

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.155>

## ИНТЕГРАЦИЯ ЭКОНОМИКИ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ СЕТЯМИ

Научная статья

Ахмедова О.О.<sup>1,\*</sup>, Копейкина Т.В.<sup>2</sup>, Сошинов А.Г.<sup>3</sup>, Атрашенко О.С.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0003-1272-5933;

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Камышинский технологический институт – филиал Волгоградского государственного технического университета, Камышин, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (ahmedova[at]kti.ru)

### Аннотация

Данная статья посвящена современному состоянию модели совместного хранения электроэнергии. Рассматривается вопрос увеличения использования возобновляемых источников энергии и факт неустойчивости баланса между спросом и предложением в режиме реального времени. Предлагается увеличение гибкости энергосистемы для решения проблем колебаний выработанной электроэнергии, вызванных использованием возобновляемых источников энергии. Предлагается использование передовых коммуникационных и измерительных технологий, позволяющих электрическим сетям приблизиться к интеллектуальным сетям, т.к. данные сети имеют больше решений для широкого распространения возобновляемых источников энергии. Сформирован перечень шагов, направленных на устранение барьеров для масштабного развития экономики совместного использования. Сделан вывод о том, что совместная экономика, как формирующаяся коммерческая модель, привлекает большое внимание и представляет огромный интерес для применения в интеллектуальных сетях.

**Ключевые слова:** совместное хранение энергии, транзакционная энергия.

## INTEGRATION OF THE SHARING ECONOMY WITH THE INTELLIGENT GRID

Research article

Akhmedova O.O.<sup>1,\*</sup>, Kopeykina T.V.<sup>2</sup>, Soshinov A.G.<sup>3</sup>, Atrashenko O.S.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ORCID : 0000-0003-1272-5933;

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Kamyshin Institute of Technology – branch of Volgograd State Technical University, Kamyshin, Russian Federation

\* Corresponding author (ahmedova[at]kti.ru)

### Abstract

This article is dedicated to the current state of the co-storage model. The issue of increasing the utilization of renewable energy sources and the fact of real-time instability of the balance between supply and demand are discussed. An increase in the flexibility of the power system is suggested to deal with the fluctuations in generated electricity caused by the use of renewable energy sources. The use of advanced communication and metering technologies is proposed to enable the electricity grid to move closer to smart grids, as these grids have more solutions for the widespread deployment of renewable energy sources. A list of steps to remove barriers to large-scale development of the sharing economy is drawn up. It is concluded that the sharing economy, as an emerging commercial model, is attracting a lot of attention and is of great interest for intelligent grid application.

**Keywords:** shared energy storage, transactional energy.

### Введение

С развитием технологий возобновляемых источников энергии передовые технологии связи и управления широко применяются в интеллектуальных сетях для информатизации, автоматизации и оцифровки. Высокое проникновение возобновляемых источников энергии стало одной из главных особенностей интеллектуальной сети. Увеличение использования возобновляемых источников энергии является крайне неустойчивым и непостоянным, что затрудняет поддержание баланса между спросом и предложением в режиме реального времени и ставит под угрозу стабильную работу энергосистемы. Новые экономические модели и инструменты регулирования необходимы для решения ряда проблем, связанных с крупномасштабным использованием возобновляемых источников энергии в интеллектуальных сетях.

В экономике существует термин «экономика совместного использования» (Шеринг) [1]. Суть данного понятия в том, что существует разница в спросе между владельцем и пользователем, и эффективность использования социальных ресурсов максимизируется за счет временной передачи прав на использование ресурсов для удовлетворения потребностей обеих сторон.

Интеграция экономики совместного использования с интеллектуальными сетями имеет большое значение для электроэнергетики и социального обеспечения. Ожидается, что это исследование станет важным руководством для инженеров, изучающих интеллектуальные сети. Целью статьи является объединение первоначальных исследований и выявление предпринимаемых мер для следующего шага в области инвестиционной привлекательности данного проекта. Немаловажным является акцент на экономической выгоде для органов власти в долгосрочной перспективе что поможет установить стандарты, совместимые с каждым приложением, чтобы все интеллектуальные сети могли координироваться под контролем одних и тех же органов власти.

## Основные результаты

### 2.1. Трансактивная энергия

В последние годы экономика совместного использования первоначально применялась в интеллектуальных сетях для решения проблем, вызванных увеличением использования возобновляемых источников энергии. Типичным примером экономики совместного использования является совместное хранение энергии.

