

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЫНКОВ<sup>1</sup>

**Евгений ЛИСИН,**

кандидат экономических наук, доцент,  
Национальный исследовательский университет  
«Московский энергетический институт»,  
Москва, Россия,  
e-mail: lisinyan@gmail.com;

**Виктор ЕПИФАНОВ,**

доктор экономических наук, профессор,  
Национальный исследовательский университет  
«Московский энергетический институт»,  
Москва, Россия,  
e-mail: yepifanovva@mpei.ru;

**Святослав МАСЮТИН,**

доктор экономических наук, профессор,  
заместитель генерального директора РУСЭЛПРОМ,  
Москва, Россия,  
e-mail: s.masyutin@ruselprom.ru

*В статье рассматриваются экономические аспекты формирования объединенных электроэнергетических рынков на примере общего электроэнергетического рынка (ОЭР) Союза. Показано, что во многом интеграционные процессы, протекающие между национальными энергосистемами, определяют наличие резервов генерирующих мощностей, разница цен в узлах поставки электроэнергии, пропускная способность трансграничных линий электропередач и принятая модель ее распределения между участниками общего рынка электроэнергии. Предложен подход к моделированию распределения пропускной способности трансграничных линий на основе аукционного метода определения цены.*

**Ключевые слова:** рынки электроэнергии; интеграция; конкурентоспособность; передача электроэнергии; распределение прав

<sup>1</sup> Данная статья подготовлена при поддержке Министерства образования и науки РФ, проект 26.9593.2017/8.9.

## ECONOMIC ASPECTS OF FORMATION OF UNITED ELECTRIC POWER MARKETS<sup>2</sup>

**Evgeny LISIN,**

PhD in Economics, Associate Professor,  
Department of Economics in Power Engineering and Industry,  
National Research University «Moscow Power Engineering Institute»,  
Moscow, Russia,  
e-mail: lisinym@mpei.ru;

**Victor EPIFANOV,**

D. Sc. in Economics, Professor,  
Department of Management in Power Engineering and Industry,  
National Research University «Moscow Power Engineering Institute»,  
Moscow, Russia,  
e-mail: yepifanovva@mpei.ru;

**Svyatoslav MASYUTIN,**

D. Sc. in Economics, Professor, Deputy Director,  
Russian Electrotechnical Group «Ruselprom»,  
Moscow, Russia,  
e-mail: s.masyutin@ruselprom.ru

*The paper deals with the economic aspects of the formation of the united electric power markets by the example of the common electricity market of the Eurasian Economic Union. It is shown that, in many respects, the integration processes taking place in the energy supply chain, the capacity of the cross-border transmission lines and the adopted model of its distribution in the common electricity market. An approach is proposed for modeling the distribution of the capacity of cross-border lines based on the auction method of determining prices.*

**Keywords:** *electricity markets; integration; competitiveness; electric power transmission; distribution of rights*

**JEL classifications:** *Q40, Q48, L11, L94*

### **Введение**

Объединенный электроэнергетический рынок (ОЭР) представляет собой действующую на основании общих правил систему отношений между субъектами внутренних рынков электрической энергии государств – членов единого экономического пространства (ЕЭП), связанных с куплей-продажей электрической энергии (мощности) и сопутствующих услуг. Технологической основой ОЭР является транснациональная энергетическая система (ТнЭС). На основе объединения национальных энергосистем в ТнЭС осуществляется процесс формирования ОЭР (Lisin et al., 2016; Uddin et al., 2017; Lisin et al., 2018; Melas et al., 2017; Brożyna et al., 2018).

Целью формирования ОЭР является обеспечение устойчивого развития экономик стран ЕЭП, повышения энергетической безопасности, экономической эффективности

<sup>2</sup> This paper was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, research project №. 26.9593.2017/8.9.

и надежности функционирования электроэнергетических комплексов, удовлетворения спроса потребителя на электрическую энергию (мощность), снижения темпов роста цен на электроэнергию, а также повышения конкурентоспособности на мировом рынке государств – членов ЕЭП в сфере электроэнергетики. При этом необходимо соблюсти баланс экономических интересов участников ОЭР на основе рыночных отношений и добросовестной конкуренции.

