

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение
высшего образования
«Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»

На правах рукописи

Ховалова Татьяна Владимировна

ИНСТРУМЕНТЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ
ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИЙ
В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством:
управление инновациями (экономические науки)

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель

Линдер Наталия Вячеславовна,
кандидат экономических наук, доцент

Москва – 2021

Оглавление

Введение.....	4
Глава 1 Развитие инноваций в электроэнергетической отрасли: виды, классификация, эффекты и их влияние на трансформацию современной энергосистемы	14
1.1 Инновации и новые технологические тренды в электроэнергетике	14
1.2 Типология и классификация инноваций в электроэнергетике.....	37
1.3 Внедрение инноваций и технологий четвертой промышленной революции в российской электроэнергетике: эффекты и их влияние на трансформацию энергосистемы	44
Глава 2 Анализ распространения новых технологий в электроэнергетике: факторы, динамика скорости распространения и особенностиприятия новшеств участниками электроэнергетического рынка	61
2.1 Скорость распространения новых технологий в электроэнергетике	61
2.2 Выявление факторов, способствующих принятию технологий четвертой промышленной революции среди компаний электроэнергетической отрасли	66
2.3 Анализ факторов принятия и распространения новых технологий среди промышленных компаний – потребителей электроэнергии.....	76
2.4 Выявление барьеров, препятствующих внедрению инноваций в электроэнергетике.....	83
Глава 3 Разработка инструментов стимулирования распространения инноваций в электроэнергетике.....	100
3.1 Разработка методики оценки текущего уровня зрелости компании в электроэнергетике.....	100
3.2 Разработка внутрикорпоративных инструментов стимулирования внедрения инноваций в привязке к инновационному процессу электроэнергетических компаний	115
3.3 Разработка инструментов стимулирования внедрения инноваций в электроэнергетике.....	126
3.4 Оценка влияния предложенных инструментов на скорость распространения инноваций в электроэнергетике	141
Заключение	151

Список литературы	157
Список иллюстративного материала.....	184
Приложение А Трансформация традиционной энергетической системы в энергетику будущего	188
Приложение Б Компоненты регулирования спроса	189
Приложение В Цели управления спросом.....	190
Приложение Г Примеры реализации проектов по цифровизации в электроэнергетической отрасли России	191
Приложение Д Надбавки для промышленных предприятий в период с 2020 по 2030 годы	193
Приложение Е Результаты корреляционного анализа драйверов для компаний электроэнергетической отрасли	194
Приложение Ж Результаты корреляционного анализа драйверов для промышленных компаний	195
Приложение И Результаты корреляционного анализа барьеров для компаний электроэнергетической отрасли	196
Приложение К Результаты корреляционного анализа барьеров для промышленных компаний	197
Приложение Л Анализ инструментов, применяемых для стимулирования разработки и распространения инноваций.....	198
Приложение М Расширенная линейно-циклическая модель инновационного процесса электроэнергетической компании.....	201
Приложение Н Инструменты поддержки внедрения инновационных проектов в электроэнергетических компаниях.....	202
Приложение П Элементы механизмы поддержки цифровых проектов в привязке к модели инновационного проекта.....	206

Введение

Актуальность темы исследования. Современные условия развития электроэнергетической отрасли показывают, что во многих развитых странах мира реализуются сценарии так называемого энергетического перехода, трансформирующие электроэнергетику на базе клиентоцентричных распределенных архитектур энергосистем, суть которых заключается в переходе от традиционных моделей к новым, использующим значительные объемы распределенной генерации, включая возобновляемые источники электроэнергии (ВИЭ) и накопители электроэнергии. Рынки становятся децентрализованными, инфраструктура - интеллектуальной, а потребители переходят к активным, просьюмерским моделям поведения.

Указанные тенденции развития энергосистем в мире заставляют отечественные компании электроэнергетики искать новые механизмы, способы, алгоритмы корпоративного и технологического управления инновационными процессами компании и их последующей трансформации с целью повышения эффективности выработки электроэнергии, повышения качества, доступности оказания услуг по передаче электроэнергии и технологическому присоединению потребителей, а также развивать конкурентные рынки сопутствующих услуг.

Набирающая скорость цифровая трансформация электроэнергетической отрасли приводит к необходимости совершенствования инновационного процесса энергетических компаний с учетом изменений технологических и управленческих процессов, внедрения новых технологий, применяя которые компании обеспечат снижение операционных и инвестиционных затрат, улучшат характеристики надежности энергоснабжения потребителей, повысят эффективность деятельности.

Согласно прогнозу Международного энергетического агентства (IEA), цифровые технологии в энергетическом секторе позволяют сэкономить около 80 миллиардов долларов США в год, или около 5% от общей годовой

стоимости производства электроэнергии [1]. Экономия достигается за счет трансформации существующей энергосистемы и внедрения цифровых технологий на всех электростанциях и сетевой инфраструктуре, которые позволяют снизить затраты на эксплуатацию и обслуживание, сократить незапланированные простои, а также продлить срок службы активов.

Российская электроэнергетика имеет свои особенности, к которым можно отнести небольшой объем ВИЭ и распределенной генерации. Особенности государственного регулирования, надбавки к цене мощности на оптовом рынке, низкая плотность потребления электроэнергии, значительный объем резервных мощностей, социально-ориентированная политика, высокая стоимость капитала и строительства, низкая производительность труда приводят к тому, что конечная цена для промышленных потребителей, в сопоставимых условиях, находится на уровне многих западных стран.

По мнению авторов доклада «Цифровой переход в электроэнергетике России», растущая неэффективность российского электроэнергетического сектора, приводящая к повышению тарифов на электроэнергию для потребителей, является ключевым вызовом для отрасли [2]. Данный фактор с большой долей вероятности может сдержать развитие экономики, существенная часть которой основана на энергоемком производстве.

Несмотря на усилия Правительства России в области цифровой трансформации электроэнергетики, разработки таких нормативно-правовых документов, как «Прогноз научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России на период до 2035 года» [3], дорожной карты «Внедрение инновационных технологий и современных материалов в отраслях ТЭК» [4], госпрограммы «Развитие энергетики» [5], национальных проектов «Разработка и внедрение цифровых электрических подстанций и станций на вновь строящихся и реконструируемых объектах энергетики» [6] и «Цифровая подстанция» [7], процесс распространения цифровых технологий идет гораздо более низкими темпами, чем в зарубежных странах. В результате появляется необходимость в исследовании условий,

способствующих распространению технологий; факторов и барьеров внедрения новых технологий компаниями электроэнергетической отрасли, обоснования ключевых направлений и выработки инструментов, стимулирующих внедрение инноваций.

Степень разработанности темы исследования. Истоки концепции инноваций и особенностей их распространения связаны с работами Й. Шумпетера, П. Друкера, Л. Соете, Т. Робертсона, Э. Роджерса, Ф. Басса, Д. Мура и получили свое развитие в работах многих российских и зарубежных авторов, в том числе К. Кристенсена, К. Бантела, Д. Салливана, Ф. Даманпора, Р. Росвелла, Р. Хисрича, Ю. Яковца, С. Чупрова, Н. Рогалева, освещающих различные подходы к выделению типов инноваций, особенностей построения инновационного процесса, коммерциализации и распространения инноваций.

Вопросы классификации инноваций и разработки подходов к их управлению были рассмотрены Г. Меншем, К. Фрименом, П. Завацлаком, А. Пригожиным, П. Завлиным, А. Васильевым, В. Горшковым, Е. Кретовой, Ю. Яковцем и другими.

Среди российских ученых, которые внесли вклад в изучение различных аспектов внедрения технологий интеллектуальных сетей в российской энергетике, необходимо отметить работы А. Хохлова, А. Трачука, Н. Линдер, Ф. Веселова, Б. Кобец, И. Волковой, В. Зубца, Д. Холкина, Н. Воропая, Ю. Мельникова и других.

Вместе с тем, несмотря на высокую разработанность темы внедрения инноваций в других отраслях, в электроэнергетике есть лишь небольшое число публикаций, исследующих вопросы внедрения и распространения новых технологий.

Целью исследования является разработка и обоснование комплекса инструментов, стимулирующих внедрение инноваций в электроэнергетике на основе анализа факторов и условий, способствующих распространению новых технологий в электроэнергетической отрасли.

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие **задачи:**

1) выявлена специфика инновационной деятельности, а также особенности внедрения и распространения новых технологий в российской электроэнергетике;

2) выявлены и классифицированы типы инноваций в электроэнергетике, основанные на характеристике электроэнергии как товара;

3) определены эффекты от внедрения выявленных в рамках предыдущей задачи типов инноваций, получаемые компаниями, действующими на рынке электроэнергии;

4) установлены факторы, влияющие на принятие и внедрение инноваций в компаниях электроэнергетической отрасли, промышленных компаниях - потребителях электроэнергии (для интерактивных технологий), а также барьеры, препятствующие их распространению;

5) разработана методика оценки текущего уровня зрелости компаний электроэнергетической отрасли, а также промышленных компаний, внедряющих технологии интеллектуальной энергетики;

6) разработаны инструменты, стимулирующие внедрение технологий интеллектуальной энергетики в компаниях электроэнергетической отрасли и промышленных компаниях - потребителях электроэнергии.

Объектом исследования является инновационный процесс компаний российской электроэнергетической отрасли.

Предметом исследования являются экономические отношения, складывающиеся в электроэнергетической отрасли в ходе внедрения и распространения инноваций.

Методология и методы исследования. В качестве методов исследования в работе использовались общенаучные подходы – диалектический, конкретно-исторический и системный, которые позволили рассмотреть изучаемые процессы в развитии, определить движущие

противоречия изучаемых процессов, а также выявить содержание и форму изучаемых явлений.

В качестве специального методического инструментария в диссертации использованы:

- для анализа факторов и выделения барьеров применено эконометрическое моделирование;
- при апробации методики оценки текущего уровня зрелости компаний и выделения их однородных групп применен кластерный анализ.

Область исследования. Диссертация подготовлена в рамках пункта 2.12. «Исследование форм и способов организации и стимулирования инновационной деятельности, современных подходов к формированию инновационных стратегий» Паспорта научной специальности 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством: управление инновациями (экономические науки).

Информационно-эмпирическая база исследования. Исследование осуществлялось на основе данных открытых источников сети Интернет (Федеральной службы государственной статистики, Министерства энергетики Российской Федерации, отраслевых агентств, годовых отчетов промышленных компаний и компаний электроэнергетической отрасли)

Научная новизна заключается в теоретическом обосновании и разработке инструментов стимулирования и внедрения инноваций в компаниях электроэнергетической отрасли и промышленных компаниях - потребителях электроэнергии.

Положения, выносимые на защиту:

- 1) разработана классификация типов инноваций в электроэнергетике, впервые предлагается классификация, отражающая специфику отрасли: выделены инновации, обусловленные изменением технологий, и инновации, обусловленные изменением рынка (С. 41-42);
- 2) выявлены и обоснованы эффекты от внедрения инноваций в электроэнергетике: с точки зрения влияния на энергокомпания и с точки зрения

влияния на потребителей - промышленные компании, что необходимо для раскрытия механизма повышения эффективности электроэнергетики и экономики в целом (С. 57-58);

3) выявлены и систематизированы ключевые факторы, оказывающие воздействие на принятие и внедрение новых технологий компаниями электроэнергетической отрасли. В частности, обосновано влияние таких факторов, как развитие новых бизнесов и новых сервисов; возможность повышения клиентоориентированности компании; готовность инфраструктуры и персонала компании и др. (С. 70-76);

4) на основе эмпирического анализа выявлены барьеры, препятствующие успешному внедрению и распространению инноваций в электроэнергетике: а именно, риски, связанные с внедрением новых технологий; низкая проработка вопросов кибербезопасности; сложность интеграции цифровых технологий с существующими на предприятии системами; износ и моральное устаревание инфраструктуры на действующих активах компании; недостаточный уровень подготовки персонала для обслуживания и работы с внедряемыми цифровыми технологиями и др. (С. 86-88);

5) разработана оригинальная методика оценки зрелости компаний для внедрения технологий интеллектуальных энергетических сетей, которая позволяет провести оценку как компаний энергетической отрасли с учетом их бизнес-моделей (генерирующие, энергосбытовые, энергосетевые компании), так и отрасли в целом (С. 100-104);

6) разработаны три группы инструментов, стимулирующих внедрение новых цифровых технологий в компаниях электроэнергетической отрасли и промышленных компаниях – потребителях электроэнергии: регуляторные инструменты, направленные на создание благоприятных условий для внедрения инноваций; инструменты, направленные на трансформацию стратегии компаний, внедряющих инновации; и

инструменты, трансформирующие текущую операционную модель компании с целью внедрения новых технологий (С. 122-126; 140-141).

Теоретическая значимость работы состоит в развитии классификации инноваций, учитывающей специфику электроэнергетики исходя из современных тенденций развития отрасли. Выявлены две группы инноваций: инновации, обусловленные изменением технологий, которые подразделяются на две подгруппы: технологические инновации и процессные инновации. К второй группе инноваций в электроэнергетике отнесены инновации, обусловленные изменением рынка, куда входят две подгруппы инноваций: инновации управления и инновации транзакций. Предложенная классификация позволяет повысить эффективность управления инновациями в электроэнергетике.

Выявлены эффекты от внедрения инноваций в электроэнергетике и обосновано их влияние на повышение эффективности отрасли и экономики в целом.

Практическая значимость работы заключается в выявлении факторов, способствующих и препятствующих внедрению инноваций в электроэнергетике, а также определении их значимости как для компаний электроэнергетической отрасли, так и для компаний – потребителей электроэнергии. Учет данных факторов может позволить разработать рекомендации по стимулированию инновационной активности предприятий и ускорить цифровую трансформацию отрасли.

Предложенная методика определения уровня зрелости компаний электроэнергетической отрасли, учитывающая наиболее значимые для организаций факторы, может быть использована руководителями и собственниками предприятий для определения текущего уровня зрелости и разработки стратегии перехода к более высокому уровню, позволяющему наиболее полно использовать потенциал цифровых технологий и получить максимальный эффект от их внедрения.

Разработанные инструменты стимулирования внедрения инноваций могут быть использованы органами государственной власти для повышения скорости распространения новых технологий в компаниях электроэнергетической отрасли и промышленных компаниях – потребителях электроэнергии.

Степень достоверности, апробация и внедрение результатов исследования. Достоверность полученных результатов определяется проведенным корреляционно-регрессионным анализом влияния факторов, способствующих и препятствующих внедрению новых технологий в компаниях электроэнергетической отрасли и промышленных компаниях – потребителях электроэнергии на основе эмпирической выборки компаний обоего типа, а также кластерным анализом по выявлению различных групп, имеющих схожие характеристики относительно внедренных инноваций. Эффективность предложенных инструментов подтверждена с помощью экспертных оценок, полученных в ходе проведения интервью, что подтверждает высокое качество, достоверность и аргументированность данного исследования.

Основные положения и результаты исследования представлены на международных и российских научно-практических конференциях: на I Международной конференции «International conference Technology & Entrepreneurship In Digital Society» (Москва, Финансовый университет, 07-09 ноября 2018 г.); на VII Международной научно-практической конференции «Управленческие науки в современном мире» (Москва, Финансовый университет, 13-15 ноября 2019 г.); на Международной научной конференции Финансового университета «Развитие технологий операционного управления в отраслях национальной экономики в условиях перехода на цифровые технологии» (Москва, Финансовый университет, 09-10 апреля 2019 г.); на Всероссийской научно-практической конференции «Стратегии бизнеса и их интернационализация» (Москва, Финансовый университет, 25 февраля 2020 г.); на Международной научно-практической

конференции «Операционный и проектный менеджмент: стратегии и тенденции» (Москва, Финансовый университет, 22-23 сентября 2020 г.).

Материалы диссертации использованы при выполнении научно-исследовательской работы «Развитие интеллектуальных энергетических сетей в целях повышения энергетической эффективности промышленных компаний» (Государственное задание, приказ Финуниверстета от 12.04.2018 № 0838/о) в части подготовки разделов:

– «Выявление и систематизация технологических, экономических и других эффектов от внедрения интеллектуальных энергетических сетей, в том числе перехода к цифровым способам управления в электроэнергетической отрасли и поддержания трансформации моделей поведения компаний - потребителей, а также бизнес-практик энергоснабжающих и сервисных компаний, с указанием источников возникновения данных эффектов»;

– «Разработка механизмов стимулирования разработок и внедрения технологий «Интернета энергии» организациями, работающими в сфере электроэнергетики, потребителями электроэнергии, а также отечественными производителями оборудования, в первую очередь, электротехнического информационно-коммуникационного».

Материалы работы используются в практической деятельности АО «РУСАЛ Менеджмент» в части методики оценки зрелости в области внедрения инноваций в электроэнергетике, а также инструментов, позволяющих преодолеть барьеры и стимулирующие внедрение инноваций в промышленных компаниях. Выводы и основные положения работы способствуют повышению активности инновационной деятельности компании.

Материалы исследования применяются в Департаменте менеджмента и инноваций Факультета «Высшая школа управления» ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации» в преподавании учебной дисциплины «Генерация в электроэнергетике: организация, бизнес-модели и перспективные

технологии» по направлению подготовки 38.04.02 – Менеджмент, направленность программы магистратуры «Бизнес в электроэнергетике».

Апробация и внедрение результатов исследования подтверждены соответствующими документами.

Публикации по теме диссертации. Основные положения и результаты исследования опубликованы в 7 работах общим объемом 17,16 п.л. (авторский объем 6,73 п.л.), в том числе 5 работ общим объемом 5,6 п.л. (авторский объем 4,78 п.л.) опубликованы в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК при Минобрнауки России. Все публикации по теме работы.

Структура и объем диссертации обусловлены целью и задачами исследования. Работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 170 наименований, списка иллюстративного материала и 13 приложений. Текст диссертации изложен на 206 страницах, включает 45 таблиц и 20 рисунков.

Глава 1

Развитие инноваций в электроэнергетической отрасли: виды, классификация, эффекты и их влияние на трансформацию современной энергосистемы

1.1 Инновации и новые технологические тренды в электроэнергетике

Инновации являются драйвером технологических, социальных и культурных изменений. В то же время, инновации играют ключевую роль в программах экономического роста и устойчивого развития во всем мире [8; 9]. Несмотря на обширную литературу, посвященную описанию сути инноваций, на сегодняшний день единого термина, определяющего инновации, не существует.

Согласно классической концепции Й. Шумпетера, «инновация - это коммерческое или промышленное применение чего-то нового: нового продукта, процесса или метода производства; нового рынка или источников снабжения; новой формы коммерческого бизнеса или финансовой организации» [10]. Кроме того, инновации различаются по степени новизны и могут быть инкрементальными, подрывными или радикальными, оказывающими существенное влияние на структурные изменения в отраслях экономики или сегментах рынка [11-14].

Й. Шумпетер впервые ввел различие между понятием инноваций и новшеств. Инновацию он рассматривал как специфическую деятельность, функцию или продукт, внедренные и получившие распространение в экономической деятельности и имеющие коммерческую составляющую, в то время как новшества - это некоммерциализированные изобретения.

Х. Барентт в 1953 году отметил, что инновации - это нечто новое: «любая мысль, поведение или вещь, которые являются новыми, потому что они качественно отличаются от существующих форм» [15].

Вместе с тем, Дж. Робертсон в 1967 году определяет инновации как процесс, посредством которого новая идея, поведение или вещь, имеющие существенное отличие от уже существующих форм, внедряются и применяются на практике [16]. П. Друкер в 1986 году определяет инновации как специфический инструмент предпринимателей, который может быть использован для создания другого бизнеса, услуги. Инновации, отмечает П. Друкер, можно рассматривать как дисциплину, которую можно изучить и практиковать [17].

Похожее мнение, в котором отражен взгляд на инновации как на драйвер изменений, высказали Д. О'Салливан и Л. Дули в 2009 году, отметив, что инновации - это «применение практических инструментов и методов, которые вносят большие и маленькие изменения в продукты, процессы и услуги, что приводит к внедрению чего-то нового для организации, что увеличивает ценность для клиентов и способствует накоплению знаний в организации» [18].

Организация экономического сотрудничества и развития (OECD) предложила определение, согласно которому инновация - это «внедрение нового или значительно улучшенного продукта (товара или услуги) или процесса, нового маркетингового метода или нового организационного метода в деловой практике, организации рабочих мест или внешних связях» [19].

Таким образом, исходя из приведенных примеров, можно выделить два ключевых аспекта, которые характеризуют инновации: во-первых, инновации рассматриваются как процесс, способствующий внедрению изменений, во-вторых, инновации рассматриваются как продукт или услуга, основная характеристика которых - новизна.

В то же время, согласно мнению Р. Хисрича и К. Кирни, инновации - это не только изобретения или новые технологии, это, прежде всего, новые возможности для бизнеса, созданные с помощью новых технологий, продуктов, услуг, процессов, бизнес-моделей [20]. Авторы также считают, что инновации - это структурированный и систематизированный процесс,

включающий управление инновациями и требующий внесения изменений в сопутствующие области [20].

Инновации оказывают существенное влияние не только на конкурентоспособность организаций, но также ведут к трансформации отраслей, что существенным образом отражается на темпах экономического роста как самой отрасли, так и страны в целом [21]. В этой связи становится актуальным вопрос стимулирования внедрения инноваций. При этом важно учитывать, что организации внедряют инновации не изолированно, а под влиянием внешних факторов, во многом определяющих ее готовность к внедрению инноваций.

Рассмотрены особенности внедрения и распространения инноваций в электроэнергетической отрасли. На сегодняшний день сфера электроэнергетики, являясь основой функционирования экономики, переживает период глубокой трансформации, которую обуславливают быстрое развитие цифровых решений и технологий, повышение значимости климатической повестки, смена парадигмы на пользователь-ориентированные системы [22; 23].

Традиционная энергетическая система представляет собой централизованную, вертикально-интегрированную и однонаправленную систему, главным образом нацеленную на обеспечение доступа к безопасной, доступной и надежной электроэнергии. Ресурсы, используемые для производства электроэнергии, преимущественно составляют природный газ, нефть и уголь, а также гидроресурсы и ядерное топливо. Согласно существующим прогнозам, в ближайшие 10 лет электроэнергетический комплекс претерпит существенные изменения, которые связаны со становлением «умной» энергетики [24-28]. Развитие и внедрение цифровых технологий позволит трансформировать традиционную энергетическую систему, объединив ее с возобновляемыми источниками энергии, распределенной генерацией и изменит роль потребителя энергии, создав двунаправленную систему коммуникаций между производителем и

потребителем, как представлено в приложении А.

Основными трендами, которые обуславливают развитие и внедрение инноваций в электроэнергетике во всем мире, являются:

– *электрификация* - согласно прогнозам McKinsey, спрос на электроэнергию к 2050 году увеличится вдвое по сравнению с текущим уровнем потребления, причем возобновляемые источники энергии обеспечат около 50% производства уже к 2035 году [27]. В наибольшей степени рост уровня потребления будет происходить в таких областях, как жилищно-коммунальное хозяйство, транспорт и промышленность. Драйвером электрификации также является развитие электромобилей, на рост потребления электроэнергии в области жилищно-коммунального хозяйства оказывает влияние повышение стандарта жизни в странах, не входящих в Организацию экономического сотрудничества и развития (в основном Китай и Индия), в промышленности – рост производства.

– *декарбонизация* - одним из важнейших символов пересмотра государственных политик в области развития энергетики стали предложения климатической конференции ООН COP-21 в декабре 2015 г., в значительной степени сфокусированные на декарбонизации электроэнергетики [29]. Активно развивающийся рынок импакт-инвестиций и рост выпуска зеленых облигаций свидетельствуют об интересе бизнеса и финансового рынка к развитию в данном направлении. Более того, эффект от реализации зеленых инициатив оценивается не только снижением негативного влияния на окружающую среду, но также и экономическим эффектом. Согласно прогнозу McKinsey, инвестиции в возобновляемые источники энергии позволят создать в три раза больше рабочих мест по сравнению с традиционной энергетикой [27], появится возможность эффективного обеспечения энергией территорий, отрезанных от централизованных систем энергоснабжения. ВИЭ, кроме того, повышают энергобезопасность за счет снижения зависимости от импорта энергоресурсов для стран-импортеров.

– *децентрализация* - децентрализованная энергетическая система

характеризуется размещением объектов генерации ближе к месту потребления электроэнергии. Преимущества такой системы заключаются в оптимальном использовании возобновляемых источников энергии, повышении эффективности передачи и распределения электроэнергии, снижении связанных с этим экономических и экологических издержек, а также сокращении использования ископаемого топлива и повышении экологической эффективности.

