

Интеллектуальная электроэнергетика в контексте электроэкспертологии

Жуков Олег Алексеевич, аспирант

Национальный исследовательский Томский политехнический университет (г. Томск)

Аннотация. В условиях имеющихся проблем в российской электроэнергетике (старение оборудования, высокая себестоимость электроэнергии, большие потери в сетях) большое значение приобретает поэтапный переход к интеллектуальной электроэнергетической системе. Цель статьи – рассмотреть интеллектуализацию электроэнергетики в контексте концепции общей теории электротехнической экспертизы. В предлагаемой работе проанализированы текущие тенденции, названы технологии в сфере интеллектуальной трансформации отрасли, представлены общие положения концепции электроэкспертологии. Теоретическая значимость исследования заключается в обобщении аспектов проблемы интеллектуальной электроэнергетики, а также в разработке рекомендаций по основным направлениям экспертных исследований в контексте интеллектуализации отрасли. Работа может быть полезна всем интересующимся интеллектуальной электроэнергетикой и электротехнической экспертизой.

Ключевые слова: интеллектуальная электроэнергетика, интеллектуальная электроэнергетическая система, интеллектуальная энергетическая система России, умные электрические сети, электроэкспертология, электротехническая экспертиза.

DOI: 10.5281/zenodo.3271156

Введение

Цель проведения исследования – найти точки соприкосновения интеллектуальной электроэнергетики (ИЭЭ) с электроэкспертологией. Проводя данное исследование, автор попытался восполнить имеющийся пробел в знаниях, заключающийся в том, что ещё не опубликовывались работы, в которых бы была установлена взаимосвязь интеллектуализации электроэнергетической отрасли с электротехнической экспертизой. В предлагаемой статье такая связь была установлена, и как результат – предложены направления экспертных исследований в контексте интеллектуальной трансформации отрасли. *Задачи исследования.* 1) обобщить современные наработки и исследования по интеллектуальной энергетике; 2) дать рекомендации по основным направлениям экспертных исследований в контексте интеллектуализации электроэнергетики. *Используемые методы:* процедуры идеализации и абстрагирования, универсальные способы познания – аналогия и сравнение, анализ и синтез, индукция и дедукция, классификация.

Состояние вопроса на момент завершения исследования. Предложен аналитический обзор основных аспектов по проблеме интеллектуальной электроэнергетики, представлены общие положения концепции электроэкспертологии, рекомендованы основные направления экспертных исследований в сфере интеллектуальной электроэнергетики. Результаты работы могут иметь практическое применение в кругах экспертного сообщества, занимающегося проблемами современной электроэнергетики. *Объект исследования* – электроэнергетика, *предмет исследования* – интеллектуализация электроэнергетики в контексте экспертных исследований.

Анализ текущих тенденций и технологий в сфере интеллектуальной электроэнергетики

Понятие ИЭЭ.

Искусственный (машинный) интеллект – свойство машины, технической системы выполнять отдельные функции интеллекта человека, то есть, его мыслительных способностей, а интеллектуализация

есть повышение степени интеллектуальности систем и/или устройств путём внедрения и использования в них достижений научно-технического прогресса в области искусственного интеллекта, извлечения, формализации и применения знаний, с использованием экспертных систем и электроники (совкупности средств реализации интеллектуальных систем) [10]. Следует заметить, что было бы неправильно под интеллектуализацией, например, электроэнергетических систем, понимать их диспетчеризацию, сигнализацию, компьютеризацию, автоматизацию.

Основой ИЭЭ является способность различных элементов системы взаимодействовать друг с другом, обмениваться информацией, использовать эту информацию для совместного адекватного сотрудничества [11]. Интеллектуализация электроэнергетики является частью процесса её цифровизации [12]. Аспекты цифровизации электроэнергетики в контексте электротехнической экспертизы описаны автором данной статьи в работе [7].

Необходимость ИЭЭ.

Ежегодный рост электропотребления в России составляет 2-3%, и это в условиях, когда электросетевая инфраструктура страны изношена более чем на 50%. Старение оборудования влечёт за собой аварии и сбои в работе объектов, человеческие жертвы и значительный экономический ущерб – более 40 млрд. руб. [10]. Кроме того, в структуре себестоимости продукции различных отраслей затраты на энергоносители в России в среднем в 1,7 раза превышают аналогичные показатели в Китае, в 7 раз – в США и в 12 раз – в странах Европейского Союза, а при передаче потребителю суммарные энергетические потери в сетях 0,4–750 кВ фактически доходят до 30% (для сравнения: в Японии этот показатель равняется 5%, в Западной Европе – 4–9%, США – 7–9%) [13].