Создание ОЭР в рамках ЕЭП преследует решение следующих задач (Lisin et al., 2015a; Proskuryakova et al., 2015; Newbery et al., 2018):

- развитие рыночных механизмов взаимной торговли электрической энергией, увеличение объема товарооборота и повышение уровня конкуренции при поставках электроэнергии;
- обеспечение доступа участников ОЭР к услугам естественных монополий в сфере электроэнергетики на территориях государств – членов ЕЭП;
- поддержание высокого уровня надежности и отказоустойчивости энергетических комплексов за счет параллельной работы энергосистем ОЭР;
- повышение прозрачности ценообразования, сближение и стабилизация цен на электрическую энергию, в том числе снижение темпов роста цен для конечного потребителя;
- оптимизация использования генерирующих мощностей, включая оптимизацию топливных затрат;
- создание благоприятных условий для инвестирования в объекты электроэнергетики.

Основными предпосылками формирования ОЭР являются (Lisin et al., 2015b; Energy Strategy of Russia up to 2035, 2014):

- сформированное единое экономическое пространство, предполагающее координацию экономической политики государств-участников в отношении энергетики;
- наличие резервов по использованию генерирующих мощностей;
- наличие развитой инфраструктуры, включающей межгосударственные ЛЭП как внутри ЕЭП, так и за его пределами;
- рост спроса на электроэнергию;
- значительные запасы топливно-энергетических ресурсов, экспортный и транзитный потенциал.

Можно выделить следующие основные экономические преимущества государств – членов ЕЭП от организации ОЭР (Lisin et al., 2015a; Maximov et al., 2008):

- повышение экономической эффективности и надежности функционирования электроэнергетических комплексов государств-членов;
- совершенствование модели функционирования оптовых рынков электрической энергии;
- увеличение объемов трансграничной торговли электроэнергией как внутри ЕЭП, так и вовне;
- стабилизация (снижение) цен на электроэнергию и, как следствие, создание благоприятного инвестиционного климата;
- дополнительный рост ВВП государств – членов ЕЭП за счет синергетического эффекта.

На данный момент можно говорить о том, что экономики стран ЕЭП имеют упущенную выгоду в результате раздельной работы электроэнергетических рынков. Возникает актуальная задача ее оценки на основе разработки прогнозных моделей роста товарооборота за счет увеличения поставок и транзита электроэнергии между странами ЕЭП, что позволит обосновать инвестиционные вложения в инфраструктуру объединенного энергорынка, требующие отдельной оценки на основе проведения проектно-изыскательных работ и технико-экономического анализа. При рассмотрении данного вопроса особое внимание необходимо уделить организации ОЭР на основе таких наднациональных экономических образований, как ЕАЭС и АТЭС.

**Анализ процесса энергетической интеграции и формирования объединенного электроэнергетического рынка стран ЕАЭС**

Евразийский экономический союз (ЕАЭС) представляет собой единое экономическое пространство, в рамках которого устраняются барьеры для свободного движения товаров, услуг, капитала и рабочей силы. В настоящее время полноправными членами ЕАЭС являются Российская Федерация (РФ), Республика Армения (РА), Республика Беларусь (РБ), Республика Казахстан (РК) и Киргизская Республика (КР). Международно-правовой статус Союза – международная организация региональной экономической интеграции, обладающая международной правосубъектностью и имеющая систему наднационального регулирования для реализации согласованной политики в ключевых отраслях экономики.

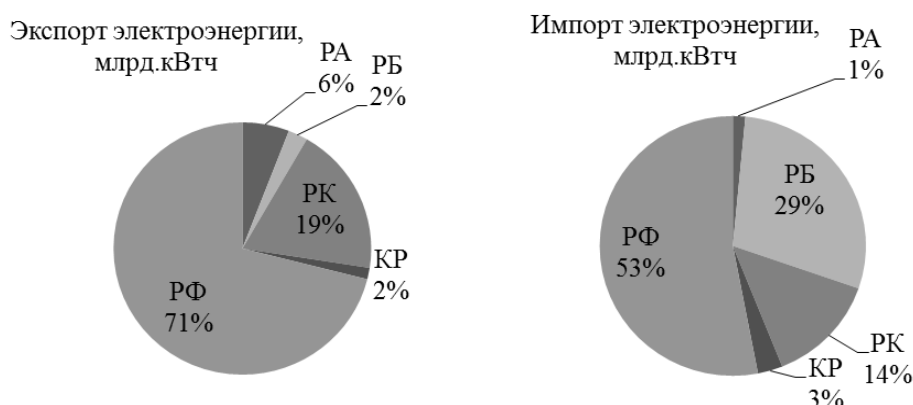
ЕАЭС функционирует с 2015 г. с вступлением в силу Договора о Евразийском экономическом союзе. Согласно Договору осуществляется экономическая интеграция государств – членов ЕАЭС с целью формирования общего рынка с крупнейшим производственным и научно-техническим потенциалом и энергоресурсами, охватывающего территорию около 20 млн кв. км с населением более 180 млн человек. Предполагается, что в перспективе общий рынок стран должен придать мощный импульс для развития всего евразийского макрорегиона.