Данная система является относительно новым подходом в энергетике большинства стран. Традиционно отрасль сосредоточена на развитии крупных центральных электростанций и передаче генерирующих нагрузок по протяженным линиям электропередачи и распределения потребителям региона. Децентрализация относится к нескольким технологиям, влияющим на сеть:

- *технологии, позволяющие генерировать электроэнергию на основе ВИЭ* (в первую очередь, фотоэлектрических солнечных, ветряных электростанций), что снижает спрос на электроэнергию из центральной энергосистемы;

- *системы накопления электроэнергии* – аккумулируют электрическую энергию локально для использования в пиковые периоды или в качестве резервного источника электроэнергии, что позволяет сгладить пики потребления электроэнергии;

- *технологии, обеспечивающие энергоэффективность*, позволяют сократить потребление энергии;

- *управление спросом* позволяет контролировать потребление энергии в периоды пикового спроса и высоких цен, снижая пиковые цены.

В результате потребление становится все более гибким, потребители становятся поставщиками электроэнергии и все больше требуют пересмотра норм традиционного регулирования рынка электроэнергии, перехода к «энергетической демократии» (Energy Democracy).

Цифровизация сети как с помощью технологий интеллектуального

учета, автоматизации и других цифровых сетевых технологий, так и путем внедрения устройств, связанных с появлением Интернета вещей (IoT) и энергопотребляющих подключенных устройств.

Согласно Д. Холкину, цифровая энергетика имеет свое уникальное содержание, которое отличает его от автоматизации в электроэнергетике. Можно выделить 5 отличительных характеристик, на которые следует обратить внимание [30].

Так, цифровая энергетика должна рассматриваться в контексте цифровой экономики, что означает, что одной из ее основ является экономическая деятельность, коммерческие транзакции и профессиональные взаимодействия, основанные на новых принципах и реализуемые благодаря использованию информационно-коммуникативных технологий.

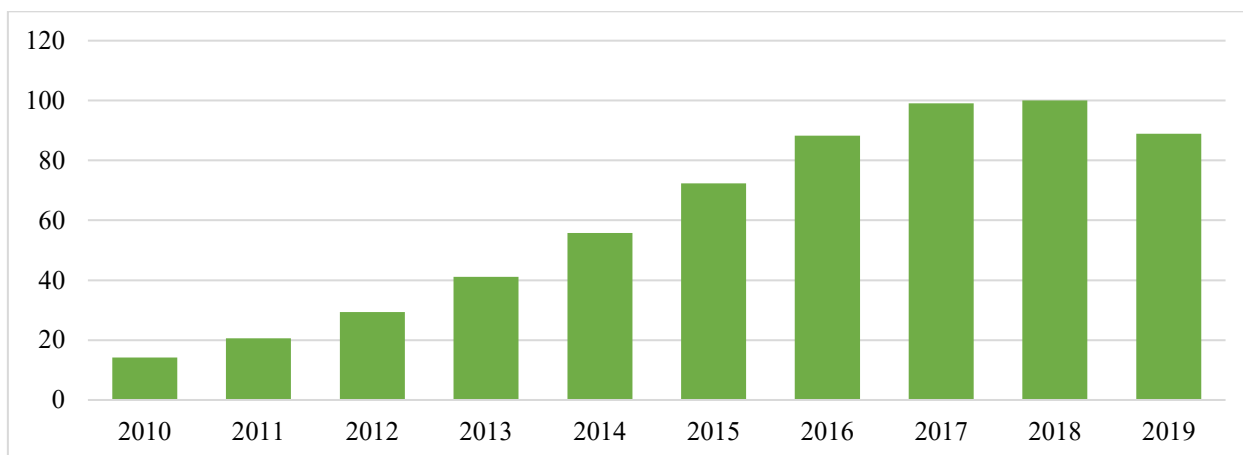
Основной задачей, которую выполняет цифровая энергетика, является сокращение транзакционных издержек. Например, цифровые платформы, внедряемые для реализации концепции интернета энергии, должны сократить издержки на интеграцию, коммерческое взаимодействие участников рынка электроэнергии.

Цифровая трансформация в электроэнергетике – это создание новых бизнес-моделей, услуг и рынков, которые опираются на цифровую экономику. Примерами таких бизнес-моделей могут служить: агрегаторы спроса, виртуальные электростанции, виртуальное распределенное накопление электроэнергии, энергетическое хеджирование.

Проект цифровой энергетики предполагает использование цифровой модели реального мира, данный элемент позволяет обеспечить автоматическое управление системой в режиме реального времени, без участия человека. Цифровизация энергетики предполагает освобождение человека от рутинных функций и возникновение новых форм занятости.

Происходит постепенный переход от преобладающей модели крупномасштабного централизованного и углеродоемкого производства электроэнергии к мелкомасштабному, децентрализованному,

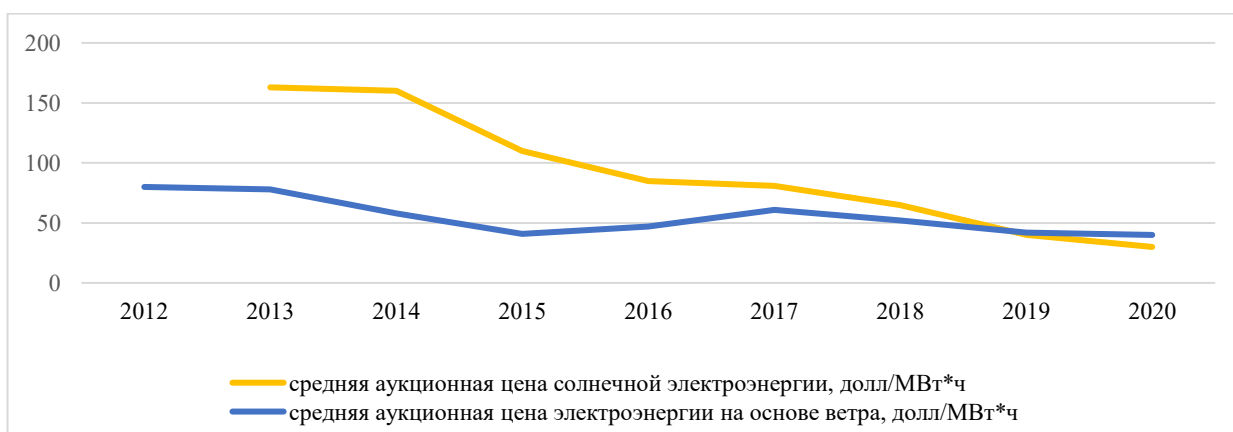
низкоуглеродному производству электроэнергии. Это становится очевидным, если посмотреть на увеличение объема установленной мощности возобновляемых источников энергии, как представлено на рисунке 1.



Источник: составлено автором по материалам [31].

Рисунок 1 – Динамика роста установленной мощности, основанной на ВИЭ (2010 – 2019 гг.)

Резкий рост использования возобновляемых источников энергии обусловлен значительным падением затрат на их установку, крупномасштабная генерация из возобновляемых источников обходится дешевле, чем установка на ископаемом топливе [32]. Например, стоимость электроэнергии, генерируемой с помощью солнца, как представлено на рисунке 2, с 2013 года по 2020 год сократилась в 4 раза.



Источник: составлено автором по материалам [33].

Рисунок 2 – Объявленная средняя аукционная цена солнечной электроэнергии и электроэнергии, генерируемой с помощью ветра

Согласно отчету Европейского совета, подготовленному в рамках проекта «Программа исследований и инноваций Европейского Союза

«Горизонт 2020», основными трендами, в соответствии с которыми на сегодняшний день развивается электроэнергетика, являются энергетическая доступность и безопасность, истощение ресурсов, технологическая революция и развитие городов, которые оказывают существенное влияние на энергетические цепочки создания стоимости в энергетической системе [34]. Более подробно мегатренды и драйверы изменений, которые позволяют понять развитие европейской энергетической системы, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Мегатренды и драйверы изменения энергетической системы

Мегатренды	Драйверы изменения	Примеры
1	2	3
Изменения климата	Законодательные и вспомогательные меры по сокращению выбросов в энергоемких секторах (строительство, транспорт, электроэнергетика и промышленность)	
	Повышение осведомленности потребителей в отношении устойчивости	
Энергообеспечение	Законодательство и меры поддержки для снижения энергопотребления зданий, транспорта и промышленности	-
	Изменение энергетического рынка	Растет доля возобновляемых источников энергии в энергосистеме, генерация становится «умной», децентрализованной, распределенной
	Сетевой паритет и распределенное внедрение возобновляемых источников энергии	Снижение затрат за счет прогресса на кривой обучения, сетевой паритет солнечной энергетики
	Повышенная потребность в гибкости	Распределенная генерация энергии обеспечивает определенную степень независимости потребителя
Цифровая и технологическая революция	Интеллектуальные промышленные процессы и системы	Реализуемые меры, связанные с ИКТ: интеллектуальные системы мониторинга, алгоритмы управления, направленные на повышение эффективности производства, усовершенствованная автоматизация

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Цифровая и технологическая революция	Проникновение смартфонов и подключенных устройств	-
Истощение ресурсов и загрязнение окружающей среды	Законодательство и меры поддержки (международный, национальный и региональный уровни) для повышения эффективности использования ресурсов	
	Повышение общей осведомленности потребителей об энергоэффективности	
	Вложение инвестиций для повышения энергетической безопасности	Поддержка межсоединений и резервного копирования, включая технологии хранения энергии и увеличенные резервы мощности
Рост городского населения	Высокая и продолжающаяся возрастать степень урбанизации	Прогнозируется проживание в городах более двух третей населения Европы в 2050 году
Демографический сдвиг	Увеличение потребления энергии	Рост потребления на 33% по сравнению с 1980 годом

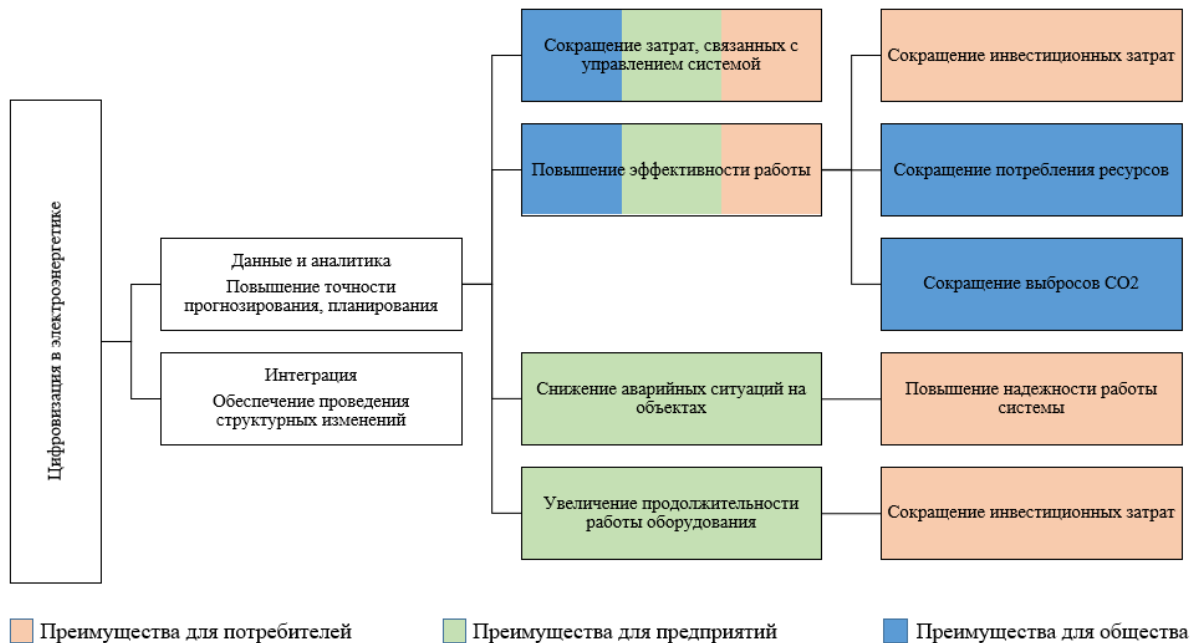
Источник: составлено автором по материалам [34].

В совокупности рассмотренные выше тенденции ведут к построению системы, в которой традиционные границы между производителями, дистрибьюторами и клиентами размыты, что повышает сложность управления. Предпочтения и ожидания клиентов смещаются в сторону уменьшения выбросов углекислого газа, большего выбора, взаимодействия и обмена информацией в режиме реального времени, постоянной связи, большей прозрачности, надежности и безопасности.

Преимущества, которые получают от цифровизации в электроэнергетике потребители, организации и общество, были выделены Международным энергетическим агентством [26] и представлены на рисунке 3.

Проводя параллели с интернет-революцией, можно ожидать, что роль клиентов-потребителей электроэнергии изменится и будет существенно отличаться от модели, которая на сегодняшний день претерпевает трансформацию. Роль сети выходит за рамки снабжения электроэнергией, сеть становится платформой, которая максимизирует ценность распределенных энергетических ресурсов. Потребители смогут выбирать поставщиков, подключать собственные генерирующие объекты к сетям и в конечном итоге заключать сделки с другими распределенными и централизованными

источниками. Новая система электроснабжения может открыть новые возможности для услуг и бизнеса.



Источник: составлено автором по материалам [26].

Рисунок 3 – Преимущества от цифровизации электроэнергетической отрасли

Говоря о цифровой трансформации электроэнергетики в целом, можно отметить, что еще ни одна страна не завершила данный процесс. К странам с наибольшим опытом внедрения цифровых технологий в данной отрасли можно отнести Германию, Великобританию, Данию, Францию.

При этом стоит отметить, что инновационное развитие электроэнергетики включает в себя не только внедрение инноваций на стороне генерирующих, энергосбытовых, энергосетевых компаний, но также на стороне потребителей электроэнергии.

Для более полного понимания характеристик создаваемой энергетической системы необходимо изучение элементов, которые составляют ее основу. К новым технологиям и инновациям четвертой промышленной революции в электроэнергетике на стороне промышленных предприятий и компаний электроэнергетической отрасли, как правило, относят технологии, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Технологии четвертой промышленной революции в электроэнергетике

Название технологии	Характеристика	
	В промышленных компаниях	В области генерации, передачи, распределения и сбыта электроэнергии
1	2	3
Умные счетчики	Обеспечивают сбор и передачу информации без участия человека, обеспечивают двунаправленный поток информации. Являются одним из ключевых элементов сбора информации для других цифровых технологий, на основе которой принимаются решения относительно управления энергосистемой.	
Системы накопления электроэнергии	Позволяют интегрировать возобновляемые источники электроэнергии в единую энергосеть, являются резервным источником электроэнергии, позволяющим накапливать и хранить электроэнергию.	
Объекты распределенной генерации	Повышают ориентацию на экологически безопасную энергетику, повышают надежность энергосистемы и снижают потери электроэнергии.	
Технологии управления спросом (Demand Response)	Позволяют выровнять нагрузку в пиковые часы и равномерно распределить ее, оптимизировать инвестиционную программу и снизить затраты как генерирующих компаний, так и потребителей электроэнергии	
Системы энергосбережения	Позволяют снизить затраты на электроэнергию	-
Цифровые двойники	-	Технологии могут быть использованы для моделирования физических объектов для прогнозирования их поведения в случае изменения влияющих факторов.
Большие данные	-	Являются данными, на основе которых принимаются решения относительно управления энергосистемой. Полнота, глубина и точность данных оказывают прямое влияние на качество управленческих решений.
Интернет вещей	-	Представляет собой совокупность технологий, позволяющих, в том числе, проводить анализ режимов загрузки оборудования, улучшить собираемость задолженности и выставление счетов, проводить анализ производительности активов на основе датчиков.
Продвинутая аналитика и технологии искусственного интеллекта	-	Технологии могут быть использованы для прогнозирования возможных вариантов развития событий, что позволяет персоналу предпринимать действия, необходимые для

Продолжение таблицы 2

1	2	3
		минимизации последствий негативных ситуаций. Качество прогноза напрямую зависит от глубины, объема и точности данных.
Мобильные решения	-	Способствуют повышению производительности труда сотрудников, качества обслуживания клиентов, позволяют автоматизировать взаимодействие потребителей и компаний-поставщиков электроэнергии, обеспечить рост уровня клиентоориентированности.
Дополненная реальность (AR), виртуальная реальность (VR), смешанная реальность (MR)	-	Технологии позволяют повысить производительность труда, эффективность операционной деятельности компании.
«Умные» сети	Электрические сети, обеспечивающие двусторонний поток электроэнергии и данных с помощью цифровых коммуникационных технологий, позволяющих обнаруживать, анализировать и своевременно реагировать на негативные ситуации. Умные сети обладают способностью к самовосстановлению и позволяют потребителям электроэнергии стать активными участниками энергетического рынка.	

Источник: составлено автором по материалам [35 - 39].

Умный учет (Smart Metering) - это усовершенствованный учет электроэнергии, в котором специальные датчики позволяют не только измерить объем потребляемой электроэнергии, но также передать информацию о статистике потребления коммунальной компании или системному оператору. Подобные датчики позволяют осуществить сбор, обработку данных, обеспечивают предоставление информации о потреблении энергоресурсов и возможность автоматического и удаленного управления.

Умный учет позволяет получить следующие преимущества [38; 40 - 42]:

- наиболее достоверное измерение объема потребленных за период ресурсов;
- сбор, обработка и передача информации является автоматической, осуществляется в режиме реального времени;

- обеспечение контроля режима потребления;
- возможность выявления фактов безучетного потребления электроэнергии или внешнего воздействия на счетчики;
- получение информации о фактических потерях в электросетях;
- возможность удаленного ограничения потребления или отключения энергоснабжения;
- оценка эффективности энергосберегающих мероприятий;
- управление потоками мощности.

При этом, если ранее счетчики выполняли функцию учета фактически потребленного объема электроэнергии в течение определенного периода, то новая система учета обеспечивает передачу информации о фактическом объеме потребления электроэнергии в режиме онлайн.

Распределенная генерация (Distributed Generation). Распределенная генерация включает в себя технологии, производящие электроэнергию на местах, приближенных к месту потребления. Распределенная генерация может обслуживать одну структуру, такую как предприятие или домохозяйство, или же быть частью микросети, связанной с более крупной системой. При подключении к низковольтным распределительным линиям энергосистемы распределенная генерация может помочь обеспечить доставку надежной энергии подключенным потребителям и снизить потери электроэнергии на линиях передачи и распределения. В общемировой практике к технологиям распределенной генерации относят также системы распределенного хранения электроэнергии, программы ценозависимого снижения потребления (Demand Response), управление энергоэффективностью потребителей, микрогриды, электромобили.

Данный вариант электроснабжения может стать наиболее предпочтительным для потребителей, при этом потребители могут сохранить подключение к традиционным сетям, рассматривая их в качестве запасного варианта. Инвестируя в развитие распределенной генерации, потребители снижают потребность в вводе дополнительных мощностей крупной

генерации, в связи с чем осуществляется более гибкая инвестиционная политика.

Одной из характеристик распределенной энергетики является сопоставимость уровня энергоэффективности (КПД) с крупными электростанциями, однако в связи с близким расположением объектов распределенной генерации к потребителям электроэнергии наблюдаются более низкие сетевые потери при передаче электроэнергии [42]. Подключение распределенных источников энергии и наличие множества мелких производителей электроэнергии является одним из критериев, способствующих повышению энергетической безопасности, что связано со снижением рисков тотальных отключений, возможностью восстановления энергоснабжения потребителей в случае возникновения непредвиденных ситуаций, к которым можно отнести, к примеру, природные катаклизмы, кибератаки на объекты инфраструктуры [42]. Энергосеть со множеством распределенных источников энергии может быть сопоставима с информационной инфраструктурой, функционирующей на основе систем распределенного хранения и обработки данных, которая затем сформировала Всемирную паутину Интернет, в связи с чем в литературе данный подход к организации энергетических систем получил название Интернет энергии (Internet of Energy) [43; 44].

Управление спросом (Demand response - DR). Механизм реагирования на спрос является одним из ключевых элементов «умной» энергетики. Реагирование на спрос может быть определено как «изменение потребления электроэнергии конечными потребителями по сравнению с их обычными моделями потребления в ответ на изменения цены на электроэнергию с течением времени».

Управление спросом включает в себя различные подходы к изменению объема и периода потребления электроэнергии потребителями, что позволяет поставщику электроэнергии сбалансировать спрос и предложение с помощью сигналов. Данный механизм может эффективно снизить пиковую нагрузку

энергосистемы и сократить инвестиции, необходимые для введения в эксплуатацию новых генерирующих установок и линий электропередачи, вместе с тем появляется возможность для увеличения проникновения переменной возобновляемой генерации. К примеру, в рамках реализации программ управления спросом потребители электроэнергии в ответ на поступающие сигналы способны изменить тип потребляемой электроэнергии (к примеру, отдать предпочтение электроэнергии, произведенной с использованием возобновляемых источников энергии).

В странах Европейского Союза используется подход, согласно которому под управлением спросом понимается: «...добровольное изменение конечными потребителями своих обычных моделей потребления электроэнергии в ответ на рыночные сигналы (такие как изменяемые во времени цены на электроэнергию или стимулирующие платежи) или после принятия заявок потребителей (самостоятельно или путем агрегирования) на продажу электроэнергии на организованных энергетических рынках, их воли изменить свой спрос на электроэнергию в данный момент времени» [45]. Соответственно, реакция на требование не должна быть ни вынужденной, ни неоправданной.

В то же время, Федеральная комиссия по регулированию энергетического рынка США в настоящее время определяет управление спросом следующим образом: «изменение потребления электроэнергии потребителями ресурсов по сравнению с их обычными моделями потребления в ответ на изменение цен на электроэнергию с течением времени или на выплаты, призванные стимулировать снижение потребления электроэнергии в периоды высоких оптовых рыночных цен или когда надежность системы находится под угрозой» [46].

Программы управления спросом активнее всего внедряются в США, Франции, Великобритании, Австралии, Японии, Китае [47-52]. В то же время, лишь в немногих из них механизм управления спросом можно охарактеризовать как зрелый. В большинстве стран он до сих пор находится в

стадии становления или раннего развития. Например, управление спросом в Китае, на потенциально самом большом в мире рынке, пока применяется (и в ближайшие годы, по оценкам экспертов, будет применяться) в пробном режиме, поскольку энергетика страны пока не готова к полной интеграции механизма. Несмотря на это, согласно прогнозам, к 2025 году мировой рынок вырастет в 3,5 раза, до 144 ГВт [52]. При этом самый значительный рост ожидается в Азиатско-Тихоокеанском регионе, а также в Европе, как показано на рисунке 4.



Источник: составлено по материалам [52].

Рисунок 4 – Прогноз развития систем управления спросом в мире до 2025 года

В целом, в зарубежных энергосистемах внедрение механизма управления спросом позволило организовать централизованное управление ресурсами потребителей в объеме 2-6% от пикового спроса, или 0,5-14 ГВт мощности (США (PJM) - 13,9 ГВт, Южная Корея (KPECO) - 3,2 ГВт, Канада (IESO) - 0,7 ГВт, Великобритания (National Grid) - 0,5 ГВт), что позволяет потребителям уменьшать платежи за электроэнергию на 0,6-1,7% [52].

В современных публикациях представлены различные компоненты программ управления спросом. Наибольшее распространение получила модель управления спросом, предложенная Североамериканской корпорацией по надежности электроэнергии (NERC), которая показана в приложении Б.

В зависимости от целей управления спросом можно выделить различные графики нагрузки, рассмотренные в научно-исследовательской работе под руководством профессора Н.В. Линдер «Развитие интеллектуальных энергетических сетей в целях повышения энергетической эффективности промышленных компаний» [53] и представленные в приложении В.

В Центральном сценарии Международного энергетического агентства (МЭА) реализация полного технического потенциала реагирования спроса (6900 ТВт-ч) дает примерно 185 ГВт дополнительной гибкости для системы электроснабжения в глобальном масштабе в 2040 году, что примерно эквивалентно установленной мощности электроснабжения Италии и Австралии [54]. Такая гибкость позволила бы сократить инвестиции в новую электроэнергетическую инфраструктуру (новые генерирующие мощности, а также передачу и распределение), поэтому можно говорить о том, что преимущества, формируемые в результате использования механизма, огромны.

Программы экономии электроэнергии (энергоэффективность). Энергоэффективность является одной из целей, преследуемых не только для сокращения затрат на потребляемую электроэнергию в домохозяйствах и на промышленных предприятиях, но также для сокращения негативного влияния на окружающую среду. Повестка дня Организации Объединенных Наций в области устойчивого развития на период до 2030 года также включает задачи по повышению энергоэффективности (Цель 7.3 устойчивого развития) [55].

