and decentralized energy systems [5]

Активный потребитель – потребитель электроэнергии, который также является ее производителем, участник розничного рынка электроэнергии и мощности (РРЭМ), может управлять своим энергопотреблением (как участник программы по управлению спросом) [3].

Распределенная энергетика может быть реализована в трех различных вариантах функционирования:

1. АЭК. Генерирующая установка может быть с системой накопления электроэнергии (СНЭЭ) для снижения эксплуатационных расходов и затрат на энергосистему. Такие системы

промышленного назначения называются АЭК – активные энергетические комплексы. АЭК представляет собой особый организованный и технологический формат – микроэнергоячейку (микрогрид), связанный с Единой энергосистемой (ЕЭС) России, в состав которого входит не участвующая в оптовом рынке генерация общей мощностью до 25 МВт, и потребителями в котором являются только промышленные предприятия, административно-деловые и торговые центры. [4]

2. Распределенная генерация. Может быть в составе единой энергетической системы России, работая в параллельном или комбинированном режиме. В этом случае генерирующие установки (чаще всего на основе ВИЭ) устанавливаются на территории потребителя. Потребитель, в свою очередь, может в ситуациях нехватки генерируемой ЭЭ получать ее из сети и наоборот – продавать в сеть, получая доход.

3. Изолированная сеть. Распределенная энергетическая система для обеспечения электричеством и отоплением населенного пункта, управляемая энергетическим кооперативом. Не имеет связи с ЕЭС России.

В связи с изменениями в энергетике можно заметить характерные тренды и тенденции в этой сфере.

Пользователями интернета являются 64,4%, а это 5,3 млрд человек (Рис. 2). С января 2022 года по январь 2023 года произошел прирост в 1,9%. Данная тенденция, несомненно, сказывается на объемах потребления энергии. Причем это также говорит о том, что все большее количество людей пользуется интернет-ресурсами, значит, цифровизация как тренд знакома и понятна большинству.

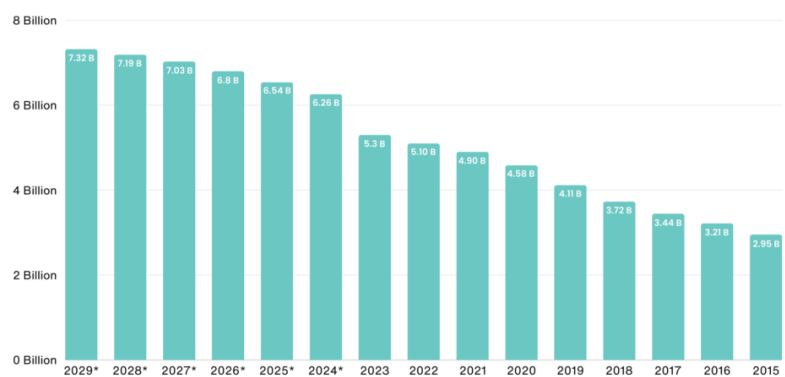


Рис. 2. Количество интернет-пользователей в мире [6]

Fig. 2. Number of Internet users in the world [6]

СНЭЭ являются одним из самых быстрорастущих секторов электроэнергетики. Поскольку развитие СНЭЭ в первую очередь тесно связано с ВИЭ, это значит, что переход на альтернативные источники будет проще (Рис. 3).

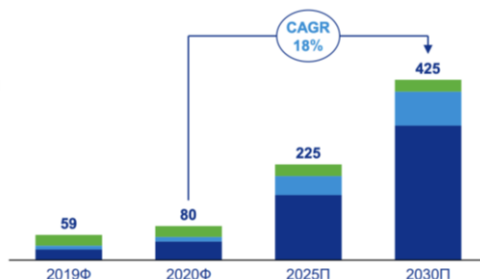


Рис. 3. Объем рынка накопителей электроэнергии [7]

Fig. 3. The size of the energy storage market [7]

Развитие технологий цифровизации энергосистем положило начало для Интернета энергии. Интернет энергии (IoE) – микроэнергосистема (или микрогрид), участниками которой являются производители и потребители энергии, которые могут обмениваться энергией между собой. Такая система имеет децентрализованную структуру, взаимодействие участников Интернета энергии происходит посредством энергетических транзакций. Энергетическая транзакция – взаимо-

действие субъектов микроэнергосистемы (или микрогрида), который состоит из трех слоев энергоинформационного обмена: финансово-договорного, информационно-управляющего и физического (электрического). Участником таких трансакций является энергетическая ячейка, которая представляет собой совокупность энергетических устройств (генераторы, накопители и т. д.), входит в состав распределительных электрических сетей, имеет единый принцип подключения к Интернету энергии и является единым субъектом в процессе энергетических трансакций с другими ячейками и устройствами Интернета энергии. [8]

2 Materials and methods / Материалы и методы

На сегодняшний день с учетом развития распределенной генерации функционирование рынка электроэнергии также меняется. В рамках реализации Интернета энергии, где в микроэнергосистеме взаимодействует несколько потребителей, предлагается это делать на основе P2P-торговли электроэнергией. Активные потребители теперь могут не только продавать излишки ЭЭ в сеть, но и передавать ЭЭ между собой без посредников. [9]

РГ может работать в трех режимах:

- параллельно с сетью – микрогрид связан с энергосистемой, однако все аварийные ситуации, происходящие в сети, отражаются на работе микроэнергосистемы и наоборот;
- в изолированном режиме – микрогрид не связан с энергосистемой;
- в комбинированном режиме – микрогрид связан с энергосистемой и работает параллельно в нормальном режиме, однако при возникновении аварии отделяется в изолированный для предотвращения развития аварийной ситуации.

Отличие состоит в способе управления генерацией электрической энергии для каждой единицы оборудования и потреблением электроэнергии.

При выборе режима работы для объекта необходимо опираться на Постановление Правительства №299 от 02.03.2021 г. и ФЗ №35 «Об электроэнергетике», где изложен порядок работы с объектами микрогенерации, а также указана возможность продажи электроэнергии в сеть. Исходя из этого, выбирается комбинированный режим работы, так как подразумевается продажа избытка произведенной ЭЭ в общую сеть, что невозможно сделать при изолированном режиме. Только в параллельном режиме это тоже невозможно, это обосновано тем, что в нормальном режиме микрогрид выдает часть генерируемой мощности в энергосистему и его отделение будет нежелательным или недопустимым из-за того, что нарушится баланс активной и реактивной мощностей в энергосистеме, что усугубит процесс развития аварии и повлечет большие последствия от нарушений электроснабжения [10, 11]. В таком случае для обеспечения надежности электроснабжения потребителей микрогрида и потребителей внешней сети целесообразнее использовать комбинированный режим, в котором при авариях система «отделяется» от внешней сети, а в нормальном режиме работает параллельно.