Ключевым разделом Договора является энергетика, определяющая динамику и темпы развития национальных экономик, их конкурентоспособность на мировых рынках и уровень жизни населения. На долю ЕАЭС приходится около 1/5 мировых запасов и добычи природного газа и более 1/4 его экспорта, более 1/5 запасов угля и 6% его добычи, 5% производства электроэнергии. В целом по Союзу доля ТЭК составляет 1/6 ВВП и более 1/3 промышленного производства (Lisin et al., 2017a; Khitakhunov et al., 2017).

Для использования потенциала ТЭК с целью обеспечения национальных экономик основными видами энергетических ресурсов и продукции в Договоре были приняты следующие интеграционные ориентиры:

- развитие долгосрочного взаимовыгодного сотрудничества в сфере энергетики;
- проведение скоординированной энергетической политики;
- поэтапное формирование общих рынков энергетических ресурсов с учетом обеспечения энергетической безопасности.

Одной из главных задач в энергетике является поэтапное формирование общего электроэнергетического рынка Союза (ОЭР Союза) на основе параллельно работающих электроэнергетических систем. Структура импорта и экспорта электроэнергии государств – членов ЕАЭС представлена на рис. 1.



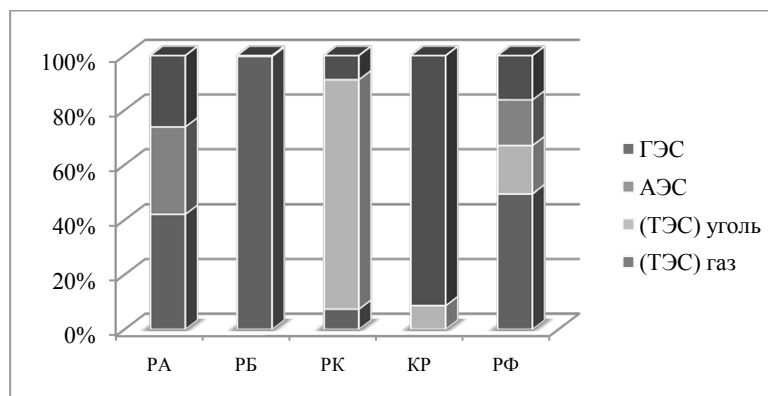
**Рис. 1.** Структура импорта и экспорта электроэнергии государств – членов Евразийского экономического союза, млрд кВт·ч

**Источник:** расчеты авторов на основе: International Energy Agency World Energy Statistics, 2018.

Можно выделить ряд экономических факторов, оказывающих существенное влияние на процесс интеграции национальных электроэнергетических рынков государств – членов Союза и создание объединенного электроэнергетического рынка.

Одним из основополагающих факторов формирования ОЭР Союза является малый коэффициент использования установленных производственных мощностей ряда национальных энергетических систем и их недогрузка, что приводит к желанию стран экспортировать электроэнергию при наличии ее избытка и более высоких ценах в соседних регионах, а также импортировать по более низкой цене, в том числе для обеспечения непрерывного и надежного энергоснабжения потребителей. Средняя загрузка генерирующих мощностей по странам Союза составляет около 55% располагаемой мощности, при этом среднегодовая стоимость электроэнергии колеблется от 3,9 ц/кВт·ч (Россия) до 15,0 ц/кВт·ч (Республика Беларусь) (International Energy Agency World Energy Statistics, 2018; Федеральная служба государственной статистики, 2016). Также разная структура генерирующих мощностей национальных энергосистем позволяет им эффективно дополнять друг друга для покрытия базовых и пиковых нагрузок государств-членов, особенно при организации взаимной торговли электроэнергией в режиме на сутки вперед, когда для каждого часа в узлах поставки устанавливается равновесная рыночная цена (Lisin et al., 2015d; Favorskii et al., 2017).

На рис. 2 приведена структура производства электроэнергии в национальных энергосистемах государств – членов Евразийского экономического союза в 2016 г.



**Рис. 2.** Структура производства электроэнергии в энергосистемах государств – членов Евразийского экономического союза, %

**Источник:** расчеты авторов на основе: Information Review of the System operator of the Unified Energy System, 2017; International Energy Agency World Energy Statistics, 2018.

