

УДК 33.338.49

## Основные эффекты реализации технологической платформы «Интеллектуальная энергетическая система России»

А.В. Задорожний, Р.В. Окорок  
ФГБОУВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»,  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация  
E-mail: orv@imail.ru, roman\_okorokov@mail.ru

### Авторское резюме

**Состояние вопроса:** В настоящее время в большинстве стран мира, а также в России активно разрабатываются интеллектуальные технологии и выпускаются отдельные компоненты, необходимые для создания надежных и эффективных интеллектуальных энергетических систем. В связи с этим реализация технологической платформы «Интеллектуальная энергетическая система России» в новых условиях инновационной экономики становится ключевым фактором повышения конкурентоспособности страны и гарантией устойчивого экономического роста.

**Материалы и методы:** Используются данные пилотных проектов и комплексных программ развития интеллектуальной энергетики разных стран. Проведение исследований базировалось на системном подходе, методах анализа и синтеза, статистическом и экспертных оценок.

**Результаты:** Выявлена экономическая целесообразность и эффективность привлечения инвестиций в «интеллектуализацию» российской электроэнергетики и обоснована необходимость ускоренного перехода к практической реализации технологической платформы «Интеллектуальная энергетическая система России».

**Выводы:** Выполненный анализ ожидаемых технологических, экономических и социальных эффектов реализации технологической платформы «Интеллектуальная энергетическая система России» показал высокую инвестиционную привлекательность данной комплексной модернизации российской электроэнергетики на новой технологической базе и принципах управления. Стоимостная оценка только прямых экономических эффектов от интеллектуальной энергетики до 2030 г. составляет более 3 трлн руб., что полностью компенсирует требуемые инвестиции даже при пессимистическом сценарии развития.

**Ключевые слова:** интеллектуальные энергетические системы, инновационная экономика, технологическая платформа, технологические, экономические, социальные эффекты.

## Main Implementation Effects of the Technological Platform «Intellectual Energy System of Russia»

A.V. Zadorozhniy, R.V. Okorokov  
St. Petersburg State Polytechnical University, St. Petersburg, Russian Federation  
E-mail: orv@imail.ru, roman\_okorokov@mail.ru

### Abstract

**Background:** At the present time in most countries of the world, as well as in Russia, the intellectual technologies and individual components, necessary for creation of the reliable and effective intellectual energy systems are being actively developed. Implementation of the technological platform «Intellectual Energy System of Russia» in new conditions of innovative economy is a key factor for enhancing the competitiveness of the country and the guarantee of sustainable economic growth.

**Materials and methods:** Data of the pilot projects and complex programs of the development of intellectual energy systems of different countries are used. Research was based on a system approach, methods of analysis and synthesis, statistical and expert estimates.

**Results:** The economic feasibility and efficiency of the investments in the «intellectualization» of the Russian power industry are revealed and the need for an accelerated transition to the practical implementation of the technological platform «Intellectual energy system of Russia» is justified.

**Conclusions:** The analysis of the expected technological, economic and social effects from the implementation of the technological platform «Intellectual energy system of Russia» showed high investment attractiveness of the comprehensive modernization of the Russian electric power industry on the new technological basis and principles of management. The direct economic effect cost of estimation of the intellectual power industry by 2030 amounts is more than 3 trillion rubles that fully compensates the required investments even in a pessimistic development scenario.

**Key words:** intellectual power systems, innovative economy, technological platform, technological, economic, social effects.

Интеллектуальная энергетика и интеллектуальные энергетические системы (ИЭС, в зарубежной терминологии – Smart Grid) становятся сегодня неотъемлемой частью современного информационного общества, в котором основными факторами производства являются интеллектуальный капитал, знания и

информация. В настоящее время в большинстве развитых стран мира, а также в РФ активно разрабатываются интеллектуальные технологии и промышленно выпускаются отдельные компоненты и решения, необходимые для создания надежных, безопасных и эффективных ИЭС [1, 2].