В таком случае для продажи ЭЭ между собой внутри Интернета энергии необходима не только новая модель рынка, но и ценообразование электроэнергии для такой микроэнергосистемы.

Для начала рассмотрим общие принципы ценообразования на оптовом рынке электроэнергии и мощности (ОРЭМ) (Таблица 1).

Таблица 1. Структура тарифа на электроэнергию на ОРЭМ в России [11, 26]

Table 1. Structure of electricity tariffs on the wholesale electricity market in Russia [11, 26]

Расход на топливо генерирующего объекта/доля в тарифе	Расход на услуги коммерческого оператора/доля в тарифе	Объем отпуска генерирующего объекта/доля в тарифе
~30%	~20%	~50%

Тариф на ЭЭ, поставляемую на оптовом рынке, зависит от субъекта оптового рынка, генерирующего объекта и полугодия согласно Приказу Федеральной антимонопольной службы от 11.12.2023 г. №964/23.

Если обобщить, итоговая стоимость электроэнергии будет складываться из следующих частей:

- твердо регулируемой части (сектор регулируемых договоров, где поставка осуществляется по установленным ФАС тарифам);

– условно-свободной части (РСВ и балансирующий рынок, где цену определяет конкуренция между ТЭС).

Рассмотрим общие принципы ценообразования на розничном рынке электроэнергии и мощности (РРЭМ), а также структуру тарифа электроэнергии, произведенную объектами ВИЭ (Таблицы 2, 3).

Таблица 2. Структура тарифа на электроэнергию на РРЭМ в России [11, 26]

Table 2. Structure of the electricity tariff for the RREM in Russia [11, 26]

Электроэнергия и электрическая мощность/доля в тарифе	Сбытовая надбавка гарантирующего поставщика/доля в тарифе	Инфраструктурные платежи/доля в тарифе	Услуга по передаче/доля в тарифе
45-50%	2-10%	<1%	35-40%

Таблица 3. Структура тарифа на электроэнергию, произведенную ВИЭ в России [11, 26]

Table 3. Tariff structure for electricity produced by renewable energy sources in Russia [11, 26]

Покупка потерь (РСВ и ВИЭ) /доля в тарифе	Содержание сетей/доля в тарифе	Услуги инфраструктуры/доля в тарифе	Сбытовая надбавка/доля в тарифе	Услуги по передаче/доля в тарифе
~5%	~50%	~2%	~15%	~28%

Взаимодействие потребителей внутри микрогрида основывается на исследовании [12, 27]. Тогда рассмотрим, как изменится внутрисетевой тариф.

На объектах микрогенерации, для которых подразумевается производство электроэнергии и ее продажа в сеть на условиях взаимозачета, возможно изменить структуру тарифообразования таким образом, чтобы снизить тариф на ЭЭ и сделать более очевидной выгоду от таких установок. При этом внешний тариф (в реальной валюте, руб.) остается прежним.

Внутрисетевой тариф при передаче электроэнергии между домохозяйствами в рамках одного микрогрида не включает в себя сбытовые надбавки и услуги по передаче, так как модель рынка в этом случае P2P – без посредников, напрямую от производителя к потребителю (Рис. 4).

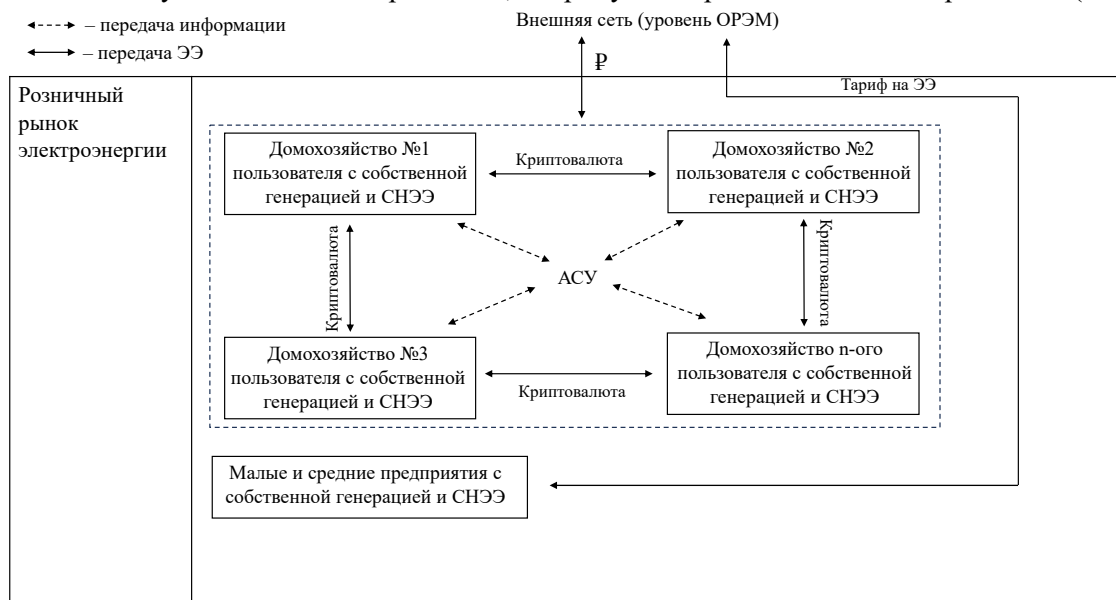


Рис. 4. Организация P2P-рынка для домохозяйств внутри розничного рынка электроэнергии

Fig. 4. Organization of the P2P market for households within the retail electricity market

Тогда тариф на ЭЭ будет состоять главным образом из:

- себестоимости производства 1 кВт·ч ЭЭ;
- суммы амортизации генерирующего и вспомогательного оборудования;

– Услуги по обслуживанию микрогрида.

