

ФАКТОРЫ ИНИЦИИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ПО ВНЕДРЕНИЮ СМАРТ-СЕТЕЙ: МИРОВОЙ ОПЫТ**Анастасия Анатольевна САЛЬНИКОВА**

старший преподаватель кафедры аналитической химии, факультет химии и высоких технологий,
Кубанский государственный университет (КубГУ), Краснодар, Российская Федерация
salnikova.anastasia89@gmail.com
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 4726-8072

История статьи:

Получена 16.01.2019
Получена в доработанном
виде 28.01.2019
Одобрена 14.02.2019
Доступна онлайн 26.04.2019

УДК 330.3

JEL: L94, P48, Q4, Q55

Аннотация

Предмет. Мировой опыт внедрения интеллектуальных сетей, инициирование инновационных проектов в этой сфере.

Цели. Изучение факторов, способствующих инициированию и реализации (с государственной поддержкой) инновационных проектов в области смарт-сетей. Информационной базой исследования послужили аналитические отчеты Программы технологического сотрудничества Международного энергетического агентства, а также работы отечественных и зарубежных ученых по экономическим и социальным аспектам развития интеллектуальных сетей.

Методология. Использовались множественный кейс-стади, сравнительный и факторный анализ.

Результаты. Кроме необходимости интеграции в общую сеть возобновляемых источников энергии, важными факторами принятия решений об инициировании и реализации инновационных проектов также являются повышение эффективности, качества энергоснабжения, развитие электрического транспорта, желание наиболее продвинутых в области интеллектуализации сетей стран развивать рынок инновационных товаров и услуг в области смарт-технологий.

Выводы. Интеллектуальные сети (или смарт-сети) являются важным и необходимым условием широкого внедрения экологически чистых энергетических технологий. Такие функциональные возможности интеллектуальных сетей, как наблюдаемость (возможность мониторинга состояния), управляемость, самодиагностика и самовосстановление, открывают путь к широкой интеграции возобновляемых источников энергии, активному участию пользователей в управлении энергопотреблением, повышению энергоэффективности, сокращению негативного воздействия энергетики на окружающую среду. Мировой опыт реализации демонстрационных проектов доказал, что достижение в будущем 100% возобновляемых источников энергии из централизованных и распределенных источников в электробалансе технически выполнимо и экономически целесообразно, при условии перехода к новому, более эффективному подходу к энергоменеджменту, основанному на использовании «умных сетей» и соответствующих им технологий.

Ключевые слова:

интеллектуальные сети,
смарт-грид, инновации

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2019

Для цитирования: Сальникова А.А. Факторы инициирования инновационных проектов по внедрению смарт-сетей: мировой опыт // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2019. – Т. 18, № 4. – С. 714 – 737.
<https://doi.org/10.24891/ea.18.4.714>

Интеллектуальные сети (смарт-сети) являются важным и необходимым условием широкого внедрения экологически чистых энергетических технологий. Такие функциональные возможности интеллектуальных сетей, как наблюдаемость (возможность мониторинга состояния), управляемость, самодиагностика и самовосстановление, открывают путь к более широкой интеграции возобновляемых источников энергии (ВИЭ), активному участию пользователей в управлении энергопотреблением, повышению энергоэффективности и, как следствие,

потенциальному сокращению выбросов парниковых газов и других видов негативного воздействия энергетики на окружающую среду [1, 2].

Более 30 стран мира приняли различные государственные программы поддержки возобновляемых источников энергии [3] и достигли на этом пути выдающихся результатов, доведя долю ВИЭ в электробалансе до 20% электроснабжения. Кроме того, несколько стран поставили цель достичь в будущем 100% ВИЭ из централизованных и распределенных источников в электробалансе [4]. Мировой опыт реализации демонстрационных проектов доказал, что данная цель технически выполнима и экономически целесообразна при условии перехода к новому, более эффективному подходу к энергоменеджменту, основанному на использовании «умных сетей» и соответствующих им технологий [5].

Однако внедрение технологий интеллектуальных сетей является дорогостоящим и достаточно рискованным делом [6, 7], малопривлекательным для успешного бизнеса и часто требующим, особенно на первых этапах развития, государственной поддержки, впрочем, как и любой другой вид инновационных технологий. В свою очередь необходимость такой поддержки далеко не всегда очевидна представителям власти, особенно в странах, где энергетика имеет длительный исторический путь развития, а природные ресурсы позволяют развивать традиционные энергетические технологии, основанные на сжигании углеводородов [8]. Кроме того, в условиях ограниченности бюджетных ресурсов за возможность получения государственной поддержки могут бороться различные направления бизнеса, в том числе высокотехнологичного и оказывающего существенное положительное влияние на экономику страны в целом [9, 10]. Именно такое положение вещей в настоящее время характерно для многих высокотехнологичных отраслей экономики России. Поэтому вопрос о том, какие факторы оказывают наиболее существенное влияние на принятие страной

(точнее, ее органами власти) решения о поддержке развития технологий интеллектуальных сетей, представляется актуальным и имеющим потенциально широкий спектр практических приложений.

Целью нашего исследования является изучение факторов, способствующих инициированию и реализации с государственной поддержкой инновационных проектов в области смарт-сетей. Информационной базой исследования послужили аналитические отчеты Программы технологического сотрудничества Международного энергетического агентства (МЭА) ISGAN (International Smart Grids Action Network)¹, а также работы отечественных и зарубежных ученых по экономическим и социальным аспектам развития интеллектуальных сетей. Как основные методы исследования использовались множественный кейс-стади, сравнительный и факторный анализ.

Для анализа основных предпосылок к инициированию и реализации инновационных проектов в области смарт-грид из стран – участниц международной программы Mission Innovation (MI)² были выбраны страны с разной структурой электрогенерации и состоянием электросетевого хозяйства, чтобы по возможности максимально учесть все факторы, влияющие на принятие государственных программ поддержки инновационных процессов в области интеллектуализации

¹ Международная экспертная сеть ISGAN, основанная в 2011 г., создает стратегическую платформу для поддержки внимания и действий правительств разных стран к ускоренному развитию и разворачиванию более интеллектуальных и чистых электрических сетей по всему миру.

² Mission Innovation (MI) – это глобальная инициатива 22 стран и Европейского союза, направленная на резкое ускорение инновационных процессов в области чистой энергии. В рамках этой инициативы участвующие страны обязались стремиться удвоить инвестиции своих правительств в исследования и разработки в области чистой энергии в течение пяти лет, поощряя при этом более высокий уровень инвестиций частного сектора в технологии чистой энергии. Mission Innovation декларирует необходимость скорейшего решения семи основных технологических задач, среди которых задачей № 1 определено развитие Smart Grids (MI IC # 1). Экспертная сеть MI IC # 1 была основана осенью 2016 г. (Источник: Workshop on Mission Innovation Challenge 1. URL: <https://www.iea-iscgan.org/workshop-on-mission-innovation-challenge-1/>).

электроснабжения. Далее представлены результаты анализа по одиннадцати странам.

Австралия. В настоящее время в единую энергосистему Австралии (национальный рынок электроэнергии, NEM) объединены 48,3 ГВт электрогенерирующих мощностей. Еще 5,5 ГВт составляет объединенная юго-западная система (SWIS). В дополнение к единой генерации примерно 5,5 ГВт мощностей составляют фотоэлектрические панели, расположенные преимущественно на крышах жилых и коммерческих зданий. Согласно аналитическому обзору³, основными предпосылками для внедрения интеллектуальных сетей в стране являются:

- экстремально низкая плотность населения в некоторых частях страны (например, в энергосети Horizon Power, обслуживающей штат Западная Австралия, на площадь покрытия 47 м² приходится только один клиент);
- высокая доля фотоэлектрической генерации в распределительных сетях низкого напряжения ведет к перенапряжению на некоторых участках, вызывает беспокойство по поводу емкости сетевого хостинга и качества энергоменеджмента;
- вывод из эксплуатации устаревших угольных электростанций, которые позволяли быстро нарастить или сбросить объем генерации электроэнергии и сбалансировать диспропорции между спросом и предложением электроэнергии.

Информация по проектам в области развития интеллектуальных сетей, реализованных в стране при поддержке правительства в 2010–2018 гг. представлена в *табл. 1*.

Как видно из результатов анализа нескольких демонстрационных проектов по внедрению технологий смарт-грид, реализованных в Австралии, основными факторами для их инициирования и реализации являются необходимость интеграции ВИЭ в

энергосистему (проекты 3 и 4) и необходимость повышения надежности (проект 2) и эффективности энергоснабжения (проект 1).