Достижению этой цели способствует снижение потребления электроэнергии при сохранении определенного уровня функциональности за счет использования энергосберегающего оборудования, а также реализация других мероприятий. В некоторых странах реализуются программы совместного использования программ управления спросом и мероприятий по повышению энергоэффективности, что способствует достижению большего совокупного эффекта.

Последовательная политика в области энергоэффективности имеет важное значение для достижения ключевых целей энергетической политики и получения так называемых «множественных преимуществ» энергоэффективности, таких как сокращение счетов за электроэнергию, решение проблемы изменения климата и загрязнения воздуха, повышение энергетической безопасности и расширение доступа к энергии. Отчет Международного энергетического агентства свидетельствует о том, что энергоемкость ВВП снизилась во всем мире на 36% в период с 1990 года по 2018 год, с большими региональными вариациями [54]. В странах, не входящих в ОЭСР, это падение было больше. Например, в Китае за этот период энергоемкость снизилась на 70% [54].

Система хранения электроэнергии (distributed storage). Системы накопления электроэнергии на сегодняшний день являются одним из самых быстрорастущих секторов электроэнергетики, по данным некоторых исследований, за последние 10 лет рынок вырос в 48 раз [56]. Согласно прогнозам Bloomberg NEF, суммарная мощность используемых накопителей к 2040 году может составить один ТВт [57].

Основной задачей, выполняемой накопителями электроэнергии, является оптимизация производства электроэнергии за счет выравнивания графика нагрузки на электростанции и другую электроэнергетическую инфраструктуру. Использование накопителей электроэнергии позволяет сократить или отказаться от использования крупных генерирующих мощностей, сохранив надежность энергосистемы. При определенных условиях использование накопителей электроэнергии может способствовать сокращению стоимости электроэнергии [58].

Повышенный интерес к накоплению электрической энергии в значительной степени обусловлен ускоренным ростом числа периодически используемых возобновляемых источников энергии, таких как ветер и солнце, а также глобальным стремлением к декарбонизации. Однако существующие системы электросетевого хозяйства не способны обеспечить массовую

интеграцию возобновляемых источников энергии без серьезных сбоев в работе, что связано с непостоянством данных источников. Крупномасштабные системы хранения электрической энергии позволяют решить проблемы, связанные с этими особенностями.

Накопление электрической энергии дает еще два важных преимущества. Во-первых, данные технологии позволяют отделить производство электроэнергии от момента потребления, тем самым упрощая регулирование спроса и предложения. Во-вторых, технологии дают возможность распределенного хранения электроэнергии для локальных сетей или микрогридов, что значительно повышает безопасность сетей и, следовательно, энергетическую безопасность. В настоящее время во всем мире существует почти 170 ГВт установленной мощности хранения, но более 96% обеспечивается гидроаккумуляторами, имеющими ряд ограничений [58]. Следовательно, для полного удовлетворения широко варьирующихся потребностей в крупномасштабных электрических накопителях необходим широкий спектр технологий.

Растущая актуальность использования систем накопления и хранения подталкивает различные страны к созданию стимулов для их развития и устранения барьеров их использования. Это касается поддержки развития технологий, разработки стандартов, а также создания и совершенствования регуляторных норм, которые обеспечивают участие накопителей на рынке мощности. Примером последнего является активное развитие законодательства в области энергетики в США и странах Европы [58].

Ожидается, что дальнейший рост рынка хранения энергии в мире будет обусловлен развитием генерации на основе ВИЭ, распределенной генерации, «умных» сетей и рынка электромобилей. В долгосрочной перспективе эксперты ожидают изменение структуры используемых типов накопителей с уменьшением доли гидроаккумулирующих электростанций, хотя крупные планы по их строительству также существуют, например, в Китае [58].

Международное агентство возобновляемой энергетики (IRENA) в базовом сценарии прогноза «Накопители электроэнергии и ВИЭ: стоимость и рынки до 2030 года» ожидает, что к 2030 году глобальные мощности по хранению энергии вырастут на 42-68% по сравнению с 2017 годом, а в случае активного развития ВИЭ - на 155-227%. При этом гидроаккумулирующие мощности вырастут примерно на 40-50% во всех сценариях [59].

Важную роль в изменении структуры используемых типов накопителей может сыграть развитие батарейных накопителей. Их стоимость, по ожиданиям IRENA, может сократиться на 50-70% к 2030 году, а календарный срок службы и количество циклов заряда без значимого износа существенно увеличится [59]. Кроме того, от развития технологий производства батарей напрямую зависит перспектива развития электромобилей, которые также могут занять в электроэнергетических системах роль источника электроэнергии в период пиковых нагрузок.

Таким образом, накопители энергии могут стать важным элементом электроэнергетики в будущем. Динамичное развитие технологий в этом направлении может заметно изменить энергосистемы. Это в определенной степени негативно скажется на спросе на ископаемое топливо, так как накопители станут все больше замещать тепловую генерацию в роли балансирующего элемента в электроэнергетических системах.

Инновации, внедряемые в электроэнергетике, затрагивают как технологии, внедряемые на стороне спроса, так и на стороне предложения. В этой связи необходимо рассмотреть инновации, внедряемые генерирующими, энергосбытовыми и энергосетевыми организациями.

Цифровые двойники – технологии, под которыми, как правило, понимается виртуальная модель физического объекта или процесса, которая, используя математическую модель, позволяет с высокой точностью прогнозировать поведение данного объекта или процесса в тех или иных условиях.

Цифровые двойники позволяют прогнозировать поведение энергосистемы, а также хранить данные о технических параметрах используемого оборудования (например, кабелей, трансформаторов, выключателей), географические координаты их нахождения, что в перспективе позволит повысить качество принимаемых решений относительно управления энергетической системой. К числу объектов, для которых применение цифровых двойников является наиболее перспективным, можно отнести технологии распределенной генерации, включающие генерирующее оборудование, накопители электроэнергии.

Цифровые двойники, установленные в компаниях электроэнергетической отрасли, помогают в непрерывном мониторинге состояния активов, повышают надежность сети и позволяют оптимизировать обслуживание оборудования.

Прогнозируется, что к 2024 году мировой рынок электрических цифровых двойников достигнет 1 642 млн долларов США по сравнению с 804 млн долларов США в 2019 году [60]. Этот рост можно объяснить такими факторами, как повышение точности и эффективности операций в энергетическом секторе, оптимизированная интеграция технологий возобновляемых источников энергии и сокращение незапланированных простоев и затрат на техническое обслуживание. В то же время, практическое использование цифровых двойников связано с использованием больших данных, искусственного интеллекта, Интернета вещей [61].

Большие данные (Big Data). Большие данные являются одним из ключевых элементов, обеспечивающих переход от традиционной энергетической системы к цифровой. Широкомасштабное внедрение «умных» счетчиков ведет к появлению больших объемов информации, необходимости их обрабатывать и анализировать для того, чтобы управлять энергосистемой. В то же время, в деятельности энергетических компаний также могут быть использованы технологии виртуальной и дополненной реальности, применяемые для следующих задач:

- поддержка принятия решений, быстрая адаптация персонала к конкретному объекту;
- возможность работы с большим количеством различных моделей и модификаций оборудования;
- возможность оперативного доступа к требуемой документации по оборудованию;
- возможности использования новых методик обучения персонала и контроля последовательности операций;
- обеспечение персонала информацией о состоянии оборудования объекта в режиме реального времени.

Искусственный интеллект. На сегодняшний день использование искусственного интеллекта для решения задач управления становится все более распространенным, согласно прогнозу Total SE, использование искусственного интеллекта в энергетических системах достигнет 50% к 2025 году [62]. Можно выделить несколько областей, в которых может быть использован искусственный интеллект:

- на этапе проектирования искусственный интеллект может выполнять функцию прогнозирования выработки и потребления электроэнергии, оптимизации режимов работы оборудования, прогнозирования метеорологических условий, что особенно актуально с учетом интеграции в сеть возобновляемых источников энергии. Также может производиться оценка надежности генерирующего оборудования;
- на производственном уровне решается задача оптимизации графика обслуживания оборудования, предотвращение краж электроэнергии;
- на уровне взаимодействия с клиентом возможна оптимизация ценообразования в зависимости от уровня спроса, анализ статистики энергопотребления, обеспечение автоматизированного обслуживания клиентов.

Мобильные решения. Ключевой характеристикой формирующейся энергетической системы является ее клиентоориентированность, что ведет к необходимости создания сервисов, которые связывали бы производителя и потребителя электроэнергии. Использование мобильных решений, с одной стороны, позволяет повысить удовлетворенность клиентов, сокращает время реагирования на запросы клиента, повышает уровень персонализации услуг, с другой стороны, мобильные решения могут быть применены для управления собственным персоналом, повышения уровня его отслеживаемости, оптимизации работы.

Таким образом, ключевыми технологическими трендами, способствующими внедрению инноваций и распространению новых технологий в электроэнергетической отрасли, являются: декарбонизация, децентрализация, электрификация, цифровизация.

Внедрение технологий ведет к построению новой энергетической системы, в которой традиционные границы между производителями, дистрибьюторами и клиентами размыты, что повышает сложность ее управления. К ключевым технологиям четвертой промышленной революции в электроэнергетике относят технологии, внедряемые как в других отраслях экономики, к примеру, искусственный интеллект, большие данные, продвинутая аналитика, Интернет вещей, дополненная, виртуальная, смешанная реальность, цифровые двойники, а также инновации, свойственные данной отрасли, к таковым относятся: «активный потребитель», «умные» счетчики, управление спросом, технологии генерации электроэнергии, технологии энергосбережения, «умные» сети.

В связи с многообразием технологий и инноваций, внедряемых в электроэнергетике, а также выполняемых ими функций, разнонаправленным влиянием на эффективность компаний электроэнергетической отрасли и необходимостью повышения эффективности управления их внедрением, далее выделены ключевые типы инноваций и проведена их классификация с учетом особенностей отрасли.

1.2 Типология и классификация инноваций в электроэнергетике

Как было отмечено в предыдущем параграфе, наряду с многообразием терминов, определяющих инновации, были разработаны различные классификации инноваций. Согласно исследованию [63], на сегодняшний день существует несколько подходов к классификации инноваций. К первому подходу можно отнести классификации, основывающиеся на области применения инноваций. Одной из первых классификаций данного типа является типология, предложенная К. Найтом в 1967 году [64]. К. Найт предположил, что существует 4 основных типа инноваций:

- 1) продуктовые или сервисные инновации – связаны с новыми продуктами или услугами организации;
- 2) продуктово-процесные инновации – как правило, связаны с технологическими улучшениями, относятся к изменениям в организационных процессах или способе производства;
- 3) инновации в организационной структуре – связаны с распределением власти, системами коммуникаций и формальными системами мотивации и поощрения;
- 4) инновации в области персонала – инновации, связанные с изменениями персонала организации, организационными ролями, организационной культурой и организационным поведением.

Д. Тидд и Дж. Бессант в книге «Управление инновациями: интеграция технологических, рыночных и организационных изменений» также выделяют несколько типов инноваций, однако, в отличие от предыдущей классификации, авторы также рассматривают фундаментальные изменения в бизнес-модели организации [65]:

- 1) продуктовые и сервисные инновации – это новые или значительно улучшенные продукты и услуги;
- 2) процесные инновации – это изменение способа создания и/или доставки продукта или услуги. Процесные инновации могут быть связаны с

более широкой автоматизацией производственного процесса или переосмыслением передовых методов управления процессами. Д. Тидд и Дж. Бессант отмечают, что процессные инновации в основном связаны с оптимизацией деятельности организации;

3) позиционные инновации – согласно авторам, данный тип инноваций вносит изменения в то, как продукт или услуга могут быть представлены на рынке, что оказывает влияние на восприятие покупателя;

4) парадигмальные инновации – тип инноваций, согласно которому изменения вносятся в бизнес-модель организации, это фундаментальные изменения, затрагивающие основу предприятия.

Более современной, принятой на сегодняшний день в качестве классической, является классификация инноваций, предложенная в 2018 году Евростатом и OECD и описанная в «Руководстве Осло» [66]. Сравнивая классификации, которые были изложены в более ранних версиях издания, можно отметить увеличение охвата внутри процессных инноваций. Группа включает, помимо прочего, маркетинговые, организационные, процессные инновации, которые в версии 2005 года выделялись отдельно [67]. Сопоставления классификаций различных годов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнение классификаций инноваций в «Руководстве Осло» с 1992 по 2018 гг.

Номер и год издания	Типы инноваций
Руководство Осло, 1 издание 1992 года	Технологические продуктовые Технологические процессные
Руководство Осло, 2 издание 1997 года	Технологические Организационные Маркетинговые
Руководство Осло, 3 издание 2005 года	Продуктовые Процессные Маркетинговые Организационные
Руководство Осло, 4 издание 2018 года	Продуктовые Процессные

Источник: составлено автором по материалам [66 - 69].

Процессные инновации, выделенные в «Руководстве Осло» в 2018 году, детализируются на 6 типов, характеристика которых представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Детализация процессных инноваций в «Руководстве Осло» 2018 года

Название	Характеристика	Сопоставление с классификацией инноваций в Руководстве Осло 2005 года
Производство продуктов и услуг	Деятельность, включающая преобразование входящих ресурсов в продукцию или услуги, включая тестирование и сертификацию	Продуктовые инновации
Сбыт и логистика	Включают в себя функции, связанные с транспортировкой, складированием продукции и обеспечение процесса заказа продукции/услуг	Процесные инновации
Маркетинг и продажи	Функции данного вида инноваций включают методы продвижения продукции, ценообразование, продажи и постпродажное обслуживание	Маркетинговые
Информационные и коммуникационные системы	Функции данного типа инноваций включают в себя обработку данных с использованием компьютерных технологий	Процесные инновации
Администрирование и менеджмент	Данный вид инноваций включает в себя такие области, как стратегический менеджмент, управление человеческими ресурсами, методы взаимодействия с поставщиками, потребителями и другими заинтересованными сторонами	Организационные
Совершенствование продуктов и процессов	Действия, позволяющие разработать или адаптировать продукты и процессы компании на основе как внутренней, так и внешней информации	-

Источник: составлено автором по материалам [66; 67].

Классификация, представленная в «Руководстве Осло» в 2018 году, обеспечивает комплексный подход к рассмотрению инноваций, позволяющий учитывать современные тенденции.

Второй подход к классификации инноваций основан на силе или глубине инноваций. К. Фриман и Л. Соэте выделили инкрементальные, радикальные инновации, новые технологические системы, а также технологические революции, или изменения технико-экономической парадигмы [70; 71]. В таблице 5 представлена характеристика выделенных авторами типов инноваций.

Таблица 5 – Типология инноваций по степени глубины изменений

Тип инноваций	Описание
Инкрементальные инновации	Совершенствование существующего продукта, услуги или технологии, не приводящее к резким и существенным изменениям. Роль инкрементальных инновации особенно важна при улучшении и масштабировании радикальных инноваций, так как данный тип инноваций приводит к улучшению новой технологии/продукта/услуги.
Радикальные инновации	Как правило, являются результатом целенаправленных разработок и НИОКР, оказывают существенное влияние на рынки и отрасли, требующие изменения правил функционирования технических и социальных систем. Согласно Г. Меншу [13] радикальные инновации появляются в период экономических спадов или кризисов, когда для роста экономики нужны революционные изменения. Тем не менее, К. Фриман данную теорию не поддерживает, полагая, что кризис оказывает негативное влияние на возникновение и распространение инноваций.
Новая технологическая система	Комплекс инноваций, связанных общей технологической базой, распространение которых оказывает влияние на отрасли, в том числе не связанные с отраслью, где были первоначально разработаны данные инновации. Включают в себя как инкрементальные, так и радикальные инновации в продуктах и процессах.
Технологическая революция	Изменения в технологии, затрагивающие многие (или все) отрасли экономики, а также приводящие к возникновению совершенно новых секторов. Характерным для данного типа технических изменений является то, что они влияют на структуру затрат на вводимые ресурсы и условия производства и распределения практически для каждой отрасли экономики.

Источник: составлено автором по материалам [70; 71].

Исследователями, классифицирующими инновации согласно данному подходу, являются Г. Менш, Э. Клейншмидт, Р. Купер и другие [72; 73].

Говоря о технологических изменениях в отраслях, затронутых в классификации К. Фримана и Л. Соэте [70; 71], важно отметить новый, многоуровневый подход, который характерен для типологии, разработанной П. Завацлаком [74]. В качестве одного из драйверов инноваций автор выделяет технологии, как показано в таблице 6.

Таблица 6 – Классификация инноваций, выделенная П. Завацлаком

Тип инноваций	Сущность инноваций
Инновации, обусловленные изменением технологий	
Технологические инновации	Разработка нового дизайна, материалов и продуктов. Кроме того, включают в себя разработку машин, оборудования и новых комплектующих.
Процессные инновации	Новые процессы, усовершенствования существующих процессов, внедрение современных технологий, новые схемы. Данный тип инноваций позволяет фирме производить продукцию с высоким качеством, эффективностью, гибкостью при минимальных затратах.
Инновации, обусловленные изменением рынка	
Управленческие инновации	Развитие управленческих навыков, которые уменьшают противоречия между различными сферами деятельности фирмы. Данный тип инноваций направлен на создание новых методов управления и новой бизнес-стратегии, совершенствование процесса принятия решений и межфункциональной координации.
Инновации транзакций	Разработка способов минимизации транзакционных издержек с поставщиками и клиентами. Направлены на создание новых коммерческих стратегий, улучшение отношений с поставщиками, совершенствование знаний о рынке.

Источник: составлено автором по материалам [74].

Несмотря на широкое распространение рассмотренных выше классификаций и применимость их к различным отраслям экономики, говоря об электроэнергетике, следует учитывать особенность электроэнергии как товара: в любой момент времени должно быть произведено количество электроэнергии, равное ее потреблению [75]. Технологии, хотя и играют существенную роль в конкурентоспособности и эффективности деятельности организации, являются не единственным фактором успеха [74; 76; 77].

Инновации могут быть результатом сложного процесса и зависеть от набора возможностей, которые соответствуют ее стратегическим приоритетам. Этот набор возможностей формирует инновационную способность, которая выражается в том, что организация способна быстро внедрять новые продукты и новые процессы, которые имеют решающее значение для конкуренции с другими фирмами [74; 78 - 80].

В зависимости от своих возможностей и потребностей организация может использовать технологические, операционные, управленческие и

транзакционные инновации. Актуальным становится вопрос управления данными инновациями и выявления эффектов, связанных с их внедрением. В соответствии с изменениями, происходящими в электроэнергетике, предложена адаптация классификации П. Завацлака и соавторов [81; 82], как показано в таблице 7.

Таблица 7 – Предлагаемая классификация инноваций в электроэнергетике

Тип инноваций	Описание	Примеры новых технологий
Инновации, обусловленные изменением технологий		
Технологические	Инновации, совершенствующие технологии производства и потребления электроэнергии	Системы накопления электроэнергии, технологии генерации электроэнергии из возобновляемых источников, технологии энергосбережения.
Процессные	Инновации, совершенствующие бизнес - обслуживающие процессы генерации и поставок электроэнергии	Продвинутая аналитика и технологии искусственного интеллекта, большие данные, интернет вещей, цифровые двойники, дополненная, виртуальная, смешанная реальности.
Инновации, обусловленные изменением рынка		
Инновации управления	1) Создание новых методов управления, способствующих трансформации бизнес-модели компании; 2) Инновации, повышающие эффективность процесса принятия решений	1) «Активный потребитель», программа управления спросом, распределенная генерация; 2) Продвинутая аналитика и технологии искусственного интеллекта, большие данные, цифровые двойники.
Инновации транзакций	Инновации, способствующие минимизации операционных затрат на взаимоотношение с поставщиками и потребителями	«Умные» сети, «умные» счетчики, мобильные решения.

Источник: составлено автором.

Стоит отметить, что инновации, внедряемые в электроэнергетике, в большинстве случаев имеют технологическую основу и связаны с управлением производством, передачей, распределением и потреблением электроэнергии. Также некоторые типы инноваций, к примеру, продуктовые, маркетинговые инновации, к электроэнергетической отрасли не применимы, что связано с характеристикой электроэнергии как товара.

В электроэнергетической отрасли технологические инновации вносят изменения в способы производства электроэнергии. Инновациями являются

технологии, позволяющие генерировать электроэнергию из возобновляемой солнечной энергии, ветра и совершенствующие этот процесс. Технологические инновации повышают потенциал распределенной генерации, например, развитие распределенной когенерации в Дании позволило снизить потребление электроэнергии на 11%, а также уменьшить выбросы CO₂ на 4,5 млн т в год [42]. К группе также отнесены системы энергосбережения, позволяющие управлять потреблением как в жилых, так и в офисных и промышленных зданиях. Также технологии, отнесенные к данной группе, позволяют анализировать информацию с целью определения загрузки оборудования.

Процессные инновации дают организации возможность повысить качество принятия решений относительно загрузки оборудования, увеличить точность прогнозов потребления и производства электроэнергии, прогнозировать аварийные ситуации в сети.

Вторая группа инноваций включает в себя инновации управления и транзакций. Инновации управления актуальны для электроэнергетики в связи с формированием нового типа потребителей, которые способны производить электроэнергию и продавать излишки на рынок. Инновации управления включают в себя системы управления спросом, позволяющие стимулировать потребителей к изменению их графика потребления электроэнергии относительно нормального профиля в ответ на стимулирующие выплаты с целью снизить нагрузку в пиковые часы. К данному типу можно отнести распределенную генерацию, способствующую децентрализации традиционной сети.

Инновации транзакций призваны минимизировать операционные затраты на взаимодействие с поставщиками и потребителями. «Умные» сети, используя возможности вышеназванных инноваций, являются основой новой модели рынка электроэнергии, обеспечивающей открытое взаимодействие различных субъектов, например, потребителей, производителей, сетевых компаний. «Умные» счетчики позволяют повысить прозрачность расчетов за

потребленную электроэнергию, получать информацию об уровне потребления электроэнергии в режиме онлайн, обнаруживать безучетное потребление. Мобильные решения обеспечивают мгновенную круглосуточную поддержку потребителей, что с одной стороны, снижает стоимость обслуживания клиента, с другой стороны, повышает его удовлетворенность.

Таким образом, инновации в электроэнергетике можно классифицировать на две большие группы: инновации, обусловленные технологическими изменениями, к которым относятся технологические и процессные инновации, а также инновации, обусловленные изменением рынка, включающие инновации управления и инновации транзакций.

В настоящее время в литературе широко обсуждается влияние инноваций и технологий четвертой промышленной революции на трансформацию электроэнергетической отрасли, в связи с чем далее будет рассмотрено влияние распространения новых технологий в электроэнергетической отрасли России.

1.3 Внедрение инноваций и технологий четвертой промышленной революции в российской электроэнергетике: эффекты и их влияние на трансформацию энергосистемы

Российский электроэнергетический комплекс имеет сложную структуру, в рамках которой выделяются оптовый рынок электроэнергии и мощности и розничный рынок электроэнергии. Субъектами оптового рынка электроэнергии и мощности являются продавцы электроэнергии – генерирующие компании, установленная мощность которых составляет более 25 МВт, а также покупатели: крупные потребители, энергосбытовые компании, гарантирующие поставщики [83; 84].

Задача по цифровизации экономики в целом и инфраструктурных отраслей в отдельности приобрела особую актуальность в связи с взятым курсом на реализацию программы «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации

Федерации от 28 июля 2017 года № 1632-р, в которой, в том числе, был затронут энергетический сектор [85].

В 2018 году вышел Указ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», в котором определены приоритеты развития экономики, в том числе энергетики, за счет внедрения цифровых технологий [86].

В исследованиях, проведенных на эту тематику, в частности, в экспертно-аналитическом докладе «Цифровой переход в электроэнергетике России: в поисках смысла» сделан вывод о том, что существующий на сегодняшний день технологический уклад достиг предела своей эффективности, в связи с чем будет иметь меньшую конкурентоспособность по сравнению с решениями, предлагаемыми в рамках цифровой энергетики [2].