При этом себестоимость производства рассчитывается согласно формуле:

$$\text{Себестоимость} = \frac{\text{Затраты на покупку всего оборудования}}{\text{Количество произведенной ЭЭ за весь срок службы}} \quad (1)$$

В свою очередь амортизация оборудования рассчитывается линейным методом:

$$\text{Амортизация} = \frac{\text{Затраты на покупку всего оборудования}}{\text{Срок полезного использования}} \quad (2)$$

Обслуживание микрогрида – это необходимая плата для диспетчера микрогрида, который будет осуществлять обслуживание всего оборудования, сетей, контроль системы АСУ и устранение возможных неполадок в работе микросети. Тогда пусть обслуживание микрогрида будет считаться по формуле:

$$\text{Обслуживание} = \frac{\text{Затраты на покупку вспомогательного оборудования}}{\text{Срок полезного использования}} \quad (3)$$

Таким образом, структура тарифа будет выглядеть так (Таблица 4):

Таблица 4. Структура тарифа на электроэнергию для объектов микрогенерации
Table 4. Electricity tariff structure for microgeneration facilities

Себестоимость производства 1 кВт·ч/доля в тарифе	Сумма амортизации/доля в тарифе	Услуги по обслуживанию микрогрида/доля в тарифе
60-65%	25-30 %	5-10%

В отличие от существующих структур ценообразования электроэнергии, в представленной тариф будет в несколько раз ниже, чем розничный тариф по передаче ЭЭ за счет того, что не учитывается сбытовая надбавка и услуги по передаче.

Поскольку, как ранее было отмечено, внутрисетевой тариф будет выражаться в криптовалюте («е-коины»), так называемые, или еС), предлагается рубль/кВт·ч конвертировать в соотношении 1 к 1 в «е-коины» для упрощения расчетов. Иначе говоря, 1 руб/кВт·ч = 1 еС/кВт·ч.

Предполагается, что такие микроэнергосистемы (Рис. 4) могут участвовать в программе управления спросом с помощью агрегатора спроса, который действует на оптовом рынке. Агрегаторы управления спросом – организации, которые выступают «посредником» на ОРЭМ для розничных потребителей. Они покупают услуги розничных потребителей (т. е. снижение или увеличение потребления ЭЭ из сети) и преобразуют их в товары и услуги на рынках ЭЭ, мощности и системных услуг, вследствие чего потребители РРЭМ видят эффект – снижение тарифа. [12]

Агрегатором спроса также может выступать сам микрогрид, но для этого необходимо будет менять правила работы рынка, включая регламентирующие его нормативно-правовые акты, в частности, учет модели выбора состава включенного генерирующего оборудования и динамического моделирования участия (оценки эффекта) без отсечки по правилу 1% и получения эффекта по факту участия. В таком варианте пользователи будут получать некоторую выгоду в зависимости от количества агрегированной электроэнергии.

Тогда ценообразование внутри сети некоторым образом изменится. В моменты, когда микрогрид снижает свое потребление из сети и переходит на собственные источники генерации/запасенную ЭЭ в СНЭЭ, вся микроэнергосистема уходит в изолированный режим работы. В таком случае основное отличие от ценообразования в комбинированном режиме работы, отраженном выше, будет заключаться в снижении стоимости услуги содержания микрогрида. Хотя амортизация и себестоимость по смыслу останутся прежней, их доля уменьшится (все части структуры станут примерно равны по долям). Предложенная структура тарифа на ЭЭ в Таблице 5.

Таблица 5. Структура тарифа на электроэнергию для объектов микрогенерации, работающих в изолированном режиме
Table 5. Structure of electricity tariff for microgeneration facilities operating in isolated mode

Себестоимость производства 1 кВт·ч/доля в тарифе	Сумма амортизации/доля в тарифе	Услуги по обслуживанию микрогрида/доля в тарифе
30-35%	30-35 %	35-40%

При этом такой тариф тоже будет конвертироваться в криптовалюту тем же способом.

В зависимости от режима работы система сама будет пересчитывать тариф для пользователя. Таким образом, разработана гибкая система ценообразования для участников микроэнергосистемы с целью более явной экономической выгоды от перехода на децентрализованное электроснабжение для активных потребителей в лице частных домохозяйств.

В случае, если в микрогриде присутствуют все три вида источников генерации, расчет внутрисетевого тарифа некоторым образом меняется. Тогда в расчетах будет учитываться количество потребителей с тем или иным видом генерации, так как от этого меняется количество произведенной электроэнергии, амортизация (т. к. стоимость оборудования разная), а также увеличивается доля услуг по обслуживанию сетей и оборудования микрогрида, так как теперь в системе все установки не одного вида, а разных.

Тогда расчет всех составляющих внутрисетевого тарифа на ЭЭ будет следующим образом:

$$\text{Себестоимость} = \frac{\text{Стоимость СЭС} \cdot n + \text{Стоимость ВЭС} \cdot m + \text{Стоимость микро-ГЭС} \cdot p}{\text{Кол-во ЭЭ СЭС} \cdot n + \text{Кол-во ЭЭ ВЭС} \cdot m + \text{Кол-во ЭЭ микро-ГЭС} \cdot p} \quad (4)$$

где n – количество потребителей с СЭС; m – количество потребителей с ВЭС; p – количество потребителей с микро-ГЭС.

В свою очередь амортизация оборудования рассчитывается линейным методом:

$$\text{Амортизация} = \frac{\text{Стоимость СЭС} \cdot n + \text{Стоимость ВЭС} \cdot m + \text{Стоимость микро-ГЭС} \cdot p}{\text{Срок службы СЭС} \cdot n + \text{Срок службы ВЭС} \cdot m + \text{Срок службы мкГЭС} \cdot p} \quad (5)$$

Тогда обслуживание микрогрида будет считаться по формуле:

$$\text{Обслуживание} = \frac{\text{Всп.СЭС} \cdot n + \text{Всп.ВЭС} \cdot m + \text{Всп.м-ГЭС} \cdot p}{\text{Срок службы СЭС} \cdot n + \text{Срок службы ВЭС} \cdot m + \text{Срок службы мкГЭС} \cdot p} \quad (6)$$

В таком случае структура тарифа будет выглядеть так (Таблица 6):

Таблица 6. Структура тарифа на электроэнергию для объектов микрогенерации с несколькими видами источников генерации

Table 6. Structure of electricity tariff for microgeneration facilities with several types of generation sources

Себестоимость производства 1 кВт·ч/доля в тарифе	Сумма амортизации/доля в тарифе	Услуги по обслуживанию микрогрида/доля в тарифе
55-60%	30-35 %	10-15%

Таким образом, получена структура внутрисетевого тарифа для объектов микрогенерации внутри микроэнергосистемы. Это позволит закрепить новый вид экономических отношений – р2р для объектов электроэнергетики на законодательном уровне, в том числе благодаря принятию во втором и третьем чтении закона о легализации в России майнинга криптовалюты [25].

