

УДК 330.3

## Особенности коммерциализации инновационных разработок в электроэнергетике<sup>1</sup>

Ю.В. Вылгина, А.С. Шишова  
ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
г. Иваново, Российская Федерация  
E-mail: jvilgina@mail.ru

### Авторское резюме

**Состояние вопроса:** Изменения, происходящие в Российской экономике, негативно сказались на инвестиционном климате страны и отношении инвесторов к инновационным продуктам, что отразилось на планах и инновационных политиках организаций. Электроэнергетика имеет потенциал для внедрения новых инновационных технологий на базе концепции Smart Grid. Традиционной электроэнергетике свойственны длительные сроки окупаемости инвестиций, продолжительный жизненный цикл основного электроэнергетического оборудования и отсутствие возможности постоянно внедрять новшества. Увеличившиеся риски и неспособность современных продуктов удовлетворять потребностям отраслевых компаний приводят к малому количеству реализуемых инвестиционных проектов. Особенности развития, сложность коммерческой реализации и прогнозирования коммерческих потоков увеличивают риски при принятии решений инвесторами. В связи с этим процесс коммерциализации инноваций на рынке электроэнергетики нуждается в формировании подходов и критериев оценки инноваций.

**Материалы и методы:** Исследования проведены с использованием статистических данных, нормативных документов, результатов аналитических исследований, а также национальных докладов, прогнозных и отчетных документов и основаны на теории научного познания. Реализован системный подход как общенаучный метод. Изучение имеющихся данных осуществлено с применением методов ретроспективного изучения научной литературы и статистической информации, логических умозаключений.

**Результаты:** Сформулированы этапы развития, особенности и характеристики инновационного продукта в электроэнергетике. Обоснована необходимость разработки методик оценки эффективности инновационных технологий в целях повышения инновационной активности в электроэнергетике. Разработан перечень критериев, необходимых для принятия решения инвесторами при выборе инвестиционного проекта. Предложена расчетная формула для оценки годовой емкости рынка измерительных трансформаторов, которая является элементом разрабатываемого алгоритма оценки эффективности инновационных технологий в электроэнергетике, необходимого для повышения точности расчетных рыночных показателей инновационных продуктов и снижения рисков прогнозирования результатов для инвесторов.

**Выводы:** Использование полученных результатов направлено на формирование методики оценки эффективности инновационных продуктов в энергетической отрасли.

**Ключевые слова:** инновация в электроэнергетике, оценка рынка, цифровой измерительный трансформатор тока и напряжения, алгоритм расчета емкости рынка, критерии выбора инвестиционного проекта, проблема оценки эффективности, инвестиционные риски, коммерциализация инновационных разработок.

## Commercialization of innovative developments in the power sector

Yu.V. Vylgina, A.S. Shishova  
Ivanovo State Power Engineering University, Ivanovo, Russian Federation  
E-mail: jvilgina@mail.ru

### Abstract

**Background:** Changes in the Russian economy have had a negative impact on the country's investment climate and investors' attitude to innovative products. This is reflected in the policies, plans and innovative organizations. The traditional power industry is characterized by a long-term return on investment, a long life cycle of the main power equipment and a lack of opportunities to constantly introduce innovations. The increased risks and the inability of current products to meet the needs of industrial companies lead to a small number of ongoing investment projects. The development specifics, the complexity of commercial sales and commercial flow forecast make it more risky for investors to take decisions. So the process of commercialization of innovations in the electricity market requires developing approaches and innovation evaluation criteria.

**Materials and methods:** The study is based on statistical data, regulatory documents, analytical treatments, national reports, forecasting information and report documents. The study employs the theory of scientific knowledge, systematic

<sup>1</sup> Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» по теме «Разработка и исследование цифровых трансформаторов напряжения 110 кВ, основанных на фундаментальных физических законах, с оптоэлектронным интерфейсом для учета электроэнергии в интеллектуальной электроэнергетической системе с активно-адаптивной сетью» (Соглашение №14.574.21.0072 о предоставлении субсидии от 27 июня 2014 г., уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI57414X0072).

approach as a general scientific method, methods of retrospective study of scientific literature and statistical information, and logical reasoning.