В рамках развиваемой концепции ИЭС разнообразие будущих требований общества и всех заинтересованных сторон (государства, потребителей, регуляторов, электроэнергетических компаний, сбытовых и коммунальных организаций, производителей оборудования и др.) сводится к следующей группе ключевых ценностей новой электроэнергетики [3]:

– доступность – обеспечение всех потребителей электроэнергией без ограничений, в зависимости от того, когда и где она им необходима, и в зависимости от требуемого качества;

– надежность – способность интеллектуальных энергосистем противостоять физическим и информационным негативным воздействиям без длительных отключений или высоких затрат на восстановительные работы; максимально быстрое восстановление (самовосстановление);

– экономичность – оптимизация тарифов на электрическую энергию для потребителей и снижение общесистемных затрат;

– эффективность – максимизация эффективности использования всех видов ресурсов и технологий при производстве, передаче, распределении и потреблении электроэнергии;

– органичность взаимодействия с окружающей средой – максимально возможное снижение негативных воздействий энергетических объектов на природную экосистему;

– безопасность – недопущение ситуаций в электроэнергетике, опасных для людей и окружающей среды.

Основываясь на опыте внедрения ИЭС в индустриально-развитых странах мира, можно говорить о том, что развитие интеллектуальных энергосистем в РФ необходимо рассматривать как целый комплекс взаимосвязанных задач: научно-технологических, бизнес-задач (определяющих стратегии развития компаний и регионов), экономических (обеспечивающих повышение экономической эффективности как энергетического комплекса, так и других отраслей), социальных (связанных с созданием новых рабочих мест, удовлетворением потребностей населения в электроэнергии) и др.

Одним из направлений мобилизации усилий государства, бизнеса и науки в целях выработки общих подходов к инновационному развитию экономики РФ является создание инструментария технологических платформ (ТП). Правительственной комиссией по высоким технологиям и инновациям в 2011 г. был дан старт процессу формирования ТП как механизму частно-государственного партнерства в области научно-технического развития и утверждён перечень ТП. В настоящее время перечень содержит 30 платформ, из них четыре в сфере энергетики: «Интеллектуальная энергетическая система России» («ИЭС России»), «Экологически чистая тепловая энергетика

высокой эффективности», «Перспективные технологии возобновляемой энергетики» и «Малая распределенная энергетика»<sup>1</sup>.

Стратегической целью реализации ТП «ИЭС России» должно стать решение задачи развития интеллектуально-технологического потенциала российской электроэнергетики в соответствии со стандартами XXI столетия для обеспечения экономической, энергетической и экологической безопасности страны и вывода РФ в число мировых экономических лидеров. При этом создание ИЭС в РФ необходимо рассматривать не как совокупность программ технического перевооружения энергетических компаний с набором отдельных инвестиционных проектов, а как целостный стратегический план модернизации всей российской электроэнергетики на новой технологической базе, принципах управления и коммерческих отношений, что обеспечивает системный подход к технико-экономическому обоснованию создания ИЭС в масштабе единой национальной энергосистемы (ЕЭС России), учитывая наиболее значимые экономические, социальные и экологические аспекты такой модернизации.

Основой для оценки всех видов эффектов от реализации ТП «ИЭС России» является детальная проработка изменений функциональности (технических свойств) структурных подсистем электроэнергетики (генерации, передачи, распределения и потребления энергии). Переход к ИЭС приведет к изменению существующих или появлению новых технических свойств в отдельных подсистемах отрасли. Примерами таких изменений, полная характеристика которых приведена в [1], являются:

– повышение наблюдаемости состояния технических устройств генерации, сетевого комплекса, потребителей;

– автоматизация и удаленное управление техническими устройствами при передаче, распределении и учете потребления электроэнергии;

– возможности двустороннего активного взаимодействия с энергосистемой потребителей, имеющих распределенную генерацию и/или технологии хранения электроэнергии.