3 Results and Discussions / Результаты и обсуждение

Рассмотрим примеры и реальную выгоду от р2р-торговли по внутрисетевому тарифу. Все расчеты были произведены в программной среде Visual Studio Code на языке программирования Python.

В качестве примера взят частный дом с потреблением 10–15 кВт·ч в день (в зависимости от дня недели, Рис. 5) на территории города Кемерово. Инсоляция, согласно Солнечному Атласу, составляет 3,59 кВт/м². Средний розничный тариф на ЭЭ – 4 руб/кВт·ч, оптовый – 1,35 руб/кВт·ч [19]. Площадь участка, предоставленного для установки панелей, или ската крыши принимается равной 15 м². Стоимость технологического присоединения с 1 июля 2023 года зависит от мощности. С 1 июля 2024 г. за 1 кВт нужно заплатить не менее 5 000 рублей. [13, 14]

1. Солнечная электростанция

На основе исходных данных выбрана сетевая солнечная станция Solar 1кВт стоимостью 77 800 руб. [18] Стоимость вспомогательного оборудования складывается из: двунаправленного счетчика (10 373 руб.), аккумуляторных батарей (14 325 руб.), балансира заряда батарей (2 857 руб.), остальное оборудование входит в поставку станции Solar 1 кВт. [15-17]

Таким образом, согласно расчетам программы:

- Среднее значение потребления электроэнергии: 10,7 кВт·ч
- Общая площадь солнечных панелей: 3,57 м²
- Количество солнечных панелей: 2 шт.

- Необходимая мощность солнечных панелей: 0,5 кВт
- Выбранная мощность установки 1 кВт
- Стоимость панелей: 77 800 руб.
- Расход: 0,0072 руб.
- Стоимость вспомогательного оборудования: 27 555 руб.
- Внутрисетевой тариф на СЭС составил 1,49 еС/кВт·ч (по формулам 1-3)
- Доход: 16 291,96 руб.
- LCOE 18,62 руб./кВт·ч
- ЧДД 143 154,84 руб.
- Срок окупаемости 5 лет

Внутрисетевой тариф на ЭЭ рассчитывался в программе согласно формулам (1-3): себестоимость – 0,73 руб./кВт·ч, амортизация – 0,61 руб./кВт·ч, обслуживание микрогрида – 0,16 руб./кВт·ч. Тогда внутрисетевой тариф составил 1,49 руб./кВт·ч, в переводе на криптовалюту – 1,49 еС/кВт·ч.

В ходе расчетов программа учитывает, что потребитель будет отдавать и потреблять разное количество ЭЭ из сети, а также продавать другим пользователям. Это было реализовано через функцию random. Условие для работы этого алгоритма – доля потребленной из сети электроэнергии должна быть меньше, чем произведенной, или наоборот, при этом часть потребляемой мощности из сети может быть максимальной (то есть такой же, как и уровень необходимой ЭЭ в день), например, в очень пасмурные дни (или безветренные). Программа также учитывает, что если домохозяйство в определенный день потребляет из сети большое количество электроэнергии, то оно не может делиться ею с другими, так как «лишней» нет (опять же в пасмурные дни). В зависимости от этих параметров рассчитывается доход и расход потребителя.

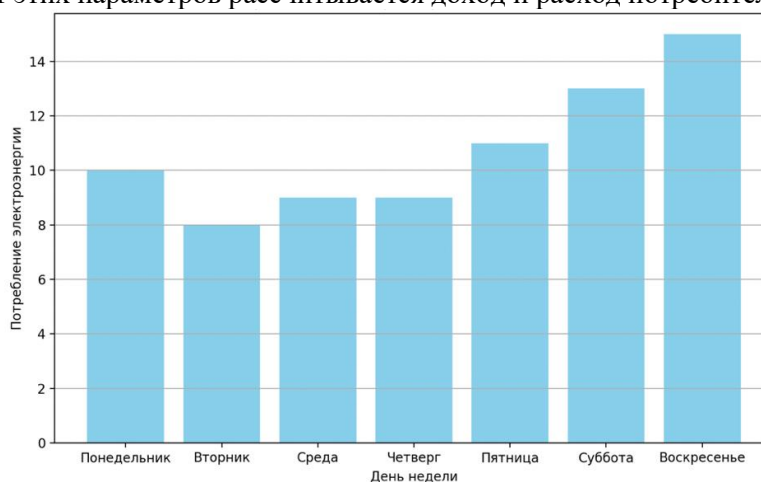


Рис.5. График потребления

Fig. 5. Consumption graph

2. Ветряная электростанция

Все исходные данные остаются такими же, как и в предыдущем расчете. Тогда выбирается Yashel FT – 1000 мощностью 1 кВт, при скорости ветра 2 м/с, согласно расчетам, будет вырабатывать около 11,33 кВт·ч/день [20]. Вспомогательное оборудование – двунаправленный счетчик (10 373 руб.), аккумуляторные батареи (14 325 руб.), GSM система контроля (22 000 руб.), сетевой инвертор (36 990 руб.) [15-17, 22].

Внутрисетевой тариф 1 кВт для ВЭС и стоимость технологического присоединения рассчитывается также, как и для СЭС. В таком случае согласно расчетам:

- Среднее значение потребления электроэнергии: 10,7 кВт·ч
- Среднегодовая скорость ветра: 2 м/с
- Мгновенная мощность ветрогенератора: 11,3 кВт
- Выбранная мощность установки 1 кВт
- Стоимость ветрогенератора: 73 600 руб.

- Стоимость вспомогательного оборудования: 83 688 руб.
- Внутрисетевой тариф на ВЭС составил 3,27 еС/кВт·ч (по формулам 1-3)
- Доход: 16 129,83 руб.
- Расход: 16,28 руб.
- LCOE 15,62 руб/кВт·ч
- ЧДД 14 480,09 руб.
- Срок окупаемости 7 лет

3. Микрогидроэлектростанция

Для расчетов генерации на основе воды была выбрана река Мрас-Су (для установки на ней микро-ГЭС). Ширина реки Мрас-Су доходит до 50 м, глубина до 3 м, скорость достигает 3,33 м/с. Микро-ГЭС рекомендуется устанавливать на глубине минимум 1 м, а скорость реки в среднем должна быть не менее 0,4 м/с. Мощности микро-ГЭС варьируются от 1 кВт до 100 кВт. В рассматриваемом случае установки мощностью 1 кВт будет достаточно.