**Results:** The paper formulates the stages of development, features and characteristics of product innovation in the electricity sector. The authors were able to prove that innovation activity in the electric power can be increased by developing methods of innovative technologies effectiveness evaluation. A list of criteria has been developed for investors' decision making when choosing an investment project. The authors have proposed a calculation formula for estimating the annual market capacity of measuring transformers which is an element of the developed algorithm for evaluating the effectiveness of innovative technologies in the electric power industry necessary to increase the accuracy of calculation of market indicators of innovative products and reduce the risks of forecasting results for investors.

**Conclusions:** The use of the obtained results aims to establish a methodology for assessing the effectiveness of innovative products in the power industry.

**Key words:** innovation in power industry, market analysis, digital measuring current and voltage transformer, algorithm of market capacity calculation, investment project selection criteria, performance evaluation problem, investment risks, commercialization of innovations.

**DOI:** 10.17588/2072-2672.2016.2.074-079

Изменения, происходящие в Российской экономике, негативно сказались на инвестиционном климате страны и отношении инвесторов к инновационным продуктам. Несмотря на проводимые на государственном уровне мероприятия в этой области, большинство отраслей народного хозяйства оказались в трудной ситуации, блокирующей инновационное развитие.

Активные попытки, осуществляемые на государственном уровне за 20-летний период, эффективных механизмов поддержки и развития инноваций не сформировали. Ситуация усугубилась и изменением макроэкономических показателей, которые не способствуют привлечению частных инвестиций в развитие отраслевых предприятий. Анализ основных экономических и социальных показателей развития России в 2010–2014 гг. показывает существенное снижение валового внутреннего продукта и инвестиций в основной капитал (табл. 1), а, по базовому прогнозу Минэкономразвития РФ на 2015–2018 годы (табл. 2), ситуация существенно меняться не будет<sup>2</sup>.

Таблица 1. Основные показатели экономического и социального развития России в 2010–2014 гг. (в % к предыдущему году)

Показатель	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Валовый внутренний продукт	104,5	104,3	103,4	101,3	100,6
Инвестиции в основной капитал	106,0	108,2	106,7	99,7	97,5

Сложившаяся макроэкономическая ситуация, безусловно, влияет на планы и инновационную политику организаций. Не стала исключением и электроэнергетика.

Более того, российская экономика, опираясь на термин «инновационная», все же больше работает по механизму «модернизации». Это подтверждается и тем фактом, что глобальные ориентиры инновационных конту-

ров сегодня наталкиваются на проблемы истощения ресурсов, экологии, биотехнологии, энергосбережения, а в российской экономике спрос на инновации формируется, прежде всего, не конечными потребителями товаров, а со стороны предприятий, занимающихся промежуточными процессами, что означает, что модернизированная экономика создаст основной спрос на инновации<sup>3</sup>. До сих пор в структуре инвестиций доминирует государство, а в инновационной экономике должны превалировать средства частных корпораций, о чем свидетельствует опыт развитых стран.

Таблица 2. Базовый прогноз Минэкономразвития на 2015–2018 гг. (по состоянию на май 2015 г.)

Показатель	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Валовый внутренний продукт, трлн руб.	71,41	74,75	82,69	91,05	99,5
Валовый внутренний продукт, прирост в %	0,6	-2,8	2,3	2,3	2,4
Промышленное производство	1,7	-1,3	1,5	1,6	1,4
Инвестиции в основной капитал, %	-2,7	-10,6	3,1	2,3	3,2

Главным «локомотивом» инновационного развития экономики России может стать топливно-энергетический сектор. Более того, такой «инновационный прорыв» в ТЭК уже начался. Инновационное развитие Российской Федерации не может происходить без инноваций в сфере электроэнергетики. На данный факт обращают внимание многие эксперты, в частности К.В. Симонов<sup>4</sup>.

Среди основных факторов, вызывающих необходимость коренных изменений в электроэнергетике, особо отметим высокий износ энергетического оборудования электростанций всех типов и систем передачи и распределения электроэнергии и низкую инвестиционную

<sup>2</sup> Аганбегян А.Г. Социально-экономическое развитие России: проблемы и перспективы: лекция. 30.10.2015 г. ИГЭУ.

<sup>3</sup> Там же.

