УДК 621.311.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ЕДИНОГО ЕВРОАЗИАТСКОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЫНКА

[1]Решетняк Е.И., [2]Данько Н.И., [3]Астахова Е.В., [3]Ван Чжихуэй

[1]Харьковский гуманитарный университет «Народная украинская академия», Харьков, e-mail: reshetele@yandex.ru;

[2]Харьковский национальный университет им В.Н. Каразина, Харьков, e-mail: danko_nataly@mail.ru;

[3]Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, Владивосток, e-mail: evastahova1@ya.ru, 1059532898@qq.com

Настоящая статья посвящена анализу практической задачи смены парадигмы развития энергетического рынка, системы базисных мировоззренческих основ промышленного энергопользования и повышения «прозрачности» управления ресурсами, отвечающих требованиям формирующегося открытого гражданского общества, основанного на новейших знаниях и технологиях на основе формирования интегрированных топливно-энергетических комплексов. Исследованы перспективы интеграции электроэнергетических комплексов различных стран в процессе формирования Евроазиатского энергетического рынка, а также проанализированы действующие модели единых энергетических рынков, объединяющих топливно-энергетические комплексы нескольких стран. Рассмотрены предпосылки для оценки эффективности формируемого Евроазиатского электроэнергетического рынка, предложена модель оптимизации Евроазиатского энергетического рынка. На основании предложенной оптимизационной модели осуществлены расчеты с использованием ресурса Microsoft Excel и встроенной функции «Поиск решения». Предложенная модель позволяет сформировать оптимальный переток между странами-участниками, который даст возможность увеличить благосостояние всей энергосистемы. Результаты проведенных расчетов показывают эффективность вхождения различных стран в Евроазиатский электроэнергетический рынок

Ключевые слова: энергетический рынок, моделирование, переток, энергетические ресурсы, эффективность

SIMULATION OF THE SINGLE MARKET EURASIAN ENERGY

[1]Reshetnyak E.I., [2]Danko N.I., [3]Astakhova E.V., [3]Baths Zhihui

[1]Kharkiv University of Humanities «People's Ukrainian Academy», Kharkov, e-mail: reshetele@yandex.ru;

[2]Kharkiv National University named after V.N. Karazin, Kharkiv, e-mail: danko_nataly@mail.ru;

[3]Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok, e-mail: evastahova1@ya.ru, 1059532898@qq.com

This article analyzes the practical task paradigm shift of the energy market, the system of basic philosophical foundations of industrial energy use and increase the «transparency» of resources that meet the requirements of the emerging open civil society based on the latest knowledge and technologies on the basis of formation of the integrated fuel and energy complexes. We studied the prospects of integration of electric power systems of different countries in the process of Euro-Asian energy market, as well as analyzes the current model a single energy market, combining the fuel and energy complexes of several countries. The preconditions for assessing the effectiveness formed the Eurasian electricity market, the model of optimization of the Euro-Asian energy market. On the basis of the proposed optimization model calculations carried out using Microsoft Excel built-in function of the resource and «Finding solutions.» The proposed model allows you to create an optimal flow between the participating countries, which will make it possible to increase the well-being of the entire power system. The results of these calculations show the effectiveness of the occurrence of various countries in the Eurasian electricity market

Keywords: energy market, modeling, flow, energy resources, efficiency

Перспективы развития мировой энергетики и связанные с этим перспективы экономического роста и угрозы возможного разрушения окружающей среды являются одними из наиболее актуальных и обсуждаемых глобальных проблем.