Канада. В структуре электробаланса в Канаде исторически наибольшую долю занимает гидрогенерация (60%). Около 16% занимает атомная энергетика, примерно 10% – угольная. Доля возобновляемой энергетики (исключая крупную гидроэнергетику) пока невелика – около 5%, но постоянно возрастает, благодаря принятым на уровне отдельных провинций программам государственного стимулирования ВИЭ [3]. Начиная с 2011 г., помимо программ поддержки развития ВИЭ, в Канаде реализуются программы поддержки развития интеллектуальных сетей. Так, в рамках программы ecoENERGY Innovation Initiative (ecoEII) на настоящее время профинансировано 55 проектов в области развития интеллектуальных сетей на общую сумму более 82 млн долл. США, включая коммерческие, демонстрационные и исследовательские проекты. Интересной особенностью данной программы является то, что каждый проект отслеживается в течение пяти лет после его завершения для более полной оценки достигнутых результатов, что позволяет выявить и оценить долгосрочные эффекты от развития интеллектуальных сетей, не всегда заметные в первые годы после окончания реализации проекта.

Информация о проектах, реализованных по различным грантовым программам министерства природных ресурсов Канады, представлены в *табл. 2*.

В шестнадцати проектах по внедрению интеллектуальных сетей, реализованных в Канаде, основными факторами, стимулирующими развитие данных технологий, являются необходимость интеграции ВИЭ в общую энергосистему (пять проектов), а также необходимость повышения энергоэффективности энергоснабжения в удаленных от основных источников генерации населенных пунктах (четыре проекта). Далее по частоте следуют такие факторы, как повышение надежности энергоснабжения и необходимость интеграции

³ Smart Grids Innovation Challenge Country Report 2017.
URL: https://smartgrids.no/wp-content/uploads/sites/4/2018/04/MI_IC1_Country_Report_2017.pdf

зарядных устройств для электромобилей в сеть (по три проекта).

Китай. Несмотря на то, что в течение последних семи-восьми лет Китай занимает лидирующие позиции в мире по объемам устанавливаемых ежегодно мощностей солнечной и ветровой генерации, доля ветровой энергетики в энергобалансе Китая составляет лишь 4%, а солнечной – 1%⁴. Однако центры генерации солнечной и ветровой энергии расположены на значительном удалении друг от друга, поэтому передача электроэнергии на большие расстояния к центрам потребления является одной из наиболее актуальных проблем в новой модели развития энергетики Китая [11]. Ветровые электростанции в основном расположены на севере, северо-западе и северо-востоке Китая, общая установленная мощность энергии ветрогенераторов в этих районах оценивается в 114 740 МВт, что составляет 77% от общей установленной мощности ветровых станций в этой стране⁵. Кроме того, северо-западные регионы Китая также являются центрами фотоэлектрической генерации: общая установленная мощность фотоэлектрических панелей достигает в них 31 950 МВт, что составляет 41% от общей установленной солнечной мощности. Доля выработки ВИЭ в 4 провинциях Китая превысила 30%, а еще в 16 провинциях выработка ВИЭ стала вторым по величине типом электрогенерации.

К концу 2015 г. государственная сетевая корпорация Китая завершила 342 пилотных проекта по интеллектуальным сетям в 32 категориях. Были введены в эксплуатацию⁶ [12]:

- система сбора информации о потреблении электроэнергии, в том числе установка 317 млн интеллектуальных счетчиков;
- 1 537 зарядных и аккумуляторных станций для зарядки электромобилей, которые

формируют сеть быстрой зарядки, покрывающую автомагистрали более 80 городов;

- 2 554 интеллектуальные подстанции и 24 интеллектуальные подстанции нового поколения;
- 20 комплексных демонстрационных проектов смарт-грид;
- система мониторинга электросилового оборудования в 27 провинциях, позволяющая проводить мониторинг состояния для 4 589 линий электропередачи и 55 052 комплектов оборудования на подстанциях;
- интеллектуальные распределительные сети в основных областях 68 городов;
- автораспределительные системы, охватывающие более 20 000 линий.

Информация о проектах, реализованных при государственной поддержке, представлены в табл. 3.

Дания. Более 65% электроэнергии в Дании производится из возобновляемых источников, причем доля ветровой генерации составляет 49%, генерации из биомассы – 13%, из биогаза – 2%, гидрогенерации – около 1,5%. Такая высокая доля ветровой энергии в электробалансе делает Данию мировым лидером по интеграции ВИЭ. В планах правительства Дании – полный отказ от углеводородных источников энергии к 2050 г.

В стране работает один оператор системы передачи энергии Energinet.Dk, который владеет и управляет всей датской системой электропередач (около 6 913 км линий). Система передачи делится на два района: DK 1 – западная часть Дании, охватывающая Ютландию и Фюн, и DK 2 – восточная часть Дании, охватывающая Силенд и Борнхольм. Компания Energinet.Dk отвечает за обе сети, тем не менее DK 1 синхронизируется с Германией и остальной Европой, в то время как DK 2 синхронизируется со Швецией. Обе сети интегрированы через большой «пояс». Распределительная сеть принадлежит 49

⁴ Smart Grids Innovation Challenge Country Report 2017.
URL: https://smartgrids.no/wp-content/uploads/sites/4/2018/04/MI_IC1_Country_Report_2017.pdf

⁵ Там же.

⁶ Там же.

дистрибьюторам и управляется ими. Сеть включает примерно 157 000 км распределительных линий и около 3,3 млн клиентов. Распределительные компании относительно небольшие, однако они различаются по размеру, структуре собственности и т.д. Распределительные компании принадлежат муниципалитетам, кооперативам и частным владельцам⁷.

Рынок оборудования и услуг для смарт-грид в Дании – один из наиболее развитых в мире: 22% всех европейских проектов в области смарт-грид было реализовано в этой стране. В настоящее время в Дании насчитывается более 60 компаний, занимающихся интеллектуальными сетями, которые охватывают полностью всю цепочку создания стоимости [5]. Кроме того, в стране имеется десятилетний опыт интеграции возобновляемых источников энергии и, следовательно, имеется уникальная комбинация интеллектуальных активов по интеллектуализации сетей, включая испытательное и демонстрационное оборудование. Однако, по мнению специалистов, даже Дания не в состоянии обеспечить будущее развитие сетей уровня 2.0 только за счет отечественных компетенций⁸.

Основные реализованные проекты в области смарт-грид следующие:

- исследовательский и демонстрационный проект EcoGrid EU (2011–2015). Реализован на острове Борнхольм с более 50% ВИЭ в электробалансе. Изолированная сеть обеспечивает электроэнергией более 28 000 клиентов из жилого и промышленного секторов, 2 000 из которых приняли участие в проекте. Бюджет составляет 20,65 млн евро, из них 12,65 млн профинансировано Еврокомиссией;
- EDISON (Electric vehicles in a Distributed and Integrated market using Sustainable energy and Open Networks). Тип проекта – исследовательский, демонстрационный.

Реализован в 2009–2011 гг. также на острове Борнхольм. Целью проекта являлся переход на электротранспорт. В проекте участвовали семь партнеров: компании IBM, Siemens, DTU/Risø, DONG Energy, Eurisco, Østkraft, Dansk Energi. Финансирование проекта составило 6,5 млн евро из них 67% поступило от инновационного фонда FORSKEL;

- исследовательский проект eFlex (2010–2011). Цель проекта – получение опыта по мобилизации частных потребителей гибкого энергопотребления, особенно от электромобилей, устройств электрического отопления и тепловых насосов. Данных по финансированию нет;
- PowerLabDK: a world-class research platform. Это исследовательский центр коллективного пользования. Включает как лаборатории, так и крупные демонстрационные площадки, такие как остров Борнхольм, для тестирования инновационных решений. PowerLabDK имеет общий бюджет в 19 млн евро, из которых 4 млн предоставлены из бюджета Дании (программа развития и демонстрации энергетических технологий, EUDP), а остальное финансирование предоставлено рядом датских компаний, техническим университетом Дании (DTU) и программой Green Labs DK. Проект активен и в настоящее время.

Финляндия. Структура электробаланса страны следующая: ядерная энергетика – 27%, гидро- и ветроэнергетика – 23%, импорт энергии – 20%, уголь – 7%, природный газ – 6%, биомасса – 13%, другое – 4%. В энергетической программе правительства намечены цели по увеличению доли ВИЭ до 50% к 2030 г., а также постепенный вывод из энергобаланса угля и сокращение импорта нефти.

Финская система электроснабжения часто называется не иначе как Smart Grid 1.0, что подчеркивает высокую степень автоматизации и реализации различных решений и компонентов Smart Grid⁹. И хотя существуют разные критерии того, насколько «умна»

⁷ Smart Grids Innovation Challenge Country Report 2017.
URL: https://smartgrids.no/wp-content/uploads/sites/4/2018/04/MI_IC1_Country_Report_2017.pdf

⁸ Там же.