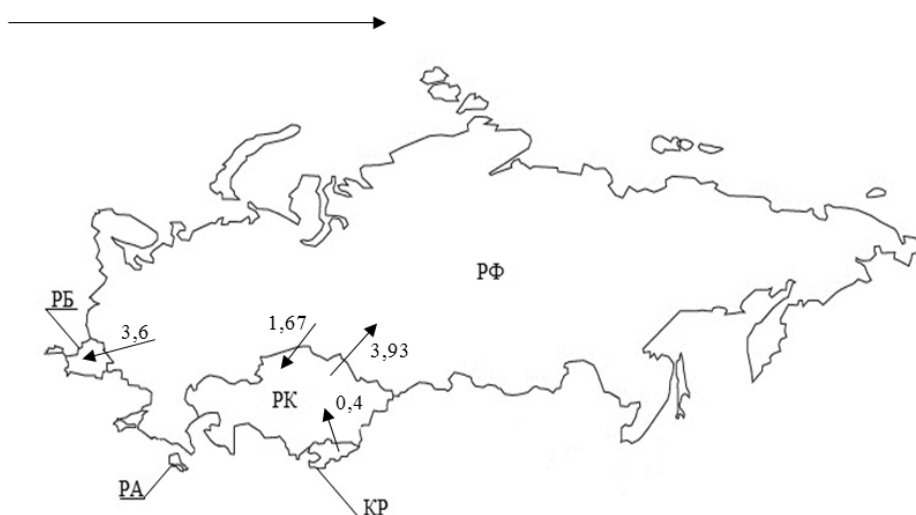
Еще одним ключевым фактором формирования ОЭР Союза является наличие развитой сетевой инфраструктуры, связывающей национальные энергосистемы государств ЕАЭС. Пропускная способность имеющихся трансграничных линий электропередачи позволяет осуществлять торговлю электроэнергией между странами Союза в объеме около 30 млрд кВт·ч в год. При этом фактический объем взаимной торговли электроэнергией составляет всего лишь около 10 млрд кВт·ч.

На рис. 3 приведена схема, характеризующая взаимную торговлю электроэнергией государств – членов Евразийского экономического союза.

Принятая в 2015 г. Концепция формирования ОЭР Союза предполагает установление свободных двусторонних торговых отношений между участниками рынка из разных стран ЕАЭС, при которых они самостоятельно определяют цены, объемы и условия поставки электроэнергии. Расширение трансграничной торговли электроэнергией будет происходить за счет развития сегмента свободных двусторонних договоров и

формирования централизованной площадки для реализации электроэнергии на основе принципов свободного маржинального ценообразования в торговом сегменте на сутки вперед. При этом национальные рыночные модели функционирования энергосистем сохраняются, что значительно усложнило процесс интеграции национальных электроэнергетических рынков и создания ОЭР Союза ввиду их разнообразия (Lisin et al., 2017a; Lisin et al., 2017b).

Переток электроэнергии, млрд. кВтч



**Рис. 3.** Взаимная торговля электроэнергией государств – членов Евразийского экономического союза

**Источник:** построено автором на основе: Information Review of the System operator of the Unified Energy System, 2017.

В целом можно отметить, что формирование ОЭР Союза является эффективным инструментом использования внутренних резервов в области энергетики государств – членов ЕАЭС. Реализация данного проекта должна способствовать совместному преодолению глобальных экономических вызовов, сформировать драйвер для развития и модернизации национальных энергетических систем, а также плацдарм для дальнейшего повышения благосостояния экономик и обеспечения энергетической безопасности государств – членов ЕАЭС.

### **Разработка модели распределения прав на пропускные способности трансграничных линий электропередачи при энергетической интеграции**

Для участия в межстрановой торговле электроэнергией участники рынка, представляющие различные государства – членов ЕЭП, используют трансграничные линии электропередачи. При этом возникает вопрос распределения прав на пропускную способность трансграничных линий и обязательств участников рынка перед трансграничной инфраструктурой.

Пропускная способность трансграничных линий электропередачи определяет объем межстрановой торговли электроэнергией и в условиях рынка характеризуется тремя категориями (Stoft, 2002; Lisin et al., 2014):

- доступная пропускная способность (net transfer capacity, NTC) – величина максимальной мощности электроэнергии, которая может быть передана от энергосистемы одной страны к энергосистеме другой в соответствующем межгосударственном сечении;
- распределенная пропускная способность (distributed transfer capacity, DTC) – распределенная по результатам аукциона пропускная способность, по которой

победитель аукциона получил права и обязанности по доступу к пропускной способности трансграничной линии электропередачи;

- свободная пропускная способность (available transfer capacity ATC) – доступная пропускная способность, за вычетом распределенной на аукционах величины пропускной способности и пропускной способности, по которой в соответствии с законодательством предоставлен приоритетный доступ.

