



Цифровая трансформация энергетического сектора посредством реализации технологических решений smart grid в России и за рубежом

Армашова-Тельник Г.С., к.э.н., доцент, и.о. зав. кафедрой Программно-целевого управления в приборостроении,
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург, Россия

Соколова О.Л., к.э.н., Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. В настоящее время, технологический прогресс является главной идеей развития промышленности и, в частности, энергетики в мире и в России. Современное общество стремительно прогрессирует, в первую очередь, из-за развития и внедрения новых технологий во все сферы деятельности человека. Развитие и внедрение технологии Smart Grid в работу является актуальной задачей для многих электросетевых компаний по всему миру, так как данная система полностью автоматизирует работу сети и может обеспечить надежную защиту от обрывов, скачков напряжения и коротких замыканий. Технология Smart Grid представляет не только модернизацию оборудования, но и внедрение полного автоматического управления электросетями. В результате чего создается гибкая система, которая поддерживает связь между генераторами энергии и потребителями.

Ключевые слова: цифровая трансформация, решения smart grid, интеллектуальные сети, энергосектор

Digital transformation of the energy sector through the implementation of smart grid technology solutions in Russia and abroad

Armashova-Telnik G.S., Candidate of Economics, Associate Professor, Acting Head of the Department of Program-Target Management in Instrumentation, St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, St. Petersburg, Russia
Sokolova O.L., Candidate of Economics, St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, St. Petersburg, Russia

Annotation. Currently, technological progress is the main idea of the development of industry and, in particular, energy in the world and in Russia. Modern society is rapidly progressing, primarily due to the development and introduction of new technologies in all spheres of human activity. The development and implementation of Smart Grid technology in operation is an urgent task for many power grid companies around the world, as this system fully automates the operation of the network and can provide reliable protection against breakages, voltage surges and short circuits. Smart Grid technology represents not only the modernization of equipment, but also the introduction of full automatic control of power grids. As a result, a flexible system is created that maintains communication between energy generators and consumers.

Key words: digital transformation, smart grid solutions, smart grids, energy sector

Ключевую роль в реализации концепции Smart Grid играют организационные и технологические аспекты. Организационная сложность связана с интересами большого числа различных заинтересованных сторон и их целями в то время, как технологическая сложность включает производство компонентов, техническую реализацию сетей, надежность, безопасность и конфиденциальность. Недостаточность стандартизированных механизмов стимулирования инвестиций в программы по повышению качества

электроэнергии, а также малое внимание к результатам применения технологии Smart Grid представляют собой проблемные зоны реализации технологий Smart Grid и ведут к снижению темпов развития и внедрения данной концепции в различные отрасли.

Smart Grid¹ (Умная, интеллектуальная сеть) – термин, обозначающий интеллектуальную сеть на основе цифровых технологий. Эта система позволяет осуществлять мониторинг, анализ, контроль и коммуникацию в цепи поставок, направленная на повышение эффективности и снижение потребления энергии, а также максимизировать прозрачность и надежность поставок электроэнергии

«Интеллектуальная» сеть Smart Grid была введена с целью преодоления недостатков традиционных электрических сетей за счет использования современных приборов контроля и учета. Первое упоминание термина «Smart Grid» можно найти в работе Майкла Берра² 2003 года «Технологический коридор. Требования надежности будут стимулировать инвестиции в автоматизацию». Майкл Берр выделил преимущественные эффекты развития Smart Grid, такие как, совмещение энергосистемы с системами коммуникаций для формирования комплексной информационно взаимной системой в online формате, создания широкого спектра преобразований в системе учета, оптимизацию ресурсного сектора, рост экономически и качественно эффективности энергопотребления. Формально определение Smart Grid как «умной сети» появилось уже через несколько лет после работы Майкла Берра в Законе от 2007 года, регулирующим развитие энергетики и одобренном Конгрессом США [1]. План мероприятий по данному документу отражал следующее:

1. Необходимость использования «умных» сетей в целях повышения надежности и эффективность генерации электроэнергии;
2. Внедрение «умных» технологий для учета проводимых измерений и

¹ SMART является аббревиатурой, расшифровка которой: Specific (Конкретный), Measurable (Измеримый), Achievable or Attainable (Достижимый), Relevant (Значимый) и Time bound (Ограниченный во времени). Это значит, что цели, которые ставит перед собой осуществление концепции Smart Grid должны отвечать всем этим требованиям

² Майкл Т. Берр (Michael T. Burr) – главный редактор Fortnightly, аналитик и писатель из Миннесоты, основатель Burr Energy LLC dba Microgrid Institute и Microgrid Finance Group

возможности коммуникации о процессах в сети;

3. Оптимизация проводимых операций и потребления ресурсов с обеспечением полной информационной безопасности;

4. Предоставление клиентам информации об объемах потребления ресурсов в режиме реального времени;

5. Возможность непрерывного управления балансом спроса и предложения электроэнергии.

Рассматривая концепцию Smart Grid необходимо отметить, что в России большее распространение получил термин ИЭС ААС, клиенто-ориентированную электроэнергетическую систему нового поколения, активизирующую деятельность стейкхолдеров и оптимизирующую процессы ресурсораспределения и потребления на базе единой интеллектуальной системы управления. В частности, реализация концепции Smart Grid играет значительную роль для энергетического сектора. Системы Smart Grid и составляющие их элементы внедряются в существующие энергосети и позволяют снизить количество аварий и потерь электричества, оптимизировать расход электроэнергии, а также повысить КПД работы электросетей. Учитывая мировой опыт в освоении технологии Smart Grid за последние годы [2] был сформулирован ряд аспектов, которым отвечает рассматриваемая концепция вне зависимости от области функционирования, например, доступность, надежность, экономичность, эффективность и безопасность. Так, разрабатывая и внедряя новые технологии в производство, в соответствии с данной концепцией решения должны обеспечивать и максимально оперативное предоставление электроэнергии потребителям, и экологическую безопасность в промышленном секторе (рис. 1).

«Умная» сеть Smart Grid разработана для преодоления перегрузок сети, а также для удовлетворения спроса и поддержания поставок электроэнергии. Выделим ряд отличий функционирующей сети (традиционной) и сети Smart Grid (табл. 1, sciencedirect.com) [3].