Для исправления такой негативной ситуации нужна не только модернизация оборудования, но и переход на новый уровень организации производства и управления, на приоритетное направление

развития отрасли – ИЭЭ. Есть и ряд других факторов, обуславливающих необходимость и актуальность интеллектуализации электроэнергетики: 1) Требование повышения надёжности электроснабжения; 2) Ужесточение условий функционирования рынка электроэнергетики; 3) Актуализация вопросов энергоэффективности и снижения загрязнения окружающей среды; 4) Необходимость увеличения доли возобновляемых источников энергии; 5) Появление новых технологий во всех сферах электроэнергетики; 6) Высокий уровень конкуренции между производителями; 7) Необходимость более высокой информированности клиентов, и др. [14, с. 5].

Цель и задачи ИЭЭ.

Стратегическая цель ИЭЭ – возможность ведения наиболее надёжного, безопасного и экономически эффективного режима работы электроэнергетики в любой реальный момент времени при любых меняющихся внешних и внутренних условиях её функционирования [15].

Для достижения этой цели нужно решить ряд конкретных задач [16]: 1) Изменить целеполагание в системе управления электроэнергетикой, иными словами – цель должна состоять в минимизации затрат на развитие и функционирование отрасли при обеспечении требований надёжности, качества электроэнергии, экологии, энергетической национальной безопасности, других государственных интересов; 2) Развить методы и информационно-программные средства для получения оптимальных решений развития и функционирования электроэнергетического комплекса страны; 3) Создать единую систему технологических и коммерческих правил и механизмов совместной работы собственников электроэнергетических объектов, обеспечивающих реализацию оптимальных решений при осуществлении соответствующего контроля со стороны государственных органов власти; 4) Создать отраслевую систему стратегического планирования с учётом долгосрочной перспективы; 5) Создать государственную систему обеспечения надёжности и качества электрической энергии; 6) Создать систему планирования и проведения научных исследований и разработок инновационных технологий, в том числе технологий гибких высокоинтегрированных энергетических систем с использованием автоматизации, роботизации, информатизации, цифровизации отрасли.

Финансирование и документы по ИЭЭ.

В России на реализацию ИЭЭ в рамках первого этапа (2016 – 2018 годы) выделено 13,772 млрд. руб. [17, с. 9]. Предварительная потребность в инвестициях на развитие ИЭЭ может составить 2,4-3,2 трлн. руб. в период до 2030 г.; при этом надо иметь ввиду, что даже при пессимистической оценке сценария развития ИЭЭ капиталовложения на интеллектуализацию электроэнергетики будут полностью компенсированы полученными эффектами (эффекты превысят затраты на 800 млрд. руб.) [21, с. 5]. В Европе инвестиции в интеллектуальные энергосистемы к 2030 году достигнут 1 млрд. евро [18]. В США на создание умных сетей инвестиции составили 11 млрд. долл., на экологически чистую энергию – 52 млрд. долл. [14, с. 7].

На сегодняшний день существует несколько документов, связанных с интеллектуализацией электроэнергетики: Технологическая Платформа «Интеллектуальная энергетическая система России» (в рамках перечня из 28 Технологических платформ, утверждённых Правительством РФ, Протокол от 01.04.2011 № 2); Основные положения концепции интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной сетью (одобрена на совместном заседании НТС ОАО «ФСК ЕЭС» и Российской академии наук, Москва, октябрь 2011); Технологическая Платформа «Интеллектуальная энергетическая система России» (Российское энергетическое агентство, Конев А.В., Москва, 2012); Доклад «Интеллектуальная электроэнергетическая система с активно-адаптивной сетью: структура, методические принципы, система управления» (Сибирское отделение Российской академии наук, Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева, Иркутск, 2013); Концепция реализации национального проекта «Интеллектуальная энергетическая система России» (разработана во исполнение поручения Президента Российской Федерации от 28.10.2014 № Пр-2533); Дорожная карта Национальной технологической инициативы «Энерджинет» (Министерство энергетики РФ, Текслер А.Л., Москва, 28.09.2016); План мероприятий («дорожная карта») по реализации национального проекта «Интеллектуальная энергетическая система России» (утверждён президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России, Протокол от 28.09.2016 № 4); Отчёт о разработке стратегической программы исследований технологической платформы «Интеллектуальная энергетическая система России» (Российское Энергетическое Агентство, Москва, 2018); План мероприятий («дорожная карта») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации Национальной технологической инициативы по направлению «Энерджинет» (утверждён распоряжением Правительства Российской Федерации от 28.04.2018 № 830-р).