В рыночных условиях трансграничную торговлю электроэнергией осуществляет межсистемный оператор путем проведения аукциона с помощью аукционной платформы. При этом существуют три типа аукционов по приобретению прав на использование пропускной способности трансграничных линий (Strielkowski, 2017a; Strielkowski et al., 2017b):

- годовой аукцион. Рассматриваются заявки от 30 до 365 календарных дней;
- месячный аукцион. Рассматриваются заявки от двух суток, но не превышающие длительности текущего календарного месяца;
- суточный аукцион. Рассматриваются заявки на доступ к пропускной способности во временном интервале не более 24 ч.

Аукционная платформа ранжирует заявки участников аукциона и определяет победителей аукциона в соответствии со следующими принципами (Stoft, 2002; Strielkowski et al., 2017b):

- если общая величина пропускной способности, согласно заявке, не превышает или равна свободной пропускной способности, тогда доступ к пропускной способности предоставляется на безвозмездной основе;
- если общая величина пропускной способности по заявке превышает свободную пропускную способность, предельная цена доступа равна самой низкой цене заявки.

Результаты аукциона для каждого резерва трансграничной линии электропередачи определяются аукционной платформой следующим образом:

- для каждого резерва пропускной способности заявки ранжируются в порядке убывания по цене;
- удовлетворяется заявка с самой высокой ценой, пока вся свободная пропускная способность для данного резерва не будет исчерпана. Заявка на пропускную способность, величина которой больше свободной пропускной, удовлетворяется частично до предела свободной пропускной способности;
- если две (или более) заявки имеют одинаковую цену, а суммарная величина пропускной способности превышает свободную пропускную способность, тогда заявки удовлетворяются пропорционально величине пропускной способности, которая округляется до ближайшего значения в МВт;
- цена последней удовлетворенной заявки составляет предельную цену доступа к пропускной способности.

В общем случае решение задачи распределения прав на использование пропускных способностей трансграничных линий передач требует применения балансово-сетевых методов моделирования, учитывающих особенности производства электроэнергии, а также возможность поставки электроэнергии от одного источника в различные связанные узлы поставки.

Применение аукциона на рынке электроэнергии направлено на снижение производственных и транспортных издержек в целом по энергосистеме. Таким образом, определение балансовой структуры и, соответственно, распределение прав на пропускные способности трансграничных линий электропередач можно представить в виде последовательного решения следующих задач:

- оптимизации производственных затрат по объединенной энергосистеме;
- оптимизации транспортных затрат по объединенной энергосистеме;
- определения структуры распределения прав на передачу и стоимости энергетической продукции в узлах поставки.

Задачу оптимизации производственных затрат по энергосистеме можно представить следующим образом:

$$PC(N) = \min [PC_1(N_1) + PC_2(N_2) + \dots + PC_n(N_n)] \tag{1}$$

$$\begin{cases} N_1 + N_2 + \dots + N_n = N \\ PC_i(N_i) = a_i + b_i N_i^k \\ N_i^{\min} \leq N_i \leq N_i^{\max} \end{cases} \tag{2}$$

где  $PC_i(N_i)$  – производственные затраты  $i$ -го производителя от выработки электроэнергии в объеме  $N_i$ ;

$N_i^{\min}, N_i^{\max}$  – технологические ограничения производства электроэнергии  $i$ -го производителя, обусловленные составом генерирующего оборудования и его режимными характеристиками;

$N$  – объем спроса на электроэнергию.

Задача оптимизации транспортных затрат по объединенной энергосистеме сводится к решению следующей задачи линейного программирования:

$$TC(N) = \min \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m TC_{ij}(N_{ij}) \right] = \min \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m T_{ij} N_{ij} \right] \tag{3}$$

$$\begin{cases} N_{11} + N_{12} + \dots + N_{1m} = N_1 \\ \dots \\ N_{n1} + N_{n2} + \dots + N_{nm} = N_n \\ N_{11} + N_{21} + \dots + N_{n1} = V_1 \\ \dots \\ N_{1n} + N_{2n} + \dots + N_{mn} = V_m \\ N_1 + N_2 + \dots + N_n = V_1 + V_2 + \dots + V_m \end{cases} \tag{4}$$

где  $T_{ij}, N_{ij}$  – стоимость и объем передачи электроэнергии по магистрали  $(i, j)$ ;  $N_i$  – объем отпуска электроэнергии  $i$ -м производителем;

$V_j$  – объем потребления электроэнергии в  $j$ -м узле поставки;

$n, m$  – число производителей и узлов поставки электроэнергии, соответственно.