<sup>4</sup> Симонов К.В. Инновации в энергетике. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pandia.ru/text/77/473/25306.php>

активность акционированных и приватизированных энергетических предприятий<sup>5</sup>.

Анализ показал, что за рассматриваемый период электроэнергетика России отражает тенденции развития экономики в целом и отстает от развития энергетики передовых стран. Сложившаяся структура хозяйственного управления нацелена на сохранение технологической целостности отрасли. Эффективное, инновационное и надежное развитие отрасли, на наш взгляд, является одним из важных факторов, на который обращает внимание инвестор, реализующий инновационные проекты в отрасли. К сожалению, разработка новой концепции управления, получившей за рубежом название «умной» (Smart Grid), а в России – «интеллектуальной» системы, не сильно меняет ситуацию.

Проанализировав различные источники научной и статистической отчетности, удалось сформировать «рамочные» ориентиры, характеризующие тенденции развития инноваций, которые необходимо учитывать при реализации инновационных проектов в электроэнергетике, и выявить возможные риски для инвесторов<sup>6</sup> (табл. 3).

Таблица 3. Формирование «рамочных» ориентиров для принятия решения инвесторами

«Рамочный» ориентир	Возможные риски
Доля инновационной продукции в России в общем выпуске составляет 9 % (против ~15 % в странах-лидерах), показатель не растет за последние 3 года	Вероятность недополучения вложенных средств
Производительность труда по экономике России в целом более чем в два раза отстает от стран-лидеров	Нет положительной динамики, высокая вероятность корректировок в утвержденных инвестиционных проектах
Производительность труда в России в несырьевых отраслях на 18 % ниже, чем по экономике в целом	Низкая отдача на инвестиции
Результаты российских инноваций обладают низкой конкурентоспособностью – 0,4 % доля России в общем мировом экспорте высокотехнологичных товаров, наблюдается позитивная динамика (в 2010 г. доля России составляла 0,21%)	Сложность продвижения на зарубежных рынках, высокие затраты на продвижение, «слабый маркетинг» в электроэнергетической отрасли
Сложность четкого описания структуры затрат на инновации и оценки качества и эффективности этих затрат	«Непрозрачность» финансовых результатов, сложность прогнозирования
Заинтересованность частного сектора в инновациях остается на низком уровне по сравнению с развитыми странами	Отсутствие реальных инвестиционных проектов на российском рынке

<sup>5</sup> Савина Н.В. Инновационное развитие электроэнергетики на основе технологий Smart Grid: учеб. пособие. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2014.

<sup>6</sup> См.: Национальный доклад об инновациях 2015 на Гайдаровском форуме-2016.

Таким образом, несмотря на перечисленные риски, у российских инвесторов есть реальная возможность реализации инновационных проектов. В целом, перспективных разработок и технологий, которые можно было бы воплотить в виде реального инновационного продукта, достаточно много. Большинство разработок осталось еще с советских времен, но, тем не менее, они имеют ценность и на сегодняшний день. Реализация даже этих технологий может существенно повысить экономические показатели отрасли. Основная проблема, на наш взгляд, заключается в сложности прогнозирования развития макропоказателей и в отсутствии навыков внедрения и вывода продуктов на рынок, т. е. в коммерциализации. В этом плане отставание настолько значительно, что нельзя обойтись без зарубежного опыта.

Рассмотрим, что именно понимается под инновациями в энергетике. Определим особенности и характеристики инновационного продукта в электроэнергетике.

Общее понятие «инновация» зафиксировано в п. 3.1.29 ГОСТ Р 54147-2010 «Стратегический и инновационный менеджмент. Термины и определения». Согласно п. 3.1.26 вышеуказанного Стандарта, инновационный продукт – «то же, что и инновация». Дадим определение инновации, ориентируясь на указанный документ: **«Инновация (innovation):** Конечный результат инновационной деятельности, получивший реализацию в виде нового или усовершенствованного продукта, реализуемого на рынке, нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности»<sup>7</sup>.

Исходя из указанного определения, выделим следующие свойства, которыми должна обладать инновация, формируемая для электроэнергетического объекта:

- 1) заверченный характер;
- 2) практическая применимость;
- 3) реализация на рынке (коммерциализуемость);
- 4) новизна.

