

А. Г. Сошинов, Т. В. Копейкина, О. С. Атрашенко, О. О. Ахмедова

ОБЗОР МЕХАНИЗМОВ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ СОВМЕСТНОГО ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

**Камышинский технологический институт (филиал)
Волгоградского государственного технического университета**
epp@kti.ru, kopeikina.tania@yandex.ru, olgapasmenko@yandex.ru,
Ahmedova-olga@mail.ru

Автор, ответственный за переписку: Ахмедова Ольга Олеговна, Ahmedova-olga@mail.ru

Статья посвящена обзору механизмов ценообразования для совместного хранения энергии. Рассматривается необходимость гибкости рынка для решения проблем колебаний выработанной электроэнергии, вызванных использованием возобновляемых источников энергии. Анализируется структура оптового рынка электроэнергии. В качестве решений по необходимости регламентации оптимального распределения выгод и затрат приводится ряд методов совместной игры, включая метод стоимости Шепли и метод переговоров Нэша.

Ключевые слова: затраты, рынок, модель, совместное хранение энергии, трансактивная энергия, цена, игра, метод

A. G. Soshinov, T. V. Kopeykina, O. S. Atrashenko, O. O. Akhmedova

A REVIEW OF PRICING MECHANISMS FOR COLLECTIVE ENERGY STORAGE

**Kamyshin Institute of Technology (branch)
Volgograd State Technical University**

The article is devoted to the review of pricing mechanisms for cooperative energy storage. The necessity of market flexibility to solve the problems of fluctuations in generated electricity caused by the use of renewable energy sources is considered. The structure of the wholesale electricity market is analyzed. As solutions to the need to regulate the optimal distribution of benefits and costs, the joint game method is given, including the Shapley cost method and the Nash bargaining method.

Keywords: costs, market, model, cooperative energy storage, transactive energy, price, game, method

Введение

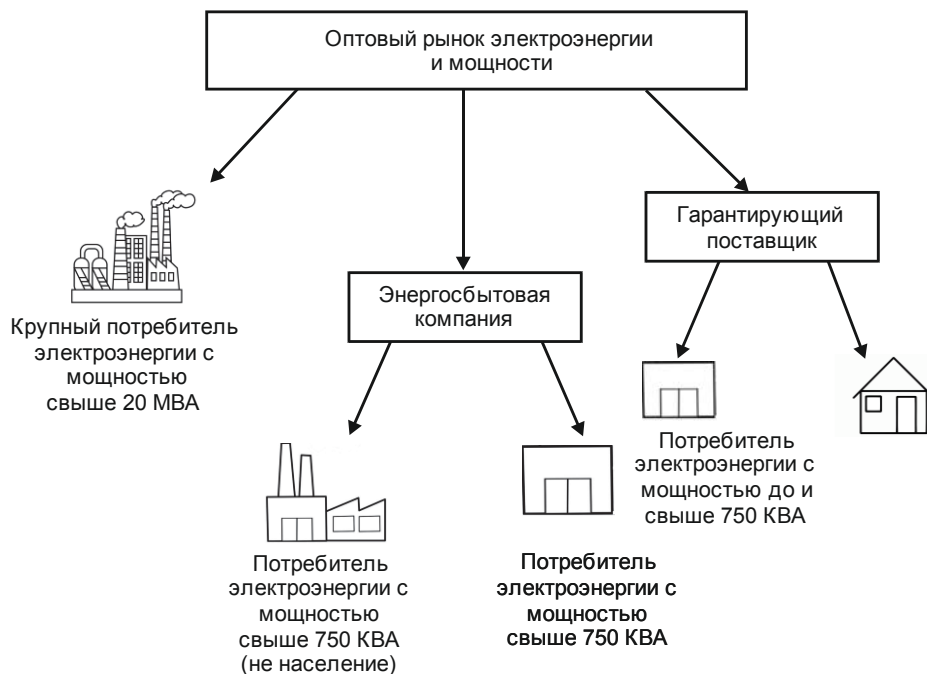
Развитие использования возобновляемых источников энергии является одним из основных способов преобразования существующей энергетической отрасли в экологически чистую и низкоуглеродную. Для ускорения развития возобновляемой энергетики страны разрабатывают свои стратегии, определяющие цели развития возобновляемых источников энергии. Трансактивная энергия (ТЭ) относится к экономическим методам и методам контроля, используемым для управления потоком или обменом энергией в существующей электроэнергетической систе-

ме в отношении экономических и рыночных стандартных значений энергии. Данная стратегия повышает эффективность и надежность энергосистемы, способствует более интеллектуальному и интерактивному будущему энергетической отрасли. Предполагается, что на базе систем ТЭ в режиме, близком к реальному времени, и на полностью роботизированной основе будут происходить торги с участием владельцев самых разнообразных объектов распределенной энергетики, включая электромобили, крышную солнечную микрогенерацию и домашние накопители, а также более традиционных субъектов

отрасли – энергоснабжающих и сбытовых компаний, агрегаторов, системных и сетевых операторов [1].