Задача определения структуры распределения пропускной способности и стоимости электроэнергии в узле поставки при маргинальном ценообразовании на основе аукциона решается с помощью построения ступенчатой кривой предложения. Для ее аналитического выражения применяется функция Хевисайда:

$$H(N) = C_1 + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{C_{i+1} - C_i}{1 + e^{-2k(N - \sum_{j=1}^i N_j)}} \tag{5}$$

$$C_1 \leq C_2 \leq \dots \leq C_n \tag{6}$$

где  $(C_1, N_1), (C_2, N_2), \dots, (C_n, N_n)$  – проранжированные по возрастанию стоимости ценовые предложения производителей в узле поставки, включающие затраты на производство и транспорт электроэнергии.



Тогда установившаяся цена на электроэнергию в рамках проведенного аукциона в  $i$ -м узле поставки будет определяться как:

$$P_i^0 = H(V_i), \quad (7)$$

Модель аукциона для распределения прав на передачу по трансграничным линиям является наилучшей для потребителей электроэнергии, так как хорошо подходит для поддержания глобальной конкуренции генерирующих компаний в рамках единого экономического пространства и стимулирует их к снижению производственных издержек.

### Заключение

Глобализация экономики, невосполнимость сырьевой базы и возрастание спроса на энергоносители приводят к росту конкуренции между региональными энергетическими рынками, что, в свою очередь, формирует предпосылки для создания единых энергетических пространств с целью обеспечения энергетической безопасности регионов, надежности и бесперебойности поставок энергоносителей и преобразованной энергии за счет получаемого синергетического эффекта от объединения национальных энергосистем.

Являясь крупнейшим центром производства энергоресурсов и преобразованной энергии и занимая центральное географическое положение в евразийском макрорегионе, Россия взаимодействует с соседними странами в качестве поставщика, покупателя и транзитера энергоносителей. Данные возможности обеспечиваются за счет наличия развитой транспортной энергетической инфраструктуры и формирования международных объединений стран данного макрорегиона, преследующих их экономическую интеграцию. Одним из таких проектов является формирование Евразийского экономического союза, предполагающего создание общего энергетического рынка и объединенного рынка электроэнергии на основе параллельно работающих национальных электроэнергетических систем. Как показал приведенный анализ, наличие развитых трансграничных линий электропередач и наличие резервов генерирующих мощностей обеспечивает широкие возможности для наращивания объемов межстрановой торговли электроэнергией.

Масштабы торговли электроэнергией выступают индикатором интеграционного объединения национальных электроэнергетических рынков. При этом важнейшей характеристикой развития интеграционных процессов в электроэнергетике является состояние внешнеторговых связей в виде трансграничных линий электропередачи. Отсюда важнейшей задачей является сохранение и развитие трансграничных линий электропередачи и определения рыночных правил их использования для обеспечения взаимовыгодного экономического развития стран единого экономического пространства.

Рассмотренная в работе модель распределения прав на использование пропускных способностей трансграничных линий электропередачи на основе метода аукциона показала, что в общем случае решение данной задачи требует применения балансово-сетевых методов моделирования, учитывающих особенности производства электроэнергии, а также возможности поставки электроэнергии от одного источника в различные связанные узлы поставки. В процессе моделирования необходимо решать задачи оптимизации производственных и транспортных затрат по объединенной энергосистеме, а также определения стоимости электроэнергии в узлах поставки на основе маржинального механизма ценообразования.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Информационный обзор «Системного оператора Единой энергетической системы» (2017). ([http://so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/upsreview/2017/ups\\_review\\_0117.pdf](http://so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/upsreview/2017/ups_review_0117.pdf)).

Максимов, Б. К., Молодюк, В. В. (2018). Теоретические и практические основы рынка электроэнергетики: Учеб. пособие. Москва: Изд-во МЭИ, 291 с.

Федеральная служба государственной статистики (2016). Промышленное производство в России, 2016. М. ([http://www.gks.ru/free\\_doc/doc\\_2016/prom16.pdf](http://www.gks.ru/free_doc/doc_2016/prom16.pdf)).

Brożyna, J., Mentel, G., Szetela, B. and Strielkowski, W. (2018). Multi-seasonality in the TBATS model using demand for electric energy as a case study // *Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research*, 52(1), 229–246. (<https://doi.org/10.24818/18423264/52.1.18.14>).

Energy Strategy of Russia for the period up to 2035 (main provisions). (<http://ac.gov.ru/files/content/1578/11-02-14-energostrategy-2035-pdf.pdf>). (In Russian.)

Favorskii, O., Filippov, S. and Polishchuk, V. (2017). Priorities in providing Russia's power industry with competitive equipment // *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 87(4), 310–317.