Стратегические задачи развития отрасли в рамках цифровой трансформации России включают в себя [87; 88]:

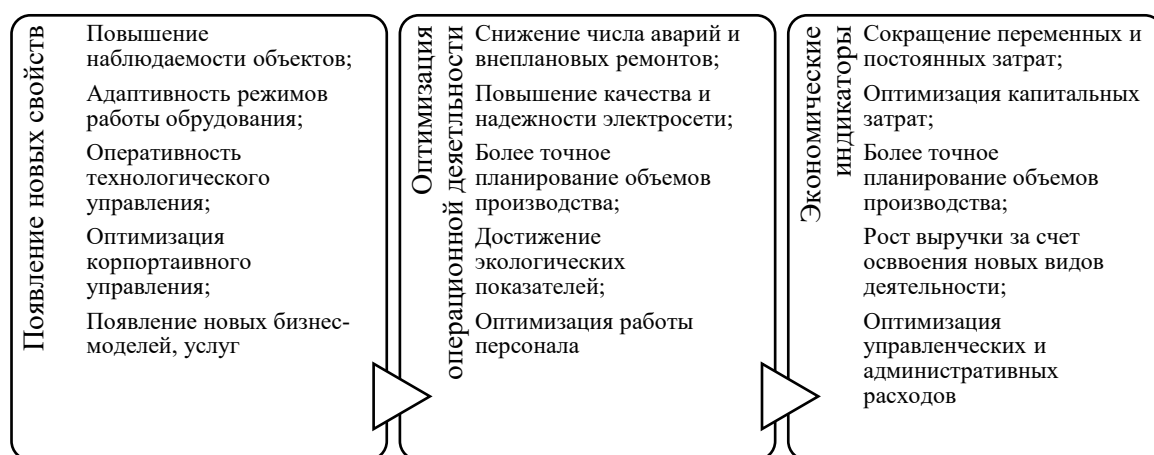
- оптимизацию затрат и повышение эффективности использования текущих активов;
- рост доли инвестиций в новые классы активов, к примеру, в накопители электроэнергии;
- развитие новых видов услуг и направлений бизнеса, к примеру, консалтинг в области энергоэффективности;
- наращивание цифрового технологического потенциала, связанного с повышением цифровых компетенций, реализацией цифровых пилотных проектов.

К целям, которые планируется достичь в ходе реализации проектов по цифровой трансформации отрасли к 2024 году, относятся [88]:

- сокращение перерывов в электроснабжении и средней частоты технологических нарушений на 5%;
- повышение уровня технического состояния производственных фондов для объектов на 5% без повышения затрат на эти цели;

- сокращение на 20% аварийных ситуаций на объектах электроэнергетики, причиной которой являются технические сбои;
- сокращение сроков технологического присоединения к сетям;
- обеспечение доступности услуг для потребителей с возможностью выбора тарифа, управления нагрузкой, передачи данных о потреблении и подключения к электросетям без необходимости посещения офиса сетевой компании.

В то же время, эффекты, достигаемые в результате цифровизации электроэнергетики, можно условно разделить на несколько групп, представленных на рисунке 5.



Источник: составлено автором по материалам [89].

Рисунок 5 – Эффекты в результате внедрения цифровых технологий в электроэнергетике

Вместе с тем, проведение количественной оценки достигаемых эффектов на уровне отрасли является задачей, для выполнения которой необходимо учитывать результаты, получаемые каждой организацией. В связи с тем, что подобные данные не имеются в открытом доступе, для ее решения могут быть использованы экспертные оценки, которые опираются на уже имеющийся опыт реализации пилотных проектов.

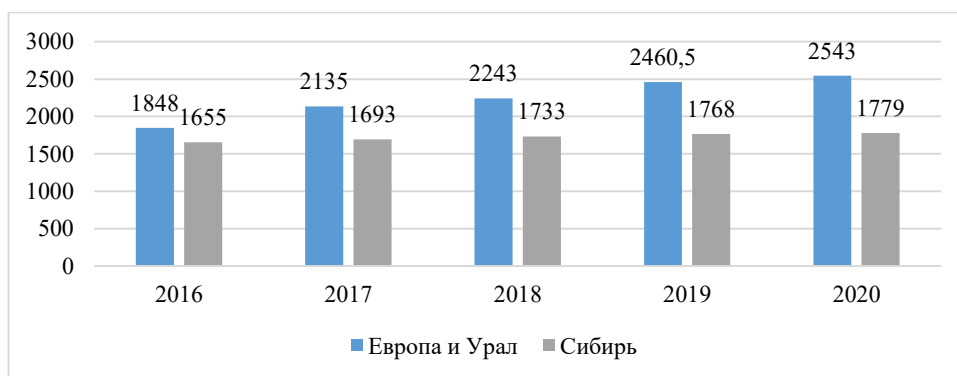
В стране принимаются активные действия по трансформации энергетики, и эффект многих проектов уже заметен. Для апробации интеллектуальных технологий в рамках национальной технологической инициативы EnergyNet были разработаны и реализуются пилотные проекты в нескольких регионах России, также проекты по цифровизации сетей

проводятся в г. Уфе и Санкт-Петербурге совместно с ООО «Сименс», некоторые примеры представлены в приложении Г.

Ожидается, что представленные проекты должны окупиться за счет сокращения потерь электроэнергии в сети, снижения операционных затрат и потребности в инвестициях для модернизации сетей. Также предполагается, что новые технологии позволят повысить надежность энергоснабжения, в том числе сократить число обесточенных потребителей при возникновении аварийных ситуаций.

Цифровизация сетей стала одним из ключевых направлений инновационного развития ПАО «Россети», которое планирует развивать цифровые подстанции, цифровые активно-адаптивные сети с распределенной интеллектуальной системой автоматизации и управления [95].

В России наблюдается развитие ВИЭ и тенденция к децентрализации энергосети, где также необходимо использование новых цифровых решений. Крупные промышленные предприятия переходят на собственную генерацию, так как цена на электроэнергию остается чувствительным фактором для энергоемких производств [97]. Согласно динамике цен, представленной Ассоциацией «НП Совет Рынка», в 2020 году цена на электроэнергию для промышленных компаний, оставаясь ниже, чем, к примеру, цена для промышленных компаний во многих европейских странах, демонстрирует рост и достигла максимальных за последние годы значений, как показано на рисунке 6 [97].



Источник: составлено автором по материалам [97].

Рисунок 6 – Динамика одноставочной цены на электроэнергию для промышленных предприятий в России

Более того, наблюдается рост количества надбавок, которые увеличивают цену на электроэнергию. Прогноз роста надбавок, которые войдут в платежи предприятий в период с 2020 по 2030 годы, представлен в приложении Д.

Ключевым вызовом для отрасли остается растущая неэффективность электроэнергетического сектора. Ситуация обостряется тем, что современные потребители становятся все более требовательными в отношении доступности, надежности и качества электроэнергии. В связи с этим необходимо учитывать, что в условиях существующих ограничений повысить эффективность функционирования объектов электроэнергетики для удовлетворения требований потребителей возможно только в результате внедрения новых технологий.

Эффект от внедрения распределенной генерации. Как было отмечено ранее, переход промышленных потребителей на собственную генерацию способствует развитию распределенной генерации, основанной в том числе на возобновляемых источниках электроэнергии, и внедрению связанных технологий.

Распространение ВИЭ является частью развития микрогридов, малой распределенной генерации коммерческих и промышленных потребителей, локальных энергосистем, которые способны работать как в составе общей централизованной сети, так и автономно. Помимо снижения расходов на электроэнергию, причиной, стимулирующей переход потребителей на микрогриды, выступает рост стоимости технологического присоединения к энергетической сети, а также сложность соблюдения всех технических условий, предъявляемых к промышленным и коммерческим предприятиям для такого присоединения.

Вместе с тем, наличие объектов распределенной генерации позволяет промышленным предприятиям достичь соответствия требованиям к «безуглеродности» потребляемой электроэнергии, обеспечить необходимый уровень надежности энергоснабжения, что особенно важно для развития

секторов с высокой чувствительностью к качеству электроэнергии. К таковым, к примеру, можно отнести производителей композитных материалов, биофармацевтические предприятия и другие высокоточные направления.

Прогнозная динамика развития промышленных и коммерческих микрогридов в России представлена на рисунке 7.



Источник: составлено по материалам [99].

Рисунок 7 – Прогноз объема рынка промышленных и коммерческих микрогридов в России

На сегодняшний день развитие коммерческих и промышленных микрогридов находится на раннем этапе, чаще всего это индивидуальные решения предприятий, которые они реализуют самостоятельно. Для развития данного направления в России АО «НТЦ ЕЭС Управление энергоснабжением» была разработана концепция по активным энергетическим комплексам (АЭК), представляющим собой один из видов микрогридов. Участниками комплекса могут быть группы промышленных и коммерческих предприятий, которые объединяются для производства и потребления электроэнергии и мощности как в рамках микрогрида, так и из централизованной сети [99].

Согласно прогнозам экспертов, экономический эффект, достигаемый участниками АЭК, к 2028 году может составить 150 млрд рублей за вычетом инвестиций [99].

Развитие распределенной энергетики влечет за собой рост количества использования накопителей электроэнергии. В российской электроэнергетике накопители также способствуют решению ряда задач, к которым, в частности, можно отнести следующие [100; 101]:

- замещение инвестиций, когда накопители электроэнергии могут быть использованы при техническом присоединении удаленных промышленных объектов;

- обеспечение более высокого качества электроэнергии. Накопители электроэнергии могут быть использованы для сглаживания нагрузки в сети и выравнивания графика потребления в случае возникновения провалов напряжения, связанных с высокой протяженностью сетей и высокой степенью их износа, что негативно сказывается на качестве электроэнергии;

- расширение зоны внедрения и использования распределенной генерации. Так, развитию распределенной генерации в России может способствовать закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации, в который внесено понятие «объект микрогенерации» и упрощающий установку, подключение к сети и продажу электроэнергии.

- возможность для потребителей участвовать в управлении спросом (Demand Response), что позволит им влиять на ценовое равновесие на рынке электроэнергии;

- использование накопителей электроэнергии позволит промышленным предприятиям избежать последствий, связанных с аварийными ситуациями (к примеру, выход из строя турбины);

- использование накопителей позволит оптимизировать процесс производства электроэнергии за счет выравнивания графика нагрузки на наиболее дорогое генерирующее оборудование, снизит уровень перекрестного субсидирования между тепловой и электроэнергией.

До 2018 года в России системы накопления электроэнергии в промышленных масштабах использовались только на гидроэлектростанциях, однако возможность использования данного типа накопителей ограничены.

В качестве альтернативы с 2018 года в России ведется работа по разработке отечественных литий-ионных аккумуляторов, например, в таких компаниях, как ПАО «Россети», АО «Руснано», ГК «Русатом», «Хевел» [100; 101]. Вместе с тем, по сравнению с другими странами, к разработке систем накопления электроэнергии (СНЭ) Россия приступила с существенным опозданием. Для сравнения, в США проекты по разработке СНЭ начались в 2010 году, в Китае и Великобритании – в 2016 году [99 - 101].

По прогнозам, объем российского рынка систем хранения электроэнергии с 2025 г. может составить 8 млрд рублей в год, что даст экономике страны эффект (за вычетом инвестиций) в 10 млрд рублей в год [100]. Министерство энергетики определяет три ключевых направления использования систем накопления электроэнергии: во-первых, «Интернет энергии», где накопители рассматриваются в качестве элемента распределенной генерации, во-вторых, «Новая генеральная схема», где использование накопителей рассматривается в составе крупной централизованной энергетики, в-третьих, прогноз «Экспорт водорода», где электроэнергию планируется аккумулировать в водородном цикле [102]. Экономический эффект от использования СНЭ среди коммерческих потребителей может составить около 0,15 млрд долларов, как показано в таблице 8.

Таблица 8 – Ожидаемые эффекты от внедрения систем накопления электроэнергии в России с 2025 года

Направления применения	Рынок России	Экономический эффект
1	2	3
Интернет энергии: электроснабжение изолированных и удаленных районов	До 0,3 млрд долл, установленная мощность в изолированных районах - 1 ГВт	До 80 млн долл за счет оптимизации потребления топлива
Интернет энергии: энергоснабжение жилых районов	До 0,8 млрд долл, энергоемкость до 2,5 млрд кВт*ч	До 1 млрд долл за счет снижения стоимости электроэнергии
Интернет энергии: энергоснабжение коммерческих потребителей	До 0,15 млрд долл, установленная мощность до 2 ГВт	До 0,15 млрд долл, через снижения потребностей в мощности и развития импортзамещения

Продолжение таблицы 8

1	2	3
Интернет энергии: электрический транспорт и зарядная инфраструктура	До 0,6 млрд долл	До 0,54 млрд долл
Внедрение накопителей в генеральную схему электроснабжения	До 4 млрд долл, общая мощность накопителей, способных заместить мощности ЕЭС, около 10 ГВт	До 2 млрд долл Через замещение редко используемых мощностей, импортозамещения и снижения расхода топлива
Экспорт водорода	До 2,9 млрд долл	До 6 млрд долл за счет выручки от экспорта

Источник: составлено автором по материалам [102].

Тем не менее, на сегодняшний день проекты по использованию накопителей электроэнергии, за исключением ГЭС, являются единичными. Основными препятствиями, сдерживающим развитие внутреннего рынка и использование накопителей электроэнергии, являются высокая стоимость оборудования, что существенно влияет на окупаемость технологии в большинстве отраслей, а также отсутствие достаточной практики применения новой технологии [103]. По подсчетам экспертов, установленная мощность систем накопления промышленных предприятий в России в 2019 году составила около 450 МВт [104].

Ключевым драйвером развития СНЭ на промышленных и генерирующих предприятиях может стать более широкое использование ВИЭ. В 2020 году в России в эксплуатацию введена в действие Адыгейская ветроэлектростанция (ВЭС), мощность которой составляет 150 МВт, выработка которой позволит обеспечить пятую часть потребности региона в электроэнергии. Объекты ВИЭ устанавливаются в Ростовской области, Республике Калмыкия, Ставропольском крае. На сегодняшний день доля ВИЭ в общей структуре генерации составляет 0,3%, согласно плановым показателям проектируемых генерирующих объектов ВИЭ, общая выработка генерирующих мощностей к 2025 году превысит 12 млрд кВт*ч, что составит около одного процента, при изначальном целевом показателе 4,5%. Таким образом, несмотря на развитие ВИЭ в России, целевые показатели,

отраженные в прогнозе, достигнуты не будут [105].

Вместе с тем, инвестиции в ВИЭ на сегодняшний день являются дискуссионной темой, так как строительство новых мощностей влечет за собой увеличение конечной цены на электроэнергию для промышленных потребителей. Долгосрочный эффект от использования ВИЭ может привести к снижению цен на рынке на сутки вперед (РСВ) в среднем на 1,1-1,6%, что в денежном выражении составит экономию до 17 млрд рублей в год, или около 300 млрд рублей к 2035 году. В целом, реализация программы поддержки ВИЭ в период 2025-2035 гг. может обеспечить прирост ВВП страны на 1,3 трлн рублей, а также позволит снизить негативное влияние на окружающую среду, сократив удельные выбросы парниковых газов на 0,5% [106].

Эффект от внедрения программ управления спросом. Инновацией, позволяющей обеспечить оптимизацию затрат на электроэнергию, являются программы управления спросом. Данный механизм позволяет повысить гибкость работы энергосистемы, и эффект его применения в энергосистеме России, это, прежде всего, снижение стоимости электроэнергии в пиковые часы потребления. Одной из основных составляющих, позволяющих потребителям участвовать в управлении спросом, является использование систем продвинутого учета. Согласно прогнозам экспертов, предельно достижимый потенциал управления спросом для единой энергетической системы России по ценовым зонам суммарно можно оценить в 13 ГВт. Суммарный экономический эффект для энергосистемы может составить от 67 до 105 млрд рублей в зависимости от степени внедрения данного механизма [51; 107].

Механизм управления спросом впервые был запущен в России в 2017 году на оптовом рынке электроэнергии, однако в работе механизма принимали участие только предприятия ОК «Русал». В совокупности в управление спросом были вовлечены только 64 МВт мощностей компании, что составляло один процент от общего потребления заводов. Тем не менее,

участие в работе механизма продемонстрировало высокую эффективность в снижении цены на электроэнергию и позволило снизить цену на 5% [107].

Вместе с тем, с 2019 года реализуется пилотный проект по работе агрегаторов спроса, субъектов оптового рынка, консолидирующих розничных потребителей, обладающих небольшими по объему мощностями, находящихся в одной группе точек поставки оптового рынка.

По итогам 2020 года общая сумма дохода, полученная агрегаторами спроса, составила 658 млн рублей, однако по мнению аналитиков, влияние работы агрегаторов на цену электроэнергии на рынке на сутки вперед пока неочевидно [108]. Более того, как отмечают представители промышленности и аналитических агентств, на данный момент работа механизма не лишена недостатков, например, плата агрегаторам формируется перекрестно за счет других потребителей, в связи с чем ожидаемые эффекты не достигаются.

Тем не менее, прогнозируется, что объем экономии, получаемый в результате внедрения механизма управления спросом, может составить от 60 до 80 млрд рублей в год [109].

Эффекты внедрения программ энергосбережения. Одним из наиболее значимых направлений развития электроэнергетики, обладающих существенным потенциалом, является внедрение программ энергосбережения. Проблема повышения энергоэффективности отраслей промышленности в России стоит достаточно остро, энергоемкость промышленности страны в 2,5 раза превышает уровень развитых стран, поставленная в 2008 году цель по снижению энергоемкости ВВП на 40% к 2020 году в силу различных причин так и не была достигнута [110]. Одним из ключевых направлений, способных обеспечить повышение энергоэффективности, является снижение потребления электроэнергии зданиями и промышленными сооружениями.

Согласно прогнозу, представленному ИНЭИ РАН совместно с Инновационным центром «Сколково», эффект от реализации программ энергосбережения до 2035 года может составить 108 млрд кВт*ч., в результате

снижения спроса на электроэнергию объем «сберегаемой» генерируемой мощности может варьироваться в диапазоне от 6 до 12 ГВт [111].

Эффекты внедрения технологий «умного» учета. Технологии «умного» или «интеллектуального» учета имеют определяющее значение при цифровой трансформации электроэнергетики, так как от функциональности счетчиков во многом зависит полнота данных, собираемых для управления энергосистемой.

Согласно закону, с 1 июля 2020 года начата установка «умных» приборов учета электроэнергии у всех потребителей, причем организации должны завершить переход на интеллектуальный учет к 2023 году [112]. На сегодняшний день, согласно данным Министерства энергетики России, количества точек учета в России составляет 76,2 млн штук 300 различных видов, причем большая часть - это счетчики, которые по техническим характеристикам не могут быть интегрированы в единую систему учета [113].

Переход на интеллектуальные приборы учета позволит оптимально планировать загрузку генерирующих мощностей и их объем. Так как российская энергосистема построена на резервировании, создание интеллектуальной модели распределения позволит вывести часть неэффективной генерации из эксплуатации и частично решить вопрос перепроизводства генерирующих мощностей. Одновременно появится стимул для снижения потребления электроэнергии путем использования программ управления спросом.

Эффекты, получение которых станет возможным в результате внедрения интеллектуального учета, можно разделить на несколько групп:

- 1) выгоды, достижение которых связано с реализацией программ по внедрению интеллектуального учета, к таковым можно отнести: управление денежными потоками, формирование достоверных энергетических балансов, повышение прозрачности формирования тарифов, интервальная тарификация;
- 2) выгоды, достижение которых связано с развертыванием интеллектуального учета и повышением надежности функционирования

существующей инфраструктуры. К ним можно отнести: управление собственным графиком потребления, реализацию программ по управлению спросом, снижение уровня технических и коммерческих потерь и сокращение времени ликвидации аварийных ситуаций, сокращение времени отключений потребителя, повышение надежности сети;

3) прочие эффекты от реализации программ по внедрению интеллектуальных систем учета, к примеру, повышение доверия к энергокомпаниям, создание рабочих мест, развитие смежных отраслей экономики, а также развитие распределенной генерации и формирование модели поведения активного потребителя.

По оценкам экспертов, внедрение технологии «умного» учета позволит приблизиться к лучшим мировым практикам, когда коммерческие потери при передаче электроэнергии не превышают 5-6% (в России около 10%), что в абсолютном выражении составит экономию до 80 млрд рублей в год [114].

Для оценки общего эффекта внедрения интеллектуальных энергетических сетей были использованы два сценария: консервативный и оптимистический. При консервативном сценарии, основываясь на методике, использованной в исследовании [42], применены понижающие коэффициенты: 25% от потенциала технологий распределенной генерации, 50% от потенциала управления спросом, 50% от потенциала энергосбережения, 65% потенциала использования технологий «умного» учета и 45% от потенциала использования систем хранения электроэнергии.

С точки зрения влияния на промышленные компании – потребителей электроэнергии, даже в сценарии частичного использования потенциала интеллектуальные энергетические сети могут обеспечить достижение общего эффекта в размере 227 млрд рублей при реализации оптимистического сценария и 112 млрд рублей в консервативном сценарии, как показано в таблице 9.

Таблица 9 – Суммарные объемы экономии затрат на электроэнергию для промышленных предприятий в год

Тип инноваций	В миллионах рублей	
	Консервативный сценарий	Оптимистический, сценарий
Инновации, обусловленные изменением технологий		
Энергосбережение	11 000	39 000
Системы хранения электроэнергии	4 500	10 000
Инновации, обусловленные изменением рынка		
Распределенная генерация	4 500	18 000
Программы управления спросом	40 000	80 000
«Умный» учет	52 000	80 000
Итого объем экономии	112 000	227 000

Источник: составлено автором.

В то же время, в электроэнергетике широкое распространение получают технологии, оптимизирующие процесс принятия решений, отнесенные в предыдущем пункте к процессным инновациям (технологии искусственного интеллекта; предиктивная аналитика; интернет вещей; дополненная, виртуальная, смешанная реальности; цифровые двойники). Оценка эффектов применения данных технологий на отраслевом уровне базируется на оценке значений производственных показателей с их последующим пересчетом в стоимостное выражение. Для прогноза изменения производственных результатов, получаемых по итогам внедрения вышеуказанных цифровых технологий, необходимо построение модели долгосрочного развития отрасли, которая учитывает структуру генерирующих мощностей, капитальные затраты на внедрение данных технологий на уровне отрасли, эксплуатационные затраты.

В связи с недостатком информации для проведения количественной оценки, на основе анализа реализованных проектов определен средний уровень эффекта от внедрения этих технологий для компаний электроэнергетики, как показано в таблице 10.

Таблица 10 – Оценка экономического эффекта от внедрения новых технологий для компаний электроэнергетики

Экономический эффект	В процентах	
	Изменение	
Повышение выручки	2,0 - 3,0	
Оптимизация капитальных затрат: снижение потребности в генерирующих мощностях	4,0 - 5,0	
Оптимизация затрат на ремонт оборудования	5,0 - 7,0	
Оптимизация затрат в связи с сокращением удельного расхода на топливо	2,0 - 4,4	
Оптимизация работы производственного персонала	4,5 - 6,0	
Оптимизация административных затрат	6,0 - 7,0	

Источник: составлено автором по материалам: [89; 115 – 118].

Таким образом, внедрение инноваций в электроэнергетике влечет за собой возникновение эффектов, связанных с повышением эффективности функционирования отрасли, снижением операционных, капитальных затрат и возможностью повысить эффективность энергосистемы в целом. Совокупность эффектов от внедрения инноваций в электроэнергетике можно разделить на две группы: с точки зрения влияния на потребителей - промышленные предприятия, и с точки зрения влияния на компании электроэнергетики, что необходимо для раскрытия механизма повышения эффективности отрасли и экономики в целом.

Выводы к главе 1

Обзор литературы, посвященной тенденциям развития инноваций и распространения новых технологий в электроэнергетической отрасли, позволяет резюмировать полученные результаты следующим образом:

1) Выделены тренды, оказывающие влияние на распространение новых технологий в электроэнергетической отрасли. К общемировым трендам, согласно которым трансформируется российская электроэнергетическая отрасль, можно отнести три ключевых направления: декарбонизацию, цифровизацию, децентрализацию.

2) Определены ключевые инновации, внедряемые компаниями

электроэнергетической отрасли. К технологиям четвертой промышленной революции в электроэнергетике относят как технологии, внедряемые в других отраслях экономики: искусственный интеллект, большие данные, продвинутая аналитика, Интернет вещей, дополненная, виртуальная, смешанная реальности, цифровые двойники, так и свойственные только для данной отрасли, например, «активный потребитель», «умные» счетчики, управление спросом, технологии генерации электроэнергии, технологии энергосбережения, «умные» сети.

3) Инновации способствуют росту клиентоориентированности компаний электроэнергетики, наблюдается тенденция перехода от централизованной к децентрализованной системе. В новой модели потребитель становится активным участником рынка и способен не только генерировать электроэнергию для собственных нужд, но также, используя новейшие технологии, стать поставщиком электроэнергии. Данное изменение ведет к снижению цены на электроэнергию, повышению гибкости сети. В связи с появлением новой роли потребителя и внедрением технологий, которые влияют на изменение поведения как энергетических компаний, так и промышленных организаций, возникает проблема управления инновациями. В связи с этим рассмотрена типология инноваций в электроэнергетике и разработана классификация инноваций. Согласно предложенной классификации, инновации в электроэнергетике подразделяются на две основные группы: инновации, обусловленные изменением технологий, к которым отнесены технологические и процессные инновации, а также инновации, обусловленные изменением рынка, к которым отнесены инновации управления и инновации транзакций.