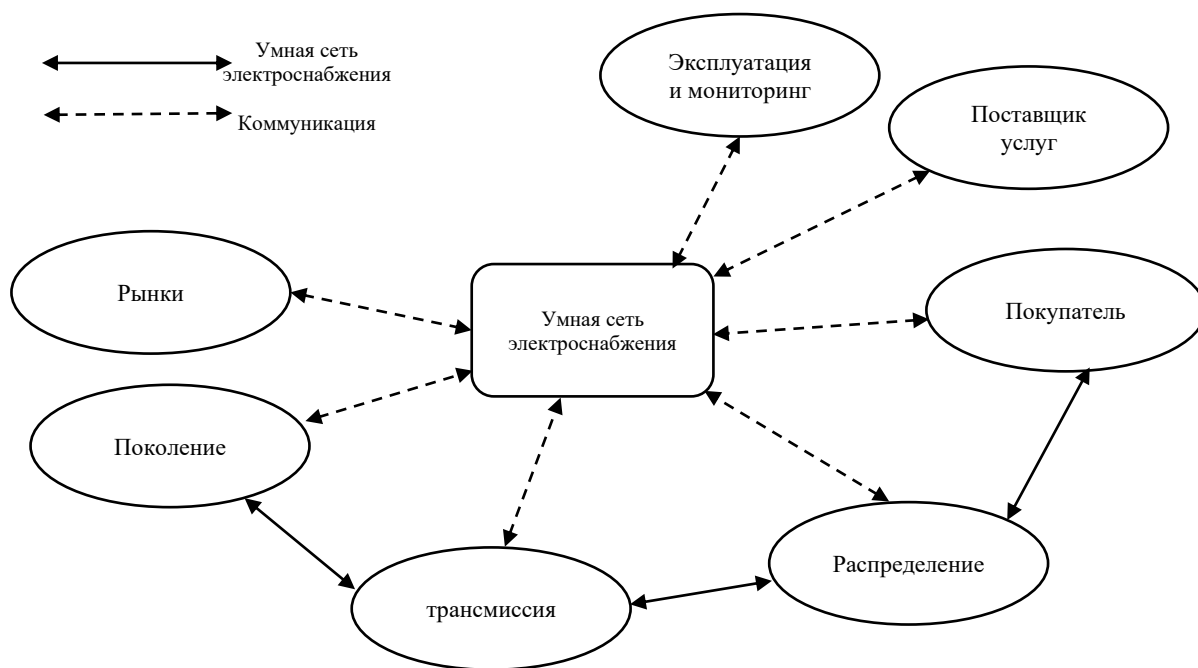


Рис. 1 – Реализация взаимодействия процессов в сети Smart Grid

Таблица 1

Сравнение характеристик ключевых параметров традиционной и интеллектуальной сетей

Параметры	Традиционная сеть	Smart Grid
Тип системы	Радиальная топология (электроэнергия вырабатывается электростанцией, передается по линии электропередачи и распределяется на уровне распределения)	Децентрализованная топология (электроэнергия генерируется и передается несколькими способами на уровнях передачи и распределения)
Коммуникация	В одну сторону (не на основе реального времени)	Двунаправленный способ (на основе реального времени)
Нарушение реабилитации	Вручную	Самовосстановление
Управление потоком энергии	Ограничено	Полностью автоматизирован
Вовлеченность потребителей	Без участия	Широкое участие и возможность стать просьюмером
Измерение	Электромеханический (не в реальном времени)	Цифровой (в реальном времени)
Надежность	Склонность к сбоям и выходу из строя	Автоматизированная

Подчеркнем, что современная конъюнктура в данной области

исследований демонстрирует высокую активность реализации проектов умных сетей Smart Grid в ряде стран таких, как Китай, Япония, Канада, Бразилия, Германия, Австралия. При этом, лидерами в исследованиях данной области, по количеству представленных публикаций, являются Китай (16 %) и США (14 %), Россия занимает 20-е место (1,3 %). Так, в Китае, в отличие от большинства других стран, где правительство играет ведущую роль в развитии Smart Grid (рис. 2, 3), высокую значимость приобрели сетевые компании, такие как State Grid Corporation of China (SGCC) и China Southern Power Grid (CSG) [4]. Эти две компании берут на себя почти всю деятельность по передаче, распределению, диспетчеризации и обслуживанию клиентов в Китае.

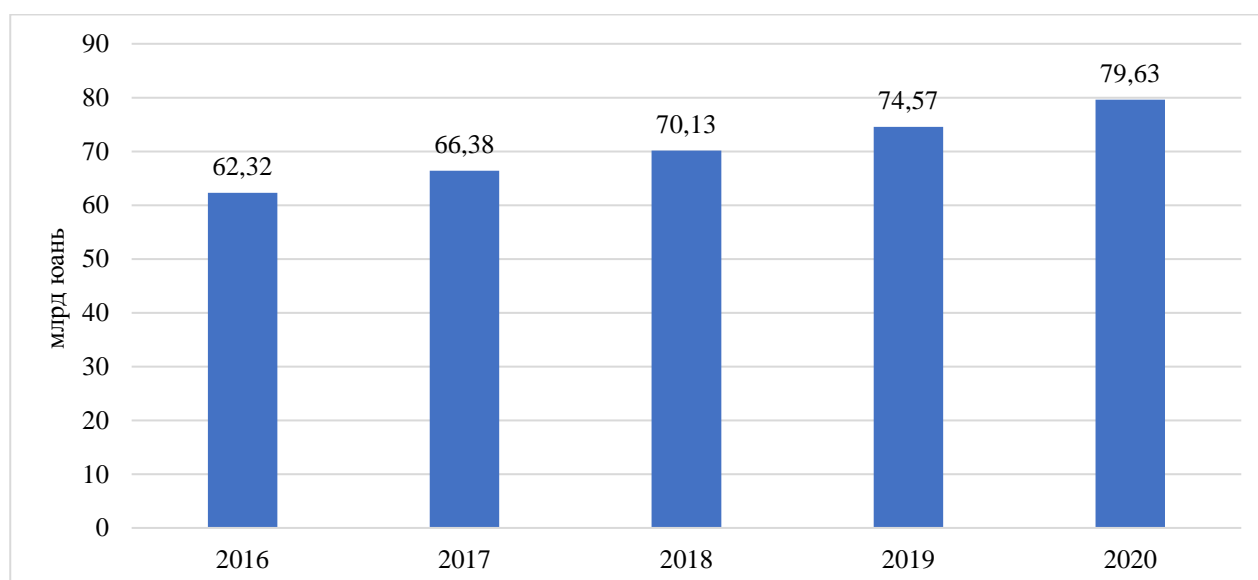


Рис. 2 – Размер рынка Smart Grid в Китае 2016–2020 гг., statista.com

В мае 2009 года Государственная сетевая корпорация Китая опубликовала свое видение и дорожную карту развития для построения Strong Smart Grid (SSG) [5]. В ноябре 2009 г. Министерство науки и технологий MOST (Ministry of Science and Technology) выпустило специальный отчет, посвященный исследованиям и разработкам технологий, связанных с Smart Grid, в Китае. В марте 2011 года, в 12-м пятилетнем плане национального экономического и социального развития продвижение интеллектуальных сетей, повышение пропускной способности энергосистемы по распределению ресурсов и повышение надежности электроснабжения были взяты в качестве ключевых задач для обеспечения перехода энергосистемы. Это послужило включению

Smart Grid в национальную энергетическую политику Китая. Необходимо отметить, что общий размер рынка индустрии интеллектуальных сетей Китая в 2020 году составил почти 80 млрд юаней, а к концу 2021 года он, по оценкам, вырастет примерно до 85,5 млрд юаней (рис 4) [4].