При расчете выработки электроэнергии микро-ГЭС важным параметром является расход воды. Для получения данных о расходе воды необходимо производить ряд наблюдений гидрохарактеристик. Поскольку в данной работе не рассматривается практическая часть, в качестве исходной информации используется предоставленная производителем техническая документация к выбранной установке микрогенерации [23].

Микро-ГЭС GS-80 мощностью 1 кВт, стоимостью 135 000 руб. [21]. Ежемесячная плата за водопользование составляет 12 096 рублей (если установка работает 24 часа). Вспомогательное оборудование состоит из двунаправленного счетчика (10 373 руб.), аккумуляторных батарей (14 325 руб.), регулятора (25 104 руб.) [15-17, 24].

1 ЭТАП Ввод данных о потребителе

- Потребление электроэнергии:

ПН – 10 кВт·ч
ВТ – 9 кВт·ч
СР – 9 кВт·ч
ЧТ – 9 кВт·ч
ПТ – 11 кВт·ч
СБ – 13 кВт·ч
ВС – 15 кВт·ч
Среднее – 10,7 кВт·ч

- Площадь для установки – 15 м² (Су)
- Погодные данные: инсоляция – 3,59 кВт·ч/м²
средняя скорость реки – 3,3 м/с
среднегодовая скорость ветра – 2 м/с
- Технологическое присоединение 5000 руб.
- Розничный тариф на ЭЭ – 4 руб/кВт·ч
- Оптовый тариф на ЭЭ – 1,35 руб/кВт·ч

- Доход = сеть · крипт · или = сеть · 4 или = сеть · крипт

2 ЭТАП Расчет СЭС

- Общая площадь солнечных панелей (СП):
$$СП = \frac{10,7}{3} = 3,57 \text{ м}^2$$

- Количество СП = $\frac{3,57}{1,64} = 2 \text{ шт}$

- Мощность СЭС = $2 \cdot 0,250 = 0,5 \text{ кВт}$

- Выбрана сетевая СЭС Solar 1 кВт 77800 руб.: СП, сетевой инвертор, УЗИП постоянного тока, коннектор, предохранитель, держатель предохранителя, кабель солнечный, автомат защиты постоянного тока

- Вспомогательное оборудования 27555 руб.: аккумуляторные батареи SUNLIFE FT 12-55 с перемычкой для аккумулятора (14325 руб.), балансир заряда аккумулятора HA01-2АКБ (2875 руб.), двунаправленный счетчик Меркурий (10373 руб.).

6,56 м² ≤ 15 м² – предоставленной площади хватит для размещения панелей

- Внутрисетевой тариф 1,97 руб/кВт·ч:
Себестоимость = $\frac{105355}{19,68 \cdot 365 \cdot 20} = 0,71 \text{ руб/кВт} \cdot \text{ч}$
Амортизация = $\frac{105355}{20 \cdot 365 \cdot 24} = 0,61 \text{ руб/кВт} \cdot \text{ч}$
Обслуживание = $\frac{27555}{20 \cdot 365 \cdot 24} = 0,16 \text{ руб/кВт} \cdot \text{ч}$

- Расход = потр · 4 или = потр · крипт
Размер $W_{\text{сеть}}$ и $W_{\text{потр}}$ получен был через функцию random.

3 ЭТАП Расчет ВЭС

ВЭС мощностью 1 кВт:
- Мощность, вырабатываемая при скорости ветра 2 м/с
$$M_{\text{гор}} = \frac{0,45 \cdot 0,593 \cdot 1,225 \cdot 2^3 \cdot 3,14 \cdot 2,6^2}{8} = 11,3$$

- Стоимость Yashel FT – 1000 1 кВт 73600 руб.: ветрогенератор, крепление, кабель, контроллер, каркас, УЗИП постоянного тока, автомат защиты

- Вспомогательное оборудования 83688 руб.: аккумуляторные батареи SUNLIFE FT 12-55 с перемычкой для аккумулятора (14325 руб.), балансир заряда аккумулятора HA01-2АКБ (2875 руб.), двунаправленный счетчик Меркурий (10373 руб.), сетевой инвертор Yashel 1000W (36990 руб.), GSM система удаленного контроля и управления ВЭС от Деалан Энерго (22000 руб.)

- Внутрисетевой тариф 3,27 руб/кВт·ч: Себестоимость = $\frac{157288}{11,3 \cdot 365 \cdot 20} = 1,9 \text{ руб/кВт} \cdot \text{ч}$
Амортизация = $\frac{157288}{20 \cdot 365 \cdot 24} = 0,89 \text{ руб/кВт} \cdot \text{ч}$ Обслуживание = $\frac{83688}{20 \cdot 365 \cdot 24} = 0,48 \text{ руб/кВт} \cdot \text{ч}$

4 ЭТАП Расчет микро-ГЭС

Микро-ГЭС мощностью 1 кВт: $\Sigma I_i \cdot t_i = 24 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ где $t_i = 24$ часа

- Стоимость микро-ГЭС GS-80 1 кВт 135000 руб.: гидрогенератор, инвертор, кабель

- Вспомогательное оборудование 49803 руб.: аккумуляторные батареи SUNLIFE FT 12-55 с перемычкой для аккумулятора (14325 руб.), балансир заряда аккумулятора HA01-2АКБ (2875 руб.), двунаправленный счетчик Меркурий (10373 руб.), регулятор (25104 руб.)

- Плата за водопользование (145152 руб.)

- Внутрисетевой тариф 2,34 руб/кВт·ч: Себестоимость = $\frac{184802}{24 \cdot 365 \cdot 20} = 1,05 \text{ руб/кВт} \cdot \text{ч}$
Амортизация = $\frac{184802}{20 \cdot 365 \cdot 24} = 1,05 \text{ руб/кВт} \cdot \text{ч}$ Обслуживание = $\frac{49803}{20 \cdot 365 \cdot 24} = 0,24 \text{ руб/кВт} \cdot \text{ч}$

Рис. 6. Расчет видов генерации поэтапно
Fig. 6. Calculation of generation types step by step

Внутрисетевой тариф 1 кВт для микро-ГЭС и стоимость технологического присоединения рассчитывается также, как и для СЭС. В таком случае согласно расчетам:

- Среднее значение потребления электроэнергии: 10,7 кВт·ч
- Среднегодовая скорость реки: 3,33 м/с
- Вырабатываемая электроэнергия: 24 кВт·ч
- Выбранная мощность установки 1 кВт
- Стоимость микро-ГЭС: 135000 руб.
- Стоимость вспомогательного оборудования: 49 802 руб.
- Внутрисетевой тариф на микро-ГЭС составил 2,34 еС/кВт·ч (по формулам 1-3)
- Доход: 134 893,64 руб.
- Расход: 25,04 руб.