Перед странами мира стоит практическая задача смены парадигмы развития энергетического рынка, смены системы базисных мировоззренческих основ промышленного энергопользования и повышения «прозрачности» управления ресурсами, отвечающих требованиям формирующегося открытого гражданского общества, основанного на новейших знаниях и технологиях. Важнейшую роль для устойчивого развития мирового хозяйства и, в частности, Евроазиатского региона играет энергетика, которая выступает в роли основы функционирования экономики и общества, является антом обеспечения растущего населения планеты и развития экономики, приводящего к росту мирового энергопотребления, которое по прогнозам экспертов к 2030 г. увеличится в 1,3–1,5 раза по сравнению с уровнем 2015 г. [1]. В связи с этим одной из приоритетных задач мирового сообщества является создание такой системы

глобальной энергетики, которая позволила бы осуществлять бесперебойное снабжение широких слоев населения во всем мире энергетическими ресурсами по экономически обоснованным ценам, а также обеспечивать поддержание долгосрочной стабильности на мировом и региональных энергетических рынках, обеспечивая экологическую безопасность.

Целью статьи является исследование перспектив интеграции электроэнергетических комплексов различных стран в процессе формирования Евроазиатского энергетического рынка, а также моделирование его развития.

Возрастающее значение энергоресурсов в мировой политике объясняется, прежде всего, прогнозируемым ростом экономического потребления этих ресурсов. Поэтому контролирование развития нефтегазовых регионов фактически дает возможность маневрировать данными ресурсами и становится ключевым фактором политического и экономического мирового влияния. Находясь на стыке трех геостратегических секторов – Европы, Азии и Ближнего Востока – Евроазиатский регион является объектом международной конкуренции, геостратегического противостояния, а также военных вызовов и угроз, которые обусловлены стремлением некоторых стран мира и межгосударственных союзов контролировать нефтегазовые ресурсы региона [5].

Анализ литературных источников позволил выделить четыре уровня интересов к Евроазиатскому региону [1–3]:

1) страновый – могут быть выделены отдельные страны Центрального Азиатского региона и Каспия (Туркменистан, Азербайджан, Россия, Иран, Казахстан, Узбекистан), которые решают внутренние государственные проблемы за счет поставок энергосырья на мировом рынке;

2) субрегиональный – представляет отдельные страны – субрегиональных лидеров (например, Россию, Иран, Китай, Турцию), которые стремятся к максимальному укреплению своих стратегических позиций в регионе;

3) регионально-евразийский – представляющие собой страны-зоны транзита (например, Россию, Киргизию, Таджикистан, Иран, Китай, Турцию, Грузию, Армению, Украину, Румынию, Болгарию и другие), предполагающих извлечь выгоды из транспортировки энергосырья по их территории;

4) глобальный – представленный крупными мировыми игроками (например, США, ЕС, Россией, Китаем), рассматривая Центрально-Азиатский и Каспийский регион как платформу геополитической конкуренции за право контроля над нефтегазовыми ресурсами, а также обустройства стратегических коммуникаций и маршрутов вывоза нефти и газа на внешние рынки и выстраивание многоуровневых систем гарантий своих интересов в регионе.

Существующие тенденции мирового энергетического рынка, прежде всего, базируются на геополитических факторах развития экономики мира, на принципах взаимодополнения в схеме экспорт – транзит – импорт. Учет возможностей каждого участника рынка приведет к уменьшению потенциала частных интересов, к гармонизации предъявляемых друг другу требований и формированию рамочной конструкции общих интересов.

Анализ международного опыта формирования объединений государств в рамках единого энергетического пространства предполагает рассмотрение следующих региональных межгосударственных рынков электроэнергии [3]:

1. Северной и Южной Америки:

– рынок стран таможенного союза МЕРКОСУР (MERCOSUR), который является общим рынком электроэнергии стран Южной Америки и в него входят Аргентина, Бразилия, Парагвай и Уругвай; Боливия и Чили являются ассоциированными членами. В текущей форме был образован в 1994 году. Интеграция рынков электроэнергии стран соглашения соответствует их стратегиям развития и осуществляется при активном участии частного сектора;