International Energy Agency (IEA) (2018). World Energy Statistics and Balances (database). (<https://www.oecd-ilibrary.org/content/collection/enestats-data-en> – Access Date: 20.07.2018).

Khitakhunov, A., Mukhamediyev, B. and Pomfret, R. (2017). Eurasian Economic Union: present and future perspectives // *Economic Change and Restructuring*, 50(1), 59–77. DOI: 10.1007/s10644-016-9182-1.

Lisin, E. and Strielkowski, W. (2014). Modelling new economic approaches for the wholesale energy markets in Russia and the EU // *Transformation in Business & Economics*, 13, pp. 566–580.

Lisin, E., Kindra, V. and Horvathova, Z. (2017a). Sustainable development of regional heat supply systems in the context of the Eurasian Economic Union energy markets association // *Journal of Security & Sustainability Issues*, 6(4), 746–760. DOI: 10.9770/jssi.2017.6.4(18).

Lisin, E., Lozenko, V., Komarov, I. and Zlyvko, O. (2015a). Business competitiveness of Russian power plants in current market situation. // *Transformation in Business & Economics*, 14, 557–574.

Lisin, E., Marishkina, Y., Strielkowski, W. and Streimikiene, D. (2017b). Analysis of competitiveness: energy sector and the electricity market in Russia // *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 30(1), 1820–1828. DOI: 10.1080/1331677X.2017.1392887.

Lisin, E., Rogalev, A., Strielkowski, W. and Komarov, I. (2015d). Sustainable modernization of the Russian power utilities industry // *Sustainability*, 7(9), 11378–11400. DOI: 10.3390/su70911378.

Lisin, E., Shuvalova, D., Volkova, I. and Strielkowski, W. (2018). Sustainable Development of Regional Power Systems and the Consumption of Electric Energy // *Sustainability*, 10(4), 1111–1121. DOI: 10.3390/su10041111.

Lisin, E., Sobolev, A., Strielkowski, W. and Garanin, I. (2016). Thermal efficiency of cogeneration units with multi-stage reheating for Russian municipal heating systems // *Energies*, 9(4), 269. DOI: 10.3390/en9040269.

Lisin, E., Strielkowski, W. and Garanin, I. (2015b). Economic efficiency and transformation of the Russian energy sector // *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 28(1), 620–630. DOI: 10.1080/1331677X.2015.1086886.

Melas, V., Lisin, E., Tvaronavičienė, M., Peresadko, G. and Radwański, R. (2017). Energy security and economic development: renewables and the integration of energy systems // *Journal of Security & Sustainability Issues*, 7(1), 133–139. DOI: 10.9770/jssi.2017.7.1(11).

Newbery, D., Pollitt, M. G., Ritz, R. A. and Strielkowski, W. (2018). Market design for a high-renewables European electricity system // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 695–707. DOI: 10.1016/j.rser.2018.04.025.

Proskuryakova, L. and Filippov, S. (2015). Energy technology Foresight 2030 in Russia: an outlook for safer and more efficient energy future // *Energy Procedia*, 75, 2798–2806. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.07.550.

Stoft, S. (2002). *Power System Economics: Designing Markets for Electricity*. Hoboken, New Jersey: IEEE Press, 460 p.

Strielkowski, W. (2017a). Social and economic implications for the smart grids of the future // *Economics & Sociology*, 10(1), 310–318. DOI: 10.14254/2071-789X.2017/10-1/22.

Strielkowski, W., Lisin, E. and Astachova, E. (2017b). Economic sustainability of energy systems and prices in the EU // *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 4(4), 591–600. DOI: 10.9770/jesi.2017.4.4(14).

Uddin, K., Gough, R., Radcliffe, J., Marco, J., & Jennings, P. (2017). Techno-economic analysis of the viability of residential photovoltaic systems using lithium-ion batteries for energy storage in the United Kingdom // *Applied Energy*, 206, 12–21. DOI: 10.1016/j.apenergy.2017.08.170.

### REFERENCES

Brożyna, J., Mentel, G., Szetela, B. and Strielkowski, W. (2018). Multi-seasonality in the TBATS model using demand for electric energy as a case study. *Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research*, 52(1), 229–DOI: 10.24818/18423264/52.1.18.14.

Energy Strategy of Russia for the period up to 2035 (main provisions) (<http://ac.gov.ru/files/content/1578/11-02-14-energostrategy-2035-pdf.pdf>). (In Russian.)

Favorskii, O., Filippov, S. and Polishchuk, V. (2017). Priorities in providing Russia's power industry with competitive equipment. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 87(4), 310–317.