- LCOE 10,59 руб/кВт·ч
- ЧДД 1 143 357,64 руб.
- Срок окупаемости 3 года

Таким образом, наиболее оптимальной генерирующей установкой для выбранного домохозяйства оказалась микро-ГЭС со сроком окупаемости 3 года.

Тогда в изолированном режиме, то есть в процессе режима управления спросом или во время аварийной ситуации, внутрисетевой тариф для выбранной установки микрогенерации изменится в соответствии с Таблицей 5 и станет равным 2,32 еС/кВт·ч (по формулам 4-6).

Все расчеты можно представить в виде Рис. 6.

4 Conclusion / Заключение

Таким образом, в ходе расчетов выяснилось, что самый выгодный способ генерации электроэнергии для населенного пункта в Кемеровской области – Кузбассе – это микро-ГЭС. Нормированный тариф составил 10,59 руб/кВт·ч, ЧДД – 1 143 357,64 руб., а срок окупаемости – 3 года. Внутрисетевой тариф для такой системы составил 2,34 еС/кВт·ч, в изолированном режиме – 2,32 еС/кВт·ч.

В ходе работы получена система ценообразования электроэнергии в среде микрогрида, работающего в комбинированном режиме, что позволяет:

1. Развивать концепцию активного потребителя в России.
2. Увеличение доли генерации электроэнергии посредством ВИЭ в общем энергобалансе РФ.
3. Снижение выбросов парниковых газов.
4. Снижение тарифа для населения изолированных территорий и территорий, для которых тариф на ЭЭ выше среднего (например, Чукотский автономный округ, Республика Саха)

Отметим, что для дальнейшего исследования необходим программный комплекс, который позволял бы автоматически считать внутрисетевой тариф, состав основного генерирующего и вспомогательного оборудования в зависимости от запроса потребителей и возможную выгоду от установок малой генерации.

Список источников

1. К вопросу о внедрении распределенной генерации в России // Энергостарт: Материалы IV Всероссийской молодежной научно-практической конференции, посвященной актуальным вопросам развития топливно-энергетического комплекса, Кемерово, 18–20 ноября 2021 года. – Кемерово: КузГТУ, 2021. – С. 204-1-204-5.
2. Московская школа управления Сколково. URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_DER-3.0_2018.02.01.pdf (последнее обращение: 12.06.2025).
3. Кузьмин П.С. Активные потребители электроэнергии: обзор инновационных моделей взаимодействия субъектов электроэнергетики и конечных потребителей // CPPM. – 2021. – №4. – С. 306-321.
4. Chabla-Auqui L., Ochoa-Correa D., Villa-Avila E., Astudillo-Salinas P. Distributed Generation Applied to Residential Self-Supply in South America in the Decade 2013–2023: A Literature Review // Energies. – 2023. – Vol. 16. – pp. 6207.
5. Инфраструктурный центр «Энерджинет». Архитектура Интернета энергии (IDEA). URL: <https://csr-nw.ru/upload/iblock/af9/Архитектура%20Интернета%20энергии%20IDEA%20версия%202.0.pdf> (последнее обращение: 12.06.2025).
6. Статистика интернета и соцсетей на 2023 год – цифры и тренды в мире и в России. URL: <https://inlnk.ru/68AXEX> (последнее обращение: 12.06.2025).
7. Vygon Consulting. Накопители энергии в России: инъекция устойчивого развития. URL: https://vygonconsulting.ru/upload/iblock/e44/vygon_consulting_storage.pdf (последнее обращение: 12.06.2025).
8. Интернет энергии: что это такое и почему это важно. URL: <https://fiberroad.com/ru/resources/new-trends/what-is-internet-of-energy-why-is-it-important> (последнее обращение: 12.06.2025).
9. Постановление Правительства РФ от 2 марта 2021 г. №229 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации в части определения особенностей правового регулирования отношений по функционированию объектов микрогенерации»
10. Огороков Р.В., Тимофеева А.А., Рыхтик Д.Н. Перспективы развития Интернета энергии как инновационной технологии цифровой энергетики в России // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2022. – Том 12. – № 10А. – С. 62-71.
11. Приказ Федеральной антимонопольной службы от 11 декабря 2023 г. № 964/23 «Об утверждении цен (тарифов) на электрическую энергию (мощность), поставляемую в ценовых зонах оптового рынка субъектами оптового рынка - производителями электрической энергии (мощности) по договорам, заключенным в соответствии с законодательством Российской Федерации с гарантирующими поставщиками (энергоснабжающими организациями, энергосбытовыми организациями, к числу покупателей электрической энергии (мощности) которых относятся население и (или)

приравненные к нему категории потребителей), в целях обеспечения потребления электрической энергии населением и (или) приравненными к нему категориями».

12. Chandriah S., Rameshappa B.S., Hirekere M.M., Telag iK., Parashuramappa A. Optimizing Distributed in DC Microgrids: A Comprehensive Study. URL: <https://wjarr.com/content/optimizing-distributed-generation-dc-microgrids-comprehensive-study> (последнее обращение: 12.06.2025).

13. Инфраструктурный центр EnergyNet Управление спросом в электроэнергетике России: открывающиеся возможности. URL: <https://img-cdn.tinkoffjournal.ru/-/upravlenie-sprosom-v-elektroenergetike-rossii-otkryvaiushchiesia-vozmozhnosti.pdf> (последнее обращение: 12.06.2025).

14. Постановление Правительства Российской Федерации от 30.06.2022 г. №1178.

15. Федеральный Закон «О внесении изменения в статью 23.2 Федерального Закона «Об электроэнергетике» от 16.02.2022 №12-ФЗ.

16. Бобров Солар. Аккумулятор SUNLIFE FT 12-55. URL: <https://bobrovsolar.ru/catalog/akkumulyatory/akkumulyator-sunlife-ft-12-55/> (последнее обращение: 12.06.2025).

17. Бобров Солар. Балансир заряда аккумуляторов HA01-2AKB. URL: <https://kemerovo.bobrovsolar.ru/catalog/komplektuyushchie/balansir-zaryada-akkumulyatorov-ha01-2akb/> (последнее обращение: 12.06.2025).