В последние десятилетия энергия, представленная энергией ветра или фотоэлектрической энергией, привлекает к себе внимание во всем мире. Однако нестабильность такого вида генерации электроэнергии вызывает множество проблем, таких как непостоянство соотношения спроса и предложения, нерегулируемость источника энергии, зависимость от погодных условий, проблемы с сетевой инфраструктурой, высокие инвестиционные затраты. Эти проблемы могут быть решены с помощью аккумуляторного хранения энергии. Однако традиционное накопление энергии от батарей имеет су-

щественные недостатки, такие как высокие индивидуальные затраты на установку, сложность планирования требуемой емкости, серьезная проблема простоя системы хранения, что указывает на настоятельную необходимость рыночной эксплуатации аккумуляторных накопителей. Данная концепция может базироваться на основе оптового рынка электрической энергии и мощности (ОРЭМ) – сфера обращения особых товаров (электрической энергии и мощности) в рамках Единой энергетической системы России в границах единого экономического пространства Российской Федерации (см. рисунок). Подобное участие в оптовом рынке электроэнергии, закладывает основу для внедрения бизнес-моделей хранения энергии [2].



Структура оптового рынка электроэнергии

Результаты исследования

Как известно, экономика совместного использования – это обмен недоиспользуемыми товарами и услугами, ставящий использование и доступность выше владения. В качестве новой стратегии повышения эффективности использования энергетических ресурсов экономика совместного использования предоставляет идеи для рыночного использования традиционных моделей хранения энергии. Модель совместного хранения энергии предполагает использование совместного несения расходов и экономии за счет масштаба для решения проблемы экономической неэффективности исходной модели. Совместное хранение энергии позволя-

ет всем пользователям пользоваться его преимуществами, разделяя затраты и в полной мере используя взаимодополняемость энергозатрат. Необходимо также отметить, что поскольку нет необходимости самостоятельно строить электростанции для хранения энергии, первоначальные капиталовложения значительно сокращаются.

В современной экономике механизмы ценообразования для совместного хранения энергии в основном определяются с помощью фиксированной цены, времени использования, аукционов, игр и стратегий распределения. В режиме «фиксированная цена/время использования» цена определяется единичной производитель-

ностью/мощностью, расходом и индивидуальными упаковками. В режиме формирования цены путем участия в аукционе услуги по хранению энергии определяются путем торгов между покупателями и продавцами, чтобы максимизировать социальное благосостояние. В игровом режиме равновесная цена получается в результате некооперативной игры, полностью учитывая конфликтующие интересы и ценности покупателей и продавцов. Планирование совместного хранения энергии чаще всего направлено на распределение и потребление энергии, но не затрагивает планирование выгод и затрат. Таким образом, существует необходимость регламентации оптимального распределения выгод, так как эффективный рыночный механизм может гарантировать заинтересованность всех участников рынка для достижения эффективного распределения выгод при меньших общих затратах. Такого рода проблемы известны как механизм ценообразования для совместного хранения энергии. Стратегия распределения выгод в основном работает с использованием методов совместной игры, включая метод стоимости Шепли и метод переговоров Нэша для распределения затрат и выгод [3].

Метод Шепли оценивает предельный вклад отдельного человека, в то время как переговоры по Нэшу направлены на максимизацию индивидуальной прибыли.

В теории игр величина Шепли учитывает, как все игроки вносят разную сумму, и, следовательно, помогает определить выигрыш для всех игроков, когда это происходит.

Ценность Шепли – это концепция решения, используемая в теории игр, которая предполагает справедливое распределение как прибыли, так и затрат между несколькими участниками, работающими в коалиции. Ценность Шепли гарантирует, что каждый участник получит столько же или даже больше прибыли, сколько он получил бы, действуя независимо. Полученная ценность имеет решающее значение, поскольку в противном случае у участников не будет стимула к сотрудничеству. Преимуществом метода Шепли является справедливость, но недостатком является то, что альянс нестабилен, и участники могут покинуть большой альянс и сформировать небольшой альянс. Использование метода переговоров по Нэшу для создания модели сотрудничества может решить проблему «увеличения выгод» в рамках общего метода. Сильной стороной этого метода является стабильность, но слабой стороной является

необходимость знать точку разрыва в переговорах каждого участника.