Направления ИЭЭ.

Согласно [19, с. 3-4], основными технологическими направлениями интеллектуализации электроэнергетической системы России являются: 1) Измерительные приборы и устройства, включающие smart-счётчики и smart-датчики; 2) Накопители электроэнергии различного типа и назначения; 3) Устройства на основе высокотемпературной сверхпроводимости; 4) Усовершенствованные технологии и компоненты электрической сети: гибкие передачи переменного тока FACTS, сверхпроводящие кабели, полупроводниковая, силовая электроника, ограничители токов короткого замыкания; 5) Управляемые устройства с изменяемыми характеристиками на базе перспективных полупроводниковых приборов; 6) Электропередачи постоянного тока; 7) Усовершенствованные методы управления; 8) Системы самодиагностики оборудования в режиме «on-line»; 9) Системы управления нормальными, аварийными и послеаварийными режимами в реальном масштабе времени; 10) Технологии повышения качества элект-

трической энергии в сетях; 11) Цифровые подстанции.

Кроме того, нужно назвать и другие перспективные технологические направления: а) Экспертные системы в электроэнергетике; б) Smart grid; в) Активно-адаптивные сети; г) Облачные технологии в электроэнергетике; д) Эталонная архитектура сети; е) Специальная инновационная инфраструктура (полигон) для разработки и испытания новых технологических и технических решений в электроэнергетике.

Особое значение для ИЭЭ имеет разработка нейронных сетей в качестве средства моделирования поведения сложной системы как «системы систем» [8]. Направления научных исследований и разработок в сфере ИЭЭ подробно описаны в работах [22, с. 64-74; 19, с. 10].

Участники ИЭЭ.

В построении российской ИЭЭ принимают участие около 200 компаний, сред которых: магистральные и распределительные сети; генерация; возобновляемая энергетика; распределённая и малая энергетика; федеральные и региональные органы исполнительной власти; научные организации и ВУЗы; промышленные предприятия, производители оборудования; сбытовые организации; потребители электроэнергии; зарубежные компании. Координирует работу ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Минэнерго России [19, с. 2, 7]. Акционерное общество «Национальный Инжиниринговый Центр Энергетики» определён Министерством энергетики РФ ответственным исполнителем по реализации мероприятий «Дорожной карты Energy Net» Национальной технологической инициативы и Национальной программы «Интеллектуальная энергетическая система России» в части разработки технических и организационных решений для крупных энергетических систем, а также разработки открытых архитектур и реализации пилотных проектов по созданию малых интеллектуальных энергетических систем и соответствующих пилотных площадок и полигонов.

О результатах внедрения ИЭЭ в России по состоянию на 2018 год можно узнать из источника [20].

Зарубежный опыт в сфере ИЭЭ.

1) США: удвоена доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в генерации за три года; внедрено 40 млн. умных счётчиков; ужесточаются требования к производителям энергопотребляющих технологий; 2) Китай: снижается энергоёмкость; заменяются элементы энергосистемы, не соответствующие требованиям энергоэффективности; повышается доля ВИЭ в генерации; 3) Евросоюз: к 2020 г. будет снижен объём энергопотребления на 20%, а доля ВИЭ в генерации возрастёт до 20%; федеральное финансирование составляет 50% стоимости пилотных проектов [14, с7].

Преимущества ИЭЭ.

В самом общем виде преимущества от ИЭЭ можно сформулировать так: а) Предупреждение отказов оборудования; б) Снижение затрат на техобслуживание; в) Недопущение нанесения урона бизнесу из-за сбоев оборудования; г) Повышение эффективности операций; д) Анализ неструктуриро-

ванных данных, составляющих сейчас 80% информации в компаниях [12].