4) Выявлены и обоснованы эффекты, получаемые в результате внедрения инноваций в электроэнергетике, при этом эффекты могут быть связаны с качественными изменениями, например, повышение безопасности работы персонала, рост лояльности клиентов, а также иметь экономический характер, выраженный в виде экономии затрат или получения

дополнительных доходов.

5) Рассчитаны и показаны прогнозные значения от внедрения новых технологий в электроэнергетике, при этом следует учитывать, что достижение указанных эффектов возможно благодаря внедрению инноваций как со стороны энергетических компаний, так и со стороны промышленных компаний-потребителей электроэнергии. Консервативный и оптимистический сценарии составлены исходя из данных профильных регулирующих органов и отраслевых исследований, в то время как оценка эффекта, достигаемого за счет внедрения цифровых технологий внутри организаций, в связи с недостатком информации, осуществлена в процентном соотношении исходя из практики успешного внедрения инноваций в энергетических компаниях.

По итогам проведенного анализа можно отметить, что внедрение инноваций в электроэнергетике России идет более низкими темпами, чем в других странах.

В этой связи далее будут рассмотрены скорость распространения инноваций в электроэнергетике и факторы, влияющие на принятие новых технологий энергетическими компаниями и предприятиями – потребителями электроэнергии.

Глава 2

Анализ распространения новых технологий в электроэнергетике: факторы, динамика скорости распространения и особенности приятия новшеств участниками электроэнергетического рынка

2.1 Скорость распространения новых технологий в электроэнергетике

Диффузия инноваций - процесс распространения новшества между различными потребителями [119 -121]. Для анализа скорости распространения новых технологий в электроэнергетике может быть использована модель Ф. Басса [119]. Основываясь на теории диффузии инноваций Э. Роджерса [120], Ф. Басс сделал предположение, что скорость принятия новой технологии является линейной функцией от количества прежних покупателей, на основе чего построил математическую модель. Данная модель может быть применена в различных отраслях экономики как для описания принятия потребителем узкоспециализированных технологий, так и бытовых товаров. Однако ввиду того, что при прогнозировании используются оценочные параметры, модель не исключает возможных ошибок.

Преимуществом модели является то, что она может быть использована для оценки скорости принятия инноваций, которые являются совершенно новыми на рынке. В этом случае для проведения оценки могут быть использованы данные о технологиях, имеющих схожие характеристики.

Согласно модели Ф. Басса, скорость распространения инноваций зависит от двух параметров: параметра p – показателя, отражающего принятие инноваций среди инноваторов, и q – показателя, характеризующего принятие инноваций имитаторами. В общем виде дискретная модель распространения инноваций согласно Ф. Бассу рассчитывается по формуле (1)

$$n(t) = p (M - N(t - 1)) + q \frac{N(t - 1)}{M} (M - N(t - 1)) = \quad (1)$$

$$= n(t)_{\text{инн}} + n(t)_{\text{им}},$$

где $n(t)$ – количество потребителей, которые приняли инновацию в момент времени t ;

$N(t-1)$ – общее количество потребителей, которые приняли инновацию к моменту времени $(t-1)$;

M – потенциал рынка;

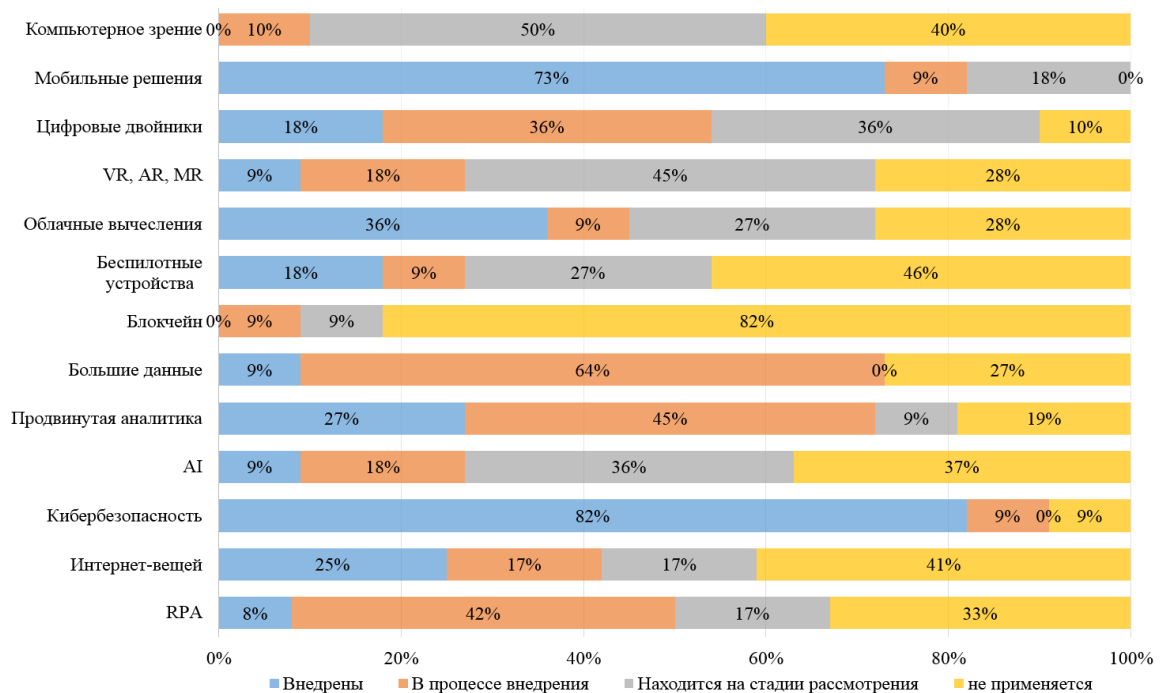
p – коэффициент инновации;

q – коэффициент имитации;

$n(t)_{\text{инн}}$ – количество инноваторов, принявших инновацию в момент времени t ;

$n(t)_{\text{им}}$ – количество имитаторов, принявших инновацию в момент времени t .

Согласно исследованию [122], на сегодняшний день ряд технологий цифровой энергетики в России находится на начальном этапе кривой распространения, как показано на рисунке 8.



Источник: составлено автором по материалам [122].

Рисунок 8 – Этапы внедрения цифровых решений в российской электроэнергетике

В связи с тем, что профильные ведомства отдельно не выделяют динамику внедрения данных инноваций, статистики, основываясь на которой можно было бы рассчитать показатели инновации и имитации, на сегодняшний день нет. Для оценки скорости распространения рассмотренных ранее технологий были приняты технологии, обладающие схожими свойствами. В рамках проведения анализа инновации были разделены на две группы исходя из концепции интерактивных и неинтерактивных инноваций, предложенных Э. Роджерсом [123]. Согласно теории Э. Роджерса, новшества, которые могут быть внедрены и использоваться предприятиями вне зависимости от их принятия другими субъектами рынка, являются неинтерактивными. В энергетической отрасли к данной группе могут быть отнесены инновации, обусловленные изменениями технологий: накопители электроэнергии, энергосберегающие технологии.

К интерактивным инновациям, для распространения которых ключевое значение имеет сетевой эффект, с позиции энергетических компаний можно отнести: «умные» счетчики, программы управления спросом, «активного потребителя», распределенную генерацию.

Следует отметить, что интерактивные инновации являются комплексными. Опираясь на технологии, они способствуют трансформации бизнес-модели организации, оказывают существенное влияние на то, как функционирует отрасль в целом. При этом, для полной трансформации модели функционирования рынка, данные инновации должны быть приняты всеми его участниками, как энергетическими, так и промышленными предприятиями. В связи с этим, для расчета скорости распространения инноваций в электроэнергетике, потенциал рынка M был нормирован к 100%. В качестве показателей p и q были приняты средневзвешенные значения технологий, представленных в таблице 11.

Таблица 11 – Оценка параметров p и q для интерактивных и неинтерактивных технологий

Технологии	Коэффициент инновации, p	Коэффициент имитации, q
<i>Интерактивные технологии</i>		
Системы «умный дом»	0,020	0,270
Облачная платформа для видеонаблюдения	0,026	0,325
Технологии удаленного обслуживания клиентов	0,004	0,989
Технологии NILM	0,022	0,323
<i>Средневзвешенное значение</i>	0,018	0,476
<i>Неинтерактивные технологии</i>		
Продукт для защиты персональных и корпоративных данных	0,023	0,374
Аккумуляторные системы	0,024	0,576
Производственные технологии по интегрированному управлению и контролю	0,036	0,646
Аппаратура автоматизированного наблюдения и контроля	0,052	0,146
<i>Средневзвешенное значение</i>	0,0337	0,4355

Источник: составлено автором по материалам [41; 124].

Результаты прогноза скорости распространения инноваций, полученные в ходе расчета, представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Прогноз распространения новых технологий в электроэнергетике

В процентах

Год	Доля потребителей, внедривших технологию накопленным итогом	Доля потребителей, внедривших технологию, за год	Доля инноваторов	Доля имитаторов
1	2	3	4	5
Группа технологий, способствующих трансформации бизнес – моделей компаний и изменению организации рынка (интерактивные инновации)				
0	1,80	14,17	14,17	0,00
1	4,41	20,55	13,92	6,63
2	8,14	29,37	13,55	15,82
3	13,36	41,09	13,02	28,07
4	20,44	55,72	12,28	43,44
5	29,62	72,31	11,27	61,03
6	40,83	88,22	9,97	78,25
7	53,41	99,06	8,39	90,68
8	66,11	100,00	6,60	93,40
9	77,40	88,89	4,80	84,09
10	86,15	68,85	3,20	65,65

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5
Группа технологий, способствующих совершенствованию производства и поставки электроэнергии (неинтерактивные инновации)				
0	3,30	26,23	26,23	0,00
1	7,88	36,42	25,37	11,05
2	14,08	49,30	24,17	25,13
3	22,19	64,43	22,54	41,89
4	32,27	80,18	20,41	59,77
5	44,03	93,44	17,77	75,67
6	56,61	100,00	14,68	85,32
7	68,74	96,42	11,38	85,04
8	79,13	82,60	8,20	74,40
9	87,01	62,66	5,48	57,18
10	92,36	42,54	3,41	39,13

Источник: составлено автором.

Результаты расчетов показывают, что пик распространения неинтерактивных инноваций будет достигнут через 6 лет. Основываясь на данных, показанных в таблице 13, можно сделать вывод о том, что в ряде отраслей российской экономики в структуре себестоимости существенную долю составляют затраты на электроэнергию. В условиях постоянного роста цены на электроэнергию этот факт вынуждает организации переходить на собственную генерацию и искать способы оптимизации затрат.

Таблица 13 – Доля затрат на электроэнергию по видам экономической деятельности

В процентах

Вид экономической деятельности	Доля затрат на электроэнергию в себестоимости продукции
Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	4,3
Добыча полезных ископаемых	9,3
Обрабатывающие производства	3,5
Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	13,7
Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	11,4
Строительство	1,5
Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов	1,7
Транспортировка и хранение	7,0

Источник: составлено автором по материалам [124].

В то же время, достижение пика распространения интерактивных инноваций наступает через 8 лет. Учитывая, что по сравнению с другими странами Россия начала внедрение технологий этой группы с существенным опозданием, этот период может оказаться критическим для сохранения конкурентоспособности продукции, произведенной российскими промышленными компаниями.

Таким образом, в электроэнергетике страны процесс внедрения цифровых технологий только начинается, поэтому наиболее подходящим методом для оценки скорости их распространения является модель Ф. Басса, ключевыми параметрами которой являются доля инноваторов и иммитаторов (p и q). Кроме того, на распространение новых технологий в электроэнергетической отрасли значительное влияние оказывает их интерактивность и неинтерактивность. Проведенный анализ скорости распространения технологий показал, что внедрение интерактивных инноваций в России достигнет пика через 8 лет, а неинтерактивных – через 6 лет, что является достаточно длительным периодом.

В этой связи целесообразно рассмотреть факторы, стимулирующие внедрение инноваций в электроэнергетике с целью дальнейшей разработки рекомендаций по повышению скорости их распространения.

2.2 Выявление факторов, способствующих принятию технологий четвертой промышленной революции среди компаний электроэнергетической отрасли

На распространение инноваций влияет множество факторов, согласно Э. Роджерсу [120], к общим характеристикам, влияющим на принятие новых технологий, можно отнести: совместимость – согласованность внедряемого продукта с предыдущим опытом организации, ее ценностями и потребностями; сравнительное преимущество, отражающее превосходство внедряемой технологии над уже используемыми; возможность тестирования;

сложность использования; наглядность, что отражается в очевидности получаемых выгод в результате внедрения новой технологии.

В то же время, в исследованиях показано, что на принятие инноваций значимое влияние могут оказывать как факторы, связанные с характеристиками самой организации, например, размер предприятия, готовность персонала, так и факторы внешней среды, например, конкуренция в отрасли, давление поставщиков и действия регулятора [125 - 128].

Выявление и анализ факторов, способствующих принятию инноваций в компаниях электроэнергетической отрасли, были проведены в несколько этапов. На первом этапе с использованием подхода А. Мулла и П. Лекера [126] были проанализированы научные исследования, фокусирующиеся на внедрении инноваций. Авторы применили данный подход для обобщения факторов, значимых для принятия технологий электронной коммерции. В частности, ими были выделены две модели, характеризующие внутренние и внешние факторы, влияющие на организацию: воспринимаемые организационные факторы готовности (POER - perceived organizational eReadiness) и воспринимаемые внешние факторы готовности (PEER - perceived external eReadiness), как показано в таблице 14.

Таблица 14 – Факторы, оказывающие влияние на процесс принятия инноваций

Группа	Факторы
Факторы внутренней среды	Экономическая эффективность
	Техническая выполнимость
	Воспринятое преимущество
	Готовность персонала
Факторы внешней среды	Регуляторная политика и решения органов власти, оказывающие влияние на принятие решений об использовании инноваций
	Межфирменное взаимодействие и наличие консультационной поддержки
	Изменения на рынке, влияющие на решение о принятии инноваций
	Технологические изменения в отрасли
	Давление со стороны других участников рынка (поставщиков, покупателей и конкурентов)

Источник: составлено автором по материалам [35; 125 - 128].

На основе вторичных источников информации, включающих отраслевые обзоры профильных агентств и регулирующих органов, отчеты электроэнергетических компаний и консалтинговые прогнозы развития

отрасли [30; 88; 100 - 102; 107; 110; 118; 122], были составлены вопросы анкеты, которые позволяют учесть специфику отрасли. Анкета была разослана компаниям электроэнергетической отрасли для определения согласия/несогласия респондентов с факторами, которые оказывают влияние на принятие решения о внедрение технологий в компаниях и дальнейшей оценки силы их влияния.

Каждый из предложенных факторов предлагалось оценить по пятибалльной шкале Лайкерта, в которой «1» означает «абсолютно не согласен с утверждением», «5» - «абсолютно согласен с утверждением».

Фактор «экономическая эффективность» был оценен с помощью вопросов, которые позволяют оценить доступность финансовых ресурсов, вопросов, связанных с периодом возврата вложенных инвестиций, а также возможностью сокращения капитальных и операционных затрат.

Фактор «техническая выполнимость» был оценен с помощью вопросов, которые позволили определить, имеет ли организация возможность внедрить технологии интеллектуальных сетей в свою деятельность с учетом имеющейся инфраструктуры.

Оценка фактора «воспринятые преимущества и развитие новых бизнесов» оценивался с помощью вопросов, которые должны позволить оценить отношение организации к выгодам, получаемым в результате внедрения инноваций.

Группа вопросов, характеризующая фактор «готовность персонала» позволяет оценить готовность менеджмента организации к управлению проектами, связанными с внедрением технологий интеллектуальной энергетики, а также готовность персонала использовать эти инновации.

Группа вопросов, связанных с внешней средой, включала вопросы, характеризующие нормативно-правовую среду и решения регулятора, которые создают условия, стимулирующие к инновационному развитию компаний, что особенно актуально для электроэнергетики как для отрасли с высоким уровнем регулирования.

Группа «регуляторная политика и решения органов власти, оказывающие влияние на принятие решений об использовании инноваций» позволяет оценить, насколько меры, предпринимаемые государством в области разработки соответствующей нормативно-правовой базы и используемые государством механизмы способны стимулировать внедрение инноваций в компаниях электроэнергетики.

Согласно проведенному анализу источников, на принятие решения о внедрении инноваций может быть оказано давление со стороны таких участников рынка, как поставщики, покупатели. В условиях возрастающей внешнеэкономической напряженности и геополитической ситуации особую актуальность имеет политика импортозамещения, призванная повысить независимость отраслей инфраструктуры от технологий, поставляемых из других стран. Наличие отечественных разработчиков программного обеспечения и оборудования может способствовать более активному внедрению инноваций в электроэнергетической отрасли.

Для внедрения инноваций и их полноценного использования также должна быть создана соответствующая инфраструктура как внутри предприятия, так и в компаниях-потребителях электроэнергии в связи с тем, что внедрение технологий трансформирует способ производства товара, управления коммуникациями и обмена информацией, изменения касаются также способов взаимодействия с клиентами.

Фактор «межфирменное взаимодействие и наличие консультационной поддержки» оценивался с помощью вопросов, которые позволяют выявить, может ли организация принять более активную позицию по отношению к внедрению инноваций в случае, когда будет обеспечен обмен опытом внедрения новых технологий и установлены связи с другими компаниями, университетами, а также научными центрами.

В анкету также был включен дополнительный блок вопросов, позволяющий установить, работает ли человек с новыми технологиями, а также вопросы, характеризующую выборку. Анкеты были разсланы

432 организациям электроэнергетической отрасли, в результате было собрано 178 заполненных анкет, отклик составил 41,2%. Данная выборка является достаточной для построения регрессионного уравнения. Распределение обследуемых компаний по характеристикам приведено в таблице 15.

Таблица 15 – Характеристика компаний в выборке: контрольные переменные

Характеристики компаний выборки	Количество компаний	Доля компаний, в процентах
Сектор		
Генерирующие компании	138	77,5
Энергосетевые компании	23	12,9
Энергосбытовые компании	17	9,6
Срок жизни компании		
До 10 лет	31	17,4
Больше 10 лет	147	82,6
Численность персонала		
До 250	38	21,3
250 - 500	62	34,8
Более 500 человек	78	43,8
Выручка от реализации		
Менее 2 млрд рублей	13	7,3
2-9	58	32,6
10-50	73	41,0
Более 50	34	19,1

Источник: составлено автором.

В результате проведенного анкетирования была определена частота упоминания факторов, которые, по мнению респондентов, стимулируют внедрение инноваций в компаниях электроэнергетической отрасли, результаты представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Частота упоминания факторов, влияющих на принятие решения о внедрении инноваций

		В процентах
Обозначение	Фактор	Частота упоминания факторов группы
1	2	3
Внутренние факторы		
Экономическая эффективность		
Econ1	Доступность финансовых ресурсов	86,3
Econ2	Окупаемость инвестиций	82,1
Econ3	Возможность оптимизации операционных и капитальных затрат	95,2

Продолжение таблицы 16

1	2	3
Техническая выполнимость		
Tech1	Возможность интеграции в существующую инфраструктуру компании	77,2
Воспринятое преимущество и развитие новых бизнесов		
Bnf1	Возможность развития новых видов бизнеса и новых сервисов	73,5
Bnf2	Снижение негативного влияния на окружающую среду	56,3
Bnf3	Повышение эффективности операционной деятельности компании	90,2
Bnf4	Возможность повышения клиентоориентированности компании	61,2
Готовность персонала		
P1	Наличие квалифицированного персонала, способного использовать новые технологии	93,9
P2	Наличие поддержки со стороны руководства организации	92,1
Внешние факторы		
Регуляторная политика и решения органов власти, оказывающие влияние на принятие решений об использовании инноваций		
Reg1	Наличие поддержки со стороны государства (например, в виде налоговых стимулов)	91,3
Reg2	Наличие разработанной НПА, способствующей внедрению и использованию новых технологий	85,2
Межфирменное взаимодействие		
Int1	Наличие единой платформы/базы, обеспечивающей обмен опытом и лучшими практиками использования новыми технологиями в отрасли	87,4
Int2	Наличие примеров подтвержденной эффективности применения новых технологий	95,8
Int3	Наличие партнерств с ВУЗами, исследовательскими центрами	65,3
Технологические изменения в отрасли		
Ind1	Наличие возможности тестирования новых технологий в специальной среде	87,1
Ind2	Наличие отечественных технологий, соответствующих или превосходящих зарубежные аналоги	82,5
Давление со стороны других участников рынка		
Prt1	Растущая отраслевая конкуренция	65,7
Prt2	Растущие требования, предъявляемые потребителями	45,8

Источник: составлено автором.

В ходе дальнейшего исследования с целью исключения взаимозависимых факторов был проведен корреляционный анализ, результаты представлены в приложении Е.

С целью выявления факторов, имеющих наибольшую значимость при принятии решения о внедрении инноваций в энергетических компаниях, был проведен регрессионный анализ, для чего была использована формула (2)

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 * ECON_i + \beta_2 * TECH_i + \beta_3 * BNF_i + \beta_4 * P_i + \beta_5 * REG_i + \beta_6 * INT_i + \beta_7 * IND_i + \beta_8 * PRT_i, \quad (2)$$

где y – зависимая переменная (принятие положительного решения о внедрении инноваций);

$ECON_i$ - экономическая эффективность;

$TECH_i$ - техническая выполнимость;

BNF_i - воспринятое преимущество и развитие новых бизнесов;

P_i – готовность персонала;

REG_i - регуляторная политика и решения органов власти, оказывающие влияние на принятие решений об использовании инноваций;

INT_i - межфирменное взаимодействие;

IND_i - технологические изменения в отрасли;

PRT_i - давление со стороны других участников рынка.

Результаты регрессионного анализа представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Результаты регрессионного анализа факторов, способствующих внедрению инноваций в компаниях электроэнергетики

Независимые показатели	Нестандартизированные коэффициенты	Стандартизированные коэффициенты
1	2	3
Константа (β_0)	15,29*	
Экономическая эффективность		
Доступность финансовых ресурсов	0,273**	0,306**
Окупаемость инвестиций	0,297**	0,296**
Возможность оптимизации операционных и капитальных затрат	0,287**	0,301**

Продолжение таблицы 17

1	2	3
Техническая выполнимость		
Возможность интеграции в существующую инфраструктуру компании	0,309**	0,323**
Воспринятое преимущество и развитие новых бизнесов		
Возможность развития новых видов бизнеса и новых сервисов	0,329**	0,337**
Повышение эффективности операционной деятельности компании	0,311**	0,317**
Снижение негативного влияния на окружающую среду	0,165*	0,178*
Возможность повышения клиентоориентированности компании	0,316**	0,335**
Готовность персонала		
Наличие квалифицированного персонала, способного использовать новые технологии	0,251*	0,275*
Наличие поддержки со стороны руководства организации	0,247*	0,264*
Регуляторная политика и решения органов власти, оказывающие влияние на принятие решений об использовании инноваций		
Наличие поддержки со стороны государства (например, в виде налоговых стимулов)	0,254**	0,275**
Наличие разработанной НПА, способствующей внедрению и использованию новых технологий	0,296*	0,307*
Межфирменное взаимодействие		
Наличие единой платформы/базы, обеспечивающей обмен опытом и лучшими практиками использования новыми технологиями в отрасли	0,251**	0,277**
Технологические изменения в отрасли		
Наличие возможности тестирования новых технологий в специальной среде	0,213*	0,236*
Наличие отечественных технологий, соответствующих или превосходящих зарубежные аналоги	0,195**	0,213**
Давление со стороны других участников рынка		

Продолжение таблицы 17

1	2	3
Растущая отраслевая конкуренция	0,184*	0,206*
Количество наблюдений	178	
Множественный коэффициент корреляции (R)	0,962	
Коэффициент линейной детерминации (R ²)	0,925	
P - критерий	< 0,05	
Стандартная ошибка оценки	0,239	
Итоги регрессии для зависимой переменной: * значимость коэффициента $p < 0,05$; ** значимость коэффициента $p < 0,01$.		

Источник: составлено автором.

По результатам проведенного анализа было выявлено, что наиболее значимым фактором, оказывающим влияние на принятие решения о внедрении технологий Индустрии 4.0, является развитие новых бизнесов и новых сервисов ($\beta = 0,329$, $\beta = 0,316$), что говорит о том, что компании энергетической отрасли направлены на построение стратегии, которая позволит, с учетом цифровых технологий, повысить конкурентоспособность и ориентированность на клиента. На сегодняшний день уже сложилось понимание того, что цифровая трансформация - это неизбежный процесс, в связи с чем те организации, которые внедряют технологии первыми, смогут получить преимущество перед отстающими.