На основе оценки изменений функциональности определяется перечень и характеристики технологических эффектов от реализации ТП «ИЭС России», которые отражают изменения производственных параметров энергосистемы в целом и ее структурных подсистем. При этом одна часть эффектов имеет локальный характер, т. е. изменение технических свойств в одной подсистеме за счет внедрения элементов ИЭС приводит к изменению производственных параметров только данной

<sup>1</sup>Программа инновационного развития ОАО «ФСК ЕЭС» до 2016 года с перспективой до 2020 года. – М.: ФСК ЕЭС, 2011. – 305 с. – [www.fsk-ees.ru](http://www.fsk-ees.ru)

подсистемы. Другая часть технологических эффектов носит общесистемный характер, т. е. имеет значительное влияние на балансовую ситуацию в ЕЭС России. Основные их виды связаны с переходом к новому качеству управления энергосистемами, в том числе [1]:

– эффекты управления спросом обеспечивают изменение режимов электропотребления, снижение максимума и уплотнение графика нагрузки в энергосистеме, а в ряде случаев сопровождаются и общим снижением уровня электропотребления;

– эффекты управления потерями при передаче и распределении электроэнергии формируются за счет сокращения ненагрузочных потерь при внедрении новых типов проводов и силового оборудования и уменьшения нагрузочных потерь при переходе к интеллектуальному управлению режимами сети, а также вследствие изменения режимов электропотребления при реализации эффектов управления спросом;

– эффекты управления пропускными способностями линий в магистральных и распределительных сетях обеспечивают увеличение допустимых перетоков мощности за счет внедрения технологий гибких передач и новых систем автоматизированного мониторинга статической устойчивости сетей;

– эффекты управления генерацией позволяют добиться рационального использования крупной и малой распределенной генерации. Одним из важных эффектов в этой сфере является интеграция в энергосистему больших объемов распределенной генерации и повышение управляемости потоками электроэнергии, производимой на электростанциях с нерегулярными режимами выработки энергии (ветровых, солнечных и др.);

– эффекты управления надежностью и качеством энергоснабжения обеспечивают снижение частоты и продолжительности аварийных ситуаций, являющихся причиной прямого недоотпуска электроэнергии потребителям или ненадлежащего качества поставки. При этом, как следствие, снижаются прямые экономические потери потребителей из-за упущенной финансовой выгоды, порчи сырья, оборудования, расходных материалов и пр.

Для предварительной оценки возможных системных эффектов в ЕЭС России при создании ИЭС<sup>2</sup> были использованы данные по результатам пилотных проектов и комплексным программам развития Smart Grid, реализация которых начата во многих странах. Итоговые параметры изменения балансовых условий приведены в табл. 1.

Таблица 1. Параметры изменения балансовых условий, принятые для оценки возможных системных эффектов развития ИЭС в России, %

Условие	Пилотные проекты Smart Grid	Целевые показатели ТП «ИЭС России»	
		2020 г.	2030 г.
Снижение прогнозного максимума нагрузки	10–20	2,5	10
Снижение конечного электропотребления	5–15	2	8
Снижение потерь в сетях (относительно отчетного уровня)	20–50	7,5	30
Снижение необходимых резервов мощности в генерации (относительно отчетного уровня)	20–30	5	20
Увеличение пропускных способностей межсистемных связей	5–10	2,5	10

Совместное влияние технологических эффектов на балансовые условия приводит к их взаимному усилению (синергетическому эффекту). В результате изменения потребности в электроэнергии и установленной мощности электростанций оказываются значительнее, чем рассчитанные в виде простой суммы эффектов.

Оценки, сделанные для исходных балансовых условий базового варианта Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики<sup>3</sup>, показывают, что реализация к 2030 г. основных мероприятий по созданию интеллектуальной энергетики в России позволит снизить потребность в установленной мощности более чем на 10 % (на 34 ГВт) и электропотребление почти на 9 % (140 млрд кВт·ч). При этом относительный уровень потерь в сетях последовательно снизится на 30 % (с 12 до 10 % в 2020 г. и до 8 % в 2030 г.)<sup>4</sup>.