Кроме того, ИЭЭ позволит [15]: 1) Повысить надёжность электроснабжения; 2) Конфигурации системы восстанавливаться после аварийных отключений её элементов; 3) Поддерживать высокое качество электроэнергии; 4) Поддерживать высокую адаптацию элементов и системы в целом к изменению параметров внешней и внутренней среды; 4) Повысить информационное обеспечение и эффективность системы коммуникаций и координации действий региональных центров оперативного управления; 5) Прогнозировать и определять причины аварий, и получать нужную, своевременную информацию о состоянии генерирующего оборудования и сети, а также о вероятном дефиците мощности, его величине и дислокации; 6) Облегчить работу оперативного персонала, особенно в режиме реального времени и для быстропротекающих переходных процессов; 7) Эффективно осуществлять надёжное и экономичное управление режимом электроснабжения на всех уровнях диспетчерского управления.

ИЭЭ является органической частью технологического уклада информационной экономики, идущей на смену индустриальному типу экономики. В информационной экономике основными факторами производства являются интеллектуальный капитал и информация [15].

Эффект от ИЭЭ.

Ожидаемый суммарный эффект от внедрения в России ИЭЭ – до 50 млрд. руб. ежегодно, в том числе за счёт: а) Повышения до 30% пропускной способности линий электропередачи (20 млрд. руб./год); б) Сглаживания графиков нагрузки (15 млрд. руб./год); в) Экономии прироста установленной мощности электростанций на 3-5% с помощью снижения требуемого резерва мощности (8 млрд. руб./год); г) Снижения на 25% потерь электроэнергии в сетях всех классов напряжения (3 млрд. руб./год); д) Снижения в 2 раза недоотпуска электроэнергии потребителям (0,18 млрд. руб./год); е) Снижения на 30% вероятности системных аварий (0,12 млрд. руб./год) [10].

Общие положения концепции электроэкспертологии

Электроэкспертология (ЭЭЛ), или общая теория электротехнической экспертизы, является новым научным направлением в электротехнике и электроэнергетике. Это появившееся сравнительно недавно направление имеет свой понятийно-категориальный аппарат, свои принципы, теоретические положения, свою концепцию, методологию, методику. Разработке ряда аспектов ЭЭЛ посвящены работы [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Потребность в ЭЭЛ вытекает непосредственно из необходимости повысить уровень обоснованности заключений экспертов-электротехников, то есть, поднять на новый уровень их профессиональную деятельность. ЭЭЛ направлена на решение идентификационных, диагностических, ситуационных и иных экспертных задач в области электроэнергетики и электротехники. Становление ЭЭЛ должно пройти все стадии развития: от обобщения опыта производства экспертиз в электроэнергетической практике до

создания научного фундамента — общей теории электротехнической экспертизы и различных методик с учётом специфики объекта [1, с. 83].

Ядром ЭЭЛ является система категорий, необходимая в любой научной дисциплине. Категории являются отправными точками для проникновения научного мышления в сущность познаваемых объектов, процессов, явлений. Категории ЭЭЛ представлены в Таблице 1 [1, с. 84].

Цель ЭЭЛ — давать системное отображение категорий, общих для различных видов электроэкспер-

тиз, с учётом связей и отношений объекта исследования с другими системами, а также связей и отношений внутри самого объекта [1, с. 85]. Природа ЭЭЛ имеет синтетический характер, поскольку её специальная часть строится на конкретных электротехнических дисциплинах, а общая часть — на экспертологии. При этом ЭЭЛ не является простой совокупностью или комплексом разных наук, а представляет собой их слияние, обусловленное её целями, задачами и объектом исследования [1, с. 86].

Таблица 1. Виды и компоненты категорий

№№	Виды категорий	Компоненты категорий
1	<i>Общие</i>	Определение—Структура—Цель—Задачи—Объект—Предмет—Природа и др.
2	<i>Методологические</i>	Понятия—Принципы—Правила—Теоретическая база—Методология—Законы—Закономерности—Взаимосвязи—Отношения—Концепции—Парадигмы—Постулаты—Систематика—Классификации—Тенденции—Потенциал—Возможности—Перспективы—Развитие
3	<i>Инструментальные</i>	Подходы—Методы—Способы—Приёмы—Средства—Алгоритмы—Технологии—Механизмы—Критерии—Прогнозы—Функции
4	<i>Инфраструктурные</i>	Субъекты—Планирование—Организация—Реализация—Стадии—Деятельность—Качества эксперта-электрика и специфика его работы—Учреждения—Обеспечение—Атрибуты экспертного заключения
5	<i>Специальные</i>	Частные теории—Методики—Признаки—Качества—Особенности—Параметры—Показатели—Свойства—Сущность—Характеристики—Факторы—Явления—Процессы

Рекомендации по основным направлениям экспертных исследований в контексте интеллектуальной электроэнергетики

Автор полностью разделяет точку зрения из [9], изложенную в следующем абзаце.