Факторами, по результатам исследования характеризующиеся высоким уровнем значимости, являются повышение операционной эффективности ($\beta = 0,311$) и техническая выполнимость ($\beta = 0,309$), включающая интеграцию с существующей инфраструктурой организации.

Также к числу факторов с наибольшим весом можно отнести окупаемость инвестиций ($\beta = 0,297$), что обосновывается тем, что российские компании в условиях нестабильности стремятся сократить число проектов, срок окупаемости которых превышает 5 лет, данный тезис также обосновывается исследованием консалтинговой компании KPMG, согласно которому средний приемлемый период окупаемости для российских компаний составляет около 2 лет [129]. Более того, чем больше инвестиций вкладывает

компания во внедрение цифровых технологий, тем скорее она ожидает их окупаемости.

Следующим по значимости является фактор, характеризующий регуляторную политику государства ($\beta = 0,296$), важно наличие прозрачной и проработанной нормативно-правовой базы, в соответствии с которой может быть обеспечено внедрение инноваций. Как показали исследования [130; 131], существует положительная связь между прямыми и косвенными мерами государственной поддержки и инновационной активностью организаций, фактор «Наличие поддержки со стороны государства (например, в виде налоговых стимулов)» ($\beta = 0,254$) также значим для компаний. При внедрении новых технологий также важна готовность персонала ($\beta = 0,251$, $\beta = 0,247$).

Таким образом, выявлены факторы, оказывающие значимое влияние на принятие решения о внедрении инноваций в компаниях электроэнергетики: к наиболее важным факторам можно отнести возможность развития новых видов бизнеса и новых сервисов, возможность повышения клиентоориентированности компании. Следующими по значимости являются факторы операционной эффективности, технической выполнимости, экономической эффективности, а также факторы, характеризующие регуляторную политику государства, готовность человеческих ресурсов организации. Факторы, характеризующие отраслевую конкуренцию и защиту окружающей среды оказались наименее значимыми.

В связи с тем, что часть новых технологий в электроэнергетике является интерактивными (скорость их распространения зависит от скорости распространения среди потребителей), далее в рамках исследования будут выявлены наиболее значимые факторы принятия новых технологий промышленными компаниями – потребителями электроэнергии.

2.3 Анализ факторов принятия и распространения новых технологий среди промышленных компаний – потребителей электроэнергии

Для анализа факторов внедрения инноваций среди промышленных компаний была использована методология, описанная в научно-исследовательской работе «Развитие интеллектуальных энергетических сетей в целях повышения энергетической эффективности промышленных компаний», выполненной в Финансовом университете [53]. Однако данный анализ включал в выборку те компании, которые не обследованы в указанной научно-исследовательской работе.

При этом в анкету был включен дополнительный блок вопросов, который позволил определить, знаком ли сотрудник промышленной компании с технологиями Индустрии 4.0 в области электроэнергетики. В качестве критериев, определяющих профиль опрашиваемых сотрудников, выступили следующие характеристики:

- сотрудник знаком с технологиями интеллектуальной энергетики и имеет опыт их внедрения или использования;
- сотруднику известны примеры использования подобных технологий в других организациях в рамках его отрасли;
- сотрудник работает в организации, которая рассматривает внедрение инноваций в области электроэнергетики в ближайшем будущем или уже внедряет их;
- сотрудник участвует в разработке, процессе внедрения или продажи технологии интеллектуальных сетей;
- сотрудник имеет знания в области инноваций в электроэнергетике.

С целью выявления факторов, оказывающих наибольшее влияние на принятие решения о внедрении инноваций со стороны промышленных компаний, факторы, рассмотренные в предыдущем параграфе, были изменены

с учетом особенностей, которые были выявлены в ходе интервью с 6 представителями промышленных компаний.

Характеристика выборки компаний, от которых были получены ответы (ответы прислали 192 компаний из 387 разосланных анкет, из них 18 анкет направили промышленные компании – участники оптового рынка электроэнергии и мощности, отклик составил 49,6%) представлена в таблице 18.

Таблица 18 – Характеристика компаний в выборке: контрольные переменные

Характеристики компаний выборки	Количество компаний	Доля компаний, в процентах
<i>Сектор</i>		
Черная и цветная металлургия	40	20,8
Пищевая промышленность	25	13,0
Машиностроение и металлообработка	36	18,8
Химическая и нефтехимическая промышленность	51	26,6
Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность	21	10,9
Промышленность строительных материалов	19	9,9
<i>Срок жизни компании</i>		
От 1 года до 10 лет	56	29,3
Более 10 лет	136	70,7
<i>Среднестатистическая численность персонала</i>		
Не более 500	48	25
Свыше 500	144	75

Источник: составлено автором.

Частота упоминания наиболее значимых факторов по итогам анализа полученных анкет представлена в таблице 19.

Таблица 19 – Частота упоминания факторов, влияющих на принятие решения о внедрении инноваций среди промышленных компаний

Обозначение	Факторы	В процентах
		Частота упоминания факторов группы
1	2	3
Внутренние факторы		
Экономическая эффективность		
Econ1	Доступность финансовых ресурсов	89,7
Econ2	Возможность оптимизации затрат на электроэнергию	98,7
Econ3	Снижение себестоимости произведенной продукции	92,3

Продолжение таблицы 19

1	2	3
Техническая выполнимость		
Tech1	Возможность интеграции в существующую инфраструктуру компании	93,6
Tech2	Возможность развития собственной генерации и повышение надежности энергоснабжения	92,3
Воспринятое преимущество и развитие новых бизнесов		
Bnf1	Появление дополнительных возможностей у потребителя (участие в регулировании потребления, продажа электроэнергии)	67,9
Bnf2	Возможность использования отходов и побочных продуктов производства в качестве топлива	79,5
Bnf3	Повышение эффективности операционной деятельности компании	74,1
Bnf4	Снижение негативного влияния на окружающую среду	46,2
Готовность персонала		
P1	Наличие квалифицированного персонала, способного использовать новые технологии	87,2
P2	Наличие поддержки со стороны руководства организации	67,3
Внешние факторы		
Регуляторная политика и решения органов власти, оказывающие влияние на принятие решений об использовании инноваций		
Reg1	Наличие поддержки со стороны государства (например, в виде налоговых стимулов)	88,5
Reg2	Наличие разработанной НПА, способствующей внедрению и использованию новых технологий	93,6
Межфирменное взаимодействие		
Int1	Наличие единой платформы/базы, обеспечивающей обмен опытом и лучшими практиками использования новыми технологиями в отрасли	80,8
Int2	Наличие примеров подтвержденной эффективности применения новых технологий	98,7
Int3	Наличие партнерств с ВУЗами, исследовательскими центрами	64,1
Технологические изменения в отрасли		
Ind1	Наличие возможности тестирования новых технологий в специальной среде	80,8
Ind2	Наличие отечественных технологий, соответствующих или превосходящих зарубежные аналоги	64,1
Давление со стороны других участников рынка		
Prt1	Возможность производства продукции с использованием «чистых» источников электроэнергии	54,4

Источник: составлено автором.

С целью определения факторов, наиболее значимых при принятии решения о внедрения инноваций среди промышленных компаний, по итогам проведения корреляционного анализа, результаты которого представлены в приложении Ж, был проведен регрессионный анализ с использованием формулы (3)

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 * ECONp_i + \beta_2 * TECHp_i + \beta_3 * BNFP_i + \beta_4 * Pp_i + \beta_5 * REGp_i + \beta_6 * INTp_i + \beta_7 * INDP_i + \beta_8 * PRTP_i, \quad (3)$$

где y – зависимая переменная (принятие положительного решения о внедрении инноваций);

$ECONp_i$ - экономическая эффективность;

$TECHp_i$ - техническая выполнимость;

$BNFP_i$ - воспринятое преимущество и развитие новых бизнесов;

Pp_i - наличие человеческих ресурсов;

$REGp_i$ - регуляторная политика и решения органов власти, оказывающие влияние на принятие решений об использовании инноваций;

$INTp_i$ - межфирменное взаимодействие;

$INDp_i$ - технологические изменения в отрасли;

$PRTP_i$ - давление со стороны других участников рынка (поставщиков, покупателей и конкурентов).

Результаты регрессионного анализа представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Результаты регрессионного анализа факторов, способствующих внедрению инноваций в промышленных компаниях

Независимые показатели	Нестандартизированные коэффициенты	Стандартизированные коэффициенты
1	2	3
Константа (β_0)	13,76*	
Экономическая эффективность		
Доступность финансовых ресурсов	0,263**	0,288**
Возможность оптимизации затрат на электроэнергию	0,293**	0,309**
Техническая выполнимость		
Возможность интеграции в существующую инфраструктуру компании	0,281**	0,293**

Продолжение таблицы 20

1	2	3
Возможность развития собственной генерации и повышение надежности энергоснабжения	0,276**	0,291**
Воспринятое преимущество и развитие новых бизнесов		
Появление дополнительных возможностей у потребителя (участие в регулировании потребления, продажа электроэнергии)	0,147*	0,163*
Повышение эффективности операционной деятельности компании	0,161**	0,176**
Готовность персонала		
Наличие квалифицированного персонала, способного использовать новые технологии	0,236*	0,252*
Наличие поддержки со стороны руководства организации	0,223*	0,265**
Регуляторная политика и решения органов власти, оказывающие влияние на принятие решений об использовании инноваций		
Наличие поддержки со стороны государства (например, в виде налоговых стимулов)	0,254**	0,271**
Наличие разработанной НПА, способствующей внедрению и использованию новых технологий	0,226*	0,196*
Межфирменное взаимодействие		
Наличие примеров подтвержденной эффективности применения новых технологий	0,258*	0,273*
Наличие партнерств с ВУЗаами, исследовательскими центрами	0,128*	0,145*
Технологические изменения в отрасли		
Наличие возможности тестирования новых технологий в специальной среде	0,216**	0,237**
Наличие отечественных технологий, соответствующих или превосходящих зарубежные аналоги	0,163*	0,176*

Продолжение таблицы 20

1	2	3
Давление со стороны других участников рынка		
Возможность производства продукции с использованием «чистых» источников электроэнергии	0,143**	0,172**
Количество наблюдений	192	
Множественный коэффициент корреляции (R)	0,958	
Коэффициент линейной детерминации (R ²)	0,917	
P - критерий	< 0,05	
Стандартная ошибка оценки	0,216	
Итоги регрессии для зависимой переменной: * значимость коэффициента $p < 0,05$; ** значимость коэффициента $p < 0,01$.		

Источник: составлено автором.

Результаты проведенного анализа показали, что приоритетность факторов, способствующих внедрению инноваций в компаниях электроэнергетической отрасли и промышленных компаниях – потребителях электроэнергии, практически совпадает. Тем не менее, имеются отличия. Так, наиболее значимым фактором для промышленных компаний, в отличие от энергетических, является возможность оптимизации собственных затрат на электроэнергию ($\beta = 0,293$). Как отмечалось выше, в некоторых отраслях затраты на электроэнергию составляют существенную долю в себестоимости продукции, что в совокупности с ежегодно повышающимися тарифами на электроэнергию и мощность ведет к повышению стоимости производимой продукции и может негативно сказаться на ее конкурентоспособности.

Следующие по значимости факторы: возможность интеграции в существующую инфраструктуру компании ($\beta = 0,281$), возможность развития собственной генерации и повышение надежности энергоснабжения ($\beta = 0,276$), доступность финансовых ресурсов ($\beta = 0,263$).

Снижение стоимости цифровых технологий позволяет организациям развивать собственную генерацию и повышать надежность энергосистемы, что особенно важно для предприятий, удаленных от центральных источников

энергоснабжения, при этом необходимо учитывать интегрируемость новых технологий.

Проведенное исследование также показало важность межфирменного взаимодействия, для промышленных предприятий существенно наличие подтвержденной практики, доказывающей эффективность внедряемых инноваций ($\beta = 0,258$). Данный фактор связан с тем, что внедрение новых технологий в процессы компании сопряжено с большим объемом инвестиций и трудозатрат. Организации стремятся получить информацию и подтверждение обоснованности этих затрат в текущих условиях.

Для промышленных предприятий значимо наличие поддержки со стороны государства ($\beta = 0,254$), при этом фактор играет менее существенную роль по сравнению с компаниями электроэнергетической отрасли, что можно объяснить тем, что нормативно-правовая база, регулирующая отношения, возникающие в результате внедрения инноваций и становления предприятия в качестве «активного потребителя», находится на ранней стадии. В связи с этим высока роль квалифицированного персонала, способного использовать новые технологии ($\beta = 0,236$).

К наименее значимым факторам можно отнести наличие партнерств с ВУЗами, исследовательскими центрами ($\beta = 0,128$), появление дополнительных возможностей у потребителя (участие в регулировании потребления, продажа электроэнергии) ($\beta = 0,147$), а также возможность производства продукции с использованием «чистых» источников электроэнергии ($\beta = 0,143$). Несмотря на имеющиеся тренды в данном направлении, компании пока не рассматривают их в качестве основного драйвера внедрения инноваций.

Таким образом, анализ факторов, влияющих на принятие решения и распространение новых технологий среди промышленных компаний показал значимое влияние экономической эффективности, что говорит о том, что предприятия при внедрении инноваций в большей степени ориентированы на оптимизацию затрат на электроэнергию. Также факторами, оказывающими

положительное влияние на промышленные компании при внедрении инноваций, аналогично компаниям электроэнергетической отрасли, являются техническая выполнимость, готовность нормативно-правовой базы. В то же время, группа факторов «воспринятое преимущество и развитие новых видов бизнеса», которые значимы для компаний электроэнергетической отрасли, менее значима для промышленных компаний. Однако влияние всех факторов подтверждено.

Вместе с тем, кроме анализа драйверов, стимулирующих внедрение инноваций в электроэнергетике, для разработки инструментов необходим анализ барьеров, который будет проведен в следующей главе.

2.4 Выявление барьеров, препятствующих внедрению инноваций в электроэнергетике

Разработка инструментов невозможна без выявления барьеров распространения инноваций в электроэнергетике. В этой связи был проведен анализ факторов, которые негативно влияют на принятие решения о внедрении инноваций как в компаниях электроэнергетической отрасли, так и в промышленных предприятиях – потребителях электроэнергии.

Для выявления барьеров был проведен анализ вторичных российских источников, включавших в себя отраслевые отчеты, обзоры профильных ассоциаций, Министерства энергетики Российской Федерации [35; 88; 100 – 102; 107; 115; 118; 122].

В результате был выявлен пул факторов, которые использовались для формирования вопросов анкеты и выявления частоты их упоминания в качестве ключевых при внедрении инноваций, результаты представлены в таблице 21.

Ответы на вопросы анкеты были даны компаниями, участвовавшими в определении факторов, положительно влияющих на внедрение новых технологий в электроэнергетике.

Таблица 21 – Частота упоминания факторов, препятствующих распространению инноваций в электроэнергетике

Барьеры	В процентах
	Частота упоминаний
1 Износ и моральное устаревание инфраструктуры на действующих активах компании	83,5
2 Консервативная культура управления	34,9
3 Отсутствие единой системы управления, координации и мониторинга цифровизации в отрасли	73,6
4 Риски, связанные с внедрением и функционированием новых технологий	92,3
5 Низкая проработка вопросов кибербезопасности	85,6
6 Технологические и нормативные ограничения в области сбора и передачи данных	63,2
7 Ограничения политики импортозамещения	74,9
8 Отсутствие упрощенных процедур закупки инновационной продукции в части цифровых решений/технологий для компаний с государственным участием	48,2
9 Необходимость подготовки большого количества отчетов для различных ведомств в различные сроки ведет к тому, что у компании отвлекаются значительные ресурсы	53,7
10 Отсутствие методики оценки риска, связанного с возможной уязвимостью критической информационной инфраструктуры	35,7
11 Недостаточный уровень подготовки персонала для обслуживания и работы с внедряемыми цифровыми технологиями	77,9
12 Отсутствие «единого окна», которое позволит осуществлять взаимодействие с различными органами исполнительной власти, что приводит к рассинхронизации действий	37,8
13 Недостаточные меры по государственной поддержке разработки и внедрения цифровых технологий (как для разработчиков технологий, так и для заказчиков), а также слабая проработанность НПА	84,3
14 Длительный период окупаемости и высокая стоимость проектов цифровизации	74,9
15 Сложность интеграции цифровых технологий с существующими на предприятии системами	71,2
16 Большинство комплексных проектов реализуется частично, в связи с чем величину достигаемых эффектов сложно прогнозировать	66,8

Источник: составлено автором по материалам [35; 88; 100 – 102; 107; 115; 118; 122].

Одной из проблем, наиболее часто упоминавшихся респондентами, является проблема износа оборудования. Согласно данным ПАО «Россети», уровень износа электросетевого оборудования компании в начале 2020 года

составлял около 52%, при этом прогнозируется, что показатель достигнет 60% к 2025 году [132].

Согласно данным, представляемым Министерством энергетики, износ объектов электроэнергетики в среднем находится на уровне 30-50% [133]. Высокий уровень данного показателя создает определенные трудности в процессе внедрения цифровых технологий в электросетевой комплекс, в то же время, модернизация данных объектов только с целью их цифровизации не является экономически целесообразной.

Барьер «недостаточные меры по государственной поддержке» объясняется тем, что многие вопросы, которые касаются внедрения цифровых технологий, пока еще не решены, к примеру, в законодательстве не определены принципы использования искусственного интеллекта (не определено, кто несет ответственность за ошибки, совершенные при принятии решений с помощью искусственного интеллекта); нормативно-правовые акты, которые регулируют правила организации технического обслуживания и ремонта оборудования, ограничивают переход на ремонт по состоянию с использованием технологий предиктивной аналитики.

Проблемой, часто упоминаемой респондентами, является недостаток квалифицированного персонала в области использования цифровых технологий. Отмечается отсутствие или недостаточное количество программ подготовки и переподготовки кадров, а также недостаточность компетенций в области реализации цифровых проектов.

Еще одним барьером является длительный период окупаемости и высокая стоимость проектов цифровизации, что может снижать темпы проникновения цифровых технологий. Несмотря на высокие потенциальные эффекты, которые могут принести инновации, внедрение новых, часто дорогостоящих технологий и оборудования требует множества согласований высокого уровня, что приводит к затягиванию сроков внедрения, побуждает компании обращаться к поставщикам готовых решений или сторонним разработчикам для разделения рисков и стоимости разработки.

Более того, большинство комплексных проектов реализуется частично, в связи с чем величину достигаемых эффектов сложно прогнозировать. Значительная часть цифровых технологий, внедрение которых даст наибольший эффект для компаний, является интерактивными, что ведет к тому, что полноценно технология может быть использована только при ее сквозном внедрении.

Для выявления взаимосвязанных факторов и дальнейшей оценки их силы влияния был проведен корреляционный анализ, в результате для дальнейшего исследования были использованы барьеры:

- износ и моральное устаревание инфраструктуры на действующих активах компании;
- консервативная культура управления;
- отсутствие единой системы управления, координации и мониторинга цифровизации в отрасли;
- риски, связанные с внедрением и функционированием новых технологий;
- низкая проработка вопросов кибербезопасности;
- ограничения политики импортозамещения;
- недостаточный уровень подготовки персонала для обслуживания и работы с внедряемыми цифровыми технологиями;
- недостаточные меры по государственной поддержке разработки и внедрения цифровых технологий (как для разработчиков технологий, так и для заказчиков), а также слабая проработанность НПА;
- длительный период окупаемости и высокая стоимость проектов цифровизации;
- сложность интеграции цифровых технологий с существующими на предприятии системами.

Для ранжирования факторов на основе данных опроса по силе влияния была построена регрессионная модель, представленная в виде формулы (4)

$$Z_i = \beta_0 + \beta_1 * DPR_i + \beta_2 * CYSC_i + \beta_3 * RISK_i + \beta_4 * IMP_i + \beta_5 * P_i + \beta_6 * REG_i + \beta_7 * COST_i + \beta_8 * INT_i + \beta_9 * CONS_i + \beta_{10} * CLT_i + \varepsilon_i, \quad (4)$$

где Z_i — показатель приятия технологий интеллектуальной энергетики (бинарная переменная, где «1» – компания внедряет цифровые технологии; «0» – компания не внедряет цифровые технологии);

DPR_i – износ и моральное устаревание инфраструктуры на действующих активах компании;

$CYSC_i$ - низкая проработка вопросов кибербезопасности;

$RISK_i$ - риски, связанные с внедрением и функционированием новых технологий;

IMP_i - ограничения политики импортозамещения;

P_i - недостаточный уровень подготовки персонала для обслуживания и работы с внедряемыми цифровыми технологиями;

REG_i - недостаточные меры по государственной поддержке разработки и внедрения цифровых технологий (как для разработчиков технологий, так и для заказчиков), а также слабая проработанность НПА;

$COST_i$ - длительный период окупаемости и высокая стоимость проектов цифровизации;

INT_i - сложность интеграции цифровых технологий с существующими на предприятии системами;

$CONS_i$ - отсутствие единой системы управления, координации и мониторинга цифровизации в отрасли;

CLT_i - консервативная культура управления.

В целом, результаты проведенного регрессионного анализа подтвердили корректность отобранных факторов. Модель позволила объяснить 83,3% вариации факторов, что говорит о ее высоком качестве. Результаты регрессионного анализа, отражающие силу влияния барьеров в электроэнергетических компаниях, представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Результаты регрессионного анализа барьеров внедрения инноваций в электроэнергетических компаниях

Независимые показатели	Нестандартизированные коэффициенты	Стандартизированные коэффициенты
Константа (β_0)	18,67*	
Износ и моральное устаревание инфраструктуры на действующих активах компании	0,282*	0,294*
Отсутствие единой системы управления, координации и мониторинга цифровизации в отрасли	0,115*	0,132*
Риски, связанные с внедрением и функционированием новых технологий	0,317**	0,326**
Низкая проработка вопросов кибербезопасности	0,302**	0,315**
Ограничения политики импортозамещения	0,223*	0,241*
Недостаточный уровень подготовки персонала для обслуживания и работы с внедряемыми цифровыми технологиями	0,254*	0,276*
Недостаточные меры по государственной поддержке разработки и внедрения цифровых технологий (как для разработчиков технологий, так и для заказчиков)	0,245**	0,256**
Длительный период окупаемости и высокая стоимость проектов цифровизации	0,158**	0,172**
Сложность интеграции цифровых технологий с существующими на предприятии системами	0,289**	0,304**
Консервативная культура управления	0,129*	0,136*
Количество наблюдений	178	
Множественный коэффициент корреляции (R)	0,913	
Коэффициент линейной детерминации (R^2)	0,833	
P - критерий	< 0,05	
Стандартная ошибка оценки	0,223	
Итоги регрессии для зависимой переменной: * значимость коэффициента $p < 0,05$; ** значимость коэффициента $p < 0,01$.		

Источник: составлено автором.

К барьерам, наиболее значимым для компаний электроэнергетической

отрасли можно отнести «риски, связанные с внедрением и функционированием новых технологий» ($\beta = 0,317$), «низкая проработка вопросов кибербезопасности» ($\beta = 0,302$), «сложность интеграции цифровых технологий с существующими на предприятии системами» ($\beta = 0,289$).

Таким образом, внедрение технологий четвертой промышленной революции сопряжено с множеством барьеров, преодоление которых требует высокой экспертизы со стороны организаций, вступающих в этот процесс. Вместе с тем, цифровизация отрасли может проходить только в условиях, когда новые технологии принимаются не только компаниями электроэнергетической отрасли, но также промышленными компаниями. В связи с этим необходимо выявить барьеры, которые являются определяющими для промышленных компаний – потребителей электроэнергии.

Методология выявления барьеров внедрения технологий интеллектуальных сетей в российских промышленных предприятиях включала в себя несколько этапов, аналогичных определению факторов, положительно влияющих на принятие решений о внедрении инноваций в промышленных компаниях.

На первом этапе были проведены анализ и обобщение отечественных и зарубежных исследований, в результате чего был выделен ряд барьеров, которые условно можно разделить на несколько групп, представленных в таблице 23.