Важным свойством ИЭС является более эффективное использование существующего производственного потенциала электроэнергетики и снижение потребности в его наращивании для обеспечения целевых требований и критериев системной надежности и надежности электроснабжения конечных потребителей. Поэтому экономические эффекты, сопровождающие реализацию ТП «ИЭС России», проявляются в виде снижения (экономии) затрат на функционирование и развитие ЕЭС страны. Часть экономических эффектов также имеет локальный характер и определяется, в основном, локальными технологическими эффектами, проявляющимися в отдельных подсистемах. Другая часть экономических эффектов имеет системный характер и является результатом совместного влияния системных технологических эффектов, в том числе [1]:

– снижение капиталовложений в дополнительные генерирующие мощности «общесистемных» электростанций с учетом сниже-

<sup>2</sup> Отчет о разработке стратегической программы исследований технологической платформы «Интеллектуальная энергетическая система России». – Москва: РЭА, 2012. – 53 с. – www.smartgrid.ru

<sup>3</sup> Там же.

<sup>4</sup> Там же.

ния максимума нагрузки, общего электропотребления, развития распределенной генерации, требований к резервам и увеличению допустимых объемов балансовых потоков мощности;

– снижение капиталовложений в дополнительное увеличение пропускных способностей межсистемных связей в ЕЭС России, а также в развитие распределительной сети с учетом более эффективного мониторинга и активного управления существующими линиями, а также эффектов от управления спросом и развития распределенной генерации у потребителей, снижающих требования к объему резервирования сетевыми мощностями;

– снижение топливных затрат за счет улучшенной оптимизации режимов загрузки электростанций, вовлечения распределенной возобновляемой генерации и сокращения общего электропотребления (включая потери в сетях);

– снижение эксплуатационных затрат в результате перехода на новые типы оборудования и управления с более высокой автоматизацией и наблюдаемостью.

Практическая реализация ТП «ИЭС России» предусматривает революционное по своей сути изменение технологического базиса, являющегося системой новых инновационных технологий и компонентов, отвечающих энергетическим нуждам современного постиндустриального общества и требованиям устойчивого инновационного развития. Поэтому большую актуальность приобретает анализ и оценка ожидаемых социальных эффектов от создания ИЭС, дополняющих основные технологические и экономические эффекты. В качестве наиболее значимых социальных эффектов можно отметить [1]:

1. *Повышение надежности энергоснабжения.* Интеграция и оперативность управления генерацией, сетями и конечным спросом позволяют значительно снизить вероятность нарушений энергоснабжения, частоту и продолжительность отключений. Наличие источников распределенной генерации, максимально приближенных к потребителю, различные формы аккумулирования электроэнергии, развитие микросетей повышают уровень локальной энергообеспеченности, создавая возможности для оперативного перехода к автономному энергоснабжению в случае системных аварий, а также увеличивают доступ потребителей к электроснабжению в регионах, не охваченных централизованным энергоснабжением. Кроме этого, интенсивное вовлечение локальных (прежде всего, возобновляемых) энергоресурсов при создании ИЭС позволяет снизить зависимость от внешних поставок органического топлива или электроэнергии на уровне отдельных регионов. В результате исследований, проведенных за рубежом, полу-

чена укрупненная оценка подобных эффектов (табл. 2) [3].

Таблица 2. Оценка эффектов от реализации функциональных свойств ИЭС

Источник эффекта	Энергосистема сегодня, %	Энергосистема на базе концепции Smart Grid, %
Доля используемых возобновляемых источников энергии	Менее 13	Более 30
Уровень использования генерации потребителей	Менее 1,0	Более 10
Уровень использования активов магистральных сетей	50	80
Уровень использования активов распределительных сетей	30	80
Уровень участия потребителей	47	90

2. *Создание инновационного импульса для экономики.* Развитие ИЭС формирует массовый спрос на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, результатом которых станут действительно инновационные продукты энергомашиностроения и электротехнической промышленности. Не менее важным является влияние интеллектуальной энергетики на развитие информационно-коммуникационных технологий, без которых невозможно достичь качественно нового уровня в автоматизации, наблюдаемости и управляемости ЕЭС.

3. *Снижение экологической нагрузки.* Масштабное внедрение нетрадиционных источников энергии, повышение энергоэффективности при передаче, распределении и конечном потреблении электроэнергии может обеспечить заметное снижение использования органического топлива в электроэнергетике и, следовательно, снижение выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду. Применение новых технологий в сетевом комплексе позволяет также снизить уровни электромагнитного излучения при передаче и распределении электроэнергии, а более компактные решения по оборудованию линий электропередач и подстанций обеспечивают значительное сокращение объемов отчуждаемой земли.