– рынок стран соглашения о свободной торговле НАФТА (NAFTA). НАФТА – соглашение о свободной торговле между Канадой, США и Мексикой, вступило в силу также в 1994 году. Создание общего рынка электроэнергии стран НАФТА находится на начальном этапе, и в настоящее время представляет собой двусторонние торговые отношения США – Мексика и Канада – США;

– электроэнергетическая система стран Центральной Америки (Central American Electric Interconnection System, SIEPAC) – планируемое объединение шести энергосистем стран Центральной Америки: Гватемалы, Эль Сальвадора, Гондураса, Коста-Рики, Никарагуа и Панамы. Создание региональной энергосистемы законодательно закреплено Договором Марко (Marco Treaty of the Electrical Market of Central America) [4];

– PJM – пример создания единого для нескольких штатов США рынка электроэнергии на базе большого числа независимых энергетических компаний. PJM – один из крупнейших в мире дерегулированных рынков электроэнергии. Его особенностью является интегрированный подход к организации торговли электроэнергией, т.е. на-

личие как централизованных, так и децентрализованных сегментов рынка.

2. Европейского союза:

– объединенный рынок Скандинавских стран: Дания, Финляндия, Норвегия, Швеция, Эстония, Литва образуют один из основных региональных рынков электроэнергии Европейского союза Nord Pool;

– объединенный рынок стран Центральной Западной Европы (CWE): Франция, Германия, Нидерланды, Бельгия, Люксембург и др.

Интеграция национальных рынков в электроэнергетике имеет много аспектов, основными из которых являются [5]:

– коммерческая интеграция, характеризующаяся функциональной структурой общего рынка;

– регуляторная интеграция в части создания структур управления и обеспечения деятельности общих рынков, а также разработки их нормативно-правового обеспечения.

– инфраструктурная интеграция в части использования существующих и развития новых межгосударственных (трансграничных) связей.

Во многих регионах мира соседние страны ощущают экономическую потребность в интеграции своих электроэнергетических систем. Достигаемая степень взаимодействия, а также модели объединенного рынка и способы их регуляции сильно варьируются в зависимости от множества факторов.

Для повышения экономической эффективности в условиях международных интеграционных процессов был образован Евразийский экономический союз (сокр. ЕАЭС), который представляет собой международную организацию региональной экономической интеграции, обладающую международной правосубъектностью и учреждён Договором о Евразийском экономическом союзе [2]. При формировании ЕАЭС должна обеспечиваться свобода движения товаров, а также услуг, капитала и рабочей силы, а также проведение скоординированной, согласованной или единой политики в отраслях экономики.

В настоящее время членами данного Союза являются Россия, Белоруссия, Казахстан, Армения и Киргизия. В настоящее время количество стран-членов увеличивается по сравнению с количеством стран первоначально подписавших договор: так, рассматривают возможность членства Египта, Таиланда, Ирана, Сингапура, Пакистана, Индии, КНР и других стран. Установлены сроки создания в рамках данного Союза электроэнергетического рынка к июлю 2019 года и рынка нефти и газа к 2025 году [2].

Первоначально было сформировано несколько моделей Евроазиатского электроэнергетического рынка, краткая сравнительная характеристика которых представлена в табл. 1.

Основными экономическими преимуществами государств – членов Союза от организации ОЭР Союза являются: увеличение объемов трансграничной торговли электроэнергией, как внутри Союза, так и вовне, стабилизация (снижение) цен на электроэнергию и, как следствие, создание благоприятного инвестиционного климата, дополнительный рост ВВП государств – членов Союза за счет синергетического эффекта.

Сейчас можно говорить, что экономики стран имеют упущенную выгоду в результате раздельной работы электроэнергетических рынков.

Для прогнозирования эффективности вхождения различных стран в ЕЭР необходимо определять величины перетоков электроэнергии между странами как решение оптимизационной задачи. Перетоки, найденные в результате решения оптимизационной задачи, максимизируют функцию общего благосостояния рынка. Экономический эффект от вхождения стран в ЕЭР, таким образом, является результатом ввода рыночного механизма экспортно-импортных операций между энергосистемами стран-участниц и определения величин межгосударственных перетоков оптимальным образом (с точки зрения функции благосостояния рынка).