В электроэнергетике отсутствуют достаточно четкие подходы к оценке стадий развития инновационного продукта. В теории выявлены различные подходы, которые рассматривают стадии развития инновационного продукта. Такие подходы отражены в трудах С.А. Стерховой, Н.Н. Молчанова, А.Н. Молчанова, Д. Бергельсона. На основе существующих методик удалось сформировать следующие важные для дальнейшей оценки стадии развития инновационного продукта:

- 1) идея;
- 2) концепция;
- 3) модель прототипа;

<sup>7</sup> ГОСТ Р 54147-2010 «Стратегический и инновационный менеджмент. Термины и определения».

- 4) работающий прототип;
- 5) полноценный продукт.

Особенностью инновационного продукта в электроэнергетической отрасли является сложность перехода со стадии 4 на стадию 5. Отсутствие коммерциализации и сложность доведения до полноценного продукта связаны с необходимостью прохождения ряда испытаний, сертификации продукта, опытной эксплуатации на энергетических объектах.

Кроме того, в электроэнергетике также существуют поддерживающие инновации, направленные на повышение эффективности действующих технологий [1].

На основе проведенного анализа информационно-аналитических журналов («ТЭК. Стратегия развития», «Энергоэксперт» и др.) удалось обосновать тот факт, что электроэнергетика имеет потенциал для внедрения инновационных технологий на базе концепции Smart Grid.

Для повышения надежности и эффективности электроэнергетической отрасли был разработан проект внедрения цифровых подстанций и концепции Smart Grid, или активно-адаптивных сетей [2, 3], в электроэнергетике.

Внедрение активно-адаптивных сетей должно сопровождаться разработкой нового типа оборудования. Концепция Smart Grid предъявляет новые требования к системе:

- 1) доступность [4];
- 2) системность;
- 3) надежность;
- 4) безопасность для окружающей среды;
- 5) экономическая эффективность [5].

Для реализации данной концепции необходима инновационная элементная база, т. е. элементы построения системы Smart Grid должны опережать построение интеллектуальной системы.

Внедрение активно-адаптивных сетей возможно только при участии частных инвесторов. На данный момент инвестиции находятся на низком уровне. Рассмотрим проблемы внедрения инновационных концепций и инновационных продуктов на рынок на примере Цифрового измерительного трансформатора тока и напряжения.

Одним из элементов Smart Grid являются цифровые подстанции. Неотъемлемым элементом подстанций является релейная защита, которая включает в себя измерительные трансформаторы. Измерительные трансформаторы на сегодняшний день представлены в аналоговых, оптических и цифровых решениях. Существующие измерительные трансформаторы взрыво- и пожароопасны, а также допускают коммерческие потери.

Создание цифрового измерительного трансформатора было вызвано необходимостью решения технологических проблем существующих измерительных трансформаторов [6–9].

Комбинированный цифровой трансформатор тока и напряжения (ЦТТН) предназначен для измерения тока и напряжения в электроэнергетической системе нового поколения. ЦТТН включает инновационную датчиковую систему, основанную на базовых физических принципах, высоковольтный и низковольтный электронные модули.

ЦТТН разрабатывается на несколько классов напряжения: 6–35 кВ, 110–220 кВ и 500–750 кВ, то есть может быть реализован на различных электроэнергетических и промышленных объектах.

Сфера измерительных трансформаторов нового типа, удовлетворяющих требованиям активно-адаптивных сетей, только начинает развиваться. Для подтверждения данного факта был проведен анализ данных информационного агентства Thomson Reuters. В результате было установлено, что за последние 8 лет получено всего 654 патента в сфере измерительных трансформаторов, которые используются в релейной защите. Всего в информационной базе Thomson Reuters на середину ноября 2015 года насчитывалось 99 млн патентов. Рост количества охраняемых документов в данной области связан также с тем, что существующие на рынке измерительные трансформаторы не соответствуют требованиям внедряемой концепции Smart Grid.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что в области электроэнергетики сфера измерительных трансформаторов имеет потенциал в развитии инновационных разработок.

Существующие тенденции в политике и экономике страны сконцентрированы на технологии «импортозамещения». Это заставляет большинство российских предприятий уделять внимание отечественным разработкам в этой сфере. Однако на сегодняшний день этим разработкам уделяется недостаточное внимание.