4. *Повышение производительности и безопасности труда.* Активное внедрение автоматизированных систем удаленного контроля и управления (цифровые подстанции, датчики, интеллектуальные счетчики и др.), новые типы технических устройств с пониженными показателями аварийности и увеличенным эксплуатационным ресурсом позволяют заметно сократить численность обслуживающего персонала, необходимого для обеспечения нормального функционирования всех технологических подсистем. Одновременно с этим создается более безопасная и комфортная

среда для производственного персонала как в электроэнергетике, так и для обслуживания устройств у конечных потребителей.

5. *Улучшение условий для экономической интеграции и конкуренции.* Повышение гибкости режимов функционирования сетевой инфраструктуры, новые средства управления пропускными способностями и потоками мощности позволяют преодолеть существующие ограничения для более тесного коммерческого взаимодействия на рынках электроэнергии и мощности и перейти к новому этапу экономической интеграции в электроэнергетике, формированию более крупных, объединенных рынков в национальном и международном масштабах.

Внедрение интеллектуальных систем учета электроэнергии, развитие возможностей двусторонней коммуникации и автоматизация совместного управления режимами передачи, распределения и потребления электроэнергии, а также распределенной генерацией делают реальным качественно новое, динамическое ценообразование для конечных потребителей и обеспечивают возможности их активного включения в формирование кривой спроса на рынке для оптимизации финансовых расходов.

Как и экономические эффекты, социальные эффекты определяются изменениями функциональности структурных подсистем электроэнергетики и порождаемыми ими технологическими эффектами. Практически все социальные эффекты могут быть оценены количественно, однако их последующая корректная стоимостная оценка далеко не всегда возможна из-за неадекватности информации, ее неопределенности и отсутствия систематического мониторинга социальных последствий аварий или нарушений работы энергетического оборудования. В связи с отсутствием строгих и адекватных методов оценки социальных эффектов от реализации ИЭС она может осуществляться на основе общих экспертных заключений или посредством установления так называемого уровня общественного признания, определяемого долей представителей общества, поддерживающих ту или иную технологию, выраженного в процентах [2].

На основе отмеченных выше ожидаемых изменений балансовых условий в ЕЭС России могут быть получены интегральные экономические оценки эффектов от реализации ТП «ИЭС России». Результаты моделирования изменений параметров, характеризующих развитие ЕЭС России на период до 2030 г., выполненные в ИНЭИ РАН, показывают, что переход к инновационному развитию электроэнергетики РФ на базе ИЭС будет сопровождаться существенным снижением вводов но-

вых электростанций и связанных с ними сетевых объектов для выдачи мощности<sup>5</sup>.

Снижение (экономия) капиталовложений является наиболее значимым системным экономическим эффектом (табл. 3), и до 2030 г. их объем может снизиться почти на 2 трлн руб. (в ценах 2010 г.) [1]. Вторым наиболее крупным эффектом является снижение топливных затрат электростанций на 750 млрд руб. Снижение условно-постоянных затрат в электроэнергетике при меньших объемах вводов мощностей оценивается в период до 2030 г. на уровне 560 млрд руб. Дополнительный эффект может быть достигнут с учетом экономической стоимости выбросов парниковых газов: даже при сравнительно невысокой цене (около 600 руб/т CO<sub>2</sub> (20 долл/т)) экономия за счет снижения платы за эмиссию составит до 2030 г. примерно 180 млрд руб., но при оценке стоимости выбросов, прогнозируемых в этот же период в ЕС (до 100 долл/т CO<sub>2</sub>), вырастет уже до почти 1 трлн руб. [1].