Предпосылки для оценки эффективности формируемого Евроазиатского электроэнергетического рынка:

а) увеличение перетоков электроэнергии между странами-участницами и, как следствие, увеличение благосостояния для всей энергосистемы в целом и для каждой страны в отдельности;

б) сглаживание дисбалансов, возникающих при планировании величин экспортных/импортных перетоков.

На основании представленной информации может быть предложена оптимизационная модель Евроазиатского энергетического рынка.

В качестве целевой функции рассматривается максимизация функции прибыли всей энергосистемы:

$$\sum_{g\in G}\Lambda_{g,t}q_{g,t}-\sum_{c\in C}\Lambda_{c,t}q_{c,t}\to\max .$$

Балансовые ограничения в зонах:

$$\sum_{g\in G_j}q_{g,t}=Q_{j,t}^{\exp},\quad \forall j\in J ,$$

$$\sum_{c\in C_j}q_{c,t}=Q_{j,t}^{imp},\quad \forall j\in J .$$

Ограничения на объемы заявок:

$$0 \le q_{g,t} \le Q_{g,t}, \quad \forall g \in G,$$

$$0 \le q_{c,t} \le Q_{c,t}, \quad \forall c \in C.$$

где $\Lambda_{g,t}$ – прибыль компонента заявки производителя энергии g в период t;

$Q_{g,t}$ – объем заявки производителя энергии g в период t;

$\Lambda_{c,t}$ – затраты компонента реализации заявки потребителя при транспортировке c в период t;

$Q_{c,t}$ – объем заявки потребителя c в период t;

$Q_{j,t}^{\exp}$ – объем экспорта из страны j в период t;

$Q_{j,t}^{imp}$ – объем импорта в страну j в период t;

$q_{g,t}$ – принятый объем заявки производителя энергии g в период t;

$q_{c,t}$ – принятый объем заявки потребителя c в период t.

Для оценки экономического эффекта от увеличения межгосударственных перетоков использовалась модель энергосистемы ОЭР Союза, которая представлена 9 странами: Туркменистан; Россия; Беларусь; Армения; Казахстан; Киргизия, КНР, Индия, Иран. Три последние страны являются также гипотетическими участниками рынка.

На основании заявок производителей энергии моделировались на основании усредненных данных о предложениях на рынке за период 2012–2015 гг. Объем экспорта определялся исходя из имеющихся производственных мощностей и уровня потребления внутри страны. На основании ранее рассмотренной оптимизационной модели осуществим расчет с использованием ресурса Microsoft Excel и встроенной функции «Поиск решения». Результаты расчетов по объемам поставок из разных стран приведены в табл. 2.

Таблица 1

Сравнительная характеристика базовых моделей ОЭР ЕЭП [1–3]

Показатель	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
1	2	3	4
Сущность модели	Принятие за основу российской модели, введение в состав акционеров технологической и коммерческой инфраструктуры представителей всех государств	Создание региональных субрынков, совпадающих с ОЭС, формирование на них спот-бирж или филиалов национальной спот-биржи, создание оператора ОЭР ЕЭП для организации торговли пропускной способностью между региональными субрынками	Сохранение национальных рынков, их структурное сближение и гармонизации нормативного правового обеспечения; организация единой информационной среды и координации работы национальных спот-бирж
Похожие рынки в мировой практике	PJM (США)	NordPool	TLC Trilateral Market Coupling Франция (Powernext) – Бельгия (Belpex) – Голландия(APX) с дальнейшим преобразованием в PCR
Особенности взаимной торговли электрической энергией	Стирается граница между торговлей внутри государства и взаимной торговлей	Принцип узлового ценообразования сохраняется только на начальных этапах формирования ОЭР ЕЭП. Централизованные торги пропускной способности	Сохранение и развитие существующих механизмов, в т.ч. МГП, + координационный модуль спотовой торговли
Двусторонние договоры при взаимной торговле электроэнергией	В основном финансовые для хеджирования	Форвардные с физической поставкой, финансовые для хеджирования	В основном форвардные с физической поставкой
Спот-рынок электроэнергии	Единый	В каждом региональном субрынке + торговля пропускной способностью между субрынками	Национальные спот-рынки + их координация и формирование единой информационной среды
Рынок мощности	Единый конкурентный отбор мощности	Не предполагается	Национальные рынки мощности + механизм учета мощности при взаимной торговле