Сформированная ранее совокупность свойств инновационного продукта позволяет провести анализ характеристик ЦТТН. Результаты анализа представлены в табл. 4.

Было проведено сравнение предлагаемого инновационного продукта с существующими аналоговыми электромагнитными трансформаторами тока и напряжения и оптическими трансформаторами, разрабатываемыми сторонними компаниями. Результаты сравнения представлены в табл. 5.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что по техническим характеристикам цифровые трансформаторы превосходят существующие продукты, а их цена сопоставима со стоимостью аналоговых трансформаторов. Это подтверждает, что данный продукт может быть интересен для инвесторов и рынка.

Таблица 4. Анализ свойств инновационного продукта

Свойство инновационного продукта	Признак ЦТТН
Завершенный характер	Созданы опытные образцы 110 кВ (успешно пройдены высоковольтные испытания); 6–10 кВ и 35 кВ находятся на стадии прототипа
Практическая применимость	Наличие писем о заинтересованности в опытной эксплуатации образцов ЦТТН (ПАО «МРСК Центра и Приволжья» филиал ИВЭНЕРГО, ПАО «МОЭСК», АО «Тюменьэнерго»)
Реализация на рынке (коммерциализуемость)	Ожидания рынка – реализация совместно с производителями цифровых подстанций и релейной защиты. Соответствие современным цифровым стандартам (МЭК 61850)
Новизна	Инновационные технические решения в ЦТТН, по сравнению с существующими аналогами (оптические и аналоговые трансформаторы): самодиагностика; уровень шумов ниже в 10 раз; не зависит от влияния температур; точность выше в 2 раза; снижение коммерческих потерь в 2–3 раза и затрат на технологическое обслуживание на 15 %

Однако, как и большинство инновационных разработок, ЦТТН находится на стадии «Работающий прототип». На данный момент возникает сложность перевода разработки на следующую, конечную стадию. Это связано с отсутствием инвестиций из частного сектора.

Инвесторы принимают решение о выборе продуктов для вложения средств, основываясь на нескольких критериях.

Нами сформирован следующий перечень критериев, на которые ориентируются инвесторы:

- 1) возврат инвестиций с установленной доходностью;
- 2) наличие конкурентоспособной технологии;
- 3) удовлетворение характеристик продукта требованиям рынка (импортозамещение);
- 4) профессиональный уровень команды разработчиков;
- 5) наличие охранных свидетельств интеллектуальной собственности.

Таблица 5. Сравнительный анализ существующих на рынке измерительных трансформаторов

Наименование продукта	Стадия	Соответствие Smart Grid	Точность	Широкий динамический диапазон	Погрешность от температуры и вибраций	Цена / стоимость владения
Оптические трансформаторы	Опытная эксплуатация	Да	0.2s	Нет	Да	Высокая
Цифровые трансформаторы	В разработке	Да	0.1s	Да	Нет	Средняя
Аналоговые трансформаторы	В продаже	Нет	0.2s	Нет	Да	Средняя

Указанные критерии связаны со снижением вероятных рисков, которые сформулированы в табл. 3.

Кроме того, для снижения риска недополучения доходов необходимы объективные оценочные данные о рынке.

Каждой из компаний приходится выходить на сложные и неоднородные рынки, но объективной методики, с помощью которой можно определить емкость рынка для любого инновационного продукта в электроэнергетике в стоимостном и натуральном выражении, не существует. Проведенный анализ показал, что для различных продуктов обычно используются различные методики расчета емкости рынка.

Наиболее интересной является методика Ю.М. Савинцева [10]. В основе этой методики лежит оценка показателей, которые отражают реальные данные:

- 1) данные о вводе новых генерирующих мощностей;
- 2) данные о росте электропотребления;
- 3) данные о строительстве новых жилых и промышленных объектов;
- 4) статистические и прогнозные данные об изменении энергопотребления и о состоянии ввода в строй жилья.

Однако для расчета емкости рынка измерительных трансформаторов данная методика не может быть использована в чистом виде. Это обусловлено тем, что количество измерительных трансформаторов не зависит от мощности энергетического объекта, в отличие от силовых трансформаторов, и варьируется на каждой подстанции.