⁹ Там же.

финская сеть, ее вполне можно назвать одной из самых инновационных в Европе и даже мире. В стране широко используется такое оборудование, как интеллектуальные реле защиты на первичных подстанциях, системы контроля тарифов, дистанционное управление коммутаторами и т.д. Финляндия была мировым лидером в установке интеллектуальных счетчиков и реализации соответствующих систем автоматического считывания показаний. Это позволило повысить информированность клиентов в использовании энергии, улучшить профилирование нагрузки, ввести биллинг в режиме реального времени.

В рамках программы Smart Energy на 2017–2021 гг. профинансировано проектов на 100 млн евро. Некоторые наиболее известные из реализованных в последние годы проектов следующие:

- проект FLEXe на островах Åland. Исследовательский, демонстрационный. Период реализации – 2015–2016 гг. Цель проекта – повышение гибкости энергосистемы, переход к 100% использованию ВИЭ, тестирование систем хранения энергии, разработка бизнес-моделей. Участники проекта – 27 финских организаций¹⁰;
- проект Smart Kalasatama. Период реализации – 2015–2017 гг. Тип проекта – демонстрационный. Участниками проекта являлись три компании (Helen, Fingrid, ABB). В ходе реализации проекта район Хельсинки Kalasatama объявлен как смарт-сити. В плоскости смарт-грид отрабатываются методы управления сетью (дистанционные трансформаторные станции, кольцевые сети и т.д.), методы реагирования на спрос в зданиях, расширенное использование солнечных панелей, накопителей энергии, установка станций зарядки для электромобилей, отработка передовых решений для ТЭЦ и систем централизованного кондиционирования;

- проект Smart Otaniemi. Тип проекта – демонстрационный. Период реализации – с 2017 г. по настоящее время. Объем финансирования – 5 млн евро, причем финансирование, предоставленное фондом Business Finland, поделено между 11 компаниями и 3 исследовательскими организациями. Кроме того, более 20 компаний принимают участие в разработке платформы тестирования за счет собственных средств. В планах разработчиков Smart Otaniemi будет развиваться в инновационную экосистему, которая объединяет экспертов, компании, технологии и пилотные проекты для будущего интеллектуальной энергии¹¹;

- проект Åland Smart Energy Platform. Тип проекта – демонстрационный. Период реализации – с 2017 г. по настоящее время. Цель – полный отказ от углеводородных источников энергии на территории архипелага Åland. Бюджет проекта – 2 млн евро.

Как видно, основными предпосылками для реализации проектов в области интеллектуализации сетей в Финляндии являются не столько проблемы в энергоснабжении, но опережающее развитие технологий ВИЭ и смарт-сетей.

Франция. Основная доля в структуре электробаланса страны – атомная энергетика (почти 73%). За ней следует гидроэнергетика (12%). Доля электрогенерации на основе природного газа составляет всего 6%, угля – 1,3%. Ветровая энергетика дает почти 4% генерации. Примерно по 1% дают солнечная генерация и генерация на основе биомассы. Рост ветровой и солнечной генерации особенно значителен в последние годы. Передающая сеть уже хорошо оснащена датчиками и центрами мониторинга для обеспечения баланса поставок и спроса в реальном времени. Новое оборудование проходит постепенные испытания, к настоящему времени развернуты

¹⁰ Finland's smart islands will trial short and long term storage from Pöyry. URL: <https://www.energy-storage.news/news/finlands-smart-islands-will-trial-short-and-long-term-storage-from-poeury>

¹¹ Otaniemi to host a unique smart energy testing platform. URL: <https://www.businessfinland.fi/en/whats-new/news/2018/otaniemi-to-host-a-unique-smart-energy-testing-platform/>

интеллектуальные подстанции, способные к самостоятельной адаптации в случае необходимости, проводится сбор данных о параметрах функционирования линий электропередачи, собираются показатели потребления в реальном времени по промышленным предприятиям, внедрены технологии интеллектуальных проводов для контроля передачи энергии, внедряется использование беспилотников для технического обслуживания. Однако распределительные сети сталкиваются с новыми проблемами, такими как интеграция ВИЭ, подключенных на низких уровнях напряжения, интеграция электромобилей и т.д.

Франция поддерживает исследовательские и демонстрационные проекты в области развития интеллектуальных сетей, которые финансируются национальным исследовательским агентством (ANR) или национальным инновационным фондом (программа Investissements d'Avenir), управляются энергетическим агентством АДЕМЕ¹². В рамках шести национальных и двух европейских инновационных программ в с 2009 г. было реализовано 26 крупных проектов с общим бюджетом 380 млн евро и бюджетным финансированием в рамках данной суммы 110 млн евро. Некоторые из проектов уже завершены, а некоторые находятся в стадии реализации:

- проект NiceGrid. Тип проекта – демонстрационный, период реализации – 2012–2016 гг. В проекте заявлены восемь участников. Цель – проектирование и реализация «солнечного» района, тестирование инновационных алгоритмов прогноза, отработка системы изолированной работы на основе солнечной генерации и систем хранения энергии, управление спросом, изучение технических и социальных эффектов пилотного проекта;
- проект Venteeea. Тип проекта – исследовательский и демонстрационный. Период реализации – 2013–2016 гг. В проекте заявлено 10 участников. Цель –

повысить эффективность энергосети и облегчить интеграцию ветроэнергетики за счет снижения стоимости подключения.

Таким образом, основной предпосылкой реализации инновационных проектов по внедрению smart-грид во Франции является необходимость интеграции ВИЭ в энергосистему.

Германия. Доля ВИЭ в структуре электробаланса Германии составляет 31,6%, в секторе теплоэнергетики – более 13%, в транспортном секторе – более 5%. С рекордными темпами роста ветровой энергетики страна сталкивается с проблемой интеграции ветрогенераторов в сеть. В 2016 г. правительство приняло закон о цифровой энергетике (Act on the Digitisation of the Energy Transition), стимулирующий развитие интеллектуальных сетей, счетчиков и домов. С 2008 по 2013 г. правительство предоставило общие субсидии в размере около 60 млн евро для шести пилотных проектов, в которых исследовалось и тестировалось использование информационных технологий в энергетическом секторе. Кроме того, на общегосударственном уровне были затронуты вопросы, которые выходят за рамки отдельных проектов: юридические основы (включая защиту данных) и стандартизация¹³.

Новая программа финансирования Smart Energy Showcases – Digital направлена на развитие и демонстрацию новых подходов к защите сети при интеграции в нее нестабильно работающих источников в пяти крупных модельных регионах. Проекты стартовали в конце 2016 – начале 2017 гг. Интеллектуальные сети в модельных регионах SINTEG должны обеспечить безопасность энергоснабжения при 100%-ной генерации от ВИЭ и продемонстрировать технологии гибкого взаимодействия устройств генерации, потребления, хранения и передачи энергии. Решения для интеграции разрабатываются и тестируются в формате кампусов.

Можно выделить следующие проекты:

- проект uGrip. Тип проекта – исследовательский и демонстрационный.

¹² Smart Grids Innovation Challenge Country Report 2017.
URL: https://smartgrids.no/wp-content/uploads/sites/4/2018/04/MI_IC1_Country_Report_2017.pdf

¹³ Там же.