Таблица 23 – Барьеры внедрения инноваций, выявленные в результате анализа литературы

Фактор	Исследования
1	2
<i>Экономические</i>	
1 Стоимость внедрения новых технологий	Арундел А. [134], Савиньяк Ф. [135] Кобец Б., Волкова И. [136],
2 Получаемые финансовые выгоды от реализации проекта недостаточно ясны	Министерство энергетики Российской Федерации [122]
<i>Управленческие</i>	
3 Недостаточная поддержка со стороны руководства предприятия	Трачук А., Линдер Н. [53], Вонг С. [137], Ворожихин В. [138]

Продолжение таблицы 23

1	2
4 Слабая система управления, несовершенство процедуры рассмотрения инновационных проектов, оценки результатов проекта	Ханна М. Т., Фриман Дж. [139], Дагерти, Д. [140], Нельсон Р.Р., Винтер С. Д. [141]
<i>Факторы, связанные с персоналом</i>	
5 Недостаток квалифицированного персонала, способного внедрить/использовать цифровые технологии	Ворожихин В. [138], Массель Л. [145], Трачук А., Линдер Н. [53]
<i>Административно-правовые</i>	
6 Недостаточное и/или несовершенное экономическое стимулирование инноваций, в том числе налоговое	Массель Л. [145], Нечаев А., Антипина О. [144]
7 Непрозрачность правового поля в области цифровизации, недостаточная проработанность правовой базы	Козлов С. [146], Хохлов А., Мельников Ю., Веселов Ф., Холкин Д., Дацко К. [42], Массель, Л. [145]
8 Недостаточная разработанность законодательной базы в области технического присоединения и использования технологий интеллектуальных сетей	Массель, Л. [145], Кобец Б., Волкова И.О. [136], Д'Эсте, П. [147]
9 Недостаточная разработанность нормативно-правовой базы, обеспечивающей кибербезопасность	Массель, Л. [145], Кобец Б., Волкова И.О. [136], Воропай Н. [143]
<i>Технологические</i>	
10 Возможность технического присоединения (сложность внедрения, несовместимость с используемыми технологиями, масштабируемость)	Ворожихин В. [138], Д'Эсте, П. [147], Роджерс, Э. [148]
11 Неготовность инфраструктуры организации	Турины Д. [149], Нельсон Р., Винтер С. [141]
12 Недоверие потенциальных потребителей к стоимостным и техническим характеристикам новых технологий (уровень готовности, ресурс работы)	Министерство энергетики Российской Федерации [122]
<i>Рыночные</i>	
13 Отсутствие референтной и достаточно известной успешной практики применения некоторых технологий в России	Министерство энергетики Российской Федерации [122]
14 Отсутствие возможности сквозного обмена данными между различными отраслями, ведомствами и компаниями	Министерство энергетики Российской Федерации [122]
15 Отсутствие российских комплексных пакетов программного обеспечения (ПО), которые являются аналогами зарубежных решений	Министерство энергетики Российской Федерации [122]

Источник: составлено автором.

На следующем этапе была разработана анкета, в которой респондентам предлагалось оценить уровень значимости фактора при внедрении технологий интеллектуальных сетей в организации по 5-балльной шкале Лайкерта («1» - «совершенно не согласен», «3» - «не знаю, согласен или не согласен», «5» - «полностью согласен»). Ответы на вопросы были представлены компаниями, также ответившими на анкету по выявлению факторов, положительно влияющих на внедрение инноваций.

В ходе дальнейшего исследования был проведен корреляционный анализ, позволивший отобрать факторы для дальнейшего анализа, к ним отнесены:

- стоимость внедрения новых технологий;
- получаемые финансовые выгоды от реализации проекта недостаточно ясны;
- недостаточная разработанность законодательной базы в области технического присоединения и использования технологий интеллектуальных сетей;
- недостаток квалифицированного персонала, способного внедрить/использовать цифровые технологии;
- недостаточная поддержка со стороны руководства;
- недостаточное и/или несовершенное экономическое стимулирование инноваций, в том числе налоговое;
- недостаточная разработанность нормативно-правовой базы, обеспечивающей кибербезопасность;
- недоверие потенциальных потребителей к стоимостным и техническим характеристикам новых технологий (уровень готовности, ресурс работы);
- отсутствие референтной и достаточно известной успешной практики применения некоторых технологий в России;

– отсутствие российских комплексных пакетов программного обеспечения (ПО), которые являются аналогами зарубежных решений.

Результаты проведенного анализа были использованы для расчета силы влияния факторов на принятие решения о внедрении технологий интеллектуальной энергетики. Регрессионная модель, использованная для определения силы влияния, представлена в формуле (5)

$$Z_i = \beta_0 + \beta_1 * COST_i + \beta_2 * RTN_i + \beta_3 * LAW_i + \beta_4 * TAX_i + \beta_5 * * USER_i + \beta_6 * MAN_i + \beta_7 * SCR_i + \beta_8 * P_i + \beta_9 * UNI_i + \beta_{10} * PO_i + + \varepsilon_i, \quad (5)$$

где Z_i - показатель принятия технологий интеллектуальной энергетики (бинарная переменная, где «1» – компания внедряет технологии «умных» энергетических сетей; «0» – компания не внедряет технологии «умных» сетей в свою деятельность);

$COST_i$ - стоимость внедрения новых технологий;

RTN_i - получаемые финансовые выгоды от реализации проекта
недостаточно ясны

LAW_i - недостаточная разработанность законодательной базы в области технического присоединения и использования технологий интеллектуальных сетей;

TAX_i - недостаточное и/или несовершенное экономическое стимулирование инноваций, в том числе налоговое;

$USER_i$ - недостаток квалифицированного персонала, способного внедрить/использовать цифровые технологии;

MAN_i - недостаточная поддержка со стороны руководства предприятия,

SCR_i - недостаточная разработанность нормативно-правовой базы, обеспечивающей кибербезопасность;

P_i - недоверие потенциальных потребителей к стоимостным и техническим характеристикам новых технологий (уровень готовности, ресурс работы);

UNI_i - отсутствие референтной и достаточно известной успешной практики применения некоторых технологий в России;

PO_i - отсутствие российских комплексных пакетов программного ПО, которые являются аналогами зарубежных решений.

Результаты проведения регрессионного анализа представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Результаты регрессионного анализа, отражающего влияние факторов, негативно влияющих на внедрение инноваций среди промышленных компаний

Независимые показатели	Нестандартизированные коэффициенты	Стандартизированные коэффициенты
1	2	3
Константа (β_0)	12,76*	
Стоимость внедрения новых технологий	0,269**	0,281**
Получаемые финансовые выгоды от реализации проекта недостаточно ясны	0,259*	0,263*
Недостаточная поддержка со стороны руководства	0,208*	0,217*
Недостаток квалифицированного персонала, способного внедрить/использовать цифровые технологии	0,215**	0,126**
Недостаточное и/или несовершенное экономическое стимулирование инноваций, в том числе налоговое	0,186**	0,198**
Недостаточная разработанность законодательной базы в области технического присоединения и использования технологий интеллектуальных сетей	0,256**	0,265**
Недостаточная разработанность нормативно-правовой базы, обеспечивающей кибербезопасность	0,248*	0,262**
Неготовность инфраструктуры организации	0,123*	0,141*
Недоверие потенциальных потребителей к стоимостным и техническим характеристикам	0,243*	0,262*

Продолжение таблицы 24

1	2	3
новых технологий (уровень готовности, ресурс работы)		
Отсутствие референтной и достаточно известной успешной практики применения некоторых технологий в России	0,261**	0,274**
Отсутствие российских комплексных пакетов программного обеспечения (ПО), которые являются аналогами зарубежных решений	0,162**	0,176**
Количество наблюдений	192	
Множественный коэффициент корреляции (R)	0,920	
Коэффициент линейной детерминации (R ²)	0,846	
P - критерий	< 0,05	
Стандартная ошибка оценки	0,211	
Итоги регрессии для зависимой переменной: * значимость коэффициента $p < 0,05$; ** значимость коэффициента $p < 0,01$.		

Источник: составлено автором.

Поясняя некоторые пункты, можно отметить, что к факторам с высоким влиянием можно отнести барьеры: «Стоимость внедрения новых технологий» и «Получаемые финансовые выгоды от реализации проекта недостаточно ясны» (сила влияния факторов $\beta = 0,269$ и $\beta = 0,259$ соответственно). Это может быть связано с тем, что технологии интеллектуальных сетей, например, системы накопления электроэнергии, относятся к технологиям со средним и долгосрочным периодом возврата инвестиций. В то же время, неразвитость внутреннего рынка данных технологий и необходимость покупки и обслуживания оборудования у иностранных контрагентов приводит к удорожанию технологий и требует больших инвестиций. Согласно исследованию консалтинговой компании КПМГ, проведенному в 2019 году, в России существует корреляция между объемом инвестиций, который готовы вложить компании в цифровизацию, и ожидаемым сроком окупаемости [129].

Чем больше компания инвестирует, чем меньше она готова ожидать возврата инвестиций.

Высокую значимость также показал фактор «Отсутствие референтной и достаточно известной успешной практики применения некоторых технологий в России (сила влияния фактора $\beta = 0,261$). Несмотря на то, что многие крупные промышленные предприятия из-за высокой стоимости электроэнергии стремятся перейти на собственную генерацию, они все еще с осторожностью внедряют технологии, расширяющие возможности управления энергопотреблением, внедрение новых технологий рассматривается как рискованное.

Фактор «Недостаточная разработанность законодательной базы в области технического присоединения и использования технологий интеллектуальных сетей» ($\beta = 0,256$) также значим для организаций. На сегодняшний день существующая нормативно-правовая база не в полной мере определяет правила использования некоторых технологий интеллектуальных сетей, которые развиваются на мировом и внутреннем рынке. Так, если понятие «интеллектуальные системы учета электрической энергии (мощности)» в 2018 году было законодательно закреплено, то, к примеру, понятия «системы накопления электроэнергии» в законодательстве еще нет. В то же время, в связи с отсутствием нормативно-правового закрепления такого понятия, невозможно учесть особенности регулирования деятельности подобных систем накопления электроэнергии мощности на оптовом и розничном рынках электроэнергии.

Фактор «Недостаточная разработанность нормативно-правовой базы, обеспечивающей кибербезопасность» ($\beta = 0,248$). В связи с новизной многих технологий и растущим объемом информации, которая передается по каналам связи, возникает риск несанкционированного доступа, что может иметь существенные негативные последствия для предприятий. В связи с этим вопрос кибербезопасности во многих организациях становится критическим.

Таким образом, к барьерам, оказывающим наибольшее влияние на промышленные компании при внедрении инноваций, можно отнести экономические, нормативно-правовые и рыночные факторы.

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод о том, что факторы, сдерживающие принятие инноваций в компаниях электроэнергетики и промышленных компаниях – потребителях электроэнергии, несмотря на имеющуюся схожесть, отличаются по силе влияния.

Как показал анализ, среди компаний электроэнергетики наиболее значимы риски, связанные с внедрением и функционированием новых технологий. Например, генерирующие компании, прежде всего нацелены на выработку необходимого количества электроэнергии, сбой в их работе может привести к существенным негативным последствиям. В связи с тем, что объекты генерации отнесены к объектам критической инфраструктуры, предприятия скорее откажутся от внедрения новой технологии, нежели пойдут на риск отказа оборудования или потери управления над ним.

В свою очередь, наиболее значимым барьером для промышленных предприятий становится стоимость внедрения новых технологий, отсутствие референтной практики применения технологий, то есть организации стремятся получить подтверждение того, что эффект применения новой технологии имеется и инвестиции окупятся.

Одну из ключевых ролей в сдерживании распространения инноваций среди промышленных компаний и компаний электроэнергетики играет нормативно-правовая база, а также возможность тестирования новых технологий, что значимо в силу высокой стоимости их внедрения и отсутствия широкой показательной положительной практики их внедрения. В связи с этим актуальна задача по разработке инструментов, которые позволят стимулировать цифровизацию отрасли. Вместе с тем, для того, чтобы организации могли внедрить новые технологии и использовать их потенциал, необходимо оценить внутреннюю среду компании и ее готовность к цифровой

трансформации. Для достижения этой цели в следующем пункте диссертации будет разработана методика, которая позволяет оценить текущий уровень зрелости организации.

Выводы к главе 2

Анализ условий распространения новых технологий в электроэнергетической отрасли позволил сделать следующие выводы:

1) Российская отрасль электроэнергетики характеризуется начальной стадией распространения многих технологий четвертой промышленной революции. Выявлено, что технологии Индустрии 4.0 в электроэнергетике являются как неинтерактивными, так и интерактивными, распространение которых зависит от принятия данных инноваций компаниями-потребителями электроэнергии. Для анализа скорости распространения инноваций была использована модель Ф. Басса, для коэффициентов доли инноваторов и иммитаторов учитывалось отнесение технологий к интерактивным и неинтерактивным.

2) Анализ скорости распространения новых технологий показал, что диффузия интерактивных технологий происходит значительно медленнее, чем неинтерактивных. В этой связи исследование предполагало анализ факторов распространения как среди компаний электроэнергетической отрасли, так и среди промышленных компаний – потребителей электроэнергии.

3) К наиболее значимым факторам, оказывающим влияние на распространение новых технологий среди компаний электроэнергетической отрасли можно отнести следующие: развитие новых бизнесов и новых сервисов, что говорит о том, что компании направлены на построение стратегии, которая позволит, с учетом цифровых технологий, повысить конкурентоспособность и клиентоориентированность организации; техническая выполнимость; операционная и экономическая эффективность; наличие разработанной нормативно-правовой базы, способствующей

внедрению и использованию новых технологий, а также факторы, характеризующие готовность персонала к внедрению инноваций.

4) В то же время факторы, влияющие на распространение новых технологий среди компаний электроэнергетической отрасли, отличаются от факторов, значимых для промышленных предприятий. Приоритетным для промышленных компаний является экономическая эффективность, что объясняется ориентированностью на оптимизацию затрат на электроэнергию, а фактор «воспринятое преимущество и развитие новых видов бизнеса», который значим для компаний электроэнергетической отрасли, менее значим для промышленных компаний. Факторами, оказывающим значимое положительное влияние на промышленные предприятия при внедрении инноваций, аналогично компаниям электроэнергетической отрасли, являются техническая выполнимость, готовность нормативно-правовой базы.

5) Внедрение инноваций в электроэнергетической отрасли сопряжено с рядом барьеров, среди которых для компаний электроэнергетики наиболее значимыми оказались: риски, связанные с внедрением новых технологий; низкая проработка вопросов кибербезопасности; сложность интеграции цифровых технологий с существующими на предприятии системами; износ и моральное устаревание инфраструктуры на действующих активах компании; недостаточный уровень подготовки персонала для обслуживания и работы с внедряемыми цифровыми технологиями; недостаточные меры по государственной поддержке разработки и внедрения цифровых технологий (как для разработчиков технологий, так и для заказчиков); ограничения политики импортозамещения. Наименьшее силу влияния имеют факторы: длительный период окупаемости и высокая стоимость проектов цифровизации; отсутствие единой системы управления, координации и мониторинга цифровизации в отрасли.

6) В то же время, для промышленных компаний прежде всего важна стоимость внедрения новых технологий; отсутствие референтной и достаточно известной успешной практики применения некоторых технологий

в России даже на уровне единичных примеров, из-за чего внедрение новых технологий рассматривается как рискованное; недостаточная разработанность законодательной базы в области технического присоединения и использования технологий интеллектуальных сетей; недостаточная разработанность нормативно-правовой базы, обеспечивающей кибербезопасность; недоверие потенциальных потребителей к стоимостным и техническим характеристикам технологий (уровень ее готовности, ресурсу работы); недостаток квалифицированного персонала, способного внедрить/использовать цифровые технологии; поддержка со стороны руководства.

7) Наименее значимыми факторами для промышленных компаний являются недостаточное и/или несовершенное налоговое стимулирование внедрения инноваций; отсутствие российских комплексных пакетов программного обеспечения, которые являются аналогами зарубежных решений, что требует внедрения целого набора дополнительных решений.

Глава 3

Разработка инструментов стимулирования распространения инноваций в электроэнергетике

3.1 Разработка методики оценки текущего уровня зрелости компании в электроэнергетике

Исходя из проведенного в предыдущих пунктах исследования, было определено, что факторы, влияющие на принятие новых технологий, обуславливаются как внешней, так и внутренней средой. Факторы внешней среды, прежде всего, учитывают действия регулятора, направленные на формирование условий, в которых функционируют компании, разработку или актуализацию отраслевых стандартов, актуализацию нормативно-правой базы. В то же время, цифровая трансформация электроэнергетики не может проходить без учета изменения внутренней среды компании. Для успешного управления внедрением новых технологий компаниям необходимо построение стратегии, учитывающей ее сильные и слабые стороны, для чего необходимо проведение самодиагностики. Инструментом, позволяющим провести самодиагностику и определить текущее состояние компании, должна стать методика, учитывающая наиболее значимые аспекты развития компании. В связи с этим в данном пункте будет разработана методика, которая позволит определить уровень цифровой зрелости компаний в электроэнергетике.

Предлагаемая методика состоит из семи блоков, основанных на факторах, оказывающих наибольшее влияние на внедрение инноваций в компаниях электроэнергетической отрасли. Каждое измерение включает трехуровневую шкалу зрелости от наиболее низкой оценки до высокой, составляющих элементы уровня зрелости, как отражено в таблице 25.

Таблица 25 – Методика оценки уровня зрелости компаний в электроэнергетической отрасли

Характеристики уровня зрелости	Базовый уровень зрелости	Развивающийся уровень зрелости	Продвинутый уровень зрелости
Соответствие внедряемых технологий сформированной стратегии и развитию компании	соответствие внедряемых технологий потребностям и возможностям	согласованность цифрового видения компании с бизнес-целями и выполнением задач	цифровые технологии – основа внедряемой стратегии
Возможность улучшения взаимодействия с промышленными компаниями - потребителями электроэнергии	возможность сбора аналитики в реальном времени и формирование цифрового потребительского опыта	персонализированный потребительский опыт	вовлечение промышленных компаний – потребителей электроэнергии и внедрение концепции «активного потребителя»
Повышение эффективности операционной деятельности и снижение затрат	автоматизированные операции и повышение эффективности и производительности за счет этих действий	глубокий анализ спроса за счет больших данных, быстрые и гибкие операции	гибкость операционной деятельности, снижение «последней мили», снижение капитальных затрат
Возможность интеграции в существующую инфраструктуру компании	достижение баланса внедряемых цифровых технологий и поддержка текущей инфраструктуры	гибкая адаптивная система внедрения новых технологий	скорость, гибкость и отсутствие ограничений для внедрения новых технологий
Возможность финансирования проектов цифровой трансформации и достижения окупаемости инвестиций в цифровые технологии	автоматизация процесса контроля издержек, снижение количества ремонтов и соответствующих расходов на них	оценка финансовой эффективности операционной модели со стороны налогообложения	быстрая окупаемость капитальных затрат и наличие доступа к финансовым ресурсам для реализации цели цифровой трансформации
Лидерство, наличие квалифицированных кадров и организационная культура	наличие квалифицированных кадров, создание гибкой культуры инноваций, внедрение новых идей	гибкая коллективная работа, обеспечение тесного сотрудничества внутри компании и стимулирование корпоративного предпринимательства	лидерство благодаря структурированности и нацеленности на результат
Барьеры внедрения новых технологий, риски и безопасность	управление рисками по мере трансформации бизнеса	выявление рисков новых технологий и обеспечение кибербезопасности	быстрая оценка кибер-рисков, предотвращение кибератак

Источник: составлено автором.

Особенностью факторов принятия новых цифровых технологий для электроэнергетических компаний является их нацеленность на возможность

формирования новых видов бизнеса ($\beta = 0,329$), в то время как для промышленных компаний приоритетом является снижение издержек ($\beta = 0,293$). В этой связи первым блоком оценки будет соответствие внедряемых технологий сформированной стратегии и развитию компании. При этом шкала для оценки предполагает три уровня зрелости, где первый – наименьший – это соответствие внедряемых технологий потребностям и возможностям компании, второй – согласованность цифрового видения компании с бизнес-целями и выполнением задач, а третий, высокий уровень, – это цифровые технологии – основа внедряемой стратегии.

Еще одним значимым фактором для принятия новых технологий является возможность улучшения взаимодействия с промышленными компаниями - потребителями электроэнергии ($\beta = 0,316$). В этой связи вторым блоком для оценки измерений является взаимодействие с промышленными компаниями – потребителями. Критерий также разбит на три уровня зрелости, первый, наименьший – это возможность сбора аналитики в реальном времени и формирование цифрового потребительского опыта. Второй, средний – персонализированный потребительский опыт, третий – вовлечение промышленных компаний – потребителей электроэнергии и внедрение концепции «активного потребителя».

Следующим по значимости фактором является повышение эффективности операционной деятельности и снижение затрат ($\beta = 0,311$). Первый, наиболее низкий уровень – это автоматизированные операции и повышение эффективности и производительности за счет этих действий. Второй уровень включает в себя глубокий анализ спроса за счет больших данных, быстрые и гибкие операции. Третий, самый высокий уровень – гибкость операционной деятельности, снижение «последней мили», снижение капитальных затрат.

Четвертым фактором, имеющим наибольшую значимость для принятия новых технологий, является возможность интеграции в существующую инфраструктуру ($\beta = 0,309$). Для компаний это фактор означает, что

внедряемые технологии соответствуют технологической архитектуре уже имеющейся инфраструктуры, экологическим стандартам, техническому регулированию и прочее. Первый, низкий уровень зрелости означает достижение баланса внедряемых цифровых технологий и поддержка текущей инфраструктуры. Второй, средний уровень – гибкая адаптивная система внедрения новых технологий. Третий, высокий уровень – скорость, гибкость и отсутствие ограничений для внедрения новых технологий.

Следующим по значимости фактором является экономический фактор, заключающийся в возможности финансирования проектов цифровой трансформации и достижения окупаемости инвестиций в цифровые технологии ($\beta = 0,297$).

При этом низким уровнем зрелости будет автоматизация процесса контроля издержек, снижение количества ремонтов и соответствующих расходов на них. Второй – оценка финансовой эффективности операционной модели со стороны налогообложения. Третий уровень – быстрая окупаемость капитальных затрат и наличие доступа к финансовым ресурсам для реализации цели цифровой трансформации.

Следующим фактором, наиболее значимым для внедрения новых технологий является лидерство, наличие квалифицированных кадров и организационная культура ($\beta = 0,251$).

Данное измерение означает создание гибкой культуры инноваций, лидерство благодаря компетентности кадров, нацеленности на результат и коллективной работы. При этой первый, низкий уровень зрелости, будет характеризоваться наличием квалифицированных кадров, созданием гибкой культуры инноваций, внедрением новых идей. Второй, средний уровень зрелости, будет характеризоваться гибкой коллективной работой, обеспечением тесного сотрудничества внутри компании и стимулированием корпоративного предпринимательства. Третий, высокий уровень зрелости – лидерство благодаря структурированности и нацеленности на результат.

Также в методике учтена оценка негативных факторов (барьеров), влияющих на внедрение новых цифровых технологий, риски и безопасность.

Первым, наиболее низким уровнем, является управление рисками по мере трансформации бизнеса, второй уровень зрелости – это выявление рисков новых технологий и обеспечение кибербезопасности. Третий, самый высокий уровень – быстрая оценка кибер-рисков, предотвращение кибератак.

Предложенная методика оценки уровня зрелости цифровой трансформации компаний электроэнергетической отрасли должна строиться по каждой бизнес-единице (дивизиону), а затем значения должны быть агрегированы по компании в целом. Предложенная методика оценки уровня зрелости к внедрению цифровых технологий является наиболее комплексной среди широко используемых подходов и позволяет провести оценку как компаний электроэнергетической отрасли с учетом их бизнес-моделей (генерирующие, энергосбытовые, энергосетевые компании), так и электроэнергетики в целом. Кроме того, разработанная методология позволяет сравнить уровень зрелости анализируемой компании с другими компаниями электроэнергетической отрасли, сформировать бенчмаркинг, выявить области, требующие повышенного внимания в рамках разработки стратегии цифровизации, выявить лучшие практики в компании в стратегии цифрового развития бизнес-единицы.

В таблице 26 показано отличие предлагаемой методики от уже имеющихся методик.