Рис. 3 – Общее энергоснабжение по источникам, Китая, 2011–2020 гг., iea.org

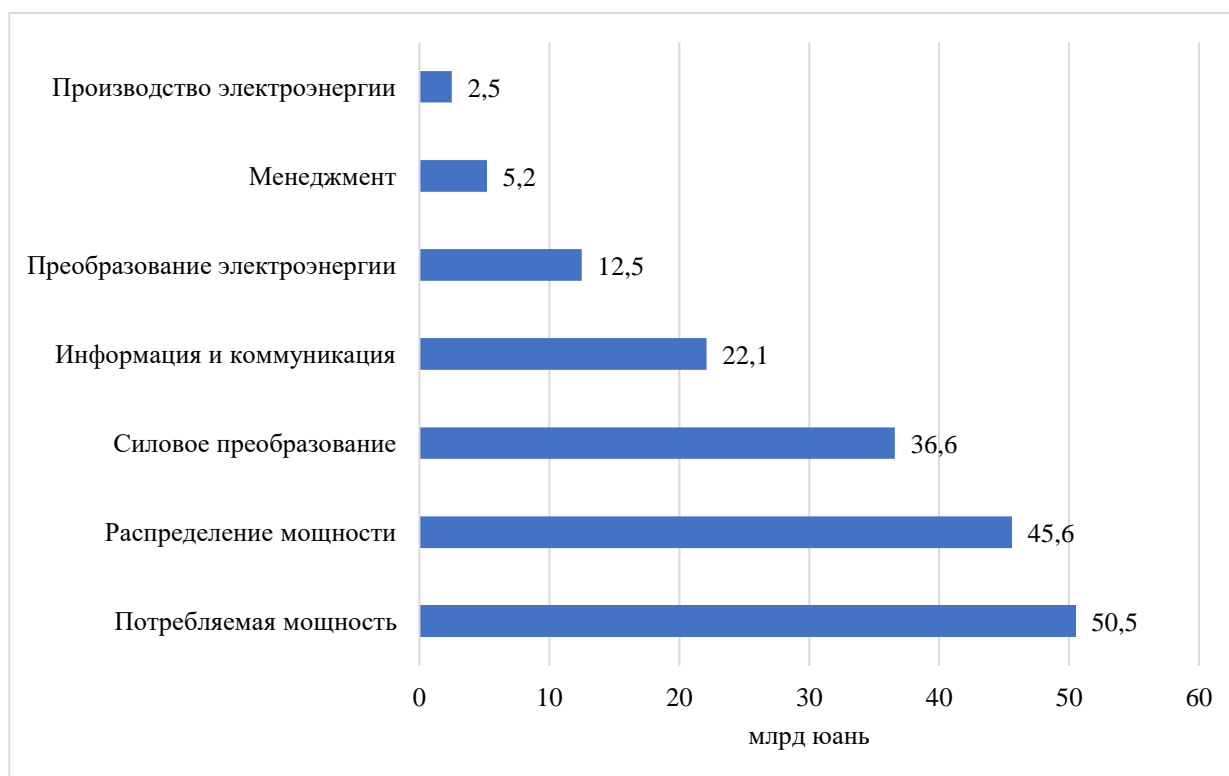


Рис. 4 – Сегментное распределение инвестиций в интеллектуальные сети в Китае 2016–2020 гг. в зависимости от стоимости инвестиций, statista.com

Особенностью японской энергосистемы по сравнению со другими развитыми странами является стагнация потребления электроэнергии (и даже его падение в небольших муниципалитетах за пределами городских центров), в то время как в большинстве развитых стран наблюдался ее рост. Кроме того, стабильность сети традиционно была одним из главных приоритетов в Японии, и интеллектуальные сети Smart Grid считаются мерой, которая может способствовать устойчивости сети в Японии (рис. 5).[5]

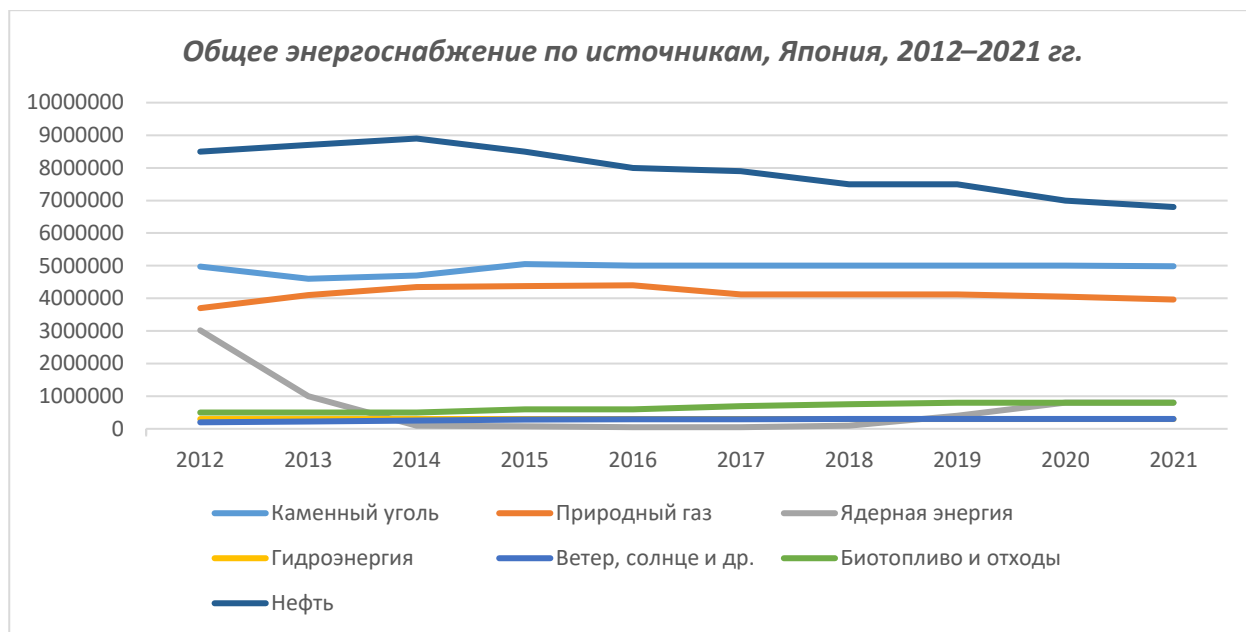
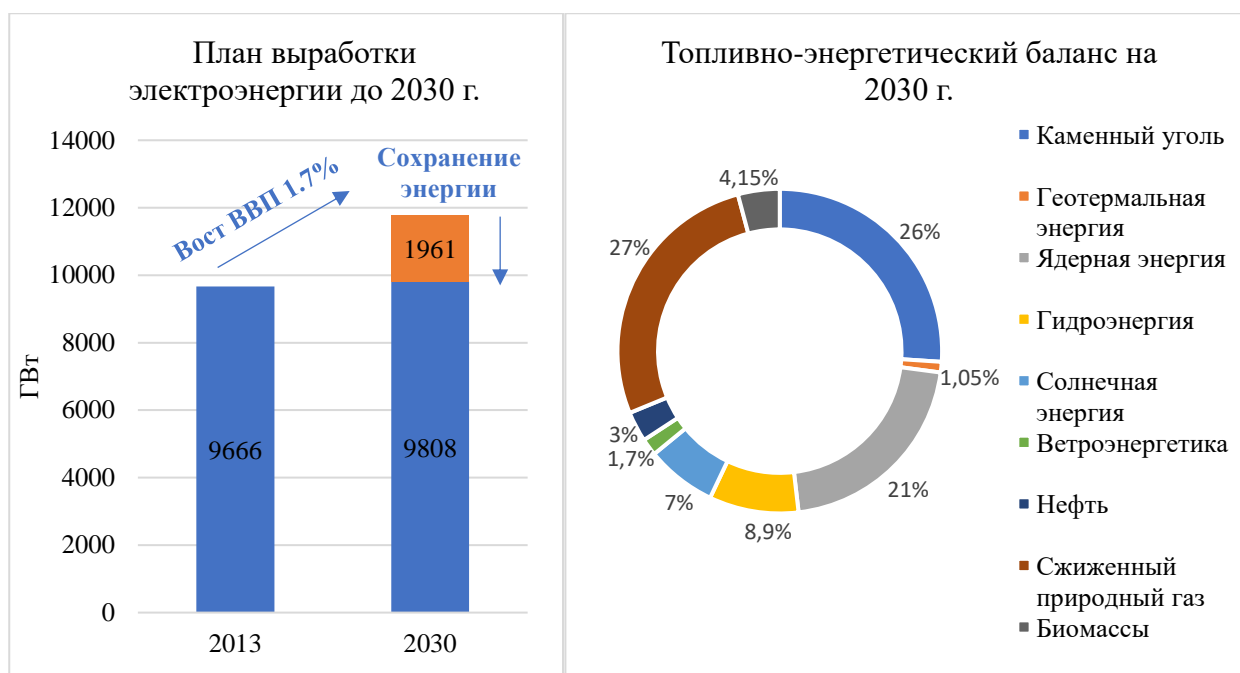