Период реализации – 2016–2019 гг. В проекте заявлено пять участников (одна немецкая компания и четыре европейских партнера). По сути, это европейский проект по изучению экономических аспектов использования микросети с системами хранения энергии и проактивным поведением клиентов¹⁴. В рамках проекта выполняется стандартизация коммуникационных протоколов между элементами сети, проводится разработка бизнес-модели для микрорынка на уровне распределительной сети [13]. Одним из основных результатов проекта является доказательство того, что в долгосрочном периоде микросеть минимизирует эксплуатационные расходы;

- проект Eneга. Тип проекта – исследовательский, демонстрационный, коммерческий. Период реализации – 2017–2020 гг., бюджет – более 200 млн евро. Демонстрационная площадка SINTEG на северо-западе Нижней Саксонии предназначена для поиска и отработки моделей перехода к динамической децентрализованной системе энергоснабжения¹⁵. Также целью проекта является разработка способов оказания распределенными генерационными установками вспомогательных услуг (например, по стабилизации напряжения) на локальном уровне. Кроме того, ведется разработка новых бизнес-моделей для интеллектуального энергоснабжения будущего, например, более энергоэффективных зданий. В проекте участвуют 30 партнеров, из них – 3 университета;
- проект Kopernikus ENSURE. Тип проекта – исследовательский, демонстрационный. Период реализации – 2016–2019 гг. В проекте участвует 31 партнер, из них – 2 университета, и такие компании, как Siemens AG и ABB AG. Целью проекта является поиск путей снижения затрат на

передачу энергии для сетевых операторов и потребителей посредством нахождения оптимальной комбинации централизованного и децентрализованного электроснабжения. Проект имеет три основных направления: исследование новых структур энергосистемы, стабильный и безопасный энергоменеджмент, интеграция новых технологий в систему электроснабжения. Кроме того, в проекте отрабатываются новые модели построения крупномасштабной исследовательской сетевой инфраструктуры, подобной моделям, описанным в работах [14, 15] для других высокотехнологичных отраслей экономики. Философия проектов заключается в следующем: исследовательские сети, включающие науку, промышленность и гражданское общество, стремятся построить мост между фундаментальными исследованиями и крупномасштабными приложениями. Работа сопровождается комплексным анализом социально-экономических последствий внедрения интеллектуальных сетей, так как недостаток таких знаний является значительным барьером на пути распространения данного вида инновационных технологий [5, 15];

- проект SysDL2.0. Тип проекта – исследовательский, демонстрационный. Период реализации – 2014–2018 гг. В проекте участвуют 8 партнеров, из которых 2 университета. Целью является тестирование режимов работы для контролируемого обмена реактивной мощностью между операторами распределительной и передающей сетей, что необходимо для успешной интеграции ВИЭ;
- проект Forschungscampus Mobility2Grid. Тип проекта – исследовательский, демонстрационный. Период реализации – 2016–2020 гг. Координатором проекта выступает Берлинский университет, а всего в проекте участвуют 35 партнеров, включая Siemens, Schneider Electric и BMW. Цель – отработка способов интеграции коммерческих и частных электромобилей в децентрализованные энергетические

¹⁴ uGRIP project. URL: <http://www.ugrip.eu/>

¹⁵ USEF and EWE sign MoU in relation to project Eneга. URL: <https://www.usef.energy/usef-and-ewe-sign-mou-in-relation-to-project-enera/>

системы¹⁶. Испытательный полигон – городской квартал в Берлине (EUREF-Campus). Проект имеет пять основных направлений: интеллектуальные сетевые инфраструктуры (интеллектуальное сочетание спроса на электроэнергию и отопление), оптимизированные стратегии зарядки электромобилей, качество и надежность электроснабжения в децентрализованных энергосистемах, взаимосвязанная электрическая мобильность (в том числе за счет использования электромобилей для хранения электроэнергии), цифровые пространства (разработка единой платформы для цифровых услуг в области электроснабжения и электрической мобильности). Бюджет проекта составляет 1–2 млн евро в год;

- проект FIAixEnergy. Тип проекта – исследовательский, демонстрационный, коммерческий. Период реализации – 2015–2018 гг. В проекте участвуют 11 партнеров. Цель – надежное энергоснабжение при интеграции ВИЭ. Промышленные смарт-клиенты в районе Ахен объединены в кластеры и подключены к виртуальной электростанции, объединяющей местные источники генерации.

Таким образом, основной предпосылкой реализации проектов в области интеллектуализации сетей в Германии является необходимость интеграции в общую сеть возобновляемых источников энергии. За ней по значимости следуют предпосылки необходимости интеграции зарядных устройств для электромобилей и интеграции систем хранения энергии, повышающих энергоэффективность ВИЭ.

Индия. Общий объем производства электроэнергии в финансовом 2017/18 г. в этой стране составил 1 300 ТВт·ч. Индия является третьей электроэнергетикой после Китая и США по объему выработки и потребления электроэнергии; 76% электроэнергии производится на угольных ТЭС, 10% – на крупных гидроэлектростанциях, газовая и

атомная генерации составляют 4 и 3% соответственно, также 4% электроэнергии генерируется ветровыми электростанциями, 2% – солнечными и примерно 1% электроэнергии генерируется из биомассы.

Сетевым оператором является государственная электросетевая корпорация Power Grid Corporation of India (PGCI), которая также является собственником сетевой инфраструктуры и оказывает услуги по присоединению к сети. Системный оператор Power System Operation Corporation (POSOCO) с начала 2017 г. отделен от сетевого оператора. Он осуществляет передачу электроэнергии и оперативно-диспетчерское управление национальной энергосистемой через национальный центр управления нагрузкой (National Load Despatch Centre) и региональные центры управления нагрузкой в соответствии с положениями сетевого кодекса 2010 г. (Grid Code). Общий уровень потерь в сетях составлял на конец 2015 г. 22,7%¹⁷. Правительство поставило цель обеспечить снижение уровня потерь в передающих сетях до 12% к 2022 г., а в распределительных – до 3,5%.

В соответствии с планами правительства Индии установленная генерирующая мощность ВИЭ достигнет 175 ГВт к 2022 г. (100 ГВт – СЭС, 60 ГВт – ВЭС, 10 ГВт – биоэнергетика, 5 ГВт – малые ГЭС) [10]. Министерство новой и возобновляемой энергетики Индии в марте 2017 г. опубликовало программу строительства солнечных парков и сверхмощных солнечных проектов (Development of Solar Parks and Ultra Mega Solar Projects), в рамках реализации которой планируется построить 50 СЭС мощностью по 500 МВт каждая.

Основными барьерами развития интеллектуальных сетей являются высокие эксплуатационные расходы сетевого оператора и ограниченность его прибыли существующей нормативной базой. Большой масштаб коммуникационной сети, требуемой для построения смарт-грид, увеличивает

¹⁶ Forschungscampus Mobility2Grid.
URL: <http://mobility2grid.de/>

¹⁷ Smart Grids Innovation Challenge Country Report 2017.
URL: https://smartgrids.no/wp-content/uploads/sites/4/2018/04/MI_IC1_Country_Report_2017.pdf

капитальные и операционные затраты. Кроме того, развитие коммуникационных технологий в Индии на начальных этапах развертывания не всегда совпадало с техническими форматами, требуемыми для работы смарт-грид. И даже в тех случаях, когда технологические разработки совпадают, существует проблема интеграции всей аппаратной системы для управления большими объемами данных.

Тем не менее развитие смарт-грид активно финансируется правительством через различные программы. В 2012 г. было профинансировано 12 демонстрационных проектов по развитию смарт-грид на общую сумму 30 млн долл.¹⁸. В 2014–2018 гг. было профинансировано несколько национальных и двусторонних проектов в области смарт-грид с такими странами, как США, Великобритания, Голландия на сумму 54 млн долл. В 2017 г. 30% от общего финансирования министерства энергетики Индии было направлено на развитие смарт-сетей. Особенно быстро развивается рынок смарт-счетчиков, его объем составляет более 350 млн долл. К концу 2019 г. планируется установить 35 млн смарт-счетчиков, продукция уже экспортируется в Австралию, Малайзию, Великобританию и Объединенные Арабские Эмираты.

Наиболее значимые проекты следующие:

- проект High Energy and Power Density (HEAPD) Solutions to Large Energy Deficits. Тип проекта – исследовательский, демонстрационный. Период реализации – 2014–2018 гг. В проекте заявлено четыре участника из научной среды¹⁹. Основная цель проекта – повышение энергоэффективности, для этого ставятся задачи изучить меры по снижению дефицита энергии путем развертывания массовых локальных сетей постоянного тока, решений для хранения данных, обеспечения необходимого снижения спроса, смещения спроса и переключения спроса, обеспечения надежности поставок;

- проект Advanced Communication and Control for the Prevention of Blackouts (ACCCEPT). Тип проекта – исследовательский, демонстрационный. Период реализации – 2014–2018 гг. Участниками проекта являются представители трех научных центров. Цель проекта – разработка способов предотвращения подключений и мониторинг энергосети в режиме реального времени;
- проект Reconfigurable Distribution Networks. Тип проекта – исследовательский, демонстрационный. Период реализации – 2014–2018 гг. В проекте заявлено шесть участников, целью является адаптация устройств и алгоритмов контроля реактивной мощности;
- проект IIT Kanpur Smart City. Тип проекта – демонстрационный. Период реализации – 2015–2018 гг. Заявлен только один участник. Проект направлен на разработку прототипа Smart City и платформы R&D для интеллектуальных систем распределения, демонстрирует будущие возможности концепции смарт-город [16, 17]. Территория проекта включает три подстанции для автоматизации, жилые квартиры для внедрения системы умного дома. Солнечная фотоэлектрическая сеть, подключенная к электросети, также будет установлена в рамках реализации проекта. Надежная сеть связи должна также быть разработана для беспрепятственного обмена информацией через прототип;
- проект Puducherry Smart Grid Pilot Project and Battery Energy Storage System Pilot Project. Тип проекта – демонстрационный. Период реализации – 2012–2018 гг. В проекте заявлено два участника. Цель – установка 1 600 смарт-счетчиков и трех различных типов аккумуляторов для смещения пика нагрузки. В результате планируется отработка различных технологий систем хранения энергии.