Был разработан алгоритм анализа, который позволяет формировать оценочные показатели. В частности, была предложена расчетная формула для оценки годовой емкости рынка измерительных трансформаторов:

$$\text{Емкость рынка} = \text{КПС} \cdot \text{Д}_{\text{пс}} \cdot \text{КТ} \cdot \text{КИ}_{\text{T}} \cdot \text{КЗ}_{\text{T}},$$

где КПС – количество подстанций;  $\text{Д}_{\text{пс}}$  – доля подстанций, срок службы которых свыше 25 лет; КТ – среднее количество трансформаторов по классам напряжения;  $\text{КИ}_{\text{T}}$  – средний коэффициент износа трансформаторов;  $\text{КЗ}_{\text{T}}$  – коэффициент замены измерительных трансформаторов в год.

Основные характеристики рынка измерительных трансформаторов систематизированы в табл. 6.

Таблица 6. Основные характеристики рынка измерительных трансформаторов

Рынок измерительных трансформаторов			
Сегменты	6–35 кВ	110–220 кВ	Свыше 220 кВ
Технологии	Аналоговые Цифровые	Аналоговые Оптические Цифровые	Аналоговые Оптические Цифровые
Ежегодный рост рынка <sup>8</sup>	2 %		
Средний износ трансформаторов <sup>9</sup>	60 %		

Проведенный анализ позволил выявить, что в настоящее время в замене нуждается около 13 млн измерительных трансформаторов тока и напряжения по сегменту.

Таким образом, установлены следующие проблемы развития инноваций в электроэнергетике:

1. Сложность перехода инновационных разработок на стадию «Готовый продукт», сложность прогнозирования рыночных показателей инновационных продуктов, сложность привлечения частных инвестиций.

2. Сложность выведения инновационного продукта на рынок в силу сложности процессов прогнозирования рыночных показателей и коммерческих потоков.

3. Снижение инвестиционной активности инвесторов в связи с повышением рисков.

4. Повышение технологических и экономических требований к новым продуктам на рынке.

5. Необходимость обновления устаревающих основных фондов в соответствии с требованиями проектов повышения энергоэффективности и снижения энергопотерь.

В целом, можно утверждать, что электроэнергетике РФ уже сейчас необходимо обращать больше внимания на инновационные разработки. Данная задача наиболее актуальна в период снижения инновационной активности и секвестирования затрат на инновации в связи с кризисной ситуацией в стране.

<sup>8</sup> Схема и программа развития ЕЭС России на 2014–2020 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://soups.ru/fileadmin/files/laws/orders/sipr\\_ups/sipr\\_ups\\_14-20.pdf](http://soups.ru/fileadmin/files/laws/orders/sipr_ups/sipr_ups_14-20.pdf).

<sup>9</sup> Положение ОАО «РОССЕТИ» о единой технической политике в электросетевом комплексе. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/ETP\\_FSK\\_EES\\_2014\\_02\\_06.pdf](http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/ETP_FSK_EES_2014_02_06.pdf)

## Список литературы

1. Гончаренко А.А., Грасмик К.И. Инновации в энергетике и кооперация с вузами // Вестн. Ом. ун-та. – 2012. – № 2. – С. 205–208.
2. Miceli R. Energy Management and Smart Grids // Energies. – 2013. – 6. – 2262–2290.
3. Rodríguez-Molina J., Martínez-Núñez M., Martínez J.-F., Pérez-Aguilar W. Business Models in the Smart Grid: Challenges, Opportunities and Proposals for Prosumer Profitability // Energies. – 2014. – 7. – 6142–6171.
4. Lucas Cuadra, Sancho Salcedo-Sanz, Javier Del Ser, Silvia Jiménez-Fernández, ZongWoo Geem. A Critical Review of Robustness in Power Grids Using Complex Networks Concepts // Energies. – 2015. – No. 8. – P. 9211–9265; doi: 10.3390/en8099211
5. Livieratos S., Vogiatzaki, V.E., Cottis, P.G. A Generic Framework for the Evaluation of the Benefits Expected from the Smart Grid // Energies. – 2013. – No. 6. – P. 988–1008.
6. Гречухин В.Н., Лебедев В.Д. Цифровой комбинированный трансформатор тока и напряжения на базе стандартного трансформатора напряжения // Известия вузов. Электромеханика, специальный выпуск. – 2010. – С. 98–99.
7. Lebedev V.D., Yablokov A.A. Research of the metrological characteristics and voltage transformer with open core antiresonance properties // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – № 698. – P. 160–167.
8. Лебедев В.Д., Яблоков А.А. К вопросу создания модели измерительного трансформатора напряжения с разомкнутым магнитопроводом // Материалы Международной научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития электротехнологии» (XVII Бенардосовские чтения). Т. I «Электроэнергетика» 29–31 мая, Иваново / ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2013. – С. 170–172.
9. Lebedev V., Shuin V., Yablokov A., Filatova G. Modeling of measuring current and voltage transformers in dynamic modes // Proceedings of International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS). Tomsk, Russia, 16–18 Oct. 2014. – Tomsk, 2014. – P. 1–7.
10. Савинцев Ю.М. Плановое развитие рынка силовых трансформаторов: утопия или необходимость? // Электротехнический рынок. – 2011. – № 1–2(37–38). – С. 39–41.