Накопитель энергии обладает характеристиками пространственной и временной передачи энергии и считается наиболее прямым и эффективным решением для крупномасштабной интеграции возобновляемых источников энергии. Однако высокая стоимость и низкая масштабируемость становятся препятствиями для крупномасштабного применения накопителей энергии. Суть совместного хранения энергии заключается в разделении владения, контроля и использования ресурсов хранения энергии. Для общего хранилища энергии основными субъектами могут являться владельцы, операторы и пользователи.

Владельцы хранилищ энергии передают право использования пользователям для получения дополнительного дохода, что позволяет избежать растраты ресурсов хранения энергии; операторы хранилищ энергии разумно распределяют ресурсы хранения энергии в соответствии с потребностями пользователей и получают плату за обслуживание за счет профессионального управления и контроля энергии; пользователи используют ресурсы хранения энергии, подписывая контракты с операторами для экономии затрат на самодельные устройства хранения энергии. Режим совместного хранения энергии может привлечь больше капитала для активных инвестиций в отрасль хранения энергии, ускорить развитие масштаба хранения энергии и максимизировать эффективность использования накопителей энергии.

Концепция ТЭ может быть использована в качестве рыночного механизма для стимулирования динамического балансирования в режиме реального времени между спросом и предложением энергосистем. Соответственно, производители и потребители рационализируют свои планы производства и потребления энергии, руководствуясь ценностными сигналами, для повышения экономической эффективности и предоставления услуг энергетическим системам. Торговая архитектура для систем ТЭ показан на рис. 1.

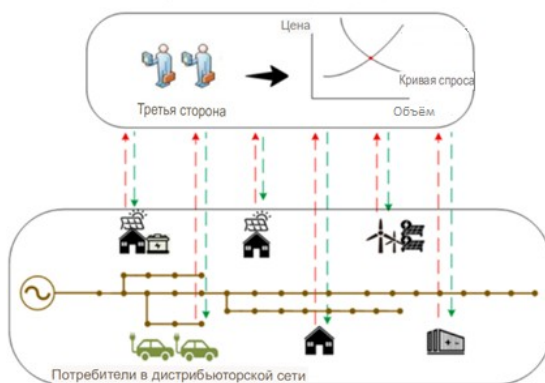


Рисунок 1 - Торговая архитектура для систем ТЭ  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.155.1>

Таким образом, совместное хранение энергии – это бизнес-модель, которая отделяет собственность от права на ресурсы хранения энергии [2]. И тогда клиенты могут арендовать право использования накопителей энергии у владельцев накопителей энергии в соответствии со своими собственными потребностями. Владельцы ресурсов хранения энергии могут получить дополнительные экономические выгоды, отказавшись от права использовать неработающие хранилища энергии в определенное время.

Совместное накопление энергии показано на рис. 2.

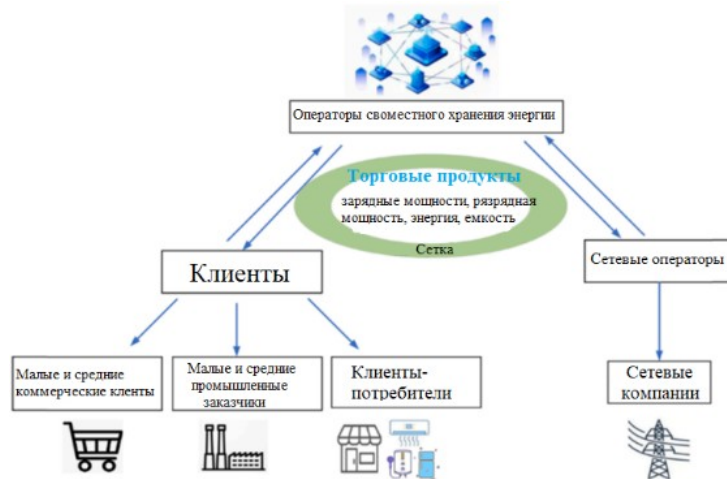


Рисунок 2 - Базовая структура общего хранилища энергии  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.155.2>

## 2.2. Сценарии применения

Совместное накопление энергии на стороне поставщика в основном может быть использовано для потребления возобновляемой энергии. Совместное хранение энергии может эффективно сгладить непостоянство возобновляемой энергии [3]. Совместное хранение энергии на стороне сети помогает решить проблемы с блокировкой линий и снизить инвестиционные затраты на расширение и модернизацию линий. По мере увеличения проникновения возобновляемых источников энергии это часто приводит к перегрузке сети и снижению надежности электроснабжения, что необходимо устранить и повысить коэффициент использования оборудования для хранения энергии.