Таким образом, основной предпосылкой инициирования проектов по развитию смарт-сетей в Индии является необходимость

¹⁸ Smart Grids Innovation Challenge Country Report 2017.
URL: https://smartgrids.no/wp-content/uploads/sites/4/2018/04/MI_IC1_Country_Report_2017.pdf

¹⁹ Там же.

снижения потерь при транспортировке энергии и повышение энергоэффективности.

Италия. Структура электробаланса страны следующая: 37% – ВИЭ, 29% – природный газ, 14% – уголь, 4% – нефть, 1% – переработка отходов, 14% – импорт²⁰. Из ВИЭ 39% составляет гидроэнергетика, 21% – солнечная энергетика, 18% – биоэнергетика, 16% – ветровая энергетика, 6% – геотермальная энергетика. Потери в сетях составляют всего 6%.

Италия является одной из наиболее развитых стран в сфере внедрения различных технологий smart-сетей. В частности, еще в 2001 г. был реализован проект Telegestore по установке smart-счетчиков, в ходе которого было инсталлировано 32 млн устройств [5]. Это позволяет более гибко управлять спросом и предложением электроэнергии, ввести мультитарифные услуги, снизить операционные издержки сетевых операторов. В частности, это позволило обеспечить значительный рост фотоэлектрической генерации в 2007–2013 гг. необходимыми возможностями по подключению к сети. Из-за больших масштабов инсталляций цена на smart-счетчики в настоящее время является самой низкой в Евросоюзе и составляет 94 евро.

Итальянская система управления распределенными энергетическими источниками (Distributed Energy Resource Management) в настоящее время является самой большой в мире и состоит из 28 децентрализованных центров управления с расширенными функциональными возможностями SCADA, контролирующими региональные сети, удаленным управлением 2 200 первичных подстанций (HV/MV) и 120 000 вторичных подстанций (MV/LV) из общего количества около 430 000. Демонстрационные проекты последних лет направлены на использование широкополосных телекоммуникационных систем, в частности на 8 000 подстанций MV/LV в Апулии (проект Puglia Active Network), а также 74 зарядных станции для

электромобилей, интегрированных с распределительной сетью. Данный проект в Апулии направлен на интеграцию 3 ГВт распределенных ВИЭ. Кроме того, в 2007–2013 гг. было реализовано несколько демонстрационных проектов по интеграции систем хранения энергии.

Развитие smart-сетей активно поддерживается правительством. В 2007–2013 гг. на развитие исследований в области smart-сетей было выделено около 1 млрд евро и профинансировано более 1 800 проектов (программа POI ENERGIA). В 2015–2017 гг. финансирование исследований в области smart-сетей через различные программы достигло 70 млн евро ежегодно.

Данные о наиболее значимых проектах, реализованных в области развития smart-сетей в Италии, представлены в *табл. 4*.

Как видно из результатов анализа демонстрационных проектов по внедрению технологий smart-грид, реализованных в Италии, основным фактором для их инициирования и реализации является необходимость интеграции ВИЭ в энергосистему, в том числе с использованием систем хранения энергии.

Мексика. В структуре электробаланса страны основную долю занимает природный газ – 50%, далее следуют нефть – 13%, уголь – 11%, гидроэнергетика – 10%, ядерная энергетика – 4%, ветровая – 3%, солнечная – 2%, биоэнергетика и переработка мусора – 1%. Начиная с 2016 г. в Мексике реализуется несколько крупных проектов по установке smart-счетчиков. Основная цель – повышение надежности энергоснабжения, устранение потерь и хищений. Целевой уровень потерь, обозначенный в планах правительства – 13,38%²¹. Проекты реализуются при активной консалтинговой и технической поддержке США, Швеции и других стран. В ближайшие годы планируется инвестировать 650 млн долл. в развитие технологий smart-грид²². Примеров конкретных проектов,

²⁰ Smart Grids Innovation Challenge Country Report 2017.
URL: https://smartgrids.no/wp-content/uploads/sites/4/2018/04/MI_IC1_Country_Report_2017.pdf

²¹ Там же.

²² Там же.

реализованных или реализуемых в стране, в литературе пока нет.

Норвегия. Исторически в структуре электробаланса Норвегии основную долю занимает гидрогенерация. Сейчас эта доля составляет 96%, еще 1,7% дает ветрогенерация и 0,3% – генерация на основе переработки отходов и биогенерация. Таким образом доля ВИЭ в электробалансе Норвегии составляет 98%. Условия генерации (преобладание легко регулируемой гидроэнергетики) и потребления энергии (основными потребителями являются устройства отопления, которые имеют высокую инерцию) позволяют энергосистеме функционировать в гибком режиме. Тем не менее причины для развития смарт-сетей все же имеются. Во-первых, это интеграция станций зарядки для электромобилей в сеть. Во-вторых, это желание не упустить тренды инновационного развития. В-третьих, это необходимость постепенной модернизации сетевого хозяйства в связи с естественным старением оборудования. Данные о наиболее значимых проектах, реализованных в области развития смарт-сетей в Норвегии в последние годы, представлены в *табл. 5*.

Как видно из результатов анализа проектов по интеллектуализации сетей, реализованных в Норвегии, основным фактором для их инициирования и реализации является развитие рынка инновационных товаров и услуг.

Таким образом, на основе детального анализа проектов, реализованных в течение последних 5–7 лет в одиннадцати странах мира в рамках различных государственных программ поддержки инновационного развития в области энергетики, можно сделать вывод, что помимо необходимости интеграции в общую сеть возобновляемых источников энергии, важными факторами принятия решений об инициировании и реализации инновационных проектов являются:

- необходимость повышения эффективности энергоснабжения (как в случаях больших потерь в сетях, так и в случаях

ограниченности возможности генерации электроэнергии);

- необходимость повышения качества энергоснабжения;
- развитие электрического транспорта;
- желание наиболее продвинутых в области интеллектуализации сетей стран развивать рынок инновационных товаров и услуг в области смарт-технологий.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке региональных программ и проектов по поддержке развития интеллектуальных сетей в России. В частности, на основании полученных результатов можно сделать вывод, что наиболее перспективными пилотными регионами для внедрения технологий интеллектуализации сетей в России могут быть регионы, в которых в течение последних лет было реализовано наибольшее количество проектов по строительству и вводу в эксплуатацию солнечных электростанций (например, Омская область [18]). Кроме того, вероятными кандидатами на первоочередную поддержку могут быть проекты по развертыванию смарт-сетей в регионах, активно внедряющих электротранспорт²³ [19], а также в регионах с наибольшим уровнем потерь в электросетях.

²³ Иосифов В.В., Саликова А.А., Бобылев Э.Э. Перспективы и ограничения развития инновационных автотранспортных технологий // Управление инновациями – 2017: материалы международной научно-практической конференции / под ред. Р.М. Нижегородцева, Н.П. Горидько. Новочеркасск: Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова, 2017. С. 150–154; Иосифов В.В., Ниров А.Д. Государственные меры стимулирования развития инновационных автотранспортных технологий // Управление инновациями – 2017: материалы международной научно-практической конференции / под ред. Р.М. Нижегородцева, Н.П. Горидько. Новочеркасск: Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова, 2017. С. 125–129.