«Интеллектуальная сеть является следующим эволюционным шагом после «умной» сети, и их основные отличия заключаются в структуре и динамике развития. В «интеллектуальной» сети на первое место выходят задачи оценки и управления рисками и согласование интересов множества субъектов системы, в то время как «умная» сеть решает задачи автоматизации и диспетчерского управления в условиях строгой иерархической структуры. Вначале будет происходить переход от аналоговых систем управления к цифровым с построением единой энергоинформационной системы, в результате чего мы получим «умные сети». Затем вслед за увеличением информации, субъектов и объектов управления потребуются интеллектуализация построенной на предыдущем этапе энергоинформационной системы. В результате, произойдёт переход от «умных» к «интеллектуальным» когнитивным сетям. Когнитивность — это способность человека воспринимать внешний мир путём образного мышления и выстраивать алгоритм формирования этого образа путём интеллектуального прогнозирования. Когнитивное мышление и на его основе прогнозирование выглядит иначе. В нём главную роль играют не цифры и установки заказчика прогнозов, а образная информация, выраженная в виде правил, условий и внутренней структуры, по которым существует и чем руководствуется каждая подсистема, звено прогнозируемой системы».

Исходя из этой точки зрения, а также с учётом приведённых выше общих положений концепции

электроэкспертологии, автором рекомендуются следующие основные направления экспертных исследований в контексте интеллектуальной электроэнергетики: 1) Экспертиза правил, предписаний, нормативных документов, связанных с разработкой, проектированием, построением и эксплуатацией элементов интеллектуальной электроэнергетической системы и ИЭЭ в целом (нормативный аспект); 2) Экспертиза возможных рисков в ИЭЭ в реальном времени (рисковый аспект); 3) Экспертиза условий функционирования ИЭЭ (функциональный аспект); 4) Экспертиза внутренней структуры ИЭЭ (технологический аспект); 5) Экспертиза внешнего окружения и влияющих на ИЭЭ различных факторов (факторный аспект); 6) Экспертиза аварий и неполадок в работе ИЭЭ, и выработка предложений по их преодолению и недопущению в будущем (технический аспект); 7) Экспертиза взаимодействия ИЭЭ с окружающей средой (экологический аспект); 8) Экспертиза влияния интеллектуальных электрических сетей на здоровье человека (медицинский аспект); 9) Экспертное прогнозирование будущего поведения ИЭЭ (прогнозный аспект); 10) Экспертиза эффективности ИЭЭ (экономический аспект); 11) Экспертиза влияния ИЭЭ на социальную инфраструктуру (социальный аспект); 12) Экспертиза перспектив развития ИЭЭ на основе накопленной информации о её работе и современных мировых трендов технической эволюции (эволюционный аспект).

Общие выводы по результатам исследования

1) Проанализированы текущие тенденции и названы основные технологии в сфере интеллектуальной энергетики; 2) Впервые установлена взаимосвязь интеллектуальной трансформации отрасли с электроэкспертологией, и предложены рекомендации по направлениям проведения экспертных исследо-

ваний в контексте интеллектуализации электроэнергетики (установленная взаимосвязь и предложенные рекомендации является элементом научной новизны); 3) Раскрытая тема актуальна, поскольку связана с актуальными проблемами интеллектуализации и экспертизы в электроэнергетике; 4) В качестве направлений дальнейших исследований, связанных с

затронутой темой, могут быть экспертные исследования по конкретным технологиям интеллектуальной электроэнергетики, названным в аналитическом обзоре. 5) Результаты работы могут быть востребованы всеми интересующимися электротехнической экспертизой и интеллектуализацией электроэнергетики.