Рис. 5 – Общее энергоснабжение по источникам, Япония, 2012–2021 гг., iea.org

За последние несколько лет все предприятия страны взяли курс на умные измерения энергии, поставив перед собой цель – оснащение соответствующими приборами в общей сложности 80 млн. жилых комплексов. И уже в 2015 году Япония превзошла Китай по объёму инвестиций в Smart Meters. Также в 2015 году были созданы Японская электроэнергетическая биржа JPEX (Japan Electric Power Exchange), частная форвардная и спотовая биржа электроэнергии, а также Организация межрегиональной координации операторов электропередач ОССТО (Organization for Cross-regional Coordination of Transmission Operators). Перед ОССТО была поставлена задача сбалансировать спрос и предложение на всей территории Японии и координировать работу операторов системы передачи и распределения для обеспечения надлежащей передачи как в нормальных, так и в чрезвычайных ситуациях. Он имеет право приказывать коммунальным

предприятиям увеличивать выработку электроэнергии, когда это необходимо, и приказывать строительство новых линий электропередачи. Членство в ОССТО обязательно для всех производителей электроэнергии Японии. В 2017 году 4 из 10 энергосбытовых компаний объявили о своем намерении создать общенациональный рынок резервной энергии с целью снижения затрат и учета растущей доли возобновляемых источников энергии. Но несмотря на быстрый рост мощности возобновляемых источников энергии, в особенности солнечной, общая доля возобновляемых источников энергии в производстве электроэнергии достигла лишь 14,8% в 2016 году. Крупные гидроэлектростанции остаются крупнейшим источником энергии, на долю которых приходится 7,5% от общего объема производимой электроэнергии. В 2016 финансовом году доля солнечной фотоэлектрической энергии составила 4,8%, биомассы - 1,7%, ветра - 0,6% и геотермальной энергии - 0,2%. Доля переменных возобновляемых источников энергии (ВИЭ) составила менее 6%. В 2016 финансовом году на долю атомной энергетики приходилось всего 2%. Остальная часть электроэнергии, более 80%, вырабатывалась из ископаемых топлива [6]. Рассматривая промышленный сектор Японии в целом, необходимо также упомянуть компанию ТЕРСО (Токуо Electric Power Company). ТЕРСО является крупнейшей энергетической компанией Японии, эксплуатирующей 195 электростанций общей мощностью 62 ГВт, а также компанией, которая внедряет передовые технологии в свои энергетические сети по мере развития мировых тенденций. Однако данная компания не имеет полной автономии в выборе портфеля топливной смеси, на которую сильно влияет политика правительства. В связи с этим поднимается важный вопрос о роли возобновляемых источников энергии — важного игрока в эпоху умных сетей. Правительством Японии планируется довести долю возобновляемых источников энергии до 23%, но энергия ископаемого топлива по-прежнему составляет 56%, а ядерная энергия должна быть восстановлена до 21% (рис. 6).[7]



**Рис. 6 – Планы выработки энергии и топливного баланса METI до 2030 года
Японию, digital.hbs.edu**

Обоснованность этого плана распределения энергии широко обсуждается, но все могут согласиться с тем, что существуют значительные неопределенности, связанные с будущим использованием ископаемого топлива и ядерной энергии. В случае, если ТЕРСО проявит активность и вовлеченность в усилении роли возобновляемых источников энергии, компания может стать главной ведущей силой в мировой технологии Smart Grid.

Однако, при достаточно высоком уровне развития технологии Smart Grid в Китае и в Японии, одним из мировых лидеров в данном секторе является Канада. Здесь программа Smart Grid является одной из целевых национальных программ Министерства природных ресурсов Канады. В 2018 году правительство Канады объявило о приеме предложений на сумму 100 миллионов долларов для финансирования большего количества систем интеллектуальных сетей. Инвестиции, полученные в результате этого конкурса предложений, будут поддерживать более масштабные демонстрации перспективных почти коммерческих технологий интеллектуальных сетей и развертывание проверенных интегрированных систем интеллектуальных сетей для сокращения выбросов парниковых газов, что позволит лучше использовать существующие

электроэнергетические активы, стимулируя инновации и создавая чистые рабочие места. Большая часть энергии Канады вырабатывается за счет гидроэлектроэнергии, угля, ядерной энергии и возобновляемых ресурсов. В 2019 году Канада добывала 4,7 млн баррелей нефти в сутки. Ожидается, что к 2030 году общий объем производства увеличится до 5,8 млн. б/сут. Также, по данным Канадского энергетического регулятора, в 2015 году установленная солнечная мощность в Канаде составляла около 2100 МВт или около 1,5% энергетической мощности Канады, а по данным Канадской ассоциации ветроэнергетики, в 2018 году общая установленная мощность ветра в Канаде составляет 12 800 МВт, или около 6% потребности Канады в электроэнергии (рис. 7). [5]