Джон Нэш утверждал, что ситуации, связанные с противопоставлением монополии и монополии, торговлей между двумя нациями и переговорами между работодателем и профсоюзами, имеют самое непосредственное отношение к проблеме торгов. Это было теоретическое обсуждение проблемы торгов, которая, в его понимании, заключалась в выявлении соотношения между конкретным «решением» и степенью удовлетворенности, которую каждый человек ожидает получить от торгов, или, точнее, определении того, какую ценность для каждого из этих людей представляет возможность участия в торгах. Теоретической основой некооперативных игр является индивидуальная рациональность, когда интересы альянса не могут ограничивать индивидуальные решения. Основная цель некооперативных игр – решить проблему равновесия Нэша, и распространенные методы моделирования включают игры «хозяин-раб», аукционы и другие модели. Равновесие Нэша игры двух и более игроков, в котором ни один участник не может увеличить выигрыш, изменив свое решение в одностороннем порядке, когда другие участники не меняют решения. Такая совокупность стратегий выбранных участниками и их выигрыши называются равновесием Нэша. Игра «ведущий-ведомый» описывает оптимальную стратегию между оператором совместного хранения энергии и участником. Игровая модель «хозяин-раб» может обеспечить бесприбыльную ситуацию между операторами микросетей и агрегаторами пользователей. Аукцион представляет собой конкурентные торги между несколькими пользователями. Механизм периодических аукционов для совместного хранения энергии может продемонстрировать, что этот механизм снижает общий риск. Также существует предложение по механизму двустороннего аукциона, который может устранить монопольные недостатки односторонних аукционов и сформировать механизм, при котором покупатели и продавцы делят социальные выгоды поровну. Некооперативная игра удовлетворяет максимизации индивидуальных интересов.

Выводы

Эта статья посвящена обзорам механизмов ценообразования для совместного хранения энергии, действующих и демонстрационных проектов совместного хранения энергии и транс-

активной энергии в интеллектуальных сетях. В статье рассматриваются методы совместной игры: метод стоимости Шепли и метод переговоров Нэша для распределения затрат и выгод. Существующие исследования в области совместного хранения энергии сталкиваются с дилеммой между эффективностью планирования ресурсов и справедливостью распределения доходов. Дополнительная информация, раскрытая участниками, повысила бы эффективность распределения ресурсов, но это затронуло бы интересы отдельных лиц. И наоборот, справедливое распределение между отдельными лицами повлияет на общую эффективность распределения энергии, потому что все не хотят терпеть убытки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ахмедова, О. О.* Интеграция экономики совместного использования электроэнергии с интеллектуальными сетями [Электронный ресурс] / О. О. Ахмедова, Т. В. Копейкина, А. Г. Сошинов, О. С. Атрашенко // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 1 (139). – 5 с. – DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.155>. – Режим доступа: URL: <https://research-journal.org/media/articles/9919.pdf>. (дата обращения: 18.02.2025 г.).
2. Оптовый рынок электрической энергии и мощности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.np-sr.ru/ru/market/wholesale/index.htm> (дата обращения: 29.01.2024 г.).
3. *Ахмедова, О. О.* Рыночные структуры экономики совместного использования электроэнергии / О. О. Ахмедова, Т. В. Копейкина, А. Г. Сошинов, О. С. Атрашенко // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. – 2024. – № 4 (49). – С. 27. (дата обращения: 28.02.2025 г.).
4. *Асканова, О. В.* Ценообразование. Учебное пособие для студентов очной и заочной форм обучения экономических направлений / О. В. Асканова // Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2020. – 57 с.
5. Централизованные и децентрализованные рынки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studref.com/371415/ekonomika/tsentralizovannye_detsentralizovannye_rynki (дата обращения: 29.01.2024 г.).
6. Дистрибутив – Новая платформа для торговли электроэнергией microgrid [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.eitmanufacturing.eu/what-we-do/thought-leadership/signals/distro-a-new-microgrid-electricity-trading-platform/> (дата обращения: 28.01.2025 г.).
7. Все о применении блокчейна в электроэнергетике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://crypto.ru/blokchein-v-ehlektroenergetike/?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru (дата обращения: 30.01.2024 г.).
8. Игра в лидерство: модель Штакельберга и асимметричная информация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nauchniestati.ru/spravka/model-shtakelberga-pri-asimmetrichnoj-informaczii/> (дата обращения: 02.02.2025 г.).
9. Метод выделения ядра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://marketing.wikireading.ru/4205> (дата обращения: 28.01.2024 г.).
10. Значение Шепли [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://voxt.ru/znachenie-shepli/> (дата обращения: 10.02.2025 г.).
11. Блокчейн – новые возможности для производителей и потребителей электроэнергии? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://inepsystem.ru/gallery/blockchain_opportunity-for-energy-producers-and-consumers_RUS_1.pdf (дата обращения: 30.03.2025 г.).
12. *Юзович, Л. И.* Финансовые и банковские риски: учебник / Л. И. Юзович, Ю. Э. Слепухина, Ю. А. Долгих, В. А. Татьянников, Е. В. Стрельников, Р. Ю. Луговцов, М. Н. Клименко. – Екатеринбург, 2020.