## 2.3. Планирование и конфигурация

Размер хранилища энергии играет важную роль при проектировании и эксплуатации общего хранилища энергии. Соответствующий размер хранилища может снизить инвестиционные затраты пользователей при одновременном удовлетворении их потребностей в хранении. В общем, распределение мощности общего хранилища энергии тесно связано с потребностями пользователей. Инвесторы и операторы совместного хранения энергии должны адекватно прогнозировать и количественно оценивать спрос пользователей, и размышлять о поведении пользователей по аренде хранилища.

По сравнению с автономным хранилищем энергии пользователи с общим хранилищем энергии имеют возможность обновить доступную емкость хранилища за счет перераспределения и уменьшить общую требуемую емкость хранилища.

Другими словами, пользователи имеют разные потребности в выборе периодов зарядки и разрядки, что одновременно приводит к дополнительным требованиям. Следовательно, помимо совокупной потребности в накоплении энергии данные пользователей, влияние дополнительного спроса, обусловленного распределением мощностей и энергии, также должны учитываться при планировании и настройке совместного хранения энергии.

В 2020 году в России запущена программная платформа управления распределенной энергетикой на блокчейне [4].

Проект «Разработка российской программной платформы управления распределенной энергетикой – «ВПлатформа» [5] выполняется в рамках дорожной карты Национальной технологической инициативы (НТИ) по направлению EnergyNet [6], [7]. Разработка нацелена на решение задачи модернизации энергетической инфраструктуры посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений и соответствует приоритетным направлениям развития науки, технологии и техники в РФ, таким как информационно-телекоммуникационные системы, энергоэффективность и энергосбережение.

«ВПлатформа» – это цифровая платформа, предназначенная для разработки, внедрения и исполнения прикладных систем управления объектами интеллектуальной распределенной энергетики и сопутствующих сервисов. «ВПлатформа» представляет собой информационную площадку для размещения информационных ресурсов, в том числе функциональных подсистем, которые могут поставляться вместе с платформой, и приложений на платформе, разрабатываемых сторонними разработчиками и решающих задачи управления распределенной энергетикой.

Архитектурные и программные решения, заложенные в «ВПлатформу», позволят работать на стыке современных цифровых технологий интеллектуального управления, таких как промышленный интернет вещей, машинное обучение, онтологическое моделирование, цифровые двойники, оптимальное управление, блокчейн и другие.

«ВПлатформа» призвана обеспечить потребителей высококачественными малозатратными механизмами доступа к полному спектру возможностей и функций субъектов энергетики: от производства и хранения энергоресурсов до комплексного управления жизненным циклом активов.

Целью информационной «ВПлатформы» является обеспечение автоматического и автоматизированного выполнения функций по сбору и передаче информации, ее хранению, обработке и предоставлению, а также функций интеллектуального управления.

«ВПлатформа» обеспечивает реализацию различных бизнес-функций, в том числе:

- ценозависимое управление спросом на электроэнергию;

- взаимную торговлю электроэнергией между владельцами энергооборудования;
- интеграцию микроэнергосистемы с внешней (централизованной) энергосистемой с сильной или слабой связью для обеспечения возможности их параллельной работы с учетом особенностей реализации систем оперативно-технологического управления электросетевых компаний в части режимного и противоаварийного управления;
- координированное управление генерацией источников ЭЭ (в том числе ВИЭ) в части управления частотой, напряжением и потерями ЭЭ;
- балансирование изолированной энергосистемы (управление балансом электроэнергии и мощности в энергосистеме без подключения к внешней энергосистеме);
- деагрегацию потребления электроэнергии (контроль потребления каждого электроприбора в составе умного дома для составления поведенческой модели потребителя);
- оптимизацию совершения платежей за фактически полученную электроэнергию, в том числе с возможностью учета ее качества;
- учет показателей качества электроэнергии (КЭ) и их соответствия предъявляемым требованиям стандартов для предоставления легитимной информации при необходимости формирования стоимости электроэнергии;
- проактивный анализ потребностей в электроэнергии пользователей.