Литература

1. Жуков О.А., Ушаков В.Я. Экспертиза в энергетике и электротехнике. Генезис электроэкспертологии // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 322. - №4. – С. 82-87.
2. Zhukov O.A., Ushakov V.Ya. The Power Expertology Concept. 9th International Conference on «Technical and Physical Problems of Electrical Engineering» (ICTPE 2013). Istanbul-Turkey. 2013. - № 100. - 9-11 September. P. 474-476.
3. Zhukov O.A., Ushakov V.Ya. Methodology of the Power Express Examinations. 11th International Conference on «Technical and Physical Problems of Electrical Engineering» (ICTPE 2015). Bucharest-Romania. 2015. - № 25. - 10-12 September. P. 114-122.
4. Жуков О.А. Методические основы энергетической экспресс-экспертизы / О. А. Жуков // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 10. – Часть 2. – С. 58–65. DOI: 10.18454/IRJ.2015.41.204.
5. Zhukov O.A., Ushakov V.Ya., “Conceptual and methodological basis of power express examination”, International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (IJTPE), Issue 25, Vol. 7, No. 4, pp. 39-48, December 2015.
6. Zhukov O, Ushakov V, Plotnikov A, Svechnikova T. Applied Aspects of Theoretical Bases of Express Examination in Electric Power Industry. Indian Journal of Science and Technology. 2016; 9 (27):1-7. DOI: 10.17485/ijst/2016/ v9i27/97585.
7. Жуков О. А. Аспекты цифровизации электроэнергетики и электротехнической экспертизы / О. А. Жуков // 51я Международная научная конференция Евразийского Научного Объединения (30-31 мая 2019 г.). Стратегии устойчивого развития мировой науки // Сборник научных работ 51й Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения (г. Москва, май 2019). — Москва: ЕНО, 2019. — 584 с. — С. 121-125. DOI: 10.5281/zenodo.3242081.
8. Бушуев В.В., Каменев А.С., Кобец Б.Б. Энергетика как инфраструктурная «система систем»: [сайт]. [2016]. URL: <http://projects/energy> (дата обращения: 27.06.2019).
9. Бушуев В.В., Сокотущенко В.Н. Интеллектуальное прогнозирование в энергетике: [сайт]. [2016]. URL: <http://projects/energy> (дата обращения: 27.06.2019).
10. Глушенко П.В. Интеллектуализация сетей и совершенствование интеллектроники – императивы эффективности организации производства и управления им в электроэнергетике России // Управление экономическими системами. Электронный научный журнал. 2012. № 9.
11. Куканов А.В., Моржин Ю.И. Архитектура систем управления данными для интеллектуальной энергетики // Энергия единой сети. 2013. № 4 (9). С. 5.
12. Кирова Е. Как искусственный интеллект применяют в российской энергетике: [сайт]. [2018]. URL: Как искусственный интеллект применяют в российской энергетике (дата обращения: 27.06.2019).
13. Борисова Е. Интеллектуальные технологии в энергетике: [сайт]. [2010]. URL: <https://promvest.info/ru/inzhenernyie-seti-zhkh/intellektualnyie-tehnologii-v-energetike/> (дата обращения: 27.06.2019).
14. Щетинин С. Тенденции развития интеллектуальных технологий в международной и российской электроэнергетике. [Электронный ресурс]: презентация от 19.09.2012. URL: Accenture.
15. Ковалёв Г. О направлениях инновационного развития электроэнергетики России: [сайт]. [2015]. URL: <http://svom.info/entry/166-innovacionnoe-gazvitie/> (дата обращения: 27.06.2019).
16. Кононенко В.Ю. Мы за системную «интеллектуализацию» отечественной электроэнергетики: [сайт]. [2018]. URL: news/1207 (дата обращения: 27.06.2019).
17. План мероприятий («дорожная карта») по реализации национального проекта «Интеллектуальная энергетическая система России» (утверждён президентом Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России, Протокол от 28.09.2016 № 4).
18. Инновационные технологии. Интеллектуальная энергетика: [сайт]. URL: [VibroPower / Главная / Пресс-центр / Статьи](http://vibro-power.ru/) (дата обращения: 27.06.2019).
19. Конев А.В. Технологическая Платформа «Интеллектуальная энергетическая система России». [Электронный ресурс]: ФГБУ «Российское энергетическое агентство», Москва, 2012.
20. Отчёт о выполнении проекта реализации технологической платформы «Интеллектуальная энергетическая система России» (ТП ИЭС) в 2018 году и план действий ТП ИЭС на 2019 год. [Электронный ресурс]: ФГБУ «Российское энергетическое агентство», Москва, 2019.
21. Задорожний А.В., О कोरोков Р.В. Основные эффекты реализации технологической платформы «Интеллектуальная энергетическая система России» // Вестн. Ивановского гос. энергетического ун-та. 2013. Вып. 2.



www.esa-conference.ru

22. Отчёт о разработке стратегической программы исследований технологической платформы «Интеллектуальная энергетическая система России». [Электронный ресурс]: ФГБУ «Российское энергетическое агентство», Москва, 2018.