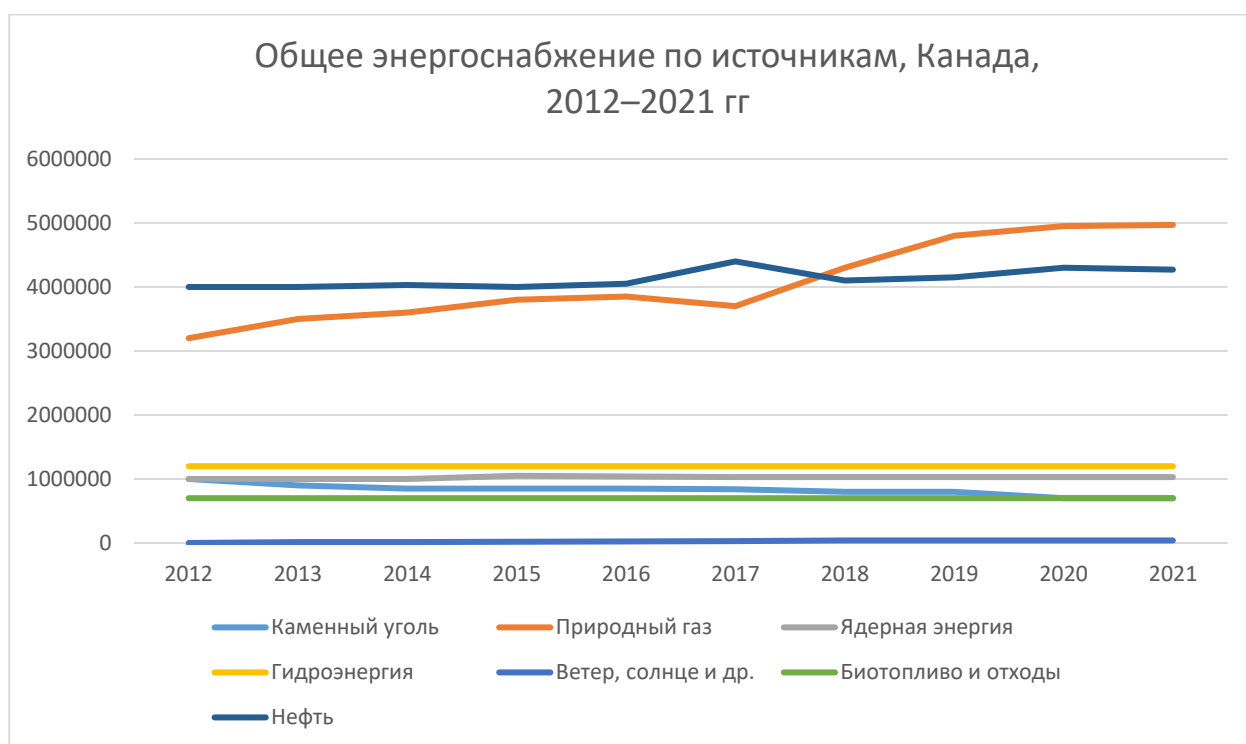


Рис. 7 – Общее энергоснабжение по источникам, Канада, 2011–2020 гг., iea.org

Канада имеет одну из самых чистых систем электроснабжения в мире, где 80% электроэнергии производится из источников, не производящих выбросов. Однако в погоне за низкоуглеродной экономикой электроэнергетическому сектору придется увеличить пропускную способность сети, заменив источники генерации с выбросами экологически чистыми источниками, такими как ВИЭ. Дополнительные мощности сети потребуются для электрификации таких секторов, как транспорт, промышленные процессы и здания, стремящихся

использовать систему чистого электричества для сокращения соответствующих выбросов. Кроме того, крупные централизованные генерирующие установки больше не являются единственным источником питания для энергосистемы, поскольку также внедряются децентрализованные системы возобновляемых источников энергии [8]. Изменчивость источников возобновляемой энергии, таких как солнечная фотоэлектрическая энергия и ветер, требует новых технологий, которые включают варианты гибкости сети, чтобы обеспечить надежность и отказоустойчивость сети при переходе к более чистой модернизированной сети.

Подчеркнем, что в мировом масштабе можно говорить о динамичном росте контроля качества энергии посредством реализации решений в области интеллектуальных средств (рис. 8).[5]



Рис. 8 – Внедрение интеллектуальных счетчиков на ключевых рынках, 2017–2021 гг., *iea.org*

При этом, рассматривая внедрение технологических решений Smart Grid, в том числе и ИКТ-инфраструктуры³, в целом наблюдается определенная неравномерность распределения инвестиций в различные области. Это может быть связано как непосредственно с уровнем развития отдельных областей, так

³ ИКТ-инфраструктура (Information communication technology infrastructure) – это совокупность средств вычислительной техники, телекоммуникационного оборудования, каналов передачи данных и информационных систем, средств коммутации и управления информационными потоками, а также организационных структур, правовых и нормативных механизмов, обеспечивающих их эффективное функционирование

и с заинтересованностью стейкхолдеров в их развитии (рис. 9). [5]

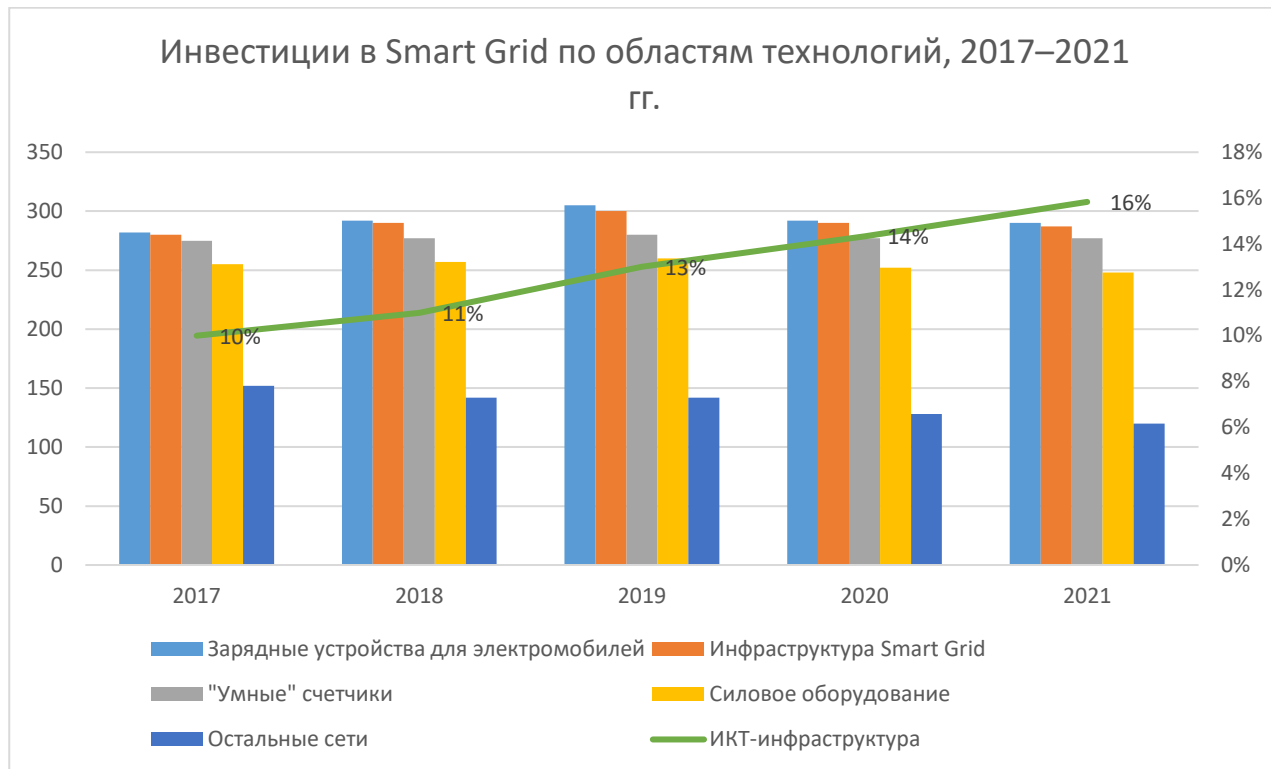


Рис. 9 – Инвестиции в Smart Grid по областям технологий, 2017–2021 гг., iea.org

Отметим, что мировой опыт внедрения систем «умных» сетей, дает возможность оценить экономическую эффективность от реализации проектов Smart Grid (рис. 10) [9]