Основными клиентами цифровой платформы будут владельцы распределенных энергоресурсов, сетевые организации и сбытовые компании, промышленные предприятия, а в экосистему платформы войдут разработчики программного обеспечения, производители оборудования, вузы и НИИ.

Платформа позволит использовать на объектах малой энергетики современные цифровые технологии. В дальнейшем платформа сможет послужить основой для создания единой модели розничного энергетического рынка с интеграцией блокчейн-технологий.

### Заключение

Традиционно потребители энергии оплачивают расходы, не связанные с сырьевыми товарами (например, расходы на передачу, охрану окружающей среды и сети), в качестве основного компонента своих счетов за электроэнергию. При распределенном производстве энергии возможность потребления энергии вблизи производителей может минимизировать такие затраты [8].

Трансактивная энергия это применение экономики совместного использования в области рынка электроэнергии [9], [10], [11]. Увеличение использования возобновляемых источников энергии ухудшает баланс между спросом и предложением. Наиболее важной особенностью трансактивной энергетической системы является децентрализованное взаимодействие в режиме реального времени между сторонами спроса и предложения. «VПлатформа» предназначена для совместного использования различных информационных ресурсов, в том числе сервисов, подсистем и модулей, как общесистемных, так и специализированных, доступ к которым обеспечен по единым правилам (адресация, стандартизованные интерфейсы и протоколы) в рамках управления распределенной энергетикой. Экономика совместного использования отвечает требованиям эффективной интеграции распределенных ресурсов и повышения эффективности использования энергии, которые стали важной частью интеллектуальных сетей. Совместное хранение энергии и транзакционная энергия, как приложения экономики совместного использования в интеллектуальных сетях, значительно улучшают работу энергосистем. Процесс развития распределенной энергетики в настоящий момент носит мало управляемый и слабо регулируемый характер.

Развитие экономики совместного использования позволит получить высокие технико-экономические результаты для субъектов Российской Федерации. Для масштабного развития экономики совместного использования энергосистем необходимо реализовать шаги, направленные на ликвидацию административных, нормативных и технологических барьеров, а также создание условий для притока частных инвестиций.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Афанасьева Е.О. Экономика шеринга. Плюсы, минусы, перспективы развития / Е.О. Афанасьева // Экологические аспекты экономики совместного потребления. — 2022. — № 1(5). — URL: <https://tiec.mgimo.ru/2022/2022-05/sharing-economy-pros-cons-prospects> (дата обращения: 20.09.2023).
2. Распределенная энергетика // Институт энергетики ВШЭ. — URL: <https://energy.hse.ru/distributed> (дата обращения: 22.09.2023).
3. Lv Y. Research on energy storage allocation strategy considering smoothing the fluctuation of renewable energy / Y. Lv, R. Qin, H. Sun et al. // Front. Energy Res. — 2023. — № 11. — DOI: 10.3389/fenrg.2023.1094970.
4. В России строится платформа управления энергетикой на блокчейне // CNews. — 2021. — URL: [https://www.cnews.ru/news/top/2021-12-21\\_v\\_rossii\\_stroitsya\\_platforma](https://www.cnews.ru/news/top/2021-12-21_v_rossii_stroitsya_platforma) (дата обращения: 25.09.2023).
5. Российская программная платформа управления распределённой энергетикой // А-Платформа. — URL: <https://a-platform.ru/> (дата обращения: 26.09.2023).