18. Все солнечные станции. Сетевая солнечная станция Solar 1кВт. URL: <https://delta-paneli.ru/ses/setevye/ses-sofar-1kw/> (последнее обращение: 12.06.2025).

19. Новая Энергия. Цены на оптовом рынке электроэнергии (мощности) системы. URL: https://enerone.ru/analytics/ore_prices/ (последнее обращение: 12.06.2025).

20. Yashel technologies. Ветрогенератор Yashel FT – 1000 системы. URL: <https://yashel.shop/product/vetrogenerator-ft-1000-1-kvt-24-volt> (последнее обращение: 12.06.2025).

21. Деалан Энерго. GSM система удаленного контроля и управления ВЭС. URL: <https://dealanenergo.ru/nasha-produkciya/komplektuyushchie/novyy-tovar-gsm-sistema-kontrolya> (последнее обращение: 12.06.2025).

22. Yashel technologies. Сетевой инвертор для ветрогенератор 1000W. URL: <https://yashel.shop/product/setevoy-invertor-dlya-vetrogeneratora-1000w> (последнее обращение: 12.06.2025).

23. Энергетика и промышленность России. Замедление роста распределенной генерации будет недолгим. URL: <https://www.eprussia.ru/epr/460/1919588.htm> (последнее обращение: 12.06.2025).

24. Микрол. Микропроцессорный регулятор МИК-21. URL: <https://микрол.пф/catalog/mikroprocessorniy-regulator-mik-21регулятор> (последнее обращение: 12.06.2025).

25. РИА Новости. Путин подписал закон о легализации майнинга криптовалют. URL: <https://ria.ru/20240808/mayning-1964951259.html> (последнее обращение: 12.06.2025).

26. Устюжанина А.С., Паскарь И.Н. Тарифообразование на рынке электроэнергии распределенной генерации в России // Экономика и управление инновациями. – 2022. – № 1 (20). – С. 65-74.

27. Hui Li, Chang Liu, Haitong Gu, Yuanliang Zhang, Weisong Chen, Shaoliang. Research on the Economics of Distributed Photovoltaic Power Generation Integrated into the Grid. URL: <https://drpress.org/ojs/index.php/HSET/article/view/22314> (последнее обращение: 12.06.2025).

28. Dubey P.K., Singh B., Patel D.K., Singh D. Distributed Generation Current Scenario in the World // IJFMR. – 2023. Volume 5, Issue 4. – pp. 42563.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2025 Авторы. Издательство Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. Эта статья доступна по лицензии CreativeCommons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы

Устюжанина Анастасия Сергеевна – студент кафедры электроснабжения горных и промышленных предприятий Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева
650000, г.Кемерово, ул Весенняя, 28
E-mail: au.ustuzhanina@mail.ru

Паскарь Иван Николаевич – старший преподаватель кафедры электроснабжения горных и промышленных предприятий Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева
650000, г.Кемерово, ул Весенняя, 28
E-mail: paskar-ivan@mail.ru

References

1. K voprosu o vnedrenii raspredelennoj generacii v Rossii / Jenergostart: Materialy IV Vserossijskoj molodezhnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj aktual'ny'm voprosam razvitiya toplivno-jenergeticheskogo kompleksa, Kemerovo,

18–20 nojabrja 2021 goda [On the implementation of distributed generation in Russia. Energostart: Proceedings of the IV All-Russian youth scientific and practical conference dedicated to topical issues of development of the fuel and energy complex, Kemerovo, November 18-20, 2021]. Kemerovo: KuzGTU, 2021. pp. 204-1-204-5.

2. Moskovskaja shkola upravljenja Skolkovo [Skolkovo Moscow School of Management]. URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_DER-3.0_2018.02.01.pdf (last access: 12.06.2025).

3. Kuz'min P.S. Aktivnye potrebiteli jelektrojenerгии: obzor innovacionnyh modelej vzaimodejstvija sub#ektov jelektrojenergetiki i konechnyh potrebitelej [Active consumers of electricity: an overview of innovative models of interaction between entities in the electric power industry and end consumers]. SRRM. 2021. Vol. 4. pp. 306-321.

4. Chabla-Auqui L., Ochoa-Correa D., Villa-Avila E., Astudillo-Salinas P. Distributed Generation Applied to Residential Self-Supply in South America in the Decade 2013–2023: A Literature Review. *Energies*. 2023. Vol. 16. pp. 6207.

5. Infrastrukturnyj centr «Jenerdzhinet». Arhitektura Interneta jenerгии (IDEA) [Infrastructure Center "Energinet". Architecture of the Internet of Energy (IDEA)]. URL: <https://csr-nw.ru/upload/iblock/af9/Arhitektura%20Interneta%20jenerгии%20IDEA%20versija%202.0.pdf> (last access: 12.06.2025).

6. Statistika interneta i socsetej na 2023 god – cifry i trendy v mire i v Rossii [Internet and social media statistics for 2023 – figures and trends in the world and in Russia]. URL: <https://inlnk.ru/68AXEX> (last access: 12.06.2025).

7. Vygon Consulting. Nakopiteli jenerгии v Rossii: in#ekcija ustojchivogo razvitija [Vygon Consulting. Energy storage in Russia: an injection of sustainable development]. URL: https://vygonconsulting.ru/upload/iblock/e44/vygon_consulting_storage.pdf (last access: 12.06.2025).

8. Internet jenerгии: chto jeto takoe i pochemu jeto vazhno [Internet of energy: what is it and why is it important]. URL: <https://fiberroad.com/ru/resources/new-trends/what-is-internet-of-energy-why-is-it-important> (last access: 12.06.2025).

9. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 2 marta 2021 g. №229 «O vnesenii izmenenij v nekotorye akty Pravitel'stva Rossijskoj Federacii v chasti opredelenija osobennostej pravovogo regulirovanija otnoshenij po funkcionirovaniju ob#ektov mikrogeneracii» [Resolution of the Government of the Russian Federation of March 2, 2021 No. 229 "On Amendments to Certain Acts of the Government of the Russian Federation in Terms of Defining the Features of Legal Regulation of Relations on the Operation of Microgeneration Facilities"].