Получаемый в итоге суммарный экономический эффект при реализации ТП «ИЭС России» в российской электроэнергетике до 2030 г. может составить около 3,2 трлн руб. (в ценах 2010 г.) [1]. Однако его величину следует сопоставить с инвестициями, которые необходимо затратить на массовое внедрение новых технологических средств и систем управления у потребителей, в сетевом комплексе, генерации, в контурах технологической и коммерческой диспетчеризации. С учетом масштаба и технологических особенностей ЕЭС России предварительная потребность в инвестициях на развитие интеллектуальной энергетики может составить 2,4–3,2 трлн руб. в период до 2030 г.<sup>6</sup>

Сопоставление недисконтированных значений экономических эффектов и необходимых затрат на реализацию ТП «ИЭС России» показывает, что уже к 2030 г. выгоды от ИЭС в масштабе ЕЭС России окажутся сопоставимыми с необходимыми инвестициями. Даже при пессимистической оценке сценария развития ИЭС капиталовложения на интеллектуализацию ЕЭС России будут полностью компенсированы полученными эффектами, а при более низкой оценке стоимости реализации ТП «ИЭС России» эффекты превысят затраты на 800 млрд руб.

<sup>5</sup> Отчет о разработке стратегической программы исследований технологической платформы «Интеллектуальная энергетическая система России». – М.: РЭА, 2012. – 53 с. – [www.smartgrid.ru](http://www.smartgrid.ru)

<sup>6</sup> Там же.

Таблица 3. Итоговые экономические эффекты при реализации ТП «ИЭС России»

Экономические эффекты	До 2020 г.	2021–2025 гг.	2026–2030 гг.	За период 2015–2030 гг.
Снижение потребности в необходимой генерирующей мощности, ГВт	7,8	15,3	11,0	34,1
Снижение капиталовложений в отрасль, млрд руб. (2010 г.), в том числе, за счет:	682	744	527	1953
• генерирующих мощностей;	612	671	451	1734
• сетевой инфраструктуры для выдачи мощности электростанций и усиления межсистемных связей	70	73	76	219
Снижение ежегодных условно-постоянных эксплуатационных затрат, млрд руб. (2010 г.), в том числе, за счет снижения расхода топлива на ТЭС за счет снижения необходимой выработки и оптимизации режимов, млн т у.т.	17	190	353	560
	4,7	44,1	124,8	173,6
Снижение ежегодных топливных затрат, млрд руб. (2010 г.)	12	192	552	756
ИТОГО снижение капитальных и текущих затрат, млрд руб. (2010 г.)	711	1126	1432	3269
Снижение эмиссии парниковых газов, млн т CO <sub>2</sub>	8,4	75,6	213,6	297,6
Снижение платы за эмиссию парниковых газов, млрд руб. (2010 г.)	5	46	128	179

После 2030 г. значение чистого эффекта будет дополнительно прирастать примерно на 1 трлн руб. за пятилетие с учетом эффекта последствия. С учетом этого дисконтированный прямой экономический эффект от создания ИЭС России составит 1,5–2 трлн руб. [1].

Изложенные в [2, 3, 4] многочисленные зарубежные стоимостные оценки эффектов от развития электроэнергетики на базе Smart Grid также свидетельствуют, что инвестиции в интеллектуальную энергетику, подобно инвестициям в повышение качества жизни, являются крайне эффективными, в частности, соотношение результаты/затраты оценивается как 4 к 1. При этом в исследованиях отмечается, что это достаточно консервативная оценка и при учете всех возникающих при этом макроэкономических, социальных, экологических и других эффектов, включая обеспечение национальной и экономической безопасности страны, это соотношение может возрасти.

Приведенные экономические оценки показывают потенциальную привлекательность и эффективность вложений в «интеллектуализацию» ЕЭС России и обуславливают необходимость перехода от стадии поисковых исследований к интенсивной концептуальной проработке и практическому проектированию новой структуры электроэнергетики России, выбору рациональных технических решений, обоснованию оптимальных подходов к системе интеллектуального управления энергосистемой.

Внедрение ТП «ИЭС России» может стать и основной «движущей силой» развития всей национальной экономики, ее промышленных отраслей, прежде всего таких сфер, как отечественная металлургия, машиностроение, приборостроение. В связи с потребностью в новом энергетическом оборудовании, а следо-

вательно, в новых металлах и материалах, возникнет необходимость разработки новых технологий и технологических процессов их создания и производства, потребуются новые фундаментальные и прикладные научные исследования и подготовка соответствующих научных и профессиональных кадров, выполняемые организациями РАН и национальными исследовательскими университетами [5].