Information Review of the System operator of the Unified Energy System (2017) ([http://so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/upsreview/2017/ups\\_review\\_0117.pdf](http://so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/upsreview/2017/ups_review_0117.pdf)). (In Russian.)

International Energy Agency (IEA) (2018). World Energy Statistics and Balances (database). (<https://www.oecd-ilibrary.org/content/collection/enestats-data-en> – Accessed Date: 20.07.2018).

Khitakhunov, A., Mukhamediyev, B. and Pomfret, R. (2017). Eurasian Economic Union: present and future perspectives. *Economic Change and Restructuring*, 50(1), 59–77. DOI: 10.1007/s10644-016-9182-1.

Lisin, E. and Strielkowski, W. (2014). Modelling new economic approaches for the wholesale energy markets in Russia and the EU. *Transformation in Business & Economics*, 13, pp. 566–580.

Lisin, E., Kindra, V. and Horvathova, Z. (2017a). Sustainable development of regional heat supply systems in the context of the Eurasian Economic Union energy markets association. *Journal of Security & Sustainability Issues*, 6(4), 746–760. DOI: 10.9770/jssi.2017.6.4(18).

Lisin, E., Lozenko, V., Komarov, I. and Zlyvko, O. (2015a). Business competitiveness of Russian power plants in current market situation. *Transformation in Business & Economics*, 14, 557–574.

Lisin, E., Marishkina, Y., Strielkowski, W. and Streimikiene, D. (2017b). Analysis of competitiveness: energy sector and the electricity market in Russia. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 30(1), 1820–1828. DOI: 10.1080/1331677X.2017.1392887.

Lisin, E., Rogalev, A., Strielkowski, W. and Komarov, I. (2015d). Sustainable modernization of the Russian power utilities industry. *Sustainability*, 7(9), 11378–11400. DOI: 10.3390/su70911378.

Lisin, E., Shuvalova, D., Volkova, I. and Strielkowski, W. (2018). Sustainable Development of Regional Power Systems and the Consumption of Electric Energy. *Sustainability*, 10(4), 1111–1121. DOI: 10.3390/su10041111.

Lisin, E., Sobolev, A., Strielkowski, W. and Garanin, I. (2016). Thermal efficiency of cogeneration units with multi-stage reheating for Russian municipal heating systems. *Energies*, 9(4), 269. DOI: 10.3390/en9040269.

Lisin, E., Strielkowski, W. and Garanin, I. (2015b). Economic efficiency and transformation of the Russian energy sector. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 28(1), 620–630. DOI: 10.1080/1331677X.2015.1086886.

Maximov, B. and Molodyuk, V. (2008). Theoretical and practical fundamentals of the electricity market. Moscow: MPEI Publishing House, 291 p. (In Russian.)

Melas, V., Lisin, E., Tvaronavičienė, M., Peresadko, G. and Radwański, R. (2017). Energy security and economic development: renewables and the integration of energy systems. *Journal of Security & Sustainability Issues*, 7(1), 133–139. DOI: 10.9770/jssi.2017.7.1(11).

Newbery, D., Pollitt, M. G., Ritz, R. A. and Strielkowski, W. (2018). Market design for a high-renewables European electricity system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 695–707. DOI: 10.1016/j.rser.2018.04.025.

Proskuryakova, L. and Filippov, S. (2015). Energy technology Foresight 2030 in Russia: an outlook for safer and more efficient energy future. *Energy Procedia*, 75, 2798–2806. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.07.550.

Statistical Compendium of Federal Service of State Statistics: Industrial production in Russia, 2016. ([http://www.gks.ru/free\\_doc/doc\\_2016/prom16.pdf](http://www.gks.ru/free_doc/doc_2016/prom16.pdf)). (In Russian.)

Stoft, S. (2002). *Power System Economics: Designing Markets for Electricity*. Hoboken, New Jersey: IEEE Press, 460 p.

Strielkowski, W. (2017a). Social and economic implications for the smart grids of the future. *Economics & Sociology*, 10(1), 310–318. DOI: 10.14254/2071-789X.2017/10-1/22.

Strielkowski, W., Lisin, E. and Astachova, E. (2017b). Economic sustainability of energy systems and prices in the EU. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 4(4), 591–600. DOI: 10.9770/jesi.2017.4.4(14).

Uddin, K., Gough, R., Radcliffe, J., Marco, J., & Jennings, P. (2017). Techno-economic analysis of the viability of residential photovoltaic systems using lithium-ion batteries for energy storage in the United Kingdom. *Applied Energy*, 206, 12–21. DOI: 10.1016/j.apenergy.2017.08.170.