Таблица 1**Проекты по развертыванию интеллектуальных сетей в Австралии****Table 1****Smart Grid Deployment Projects in Australia**

Проект (вид проекта)	Количество участников проекта (период реализации)	Инвестиции	Причины, выгоды
Smart Grid, Smart City (демонстрационный)	6 (2010–2014 гг.)	100 млн долл. США из бюджета, 400 млн долл. США – частные инвестиции	Эксперимент для тестирования экономической эффективности. Экономия электроэнергии от 150 до 2 000 долл. на одного пользователя в год
Demand Response Pilot (демонстрационный, коммерческий)	10 (2017–2020 гг.)	28,6 млн долл. США из бюджета, 7,2 млн долл. США – частные инвестиции	Отключение электроэнергии во время экстремально жаркой погоды. Тестирование работоспособности и эффективности технологий. Масштаб проекта – 200 МВт генерации
Virtual Power Station 2.0 (демонстрационный)	7 (2014–2018 гг.)	Нет данных	Высокий уровень проникновения фотоэлектрической генерации. Разработка и апробация технологии стабилизации нагрузки в сети при высоком проценте генерации электроэнергии солнечными панелями. Масштаб сети – 70 клиентов
Decentralised Energy Exchange (deX) (демонстрационный)	7 (с 2017 г.)	Нет данных	Отсутствие бизнес-моделей. Разработка и внедрение он-лайн платформы для организации розничной торговли электроэнергией от микрогенерирующих устройств (солнечных панелей на крышах)

Источник: Smart Grids Innovation Challenge Country Report 2017.URL: https://smartgrids.no/wp-content/uploads/sites/4/2018/04/MI_IC1_Country_Report_2017.pdf*Source:* Smart Grids Innovation Challenge Country Report 2017.URL: https://smartgrids.no/wp-content/uploads/sites/4/2018/04/MI_IC1_Country_Report_2017.pdf

Таблица 2**Проекты по развитию интеллектуальных сетей, реализованные по грантовым программам министерства природных ресурсов Канады****Table 2****Smart grid development projects implemented under grant schemes of the Ministry of Natural Resources of Canada**

Проект (вид проекта)	Количество участников проекта	Инвестиции	Причины, выгоды
Разработка контроллера для микросети с высокой долей возобновляемой генерации (исследовательский)	2 (Hatch Ltd. на базе University of Waterloo)	2,22 млн долл. из бюджета, всего 3,484 млн долл.	Жесткие ограничения по энергоменеджменту в удаленных и изолированных энергосистемах. Повышение надежности энергоэффективности
Интеллектуальная инфраструктура для зарядки электромобилей в провинции Британская Колумбия (демонстрационный)	3 (BC Hydro, British Columbia Institute of Technology, AFRESH Home housing)	4,144 млн долл. из бюджета, всего 8,392 млн долл.	Обеспечение контроля зарядки электромобилей. Развертывание 7 демонстрационных зон со смарт-счетчиками, всего 456 станции зарядки второго уровня
Интеллектуальная система управления сетью станций зарядки для электромобилей в провинции Квебек (демонстрационный, коммерческий)	2 (AddÉnergie Technologies Inc, торговая сеть Ivanhoé Cambridge – фаза 1)	4,504 млн долл. из бюджета, всего 31,1 млн долл.	Обеспечение контроля зарядки электромобилей. Установлено 1 346 станций зарядки, создано 92 рабочих места, энергосбережение – 26,3 млн кВт·ч за 5 лет, новые бизнес-модели функционирования станций зарядки, вывод на рынок пяти инновационных продуктов (станции зарядки, ПО)
Развертывание распределенных систем хранения энергии для снижения неустойчивости нагрузки от возобновляемых источников в Монреале (исследовательский)	1 (La Corporation de l'École Polytechnique de Montréal)	1,1 млн долл. из бюджета, всего 1,5 млн долл.	В крупномасштабной распределенной системе накопления энергии наличие огромного количества контрольных точек представляет серьезную проблему для операторов сети. Разработка математической модели и ПО для оптимизации режимов управления множественными аккумуляторами энергии (водонагревателями, аккумуляторами электромобилей)
Интеграция гибридных автомобилей и возобновляемых источников энергии (исследовательский)	4 (University of Victoria, Simon Fraser University, University of British Columbia, and British Columbia Institute of Technology)	0,6 млн долл. из бюджета, всего 1,6 млн долл.	Недостаток знаний об особенностях использования электромобилей в реальной ситуации и об их влиянии на сеть. Понимание особенностей поведения владельцев электромобилей, сбор данных о поведении сети
Технологии для мониторинга и контроля распределенной генерации в Торонто (исследовательский, демонстрационный)	1 (Prolucid Technologies Inc.)	2,85 млн долл. из бюджета, всего 6,6 млн долл.	Необходимость интеграции большего объема возобновляемой энергии в сеть. Разработка алгоритмов и ПО для контроля возобновляемых источников энергии, апробирование на двух демонстрационных площадках
Внедрение инновационных систем хранения энергии (демонстрационный)	1 (BC Hydro)	6,49 млн долл. из бюджета, всего 13,49 млн долл.	Обеспечение бесперебойного энергоснабжения в труднодоступной местности. Установка и введение в эксплуатацию серно-натриевого аккумулятора мощностью 1 МВт

Интерактивная демонстрационная зона в провинции Квебек и в г. Боуршервилль (коммерческий)	1 (Hydro Québec)	7,5 млн долл. из бюджета, всего 49,8 млн долл.	для повышения качества энергоснабжения удаленного поселка, расположенного в лесной труднодоступной местности Энергоэффективность, снижение потерь в сети. Развитие распределенного менеджмента и системы Volt/VAR оптимизации, внедрение смарт-счетчиков, использование аккумуляторов и станций подзарядки для электромобилей как мобильных систем хранения энергии
Разработка программного обеспечения Power Measure Expert (исследовательский)	1 (Power Measurement Ltd)	3,6 млн долл. из бюджета, всего 10 млн долл.	Энергоэффективность. Разработан программный комплекс, который на основе данных, снимаемых смарт-счетчиками, позволяет лучше мониторить энергопотребление в коммерческих и бюджетных учреждениях. Комплекс протестирован на трех коммерческих зданиях
Интеллектуальная сеть на территории Нунавут (коммерческий)	1 (Qulliq Energy Corporation)	1,35 млн долл. из бюджета, всего 2,72 млн долл.	Более рациональное использование дизельного топлива в труднодоступной местности. Установка 4 тыс. смарт-счетчиков и систем он-лайн контроля энергопотребления. Ожидаемый результат – экономия энергии на 1–2%
Интегрированный городской проект в Торонто (демонстрационный)	5 (основной – Opus One Solutions)	5,318 млн долл. из бюджета, всего 12,656 млн долл.	Интеграция ВИЭ и электромобилей в сеть. Дизайн и разработка ПО для развертывания сети, объединяющей литий-ионную систему хранения энергии, фотоэлектрическую панель, шесть станций медленной и три станции быстрой зарядки для электромобилей, включенной в единую энергосистему
Демонстрация возможностей накопления электроэнергии с использованием новых и переработанных литий-ионных автомобильных аккумуляторов (исследовательский, демонстрационный)	2 (Electrovaya, Manitoba HVDC Research Centre)	3,66 млн долл. из бюджета, всего 7,6 млн долл.	Отсутствие удовлетворительных решений систем хранения энергии по соотношению цены и качества. Разработка и тестирование полезных моделей. Аккумуляторные блоки работают в кампусе университета Ryerson и лаборатории MHRС в демонстрационных целях
Power Shift Atlantic (демонстрационный)	5 (New Brunswick Power Corporation, Maritime Electric Company Limited, Saint John Energy, Nova Scotia Power Incorporated, University of New Brunswick)	15,6 млн долл. из бюджета, всего 32 млн долл.	Высокий уровень проникновения ВИЭ
Интеграция источников распределенной генерации во	1 (ENMAX Power Corporation)	1,4 млн долл. из бюджета, всего 2,85 млн долл.	Интеграция ВИЭ. Заявлено снижение выбросов CO ₂

вторичную сеть (демонстрационный коммерческий)			
Геотермальная деревня Sustainaville GeoPark (демонстрационный)	6 (Borealis GeoPower Inc, University of Alberta, University of Calgary, NRC- IRAP, NSERC, MITACS- Accelerate)	1,54 млн долл. из бюджета, всего 4,9 млн долл.	Интеграция новых видов ВИЭ. Демонстрация возможностей геотермальной энергетики, разработка стандартов геотермальной энергетики и подключения геотермальных источников к сети
Симулятор Power Simulator (исследовательский, коммерческий)	2 (Hydro-Québec Research Institute, OPAL-RT Technologies Inc.)	1 млн долл. из бюджета, всего 2,1 млн долл.	Разработка оборудования и ПО для тестирования на месте экспериментальных и коммерческих продуктов для интеллектуальных энергосетей

Источник: Funding, Grants and Incentives. URL: <https://www.nrcan.gc.ca/energy/funding/4943>

Source: Funding, Grants and Incentives. URL: <https://www.nrcan.gc.ca/energy/funding/4943>

Таблица 3

Наиболее крупные инновационные проекты в области смарт-грид, реализованные в Китае при государственной поддержке

Table 3

The largest State-supported innovative smart grid projects implemented in China

Проект (вид проекта)	Период реализации	Количество участников проекта	Причины, выгоды
Солнечно-ветровой кластер 10 ГВт в провинции Ганьсу (исследовательский, демонстрационный)	2011–2014 гг.	5 (национальная и региональная сетевые компании и 3 университета)	Создание системы управления ветровой и солнечной генерацией. Разработка и апробация новых технологий
Изолированная микросеть на острове Lixi (исследовательский, демонстрационный)	2012–2014 гг.	6 (сетевая компания, 4 университета, 1 отраслевой НИИ)	Интеграция распределенных источников энергии, включая ВИЭ, систем хранения энергии и электромобилей. Апробация и демонстрация инновационных технологий, повышение энергоэффективности
Интеграция распределенных солнечных панелей и аккумуляторов в Хайнинге (исследовательский, демонстрационный)	2012–2015 гг.	7 (университеты и предприятия)	Повышение КИУМ фотоэлектрических панелей. Разработка и тестирование инновационных продуктов по повышению КИУМ ВИЭ
Защита и управление энергосистемой с крупномасштабными нестабильными источниками питания (исследовательский)	2012–2015 гг.	1 (национальная исследовательская программа)	Интеграция крупномасштабных ВИЭ. Разработан прототип защитного реле для энергосистемы с крупномасштабными источниками прерывистого питания

Источник: Smart Grids Innovation Challenge Country Report 2017.