## References

1. Goncharenko, A.A., Grasmik, K.I. Innovatsii v energetike i kooperatsiya s vuzami [Innovations in power industry and cooperation with universities]. *Vestnik Omskogo universiteta*, 2012, no. 2, pp. 205–208.
2. Miceli, R. Energy Management and Smart Grids. *Energies*, 2013, 6, 2262–2290.
3. Rodríguez-Molina, J., Martínez-Núñez, M., Martínez, J.-F., Pérez-Aguilar, W. Business Models in the Smart Grid: Challenges, Opportunities and Proposals for Prosumer Profitability. *Energies*, 2014, no. 7, pp. 6142–6171.
4. Lucas, Cuadra, Sancho, Salcedo-Sanz, Javier, Del Ser, Silvia, Jiménez-Fernández, ZongWoo, Geem. A Critical Review of Robustness in Power Grids Using Complex Networks Concepts. *Energies*, 2015, no. 8, pp. 9211–9265; doi: 10.3390/en8099211
5. Livieratos, S., Vogiatzaki, V.E., Cottis, P.G. A Generic Framework for the Evaluation of the Benefits Expected from the Smart Grid. *Energies*, 2013, no. 6, pp. 988–1008.
6. Grchukhin, V.N., Lebedev, V.D. Tsifrovoy kombinovanny transformator toka i napryazheniya na baze standartnogo transformatora napryazheniya [Digital combined current and voltage transformer based on standard voltage transformer]. *Izvestiya vuzov. Elektromekhanika, spetsial'nyy vypusk*, 2010, pp. 98–99.
7. Lebedev, V.D., Yablokov, A.A. Research of the metrological characteristics and voltage transformer with open

core antiresonance properties. Applied Mechanics and Materials, 2015, no. 698, pp. 160–167.

8. Lebedev, V.D., Yablokov, A.A. K voprosu sozdaniya modeli izmeritel'nogo transformatora napryazheniya s razomnutym magnitoprovodom [On designing a model of the measuring open-core voltage transformer]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Sostoyanie i perspektivy razvitiya elektrotekhnologii» (XVII Benardosovskie chteniya). T. I «Elektroenergetika»* [Proceedings of the International scientific and technical conference «State and Prospects of Electric Technology Development» (XVII Benardos Read-

ings) Vol. I «Electric Power Engineering», May 29-31, Ivanovo]. Ivanovo, 2013, pp. 170–172.

9. Lebedev, V., Shuin, V., Yablokov, A., Filatova, G. Modeling of measuring current and voltage transformers in dynamic modes. Proceedings of International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS). Tomsk, 2014, pp. 1–7.

10. Savintsev, Yu.M. Planovoe razvitie rynka silovykh transformatorov: utopiya ili neobkhodimost'? [Planned development of power transformer market: a utopia or a necessity?]. *Elektrotekhnicheskii ryok*, 2011, no. 1–2(37–38), pp. 39–41.

*Вылгина Юлия Вадимовна,*

ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента и маркетинга,  
e-mail: jvilgina@mail.ru

*Шишова Анастасия Сергеевна,*

ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
аспирант кафедры менеджмента и маркетинга,  
e-mail: anastasiy-shishov@ya.ru