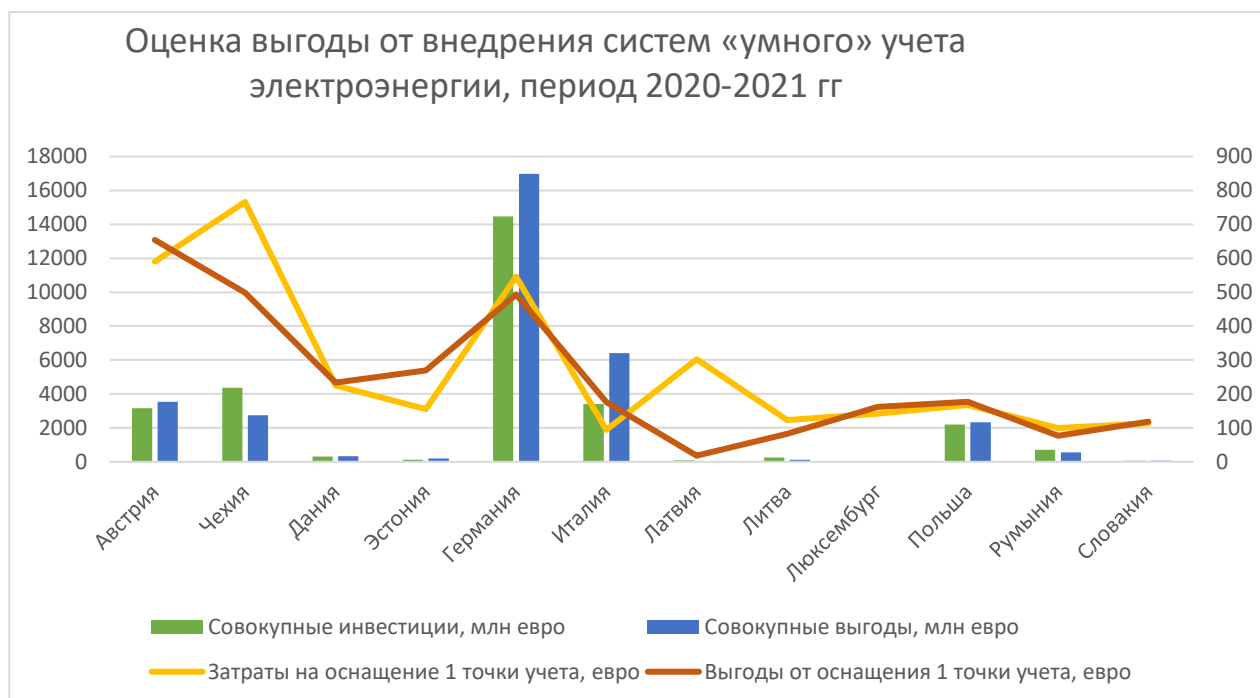


Рис. 10 – Преимущества внедрения систем «умного» учета электроэнергии в энергосистему, период с 2020 – 2021 гг, tadviser.ru

Данные рис. 10 демонстрируют, что для большинства рассмотренных стран, выгоды от оснащения систем учета электроэнергии Smart Grid превышают совокупные затраты на их внедрение. В российской энергосистеме генерация и использование электроэнергии находится в гармоничном состоянии в целом, однако анализируя ситуацию по регионам, можно констатировать отсутствие равновесия в производстве и потреблении энергии (рис. 11). [9, 10]



Рис. 11 – Производство и потребление электроэнергии по субъектам Российской Федерации за 2020-2021 гг, rosstat.gov.ru

В России развитие технологии Smart Grid происходит в рамках программы «Дорожная карта» «Энерджинет⁴». Уже к июню 2016 года в России было внедрено более 6 тысяч систем. Также с 2011 по 2015 года демонстрировал устойчивый рост: в 2011 году совокупные продажи подобных решений в целом по стране составили в 1,3 млрд. руб., а по итогам 2015 года объем рынка оценочно составил 1,9 млрд. руб. Однако, в настоящее время, в России,

⁴ План мероприятий «Энерджинет» разработан с целью достижения объема выручки российских компаний, составляющей не менее 40 млрд. долл. в год, на мировом рынке комплексных систем и сервисов интеллектуальной энергетики

противоречия между стейкхолдерами энергосектора, отсутствие четкого понимания структуры и функционала системы тормозят проекты по разработке и интеграции технологических решений Smart Grid. Тогда как согласно данным статистических исследований [11] прогнозируется рост потребности в электроэнергии (рис. 12) [12]

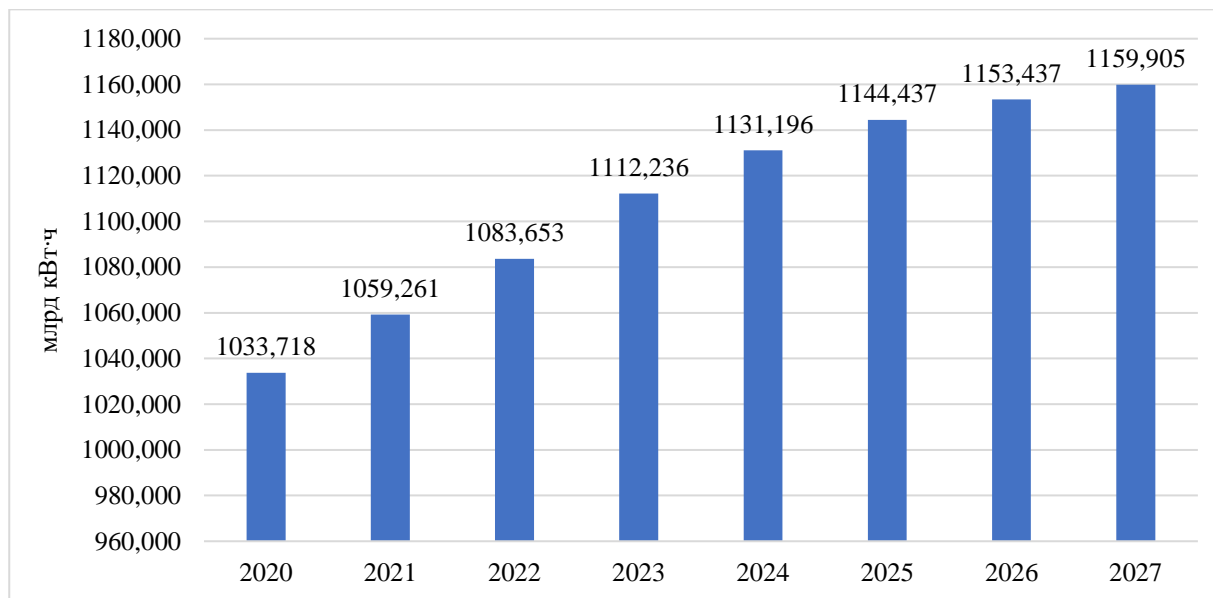


Рис. 12 – Прогноз спроса на электрическую энергию по ЕЭС России на период до 2027 года, млрд кВт·ч, <https://bazanpa.ru/minenergo-rossii-prikaz>

Таким образом, можно констатировать, что задачу стратегической интенсификации энергосектора невозможно решить без включения в инфраструктуру энергосистемы технологий smart grid, как неотъемлемого комплекса инструментария для развития промышленного сектора России, в частности, электроэнергетической отрасли [10]. При этом, отвечающие современным технологическим и экономическим вызовам, интеграция технологий smart grid сопровождается значительными экономическими преимуществами (минимизация издержек как при генерации, потреблении и хранении электроэнергии) (табл. 2) [13, 14].