Таким образом, практическая реализация ТП «ИЭС России» как механизма частно-государственного партнерства в области научно-технического развития при ведущей роли государства в финансировании инвестиций становится ключевым фактором повышения конкурентоспособности экономики РФ и гарантией устойчивого социально-экономического роста на основе инновационной модернизации.

#### Список литературы

1. **Концепция** интеллектуальной электроэнергетической системы России с активно-адаптивной сетью / Р.Н. Бердников, В.В. Бушуев, С.Н. Васильев и др.; под ред. акад. РАН В.Е. Фортова и А.А. Макарова. – М.: ФСК ЕЭС, 2012. – 236 с.
2. **Федоров М.П., Окорочков В.Р., Окорочков Р.В.** Энергетические технологии и мировое экономическое развитие: прошлое, настоящее, будущее. – СПб.: Наука, 2010. – 412 с.
3. **Концепция** интеллектуальных энергосистем и возможности ее реализации в российской электроэнергетике / И.О. Волкова, В.Р. Окорочков, Р.В. Окорочков, Б.Б. Кобец. – М.: Изд-во ИНПРАН, 2011. – 65 с.
4. **Кобец Б.Б., Волкова И.О.** Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid. – М.: ИАЦ Энергия, 2010. – 208 с.
5. **Задорожний А.В., Окорочков Р.В.** Актуальные проблемы развития электроэнергетики России // Экономические реформы в России: сб. науч. тр. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – С. 92–98.

### References

1. Berdnikov, R.N., Bushuev, V.V., Vasil'ev, S.N., Veselov, F.V. *Kontseptsiya intellektual'noy elektroenergeticheskoy sistemy Rossii s aktivno-adaptivnoy set'yu* [The Concept of Intellectual Electric Power System of Russia with Active-adaptive Network]. Moscow, FSK EES, 2012. 236 p.
2. Fedorov, M.P., Okorokov, V.R., Okorokov, R.V. *Energeticheskie tekhnologii i mirovye ekonomicheskoe razvitiye: proshloe, nastoyashchee, budushchee* [Energy Technologies and World Economic Development: Past, Present, Future]. Saint-Petersburg, Nauka, 2010. 412 p.
3. Volkova, I.O., Okorokov, V.R., Okorokov R.V., Kobets, B.B. *Kontseptsiya intellektual'nykh energosistem i vozmozhnosti ee realizatsii v rossiyskoy elektroenergetike* [The Concept of Intellectual Energy Systems and Possibilities of its Implementation in Russian Power Industry]. Moscow, Izdatel'stvo INP RAN, 2011. 65 p.
4. Kobets, B.B., Volkova, I.O. *Innovatsionnoe razvitiye elektroenergetiki na baze kontseptsii Smart Grid* [The Innovative Development of Power Industry on basis of the Smart Grid Concept]. Moscow, IATs Energiya, 2010. 208 p.
5. Zadorozhniy, A.V., Okorokov, R.V. *Aktual'nye problemy razvitiya elektroenergetiki Rossii* [Urgent Problems of the Electric power Industry Development in Russia]. *Sbornik nauchnykh trudov «Ekonomicheskie reformy v Rossii»* [Collection of scientific works «Economic reforms in Russia»]. Saint-Petersburg, Izdatel'stvo Politekhnikeskogo universiteta, 2010, pp. 92–98.

*Задорожний Андрей Владимирович,*

ФГБОУВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»,  
аспирант кафедры экономики и менеджмента в энергетике и природопользовании,  
телефон (812) 329-47-93,  
e-mail: orv@imail.ru

*Окорокое Роман Васильевич,*

ФГБОУВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»,  
доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор кафедры экономики  
и менеджмента в энергетике и природопользовании,  
телефон (812) 329-47-93,  
e-mail: roman\_okorokov@mail.ru