URL: https://smartgrids.no/wp-content/uploads/sites/4/2018/04/MI_IC1_Country_Report_2017.pdf

Source: Smart Grids Innovation Challenge Country Report 2017.

URL: https://smartgrids.no/wp-content/uploads/sites/4/2018/04/MI_IC1_Country_Report_2017.pdf

Таблица 4**Инновационные проекты в области смарт-сетей, реализованные при государственной поддержке в Италии****Table 4****State-supported innovative smart grid projects implemented in Italy**

Проект (вид проекта)	Период реализации	Количество участников проекта	Содержание
Терна по системам хранения энергии на Сардинии (демонстрационный)	2012–2018 гг.	17	Отработка режимов функционирования трех систем хранения NaS (натрий-сера) общей мощностью 35 МВт, подключенные к сети посредством 20/150 кВ трансформатора
Smart grid Roma (демонстрационный)	2011–2015 гг.	10	Развертывание смарт-сети (смарт-счетчики, станции зарядки электромобилей, системы мониторинга линий передачи, фотоэлектрические панели) в пределах всего Рима. Оценка экономических эффектов
GRID4EU DEMO4 (демонстрационный)	2011–2016 гг.	5	Изучение влияния высокого уровня проникновения ВИЭ (в основном фотоэлектрической), в сеть среднего напряжения (70,2 МВт подключено к сети среднего напряжения; 11,5 МВт подключено к сети низкого напряжения) с относительным уровнем потребления (регион Forlì-Cesena)
MICCA (исследовательский, демонстрационный)	2013–2017 гг.	5	Максимизация работы силового оборудования (микрогенераторы, электронные и электромагнитные преобразователи, аккумуляторы энергии), повышение надежности и доступности электрических услуг, внедрение технологий хранения энергии
VSC-HVDC (исследовательский, демонстрационный)	2016–2021 гг.	3	Подключение офшорных ветропарков к сетям высокого напряжения
BEST PATHS (исследовательский, демонстрационный)	2014–2018 гг.	6	Содействие развитию линий электропередачи постоянного тока для облегчения широкомасштабного подключения ВИЭ к европейской сети электропередачи

Источник: Smart Grids Innovation Challenge Country Report 2017.URL: https://smartgrids.no/wp-content/uploads/sites/4/2018/04/MI_IC1_Country_Report_2017.pdf*Source:* Smart Grids Innovation Challenge Country Report 2017.URL: https://smartgrids.no/wp-content/uploads/sites/4/2018/04/MI_IC1_Country_Report_2017.pdf

Таблица 5**Инновационные проекты в области смарт-сетей, реализованные при государственной поддержке в Норвегии****Table 5****State-supported innovative smart grid projects implemented in Norway**

Проект (вид проекта)	Период реализации	Количество участников проекта	Содержание
SAMBA (исследовательский, демонстрационный)	2016–2018 гг.	2 ведущих и множество мелких партнеров	Новые ИКТ-решения, архитектура, модели данных и методы анализа больших данных в управлении энергоресурсами
CINELDI. (исследовательский, демонстрационный)	2017–2025 гг.	10	Поиск экономически-эффективных инновационных решений для повышения энергоэффективности и гибкости сетевой структуры
DGNET (исследовательский, демонстрационный)	Не определен	3	Увеличение емкости хостинга и снижение затрат, связанных с подключением и эксплуатацией распределенной генерации, путем разработки новых технологий и методов контроля напряжения

Источник: Smart Grids Innovation Challenge Country Report 2017.URL: https://smartgrids.no/wp-content/uploads/sites/4/2018/04/MI_IC1_Country_Report_2017.pdf*Source:* Smart Grids Innovation Challenge Country Report 2017.URL: https://smartgrids.no/wp-content/uploads/sites/4/2018/04/MI_IC1_Country_Report_2017.pdf

Список литературы

1. Дымшаков А.В., Хусяинов И.З., Кузнецов Б.В. Интеллектуальные самовосстанавливающиеся сети – новая ступень развития автоматизации электроснабжения электрических сетей 6-20 кВ // Автоматизация и ИТ в энергетике. 2017. № 11. С. 5–8.
2. Ховалова Т.В., Жолнерчик С.С. Эффекты внедрения интеллектуальных электроэнергетических сетей // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2018. № 2. С. 92–101. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effekty-vnedreniya-intellektualnyh-elektroenergeticheskikh-setey>
3. Ратнер С.В. Фотовольтаика на мировой энергетической арене: динамика и региональные особенности развития // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. № 33. С. 57–68. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fotovoltaika-na-mirovoy-energeticheskoy-arene-dinamika-i-regionalnye-osobennosti-razvitiya.pdf>
4. Ton D.T., Smith M.A. The US Department of Energy's Microgrid Initiative. *The Electricity Journal*, 2012, vol. 25, iss. 8, pp. 84–94. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tej.2012.09.013>
5. Ратнер С.В., Нижегородцев Р.М. Анализ мирового опыта реализации проектов по разворачиванию интеллектуальных сетей: вопросы экономической эффективности // Теплоэнергетика. 2018. Т. 65. № 6. С. 68–83. URL: <https://doi.org/10.1134/S0040363618060097>
6. Дронова Ю.В. Риски внедрения интеллектуальных сетей в электроэнергетические комплексы субъектов Российской Федерации // Экономика и управление: проблемы, решения. 2016. Т. 2. № 6. С. 77–82.
7. Матюшок В.М., Балашова С.А., Гомонов К.Г. Экономическое обоснование создания интеллектуальных энергосетей в России // Экономика и предпринимательство. 2016. № 2. Ч. 1. С. 475–480.
8. Ратнер С.В., Иосифов В.В. Стимулирование распределенной энергетики на основе возобновляемых источников как механизм инновационного развития региона // Друкеровский вестник. 2018. № 5. С. 127–139. URL: <http://drucker.npi-tu.ru/ru/archive/2018/vyipusk-5-2018/innovacionnyie-metodyi-prinyatiya-reshenij-v-razvitiipredpriyatij-i-otraslej/stimulirovanie-raspredelennoy-energetiki>
9. Алмастьян Н.А., Ратнер С.В. Современный уровень развития эко-инноваций в энергоемких отраслях экономики (на примере электроэнергетики) // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2018. Т. 14. Вып. 6. С. 1135–1150. URL: <https://doi.org/10.24891/ni.14.6.1135>
10. Ратнер С.В., Иосифов В.В. Формирование рынков энергетического машиностроения в Китае и Индии // Вестник УРФУ. Сер.: Экономика и управление. 2013. № 3. С. 52–62. URL: http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/54973/1/vestnik_2013_3_006.pdf
11. Ратнер С.В. Стандартизация и сертификация как инструменты стимулирования развития ветроэнергетики в Китае // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2013. № 9. С. 57–64. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/standartizatsiya-i-sertifikatsiya-kak-instrumenty-stimulirovaniya-razvitiya-vetroenergetiki-v-kitae>
12. Абылгазиев Т. Интеллектуальные электросети с китайской спецификой // Экология и жизнь. 2011. № 10. С. 34–37. URL: <https://rucont.ru/efd/255668>