Необходимо отметить, что в энергосекторе России интеграционные проекты Smart Grid базируются на изученном опыте функционирования интеллектуальных сетей в других странах. На основании статистических данных [9], сформированы прогнозы по преимущественным эффектам

применения технологических решений Smart Grid (рис. 13)

Таблица 2

Экономические эффекты от внедрения и развития Smart Grid в России

Экономические эффекты от внедрения и развития Smart Grid в России				
Эффект	2020	2021-2025	2026-2030	всего 2018-2030
Снижение потребности в генерирующей мощности, ГВт*ч	8,32	16,32	11,73	36,37
Экономия топлива на ТЭС за счет снижения необходимой выработки и оптимизации режимов, млн т.у.т.	4,7	44,1	124,8	173,6
Экономия топлива на ТЭС за счет снижения необходимой выработки и оптимизации режимов, ГВт*ч	40,8	382,86	1083,47	1507,13
Снижение эмиссии парниковых газов за счет снижения расхода топлива (из расчета 600 руб./т), млн руб.	5040	45360	128160	178560
Экономия капиталовложений в отрасли за счет масштабов необходимого прироста мощностей, млн руб.	782254	583368	604469	1970091

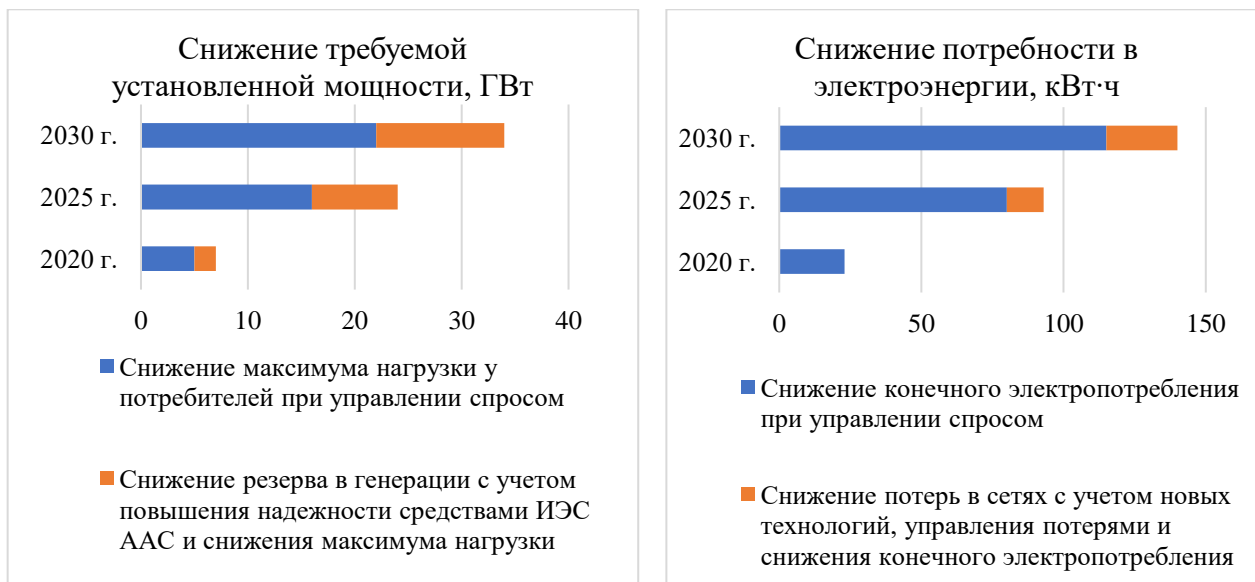


Рис. 13 – динамика снижения требуемой мощности и потребности в электроэнергетике России при интеграции концепции Smart Grid, <https://www.tadviser.ru/index.php/>, Концепция интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью

Таким образом, качество энергопотребления, в том числе формат

предоставления сервисов по сопровождающим процессам (передача, хранение, самостоятельного консолидирования и диверсификации ряда услуг) удовлетворяет требованиям большей части стейкхолдеров при реализации инженерных решений в Smart Grid. В настоящее время, пилотные проекты разрабатываются (в различном объеме реализуются) энергопредприятиями «НТЦ Россети ФСК ЕЭС», ОАО «Башкирская электросетевая компания», ОАО «ЕвроЭнергоИнжинирнг», «Янтарьэнерго». При этом, результирующие эффекты уже функционирующих механизмов «умной» сети демонстрируют положительную тенденцию по снижению издержек бизнес-процессов субъектов хозяйствования промышленного сектора. Необходимо отметить, что реализация мероприятий по внедрению и развитию Smart Grid обуславливает потребность в полнофункциональной системе, обеспечивающей возможность распределять вычислительную нагрузку между вычислительными машинами, позволяющей максимально оперативно вносить коррективы в объекты системы управления, предоставляющей возможности многопользовательской разработки, а также поддержку технологических процессов на площадке централизованной системе информационной безопасности. Учитывая все перечисленные факторы, а также проведенный анализ внедрения Smart Grid в разных странах сформулируем ряд проблемных зон, тормозящих переход энергосектора к «умным» сетям в России (рис. 14).

С учетом факторов влияния на эффективность реализации проектов Smart Grid, целесообразно формировать систему интелектсетей как структуру из взаимосвязанных элементов, поддерживающих конкретные функциональные области, включающих в себя генерацию и распределение энергии, и образовывать единую информационную среду. Также, при реализации интеграционных процессах Smart Grid в производство необходимо, рассматривая долгосрочную перспективу, определить, регламентирующие процессы внедрения и функционирования; алгоритмы механизмов бонусов, льгот и привилегий; стандартизировать отдельные этапы управления энергосистемой и т.д. Как на этапе перехода в масштабе отдельного субъекта

хозяйствования, так и в энергосекторе страны в контексте экономического развития государства. Что консолидирует деятельность всех участников цепи энергетической системы, и достигаются высокие показатели надежности, безопасности и экономичности использования современных технологий мониторинга, управления и информирования посредством интеграции решений Smart Grid в промышленность России.