Окончание табл. 1

1	2	3	4
Диспетчеризация и балансирующий рынок	Единые для всей территории ОЭР ЕЭП	Создание единого межгосударственного диспетчерского центра. Балансирующий рынок функционирует отдельно на каждом РОРЭМ	Раздельные для каждого государства при условии выполнения соглашений о параллельной работе
Глубина интеграции	Полная, унифицированное законодательство, единые правила торговли	Организационная структура ОЭР ЕЭП – взаимосвязь нескольких РОРЭМ. Единые правила ОЭР ЕЭП	Не полная, гармонизированное законодательство, правила торговли внутри национальных рынков могут быть разные, согласованные правила взаимной торговли
Основные преимущества	Отработанность модели на большей части ОЭР ЕЭП (на территории РФ). Готовое ПО. Готовая коммерческая и технологическая инфраструктура. Максимальная оптимизация режимов. Полная интеграция, свободное движение товара	Максимальная оптимизация режимов. Полная интеграция, свободное движение товара	Сохранение национальных оптовых рынков. Возможность введения национальных систем поддержки внутренних рынков. Не требуется создание кардинально новых органов управления (достаточно обеспечить их взаимодействие и координацию)
Недостатки	Поглощение национальных рынков. Необходимость перестройки рынков РБ и РК	Только рынок электроэнергии. Риск искусственного ограничения национальными регуляторами Функционирование РОРЭМ=. Изменение коммерческой и технологической инфраструктуры	Необходимость больших финансовых и временных затрат на создание развитой телекоммуникационной системы и сложного ПО. Риск искусственного ограничения национальными регуляторами свободы движения товара

Таблица 2

Результаты расчетов по объемам поставок из разных стран

Страна-импортер	Объем импорта электроэнергии в страну, МВт	Объемы поставки, МВт				Общий объем импорта
		Туркменистан	Россия	Казахстан	Киргизия	
Белоруссия	2510	0	2510	0	0	2510
КНР	9051	0	5018	2780	1253	9051
Индия	5012	3210	0	1802	0	5012
Иран	954	0	954	0	0	954

На основании проведенных расчетов осуществлен прогноз оптимального объема поставок из разных стран-экспортеров в страны – импортеры электроэнергии. Таким образом, из Туркменистана оптимальны поставки в Индию в объеме 3210 МВт. Прибыль от реализации экспортируемой энергии Туркменистана составит 25,68 млн долл. А общая эффективность Евроазиатского рынка при реализации данной модели составит 127,574 млн долл.

Одним из важнейших параметров, влияющих на эффективность работы общего рынка, являются объем пропускных способностей межсистемных (в т.ч. межосударственных) электрических связей, доступных для коммерческого перетока энергии. С точки зрения коммерческих перетоков пропускная способность связи – объем коммерческих сделок/обменов энергией между участниками, которые могут быть осуществлены через нее (как правило, с обязательным уведомлением, должны уведомить сетевого/системного оператора). Таким образом, коммерческая пропускная способность трансграничной связи в целом не эквивалентна физическим потокам между контрольными зонами (в т.ч. разных стран).