10. Okorokov R.V., Timofeeva A.A., Ryhtik D.N. Perspektivy razvitija Interneta jener-gii kak innovacionnoj tehnologii cifrovoy jenergetiki v Rossii [Okorokov R.V., Timofeeva A.A., Ryhtik D.N. Prospects for the Development of the Internet of Energy as an Innovative Technology of Digital Energy in Russia]. *Jekonomika: vchera, segodnja, zavtra = Economy: Yesterday, Today, Tomorrow*. 2022. Tom 12. Vol. 10A. pp. 62-71.

11. Prikaz Federal'noj antimonopol'noj sluzhby ot 11 dekabrja 2023 g. № 964/23 "Ob utverzhdenii cen (tarifov) na jelektricheskuju jenergiyu (moshhnost'), postavljajemuju v cenovyh zonah optovogo rynka sub#ektami optovogo rynka - proizvoditeljami jelektricheskoj jenerгии (moshhnosti) po dogovoram, zakljuchennym v sootvetstvii s zakonodatel'stvom Rossijskoj Federacii s garantirujushimi postavshnikami (jenergosnabzhajushimi organizacijami, jenergosbytovymi organizacijami, k chislu pokupatelej jelektricheskoj jenerгии (moshhnosti) kotoryh otnosjatsja naselenie i (ili) priravnennye k nemu kategorii potrebitelej), v celjah obespechenija potreblenija jelektricheskoj jenerгии naseleniem i (ili) priravnennymi k nemu kategorijami» [Order of the Federal Antimonopoly Service of December 11, 2023 No. 964/23 "On approval of prices (tariffs) for electric energy (capacity) supplied in the price zones of the wholesale market by wholesale market entities - producers of electric energy (capacity) under contracts concluded in accordance with the legislation of the Russian Federation with guaranteed suppliers (energy supply organizations, energy sales organizations, whose buyers of electric energy (capacity) include the population and (or) categories of consumers equivalent to it), in order to ensure the consumption of electric energy by the population and (or) categories of consumers equivalent to it"].

12. Chandriah S., Rameshappa B.S., Hirekere M.M., Telag iK., Parashuramappa A. Optimizing Distributed in DC Microgrids: A Comprehensive Study. URL: <https://wjarr.com/content/optimizing-distributed-generation-dc-microgrids-comprehensive-study>

13. Infrastrukturnyj centr EnergyNet Upravlenie sprosom v jelektrojenergetike Ros-sii: otkryvajushhiesja vozmozhnosti [EnergyNet Infrastructure Center Demand Management in the Russian Electric Power Industry: Emerging Opportunities]. URL: <https://img-cdn.tinkoffjournal.ru/-upravlenie-sprosom-v-elektroenergetike-rossii-otkryvaiushchiesja-vozmozhnosti.pdf> (last access: 12.06.2025).

14. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 30.06.2022 g. №1178 [Resolution of the Government of the Russian Federation of 30.06.2022 No. 1178].

15. Federal'nyj Zakon «O vnesenii izmenenija v stat'ju 23.2 Federal'nogo Zakona «Ob jelektrojenergetike» ot 16.02.2022 №12-FZ [Federal Law "On Amendments to Article 23.2 of the Federal Law "On Electric Power Industry" dated 16.02.2022 No. 12-FZ].

16. Bobrov Solar. Akkumulyator SUNLIFE FT 12-55. URL: <https://bobrovsolar.ru/catalog/akkumulyatory/akkumulyator-sun-life-ft-12-55/> (last access: 12.06.2025).

17. Bobrov Solar. SUNLIFE FT 12-55 Battery. URL: <https://kemerovo.bobrovsolar.ru/catalog/komplektuyushchie/balansir-zaryada-akkumulyatorov-ha01-2akb/> (last access: 12.06.2025).

18. All solar stations. Grid solar station Solar 1 kW. URL: <https://delta-paneli.ru/ses/setevye/ses-sofar-1kw/> (last access: 12.06.2025).

19. New Energy. Prices on the wholesale electricity market (capacity) of the system. URL: https://enerone.ru/analitics/ore_prices/ (last access: 12.06.2025).

20. Yashel technologies. Wind generator Yashel FT - 1000 systems. URL: <https://yashel.shop/product/vetrogenerator-ft-1000-1-kvt-24-volt> (last access: 12.06.2025).
21. Dealan Energy. GSM system for remote monitoring and control of wind farms. URL: <https://dealanenergo.ru/nasha-produkciya/komplektuyushie/novyy-tovar-gsm-sistema-kontrolja> (last access: 12.06.2025).
22. Yashel technologies. Grid-tie inverter for wind generator 1000 W. URL: <https://yashel.shop/product/setevoy-invertor-dlya-vetrogeneratora-1000w> (last access: 12.06.2025).
23. Energy and industry of Russia. Slowdown in distributed generation growth will be short-lived. URL: <https://www.eprus-sia.ru/epr/460/1919588.htm> (last access: 12.06.2025).
24. Mikrol. Microprocessor controller MIC-21. URL: <https://mikrol.rf/catalog/mikroprocessorniy-regulator-mik-21reguljator> (last access: 12.06.2025).
25. RIA Novosti. Putin podpisal zakon o legalizacii majninga kriptovaljut [Putin signed a law on the legalization of cryptocurrency mining]. URL: <https://ria.ru/20240808/maying-1964951259.html> (last access: 12.06.2025).
26. Ustyuzhanina A.S., Paskar' I.N. Tarifoobrazovanie na rynke jelektroenergii ras-predelennoj generacii v Rossii [Ustyuzhanina A.S., Paskar' I.N. Tariff formation in the distributed generation electricity market in Russia]. *Jekonomika i upravlenie innovacijami = Economy and innovation management*. 2022. Vol. 1 (20). pp. 65-74.
27. Hui Li, Chang Liu, Haitong Gu, Yuanliang Zhang, Weisong Chen, Shaoliang. Research on the Economics of Distributed Photovoltaic Power Generation Integrated into the Grid. URL: <https://drpress.org/ojs/index.php/HSET/article/view/22314> (last access: 12.06.2025).
28. Dubey P.K., Singh B., Patel D.K., Singh D. Distributed Generation Current Scenario in the World // *IJFMR*. 2023. Volume 5, Issue 4. pp. 42563.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2025 The Authors. Published by T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Authors

Anastasia Ustyuzhanina – student of the Department of Power Supply of Mining and Industrial Enterprises
Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev
650000, Kemerovo, Vesennyya street, 28.
E-mail: au.ustyuzhanina@mail.ru

Ivan Paskar – senior lecturer,
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University.
650000, Kemerovo, Vesennyya street, 28.
E-mail: pin.egpp@kuzstu.ru