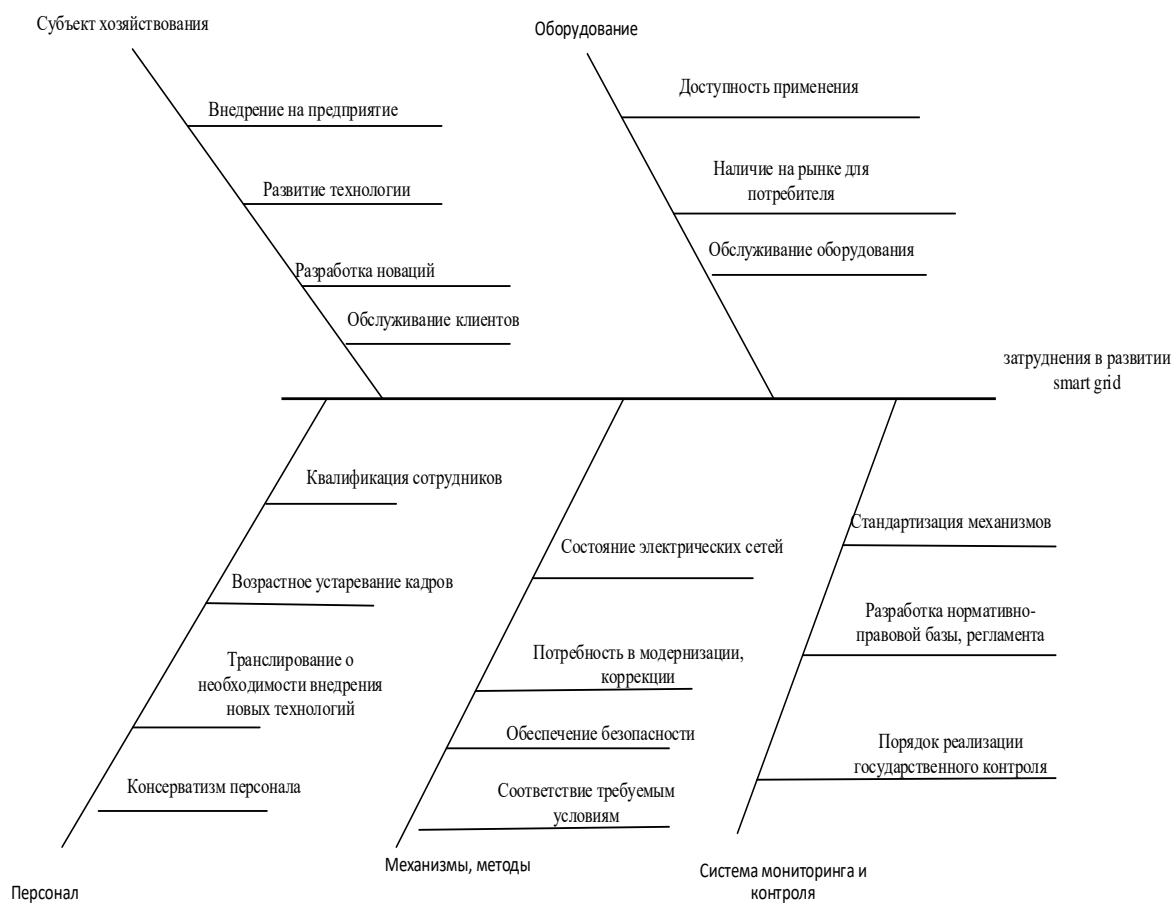


Рис. 14 – Проблемные области внедрения технологических решений Smart Grid в России

Библиографический список:

1. Балашова Е.С., Майорова К.С. Цифровая трансформация сектора энергетики. Международный опыт. Российская перспектива // Санкт-Петербургский государственный морской технический университет – 2021. – 3 (255), – С. 66-75
2. Армашова-Тельник Г.С., Соколова П.Н. Концепция smart grid в

электроэнергетическом секторе, как фактор повышения надежности и развития энергетической отрасли России //Актуальные проблемы экономики и управления. – 2020. – №. 1. – С. 72-77.

3. Туровец Ю. и др. «Зеленая» цифровая трансформация в электроэнергетике //Форсайт. – 2021. – Т. 15. – №. 3. – С. 35-51.

4. Размер рынка Smart Grid в Китае 2016–2020 гг., statista.com (дата обращения: 29.05.2022)

5. Общее энергоснабжение по источникам, Китая, 2011–2020 гг., iea.org (дата обращения: 08.06.2022)

6. Трусов А.В., Трусов В.А., Назарова А.В. Обзор трендов информационно-коммуникационных технологий цифровой трансформации в топливно-энергетическом комплексе за рубежом //Информационные ресурсы России. – 2020. – №. 5. – С. 2-6.

7. Планы выработки энергии и топливного баланса METI до 2030 года Японии, digital.hbs.edu (дата обращения: 12.06.2022)

8. Армашова-Тельник Г. С. Проблематика принятия управленческих решений в условиях цифровизации экономики России //Инновационная наука. – 2020. – №. 4. – С. 96-100.

9. Преимущества внедрения систем «умного» учета электроэнергии в энергосистему, период с 2018 – 2021 гг, tadviser.ru (дата обращения: 03.06.2022)

10. Мозохин А.Е., Анализ перспективного развития энергетических систем в условиях цифровой трансформации Российской экономики //Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2020. – Т. 20. – №. 1. – С. 82-93.

11. Воропай Н. И. и др. Проблемы развития цифровой энергетики в России //Проблемы управления. – 2021. – №. 3. – С. 4-16.

12. Прогноз спроса на электрическую энергию по ЕЭС России на период до 2027 года, млрд кВт·ч, <https://bazanpa.ru/minenergo-rossii-prikaz> (дата обращения: 28.05.2022)

13. Экономические эффекты от внедрения и развития Smart Grid в России

14. Жилкина Ю.В., Воденников Д.А. Влияние цифровой экономики на цифровизацию энергетики //Электроэнергетика в национальных проектах. – 2021. – С. 96-103.

15. Филатова Р.В., Пирогова С.В. Тренды внедрения цифровых технологий в энергетической отрасли //Крымский научный вестник. – 2020. – №. 1 (26). – С. 19-25.

Reference:

1. Balashova E.S., Mayorova K.S. Digital transformation of the energy sector. International experience. Russian perspective // Saint Petersburg State Marine Technical University – 2021. – 3 (255), – pp. 66-75

2. Armashova-Telnik G.S., Sokolova P.N. The concept of smart grid in the electric power sector as a factor of increasing reliability and development of the Russian energy industry //Actual problems of economics and management. – 2020. – № 1. – pp. 72-77.

3. Turovets Yu. and others. «Green» digital transformation in the electric power industry //Foresight. – 2021. – Vol. 15. – № 3. – pp. 35-51.

4. The size of the Smart Grid market in China 2016-2020, statista.com (accessed: 05/29/2022)

5. Total energy supply by sources, China, 2011-2020, iea.org (accessed: 08.06.2022)

6. Trusov A.V., Trusov V. A., Nazarova A.V. Overview of trends in information and communication technologies of digital transformation in the fuel and energy complex abroad //Information resources of Russia. – 2020. – № 5. – pp. 2-6.

7. Plans for energy generation and fuel balance of METI until 2030 of Japan, digital.hbs.edu (accessed: 12.06.2022)

8. Armashova-Telnik G.S. Problems of managerial decision-making in the conditions of digitalization of the Russian economy //Innovative science. – 2020. – № 4. – pp. 96-100.

9. Advantages of the introduction of «smart» electricity metering systems into the power system, the period from 2018 to 2021, tadviser.ru (accessed: 06/03/2022)

10. Mozokhin A.E., Analysis of the prospective development of energy systems in the conditions of digital transformation of the Russian economy //Scientific and Technical Bulletin of Information Technologies, Mechanics and Optics. – 2020. – Vol. 20. – № 1. – pp. 82-93.

11. Voropai N.I. et al. Problems of digital energy development in Russia //Management problems. – 2021. – № 3. – pp. 4-16.

12. Forecast of demand for electric energy in the UES of Russia for the period up to 2027, billion kWh, <https://bazanpa.ru/minenergo-rossii-prikaz> (accessed: 05/28/2022)

13. Economic effects of the introduction and development of Smart Grid in Russia innovation.gov.ru

14. Zhilkina Yu.V., Vodennikov D.A. The impact of the digital economy on the digitalization of energy //Electric power industry in national projects. – 2021. – pp. 96- 103.

15. Filatova R.V., Pirogova S.V. Trends in the introduction of digital technologies in the energy industry //Crimean Scientific Bulletin. – 2020. – №. 1 (26). – Pp. 19-25.

Для цитирования: Армашова-Тельник Г.С., Соколова О.Л., Цифровая трансформация энергетического сектора посредством реализации технологических решений smart grid в России и за рубежом/ Российский экономический интернет-журнал. – 2022. – № 3. URL:

© Армашова-Тельник Г.С., Соколова О.Л., Российский экономический интернет-журнал 2022, № 3.