6. Платформа НТИ. — URL: <https://platform.nti.work/> (дата обращения: 26.09.2023).
7. Юзвович Л.И. Финансовые и банковские риски / Л.И. Юзвович, Ю.Э. Слепухина, Ю.А. Долгих и др. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. — 336 с.
8. Anoh K. Energy Peer-to-Peer Trading in Virtual Microgrids in Smart Grids: A Game-Theoretic Approach / K. Anoh, S. Maharjan, A. Ikpehai et al. // IEEE Transactions on Smart Grid. — 2019. — Vol. 11. — Iss. 2. — P. 1264-1275.
9. Here's why an energy-sharing economy would be a win-win scenario in Hong Kong // South China Morning Post. — 2018. — URL: <https://www.scmp.com/yp/learn/college-uni-life/university-programmes/article/3070557/heres-why-energy-sharing-economy> (accessed: 26.09.2023).
10. Лучшие тенденции в энергетике и коммунальном хозяйстве в 2024 году // Tridens technology. — 2022. — URL: <https://tridentstechnology.com/ru/тенденции-энергетика-коммунальные-у/> (дата обращения: 26.09.2023).
11. Арендуй и властвуй: что такое шеринговая экономика и как она работает // InvestLab. — 2022. — URL: <https://invlab.ru/ekonomika/sheringovaya-ekonomika/> (дата обращения: 26.09.2023).
12. Bayindir R. Smart Grid Technologies and Applications / R. Bayindir, I. Colak, G. Fulli et al. // Renew. Sustain. Energy Rev. — 2016. — № 66. — P. 499-516.

### **Список литературы на английском языке / References in English**

1. Afanasyeva E.O. Ekonomika sheringa. Plyusy, minusy, perspektivy razvitiya [Sharing Economy. Pros, Cons, Development Prospects] / E.O. Afanasyeva // Jekologicheskie aspekty jekonomiki sovместnogo potreblenija [Environmental aspects of the sharing economy]. — 2022. — № 1(5). — URL: <https://tiel.mgimo.ru/2022/2022-05/sharing-economy-pros-cons-prospects> (accessed: 20.09.2023). [in Russian]
2. Raspredeleonnaya energetika [Distributed Energy] // HSE Institute of Energy. — URL: <https://energy.hse.ru/distributed> (accessed: 22.09.2023). [in Russian]
3. Lv Y. Research on energy storage allocation strategy considering smoothing the fluctuation of renewable energy / Y. Lv, R. Qin, H. Sun et al. // Front. Energy Res. — 2023. — № 11. — DOI: 10.3389/fenrg.2023.1094970.
4. V Rossii stroitsya platforma upravleniya energetikoj na blokchejne [A blockchain-based energy management platform is being built in Russia] // CNews. — 2021. — URL: [https://www.cnews.ru/news/top/2021-12-21\\_v\\_rossii\\_stroitsya\\_platforma](https://www.cnews.ru/news/top/2021-12-21_v_rossii_stroitsya_platforma) (accessed: 25.09.2023). [in Russian]
5. Rossijskaya programmная platforma upravleniya raspredeyionnoj energetikoj [Russian software platform for distributed energy management] // A-Platform. — URL: <https://a-platform.ru/> (accessed: 26.09.2023). [in Russian]
6. Platforma NTI [NTI platform]. — URL: <https://platform.nti.work/> (accessed: 26.09.2023). [in Russian]
7. Juzvovich L.I. Finansovye i bankovskie riski [Financial and Banking Risks] / L.I. Juzvovich, Ju.E. Slepuchina, Ju.A. Dolgih et al. — Yekaterinburg: Publishing House of Ural University, 2020. — 336 p. [in Russian]
8. Anoh K. Energy Peer-to-Peer Trading in Virtual Microgrids in Smart Grids: A Game-Theoretic Approach / K. Anoh, S. Maharjan, A. Ikpehai et al. // IEEE Transactions on Smart Grid. — 2019. — Vol. 11. — Iss. 2. — P. 1264-1275.
9. Here's why an energy-sharing economy would be a win-win scenario in Hong Kong // South China Morning Post. — 2018. — URL: <https://www.scmp.com/yp/learn/college-uni-life/university-programmes/article/3070557/heres-why-energy-sharing-economy> (accessed: 26.09.2023).
10. Luchshie tendencii v energetike i kommunal'nom hozyajstve v 2024 godu [The best trends in energy and utilities in 2024] // Tridens technology. — 2022. — URL: <https://tridentstechnology.com/ru/тенденции-энергетика-коммунальные-у/> (accessed: 26.09.2023). [in Russian]
11. Арендуй и властвуй: что такое шеринговая экономика и как она работает [Rent and rule: what is the sharing economy and how it works] // Invest.Lab. — 2022. — URL: <https://invlab.ru/ekonomika/sheringovaya-ekonomika/> (accessed: 26.09.2023). [in Russian]
12. Bayindir R. Smart Grid Technologies and Applications / R. Bayindir, I. Colak, G. Fulli et al. // Renew. Sustain. Energy Rev. — 2016. — № 66. — P. 499-516.