13. Хузмиев И.К. Умные сети и биржевая торговля электрической энергией // Энергия: экономика, техника, экология. 2014. № 9. С. 28–34. URL: <http://naukarus.com/umnye-seti-i-birzhevaya-torgovlya-elektricheskoy-energiy>
14. Тюлин А.Е. Формирование и реализация корпоративной сети центров компетенций в авиаприборостроении: специфика управления проектами // *European Social Science Journal*. 2014. № 2-1. С. 487–493
15. Алетдинова А.А., Курчиева Г.И. Формирование условий реализации модели устойчивого развития технологического уклада // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2016. № 4. С. 195–204. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-usloviy-realizatsii-modeli-ustoychivogo-razvitiya-tehnologicheskogo-uklada>
16. Гомонов К.Г. Интеллектуальные энергосистемы как перспективное развитие электроэнергетики // Экономика и предпринимательство. 2016. № 2. Ч. 2. С. 474–478.
17. Логинов Е.Л. Развитие «интеллектуальных сетей» в электроэнергетике отраслей, регионов, городов России // Управление мегаполисом. 2011. № 5. С. 92–100.
18. Ратнер С.В. Управление качеством энергоснабжения в энергосистемах со смешанным типом генерации: организационно-экономические аспекты // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2016. № 19. С. 2–6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-kachestvom-energосnabzheniya-v-energосistemah-so-smeshannym-tipom-generatsii-organizatsionno-ekonomicheskie-aspekty>
19. Иосифов В.В., Бобылев Э.Э. Развитие российского рынка электромобилей: тенденции, перспективы, барьеры // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2017. Т. 10. Вып. 11. С. 1273–1289. URL: <https://doi.org/10.24891/fa.10.11.1273>

Информация о конфликте интересов

Я, автор данной статьи, со всей ответственностью заявляю о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

FACTORS FOR INITIATING INNOVATION PROJECTS ON SMART GRID IMPLEMENTATION: BEST PRACTICES**Anastasiya A. SAL'NIKOVA**Kuban State University (KubSU), Krasnodar, Russian Federation
salnikova.anastasia89@gmail.com
ORCID: not available**Article history:**Received 16 January 2019
Received in revised form
28 January 2019
Accepted 14 February 2019
Available online
26 April 2019**JEL classification:** L94, P48,
Q4, Q55**Keywords:** smart grid,
innovation**Abstract****Subject** The article addresses the global experience in smart grid implementation and initiation of innovation projects in this sphere.**Objectives** The aim is to examine the factors contributing to initiation and implementation (with State support) of innovation projects in the field of smart grids.**Methods** The study employs multiple case studies, comparative and factor analysis.**Results** In addition to the need to integrate into the common network of renewable energy sources, the important factors of decision-making on initiating and implementing innovative projects include the improvement of efficiency and quality of energy supply, development of electric transport, desire to expand the market of innovative goods and services in the field of smart technologies.**Conclusions** Intelligent networks (or smart grids) are important and necessary for deployment of clean energy technologies. The functionalities of intelligent networks open the door to large-scale integration of renewable energy sources, active participation of users in energy management, energy efficiency, and environmental impact reduction. The world experience of pilot projects proved that in future it is possible to increase the share of renewable energy almost to 100%, if we move to a new and more effective approach to energy management based on the use of smart grids and respective technologies.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2019

Please cite this article as: Sal'nikova A.A. Factors for Initiating Innovation Projects on Smart Grid Implementation: Best Practices. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2019, vol. 18, iss. 4, pp. 714–737.
<https://doi.org/10.24891/ea.18.4.714>**References**

1. Dymshakov A.V., Khusyainov I.Z., Kuznetsov B.V. [Intelligent self-stabilizing networks – a new stage of automation development electrical supply of electrical networks 6–20 kv]. *Avtomatizatsiya i IT v energetike = Automation and IT in Power Engineering*, 2017, no. 11, pp. 5–8. (In Russ.)
2. Khovalova T.V., Zholnerchik S.S. [The effects of the introduction of smart grids]. *Strategicheskie resheniya i risk-menedzhment = Strategic Decisions and Risk Management*, 2018, no. 2, pp. 92–101. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effekty-vnedreniya-intellektualnyh-elektroenergeticheskikh-setey> (In Russ.)
3. Ratner S.V. [Photovoltaics in the global energy arena: Trends and regional specifics of development]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2015, no. 33, pp. 57–68. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fotovoltaika-na-mirovoy-energeticheskoy-arene-dinamika-i-regionalnye-osobennosti-razvitiya.pdf> (In Russ.)
4. Ton D.T., Smith M.A. The U.S. Department of Energy's Microgrid Initiative. *The Electricity Journal*, 2012, vol. 25, iss.8, pp. 84–94. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tej.2012.09.013>

5. Ratner S.V., Nizhegorodtsev R.M. [Analysis of the World Experience of Smart Grid Deployment: Economic Effectiveness Issues]. *Teploenergetika = Thermal Engineering*, 2018, vol. 65, no. 6, pp. 68–83. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.1134/S0040363618060097>
6. Dronova Yu.V. [Risks inherent in the introduction of intelligent networks in the electric power complexes of constituent entities of the Russian Federation]. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*, 2016, vol. 2, no. 6, pp. 77–82. (In Russ.)
7. Matyushok V.M., Balashova S.A., Gomono K.G. [The economic rationale for intelligent energy networks creation in Russia]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo = Journal of Economy and Entrepreneurship*, 2016, no. 2, part 1, pp. 475–480. (In Russ.)
8. Ratner S.V., Iosifov V.V. [Stimulation of distributed renewable energy as a mechanism of innovative development of the region]. *Drukerovskiy vestnik*, 2018, no. 5, pp. 127–139. URL: <http://drucker.npi-tu.ru/ru/archive/2018/vyipusk-5-2018/innovacionnyie-metodyi-prinyatiya-reshenij-v-razviti-predpriyatij-i-otraslej/stimulirovanie-rasprelennoy-energetiki> (In Russ.)
9. Almastyan N.A., Ratner S.V. [The modern development level of eco-innovation in energy-intensive sectors of economy: Evidence from power engineering]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2018, vol. 14, iss. 6, pp. 1135–1150. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/ni.14.6.1135>
10. Ratner S.V., Iosifov V.V. [Formation of energy engineering markets in China and India]. *Vestnik URFU. Ser.: Ekonomika i upravlenie = Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management*, 2013, no. 3, pp. 52–62. URL: http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/54973/1/vestnik_2013_3_006.pdf (In Russ.)
11. Ratner S.V. [Standardization and certification as tools to boost the development of wind power in China]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2013, no. 9, pp. 57–64. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/standartizatsiya-i-sertifikatsiya-kak-instrumenty-stimulirovaniya-razvitiya-vetroenergetiki-v-kitae> (In Russ.)
12. Abylgaziev T. [Intelligent Electrical Grid with Chinese Specificity]. *Ekologiya i zhizn' = Ecology and Life*, 2011, no. 10, pp. 34–37. URL: <https://rucont.ru/efd/255668> (In Russ.)
13. Khuzmiev I.K. [Smart grids and exchange trade in electric energy]. *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya = Energy: Economy, Technology, Ecology*, 2014, no. 9, pp. 28–34. URL: <http://naukarus.com/umnye-seti-i-birzhevaya-torgovlya-elektricheskoy-energiey> (In Russ.)
14. Tyulin A.E. [Formation and implementation of a corporate network of competence centers in aircraft engineering: Project management specifics]. *European Social Science Journal*, 2014, no. 2-1, pp. 487–493 (In Russ.)
15. Aletdinova A.A., Kurcheeva G.I. [Establishing the conditions for implementing the model for sustainable development of the technological structure]. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskie nauki = Saint-Petersburg State Polytechnic University Journal. Economics*, 2016, no. 4, pp. 195–204. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-usloviy-realizatsii-modeli-ustoychivogo-razvitiya-tehnologicheskogo-uklada> (In Russ.)
16. Gomono K.G. [Smart grids as a long-term development of electric power industry]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo = Journal of Economy and Entrepreneurship*, 2016, no. 2, part 2, pp. 474–478. (In Russ.)

17. Loginov E.L. [Development of smart grid technologies in the power industry of branches, regions and towns of Russia]. *Upravlenie megapolisom*, 2011, no. 5, pp. 92–100. (In Russ.)
18. Ratner S.V. [Power supply quality management in energy systems with a mixed power generation type: Organizational and economic considerations]. *Finansovaya analitika: problemy i resheniya* = *Financial Analytics: Science and Experience*, 2016, no. 19, pp. 2–6.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-kachestvom-energосnabzheniya-v-energосistemah-so-smeshannym-tipom-generatsii-organizatsionno-ekonomicheskie-aspekty>
(In Russ.)
19. Iosifov V.V., Bobylev E.E. [Development of the Russian market for electric vehicles: Trends, prospects, barriers]. *Finansovaya analitika: problemy i resheniya* = *Financial Analytics: Science and Experience*, 2017, vol. 10, iss. 11, pp. 1273–1289. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.24891/fa.10.11.1273>

Conflict-of-interest notification

I, the author of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.