Таким образом, различные страны, образующие единый энергетический рынок, могут использовать результаты функционирования ЕЭР Союза с целью повышения эффективности привлечения инвестиций в электроэнергетические отрасли стран, в том числе:

а) проведения согласованной политики в совместном развитии и эксплуатации существующих и вновь сооружаемых объектов электроэнергетики;

б) создания инвестиционных стимулов для развития сетевых объектов и связей между электроэнергетическими системами, строительства и эксплуатации генерирующих энергетических объектов;

в) увеличения капитализации и повышения ликвидности бизнеса участников ЕЭР Союза;

г) повышения эффективности ведения инвестиционной деятельности в электроэнергетике государств-членов, включая возможность покупки и продажи генерирующих, сетевых и других активов на договорных условиях между собственниками.

На основании проведенного анализа может быть представлена оптимизационная модель, позволяющая сформировать оптимальный переток между странами-участниками, который давал бы возможность увеличить благосостояние всей энергосистемы. Результаты проведенных расчетов показывают эффективность вхождения различных стран в Евроазиатский электроэнергетический рынок.

Список литературы

1. Дроговоз П.А. Современные тенденции развития энергетической отрасли [Текст] / П.А. Дроговоз, А.А. Курбаналиев // Материали за 10-а международна научна практична конференция, «Бъдещите изследвания». – 2014. – Том 6. Икономики. София. «Бял ГРАД-БГ» ООД. С. 94–96.

2. О модели общего электроэнергетического рынка государств-участников ЕЭП – Беларуси, Казахстана и России (Часть 2) [Текст] / А.А. Тукенов [и др.] // Энергорынок. – 2015. – № 2. – С. 45–51.

3. Обзор существующих моделей рынков электроэнергии в странах ЕС (Астана, 18 июня 2014 г.): материалы конференции. – Астана, 2014. – 56 с.

4. Официальный сайт АО «ИНТЕР РАО ЕЭС» [Электронный ресурс]: URL: http://www.interrao.ru/ (дата обращения: 10.12.2016).

5. Семенова Н.К. Развитие евроазиатского энергетического рынка в условиях региональных и внерегиональных политических рисков год [Текст] / Н.К. Семенова [Электронный ресурс]: URL http://www.yandex.ua/clck/jsredir?from=www.yandex.ua%3Bsearch%2F%3Bweb%3B%3B&text (дата обращения: 10.12.2016).

References

1. Drogovoz P.A. Sovremennye tendencii razvitija jenergeticheskoj otrasli [Tekst] / P.A. Drogovoz, A.A. Kurbanaliev // Materiali za 10-a mezhdunarodna nauchna praktichna konferencija, «Bdeshhite izsledvanija». 2014. Tom 6. Ikonomiki. Sofija. «Bjal GRAD-BG» OOD. pp. 94–96.

2. O modeli obshhego jelektrojenergeticheskogo rynka gosudarstv-uchastnikov EJeP Belarusi, Kazahstana i Rossii (Chast 2) [Tekst] / A.A. Tukenov [i dr.] // Jenergorynok. 2015. no. 2. pp. 45–51.

3. Obzor sushhestvujushhih modelej rynkov jelektrojenergii v stranah ES (Astana, 18 ijunja 2014 g.): materialy konferencii. Astana, 2014. 56 p.

4. Oficialnyj sajt AO «INTER RAO EJeS» [Jelektronnyj resurs]: URL: http://www.interrao.ru/ (data obrashhenija: 10.12.2016).

5. Semenova N.K. Razvitie evroaziatskogo jenergeticheskogo rynka v uslovijah regionalnyh i vneregionalnyh politicheskih riskov god [Tekst] / N.K. Semenova [Jelektronnyj resurs]: URL http://www.yandex.ua/clck/jsredir?from=www.yandex.ua%3Bsearch%2F%3Bweb%3B%3B&text (data obrashhenija: 10.12.2016).