Таблица 26 – Сопоставление методик оценки зрелости компаний

Показатели для сравнения	Индекс ИТ-компаний по методике Cisco	Индекс ИТ-компаний Dell +Intel	Индекс ЦТ Bain company	Индекс ЦТ Deloitte	Индекс ЦТ EY	Предлагаемая методика оценка уровня зрелости
1	2	3	4	5	6	7
Направления для анализа	1 Технологическая инфраструктура; 2 внедрение технологий; 3 человеческий капитал; 4 покрытие базовых потребностей; 5 качество предпринимательской среды; 6 частные и государственные инвестиции в бизнесе; 7 работа со стартапами.	1 Производительность; 2 используемые в настоящее время цифровые инициативы; 3 ИТ-стратегия инвестиции в диджитал; 4 инновации и будущие инвестиции.	1 Привлечение клиентов; 2 продукты и услуги; 3 экономическая модель; 4. операционные процессы; 5 данные и аналитика; 6 системы и технологии; 7. операционная модель; 8 организация и культура.	1 Клиент; 2 стратегия; 3 технология; 4 операционные процессы; 5 организация и культура.	1 стратегия, инновации и развитие; 2 взаимодействие с клиентами; 3 управление цепочкой поставок и операционной деятельностью; 4 информационные технологии; 5 риски и кибербезопасность; 6 финансы, правовое обеспечение, налогообложение и HR; 7 лидерство и организационная культура.	Соответствие внедряемых технологий сформированной стратегии и развитию компании возможность улучшения взаимодействия с промышленными компаниями - потребителями электроэнергии повышение эффективности операционной деятельности и снижение затрат возможность интеграции в существующую инфраструктуру компании Возможность финансирования проектов цифровой трансформации и достижения окупаемости инвестиций в цифровые технологии лидерство, наличие квалифицированных кадров и

Продолжение таблицы 26

1	2	3	4	5	6	7
						организационная культура барьеры внедрения новых технологий, риски и безопасность
Уровень оценки	Страна	Компания, Отрасль, Страна	Компания	Компания	Компания, Отрасль, Страна	Компания, отрасль
Применимость для компаний электроэнергетики	Не применимо	Не учитывает особенности отрасли	Не учитывает особенности отрасли	Не учитывает особенности отрасли	Применимо, но не учитывает факторы и барьеры принятия цифровых технологий	Разработана для оценки цифровой трансформации компаний электроэнергетической отрасли, учитывает различия бизнес-моделей компаний электроэнергетикой отрасли. Учитывает факторы и барьеры принятия компаниями цифровых технологий

Источник: составлено автором по материалам [122].

Далее с использованием предложенной методики оценки уровня зрелости были проанализированы 108 компаний электроэнергетической отрасли, результаты оценки представлены на рисунке 9.

Соответствие внедряемых технологий сформированной стратегии и развитию компании			🌸 (71%)
Возможность улучшения взаимодействия с промышленными компаниями - потребителями электроэнергии		🌸 (49%)	
Повышение эффективности операционной деятельности и снижение затрат			🌸 (64%)
Возможность интеграции в существующую инфраструктуру компании		🌸 (59%)	
Возможность финансирования проектов цифровой трансформации и достижения окупаемости инвестиций в цифровые технологии		🌸 (53%)	
Лидерство, наличие квалифицированных кадров и организационная культура	🌸 (31%)		
Барьеры внедрения новых технологий, риски и безопасность		🌸 (44%)	
Характеристики уровня зрелости	Базовый уровень зрелости	Развивающийся уровень зрелости	Продвинутый уровень зрелости

Источник: составлено автором.

Рисунок 9 – Характеристика уровня зрелости компаний в электроэнергетической отрасли

Согласно полученным результатам, электроэнергетическая отрасль находится в переходном состоянии между развивающимся и продвинутым уровнем. Такие критерии, как «соответствие внедряемых технологий сформированной стратегии и развитию компании» и «повышение эффективности операционной деятельности и снижение затрат» являются наиболее развитыми уровнями. В то же время, среди наименее развитых и проблемных можно выделить следующие направления: «возможность улучшения взаимодействия с промышленными компаниями - потребителями электроэнергии», «лидерство, наличие квалифицированных кадров и организационная культура» и «барьеры внедрения новых технологий, риски и безопасность». Внедрение цифровых технологий не ассоциируется у компаний с подбором и обновлением персонала, так как в большинстве случаев в электроэнергетических компаниях работают кадры со значительным опытом (что связано с длительным сроком подготовки операционного персонала, особенно в атомной электроэнергетике).

Следует отметить, что достижение прогнозируемых экспертами эффектов, связанных с внедрением инноваций в электроэнергетике, возможно только в условиях, когда данные технологии будут внедрены промышленными компаниями – потребителями, на которые приходится 59% общего объема потребления электроэнергии страны [2]. В этой связи была разработана методика, позволяющая оценить уровень зрелости промышленных предприятий относительно внедряемых инноваций в электроэнергетической отрасли. Определение уровня зрелости организаций позволит преодолеть барьеры, с которыми сталкиваются компании, с целью их минимизации и обеспечения ускоренного внедрения инноваций.

Анализ факторов, стимулирующих внедрение инноваций среди промышленных компаний позволил выявить, что ключевым драйвером для предприятий является снижение зависимости от централизованной энергетической сети для сокращения затрат на электроэнергию. Данный факт

свидетельствует о том, что цель промышленных предприятий – быть «активным потребителем», самостоятельно управлять своим потреблением.

В связи с тем, что на сегодняшний день достижение модели «активного потребителя» является ключевым элементом целевого видения цифровой трансформации электроэнергетики, разработанный подход основывается на степени использования инноваций для оптимизации собственного режима потребления электроэнергии.

Разработанная методика определения уровня зрелости основывается на методике, описанной в научно-исследовательской работе под руководством Н.В. Линдер, включает в себя несколько этапов [53]:

1) на первом этапе определяется целевое видение энергорынка, определяется набор инноваций в электроэнергетике, по которым будет проводиться дальнейшая оценка;

2) для каждого типа инноваций определяется шкала и оценка организации по уровню использования инновации, шкала имеет следующие значения: «1» – отсутствие или минимальный уровень использования технологии, «5» – организация использует инноваций на высоком уровне, а также промежуточные значения.

3) исходя из полученных значений определяется уровень зрелости организации.

Для проведения анализа промышленных предприятий была определена шкала оценки степени внедрения инноваций, представленная в таблице 27.

Таблица 27 – Характеристики компонентов «уровня зрелости» промышленных компаний

Характеристика уровня	Уровень зрелости				
	низкий		средний	высокий	
1	2	3	4	5	6
Управление собственным графиком энергопотребления исходя из данных, собранных внутри предприятия	1	2	3	4	5
Управление собственным графиком энергопотребления в зависимости от сигналов рынка	1	2	3	4	5

Продолжение таблицы 27

1	2	3	4	5	6
Полнота использования систем накопления электроэнергии: – накопление электроэнергии для собственного потребления; – накопление электроэнергии для собственного потребления и продажи в центральную электросеть	1	2	3	4	5
Полнота использования распределенной генерации электроэнергии: – генерация электроэнергии для собственного потребления; – генерация электроэнергии для собственного потребления и продажи на рынок	1	2	3	4	5
Полнота использования инноваций, совершенствующих процесс принятия решений в области электроэнергетики (процессные инновации)	1	2	3	4	5

Источник: составлено автором.

Компонент «управление собственным графиком энергопотребления» является начальным, исходит из допущения, что промышленные организации могут оптимизировать собственное энергопотребление путем использования энергосберегающих технологий, оборудования или, в силу особенностей технологического цикла, осознанно остаются пассивными.

На основе уровня использования инноваций в электроэнергетике, промышленные организации могут быть отнесены к одному из 5 уровней зрелости, характеристика которых представлена в таблице 28.

Таблица 28 – Уровни зрелости промышленных компаний – активных потребителей

Уровень зрелости	Характеристика
1	2
I. Пассивный потребитель	Организация не управляет режимом энергопотребления, или же делает это в ручном режиме. На данном этапе организация не использует объекты распределенной генерации, не имеет накопителей электроэнергии и не участвует в программах управления спросом
II. Пассивный потребитель	Организация осуществляет управление режимом энергопотребления, имеет объекты генерации электроэнергии для собственного потребления, но не использует технологии накопления электроэнергии. Организация не участвует в программах управления спросом

Продолжение таблицы 28

1	2
III. Условно-активный потребитель	Организация осуществляет управление собственными режимом энергопотребления, объекты генерации используются для производства электроэнергии для собственного энергообеспечения, возможна продажи излишков электроэнергии в сеть. Организация использует накопители электроэнергии.
VI. Активный потребитель	В организации осуществляется автоматическое включение и выключение оборудования, планирование потребления и выдачи электроэнергии от объектов собственной генерации, используются накопители электроэнергии. Для управления нагрузкой оборудования и управления используются процессные инновации.
V. Активный потребитель	Организация принимает участие в управлении спросом и получает вознаграждение. Осуществляется планирование потребления и выдачи электроэнергии от объектов собственной генерации, используются накопители электроэнергии. Для управления нагрузкой оборудования и управления используются процессные инновации.

Источник: составлено автором.

Для определения уровня зрелости российских промышленных компаний было проведено анкетирование, опросный лист был разослан 226 промышленным предприятиям, ответ получен от 73 организаций, отклик составил 32,3%.

Респондентам предлагалось оценить каждый из критериев по 5 балльной шкале, где «0» – элемент интеллектуальной энергетики в организации отсутствует, «5» – элемент интеллектуальной энергетики используется на уровне всей организации, не только на уровне цеха или одного завода.

Характеристика критериев, по которым проводилась оценка предприятий, представлена в таблице 29.

Таблица 29 – Характеристика критериев оценки промышленных предприятий

Категория	Характеристика
1	2
Использование технологий «умного» учета	Компания анализирует энергопотребление и предпринимает активные действия по оптимизации энергопотребления
Использование энергосберегающих технологий	Организация использует технологии, связанные с использованием энергии (освещение, охлаждение, сжатый воздух, прочее)

Продолжение таблицы 29

1	2
	Организация использует технологии более эффективного производства электроэнергии (когенерация, тригенерация, модернизация оборудования).
Управление собственным графиком энергопотребления	Организация участвует в программах управления спросом
Использование систем накопления электроэнергии	Организация использует системы накопления электроэнергии для внутренних нужд предприятия
	Накопители электроэнергии используются как для внутренних нужд предприятия, так и для последующей продажи излишков электроэнергии в сеть
Собственная генерация электроэнергии	Использование объектов собственной генерации электроэнергии, основанных на ВИЭ, отходах производства и так далее для собственного потребления
	Электричество, произведенная с использованием объектов собственной генерации, основанной на ВИЭ, отходах производства и так далее, потребляется не только предприятием, но также продается в централизованную сеть
Продвинутая аналитика и технологии искусственного интеллекта; большие данные; интернет вещей, дополненная, виртуальная, смешанная реальность; цифровые двойники.	Для управления режимами энергопотребления, нагрузки оборудования, мониторинга состояния энергосети используются процессные инновации

Источник: составлено автором.

Распределение предприятий по отраслям промышленности представлено в таблице 30.

Таблица 30 – Характеристика выборки промышленных предприятий для проведения опроса

Отрасль промышленности	Количество предприятий	Доля предприятий, в процентах
Черная и цветная металлургия	15	21
Пищевая промышленность	12	16
Машиностроение и металлообработка	8	11
Химическая и нефтехимическая промышленность	15	21
Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность	5	7
Промышленность строительных материалов	18	25
Итого	73	100

Источник: составлено автором.

В ходе дальнейшего исследования путем использования метода k-средних были выделены три кластера, характеризующие уровень

использования технологий среди промышленных компаний, результаты представлены в таблице 31.

Таблица 31 – Характеристика «уровня зрелости» промышленных компаний - участников исследования

Критерий	Доля компаний, обладающих указанной характеристикой в кластере		
	Кластер 1 «Пассивный потребитель»	Кластер 2 «Активно-пассивный потребитель»	Кластер 3 «Активный потребитель»
1	2	3	4
Компания анализирует энергопотребление и предпринимает активные действия по оптимизации энергопотребления	15	80	100
Организация использует технологии, связанные с экономией использования энергии (освещение, охлаждение, сжатый воздух прочее)	45	70	100
Организация использует технологии более эффективного производства электроэнергии (когенерация, тригенерация, модернизация оборудования).	21	49	70
Организация участвует в программах управления спросом	10	49	100
Организация использует системы накопления электроэнергии для внутренних нужд предприятия	-	30	49
Накопители электроэнергии используются как для внутренних нужд предприятия, так и для последующей продажи излишков электроэнергии в сеть	-	30	100
Использование объектов собственной генерации электроэнергии, основанных на ВИЭ, отходах производства для собственного потребления	-	49	100
Электроэнергия, произведенная с использование объектов собственной генерации,	-	21	100

Продолжение таблицы 31

1	2	3	4
основанной на ВИЭ, отходах производства, потребляется не только предприятием, но также продается в централизованную сеть			
Для управления режимами энергопотребления, нагрузки оборудования, мониторинга состояния энергосети используются процессные инновации	-	10	49
Количество предприятий в кластере	52	19	2

Источник: составлено автором.

Согласно полученным данным, организаций, достигших пятого уровня «активного потребителя» и не использующих технологий (первый уровень) выявлено не было. Вместе с тем, из числа опрошенных выявлено 2 организации, достигших четвертого уровня зрелости. Наибольшее количество организаций являются «пассивными потребителями» второго уровня (71% организаций или 52 компании из 73). Еще 19 организаций, что составляет 26% от общего числа компаний, достигли уровня «активно-пассивный потребитель».

По результатам проведенного анализа можно сделать вывод о том, что на сегодняшний день организации наиболее пассивны относительно использования технологий для продажи электроэнергии в централизованную сеть. Данный фактор может быть связан с тем, что разрешение на продажу излишков электроэнергии получено объектами микрогенерации в 2019 году, поэтому существует вероятность слабой разработанности нормативно-правовой базы, охватывающей все аспекты данного вида деятельности. Более того, среди организаций не получили широкого распространения технологии накопления электроэнергии.

Таким образом, в связи с тем, что инновации, внедряемые в электроэнергетике, и цели их внедрения могут различаться для компаний электроэнергетики и промышленных компаний – потребителей

электроэнергии, в рамках данного пункта были разработаны две методики, позволяющие оценить текущий уровень зрелости организации и ее готовность к внедрению инноваций. В ходе проведения анализа было выявлено, что в электроэнергетической отрасли большинство компаний находится в переходной стадии от развивающегося к продвинутому уровню. В то же время, большинство промышленных компаний – потребителей электроэнергии, участвовавших в опросе, находятся на уровне «пассивный потребитель». Вместе с тем, около трети компаний находятся на уровне «активно-пассивный потребитель», что говорит о том, что интерес в цифровизации процессов, связанных с энергоснабжением, у промышленных компаний имеется.

Для ускорения процесса внедрения новых технологий в электроэнергетике России необходимо не только создание нормативно-правовой базы, учитывающей тренды развития отрасли, требуется формирование среды, которая позволяет создавать и тестировать новые технологии, отработать механизм их использования перед широким внедрением, что позволит уменьшить риски и ограничения, которые на начальном этапе могут быть неочевидны. С этой целью в следующем пункте будут предложены инструменты, которые позволят стимулировать внедрение инноваций в электроэнергетике.

3.2 Разработка внутрикорпоративных инструментов стимулирования внедрения инноваций в привязке к инновационному процессу электроэнергетических компаний

Для разработки рекомендаций по использованию внутрикорпоративных инструментов стимулирования внедрения инноваций необходимо изучение форм, методов и инструментов стимулирования инновационной активности ведущих зарубежных и российских энергетических компаний, в число которых вошли: «E.ON», «RWE», «EDF», «Fortum», Госкорпорация

«РОСАТОМ», ПАО «Россети», ПАО «РусГидро». Результаты анализа представлены в таблице 32.

Таблица 32 – Анализ инструментов поддержки энергетических компаний

Компания	Организационные инструменты
1	2
E.ON	<ul style="list-style-type: none"> – создание платформы Future Energy Ventures, фокусируется на инвестициях в европейские стартапы, которые предлагают решения и новые бизнес-модели, формирующие будущий энергетический рынок; – участие в акселерационной кросс-отраслевой программе в партнерстве с университетами, технологическими компаниями, стартапами; – участие в кросс-отраслевой платформе Foresight Academy, ориентированной на совместное проведение исследований и трансфер технологий между компаниями-участниками; – распространение процесса управления инновациями на все отделы и подразделения компании; – инновации являются ключевым драйвером развития в корпоративной стратегии; – создание платформы The Idea Lab, позволяющей проводить отбор и тестирование инновационных идей сотрудников и клиентов компании.
RWE	<ul style="list-style-type: none"> – Наличие в структуре RWE компании-консультанта по вопросам энергетики, инвестиционной компании, отвечающей за осуществление инвестиций в стартапы; – распространение процесса управления инновациями на все отделы и подразделения компании; – двухуровневая схема процесса управления инновациями (стратегические и тактические вопросы); – закрепление ответственных за контроль и исполнение требований и инновационных составляющих, которые были выработаны холдинговой компанией; – закрепление ответственности за координацию работы по инновациям и контролю по всем предприятиям группы за Департаментом исследований и разработок; – совместная разработка проектов в области инноваций с компаниями-партнерами и университетами; – использование ключевых показателей эффективности (KPI) и ряда целевых индикаторов, определяющих развитие отдельных направлений деятельности; – командный принцип управления инновациями.
EDF	<ul style="list-style-type: none"> – Создание инновационных площадок; – создание института трансфера технологий, который занимается распространением ноу-хау и инноваций, полученных в результате научно-исследовательской деятельности; – компания имеет три научно-исследовательских центра, 12 лабораторий, курируемых совместно с научно-техническими институтами, центрами и промышленными предприятиями;

Продолжение таблицы 32

1	2
	<ul style="list-style-type: none"> – участие в совместных научно-исследовательских проектах с институтами, организациями, центрами и промышленными предприятиями, финансируемых французскими фондами; – создание Научного совета EDF (консультационный орган, в состав которого входят ученые, определяющих ориентиры и приоритеты научных исследований в краткосрочной и долгосрочной перспективе, совет определяет программы исследований и оценивает эффективность их реализации); – применение KPI, связанных с инновационным развитием.
Fortum	<ul style="list-style-type: none"> – Стратегия по инновациям встроена в общую стратегию развития компании, в поддержку ее устойчивого развития; – не имеет собственного постоянного исследовательского штата, Fortum полагается на участие в международных программах и сотрудничество с венчурными фондами; – участие в исследовательской программе университетов и курирование энергетических проектов; – применение ряда KPI, связанных с инновационным развитием.
Госкорпорация «РОСАТОМ»	<ul style="list-style-type: none"> – Назначение в компаниях РОСАТОМа руководителей, ответственных за инновационное развитие, в ранге не ниже второго уровня (после руководителя данной компании); – создание профильных структурных подразделений, занимающихся инновационным развитием; – создание корпоративного венчурного фонда по финансированию перспективных проектов; – обеспечение работы Научно-технического совета; – установление системы оценки инновационной деятельности на основе KPI; – создание специализированной системы обучения (направленность на развитие межфункциональных компетенций на базе 18 опорных ВУЗов); – создание бизнес-акселератора по поиску и развитию новых идей, привлечение стартапов; – портфельный подход к управлению проектами НИОКР, технологиями, результатами интеллектуальной деятельности с обеспечением необходимой инфраструктуры; – использование многоуровневой модели работы с персоналом; формирование творческой научно-исследовательской культуры для стимулирования развития инноваций; – создание культуры инновационных достижений. – предоставление возможности сотрудникам участвовать в международных проектах (ИТЭР, ФАИР, Большой Андронный Коллайдер); – создание кадрового резерва научно-технического персонала и резерва проектных менеджеров.
ПАО «Россети»	<ul style="list-style-type: none"> – Создание научно-исследовательского центра, в задачи которого входит мониторинг стартап-проектов для выявления и реализации перспективных проектов;

Продолжение таблицы 32

1	2
	<ul style="list-style-type: none"> – разграничение ответственности за реализацию инновационной деятельности между функциональными блоками (Центр аналитических компетенций, научно-исследовательский центр, Центр кибербезопасности); – создание координационного научно-технического совета для управления инновационной политикой; – создание системы подготовки персонала и собственных учебных центров в каждом филиале МЭС (Магистральные электрические сети), которые включают систему подготовки специалистов, учебные и тренажерные классы; – создание информационной площадки для обмена профессиональным опытом; – предоставление сотрудникам возможности прохождения стажировок в других странах с целью изучения лучших инновационных практик в области управления и в области инновационных технологий; – нематериальное поощрение работников и подразделений, предлагающих и внедряющих инновационные продукты.
<p>ПАО «РусГидро»</p>	<ul style="list-style-type: none"> – наличие в структуре научно-проектного комплекса, включающего 5 институтов, осуществляющих исследования и производящих наукоемкую продукцию; – разграничение ответственности за реализацию инновационной деятельности с учетом привлечения к деятельности дочерних организаций; – создание совещательных органов по инновационной деятельности; – разработка обучающих программ и повышение квалификации сотрудников по направлениям инновационной деятельности, программ подготовки молодых специалистов; – развитие системы управления знаниями, формирование инновационного кадрового резерва; – проведение корпоративного инженерного чемпионата по инновациям для сотрудников компании.

Источник: составлено автором по материалам [114; 150-155].

По результатам проведенного анализа были выделены общие подходы к организации инновационной деятельности, которые могут быть использованы компаниями электроэнергетической отрасли:

- создание корпоративных акселераторов и венчурных фондов, обеспечивающих поиск и разработку инновационных бизнес-идей;
- создание системы оценки сотрудников и контроля инновационной деятельности посредством разработки КПЭ (KPI);

- развитие системы экспертных совещательных органов по инновационной деятельности;
- разработка обучающих программ повышения квалификации сотрудников по направлениям инновационной деятельности, программ подготовки молодых специалистов, системы непрерывного обучения;
- развитие системы управления знаниями.

В рамках научно-исследовательской работы «Механизмы поддержки проектов в сфере развития цифровых высокотехнологичных направлений» (НИР), выполненной под руководством А.В. Трачука в Финансовом университете, были рассмотрены и обобщены инструменты, используемые для стимулирования внедрения инноваций в высокотехнологичных отраслях промышленности [156]. Вместе с тем, основываясь на положительном опыте разработки и распространения инноваций с помощью данных инструментов, можно говорить об их потенциальной эффективности в случае использования в электроэнергетике.

Анализ, проведенный в НИР, показал, что ключевыми характеристиками инструментов поддержки реализации цифровых проектов, осуществляемых в организациях, являются тенденции [156]:

- комплексность, которая подразумевает оказание финансовых, методологических, экспертных, аналитических услуг в совокупности;
- расширение охвата поддержки (должна предусматриваться поддержка для организаций разного размера и находящихся на разных этапах реализации проекта);
- интеграция взаимодействия различных участников инновационного процесса.

С целью выявления инструментов, наиболее релевантных для применения в электроэнергетике, была использована методика, описанная в вышеуказанной научно-исследовательской работе, которая включала в себя проведение групповой дискуссии с 8 экспертами, представителями НП «Совет рынка», генерирующих, энергосбытовых, энергосетевых компаний.

Экспертам было предложено высказаться относительно того, насколько, на их взгляд, применение инструментов будет способствовать росту количества компаний, внедряющих цифровые технологии в электроэнергетике. При этом стоит отметить, что многие из рассмотренных в НИР инструментов в большей степени ориентированы на разработку инновационных технологий, поэтому позволяют решить задачу доступности новых технологий для предприятий, способствуют снижению барьера, связанного с импортозамещением. Описание инструментов, их краткая характеристика, а также количество экспертов, высказавшихся в поддержку того, что инструмент применим для электроэнергетической отрасли (от «0» – «ничем не выбран» до «8» – «выбран всеми участниками»), представлены в приложении Л. Инструменты рассматривались в совокупности с подходами, выявленными в ходе анализа рассмотренных выше организаций.

Согласно мнению экспертов, к инструментам, наиболее релевантным для применения в электроэнергетике, можно отнести (инструменты были отмечены 6-8 экспертами):

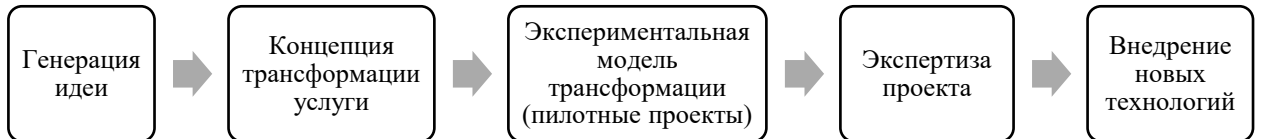
- система управления идеями;
- корпоративный акселератор;
- внутренняя лаборатория (автономные подразделения);
- корпоративный венчурный фонд;
- цифровая лаборатория;
- партнерская программа.

Эксперты также высоко оценили инструменты, рассмотренные ранее в пункте:

- КПЭ в области оценки инновационной активности;
- экспертные совещательные органы по инновационной деятельности;
- обучающие программы.

Вместе с тем, при внедрении корпоративных инструментов стимулирования инноваций следует также рассмотреть вопрос

совершенствования инновационного процесса компании. В деятельности институтов поддержки, реализующих проекты по цифровой трансформации, как правило, используют стадийную модель инновационного процесса, предполагающую выделение этапов проекта. На каждом этапе принимается решение по отбору этих проектов и инструментов для их реализации. В общем виде стадийная модель инновационного процесса представлена на рисунке 10.

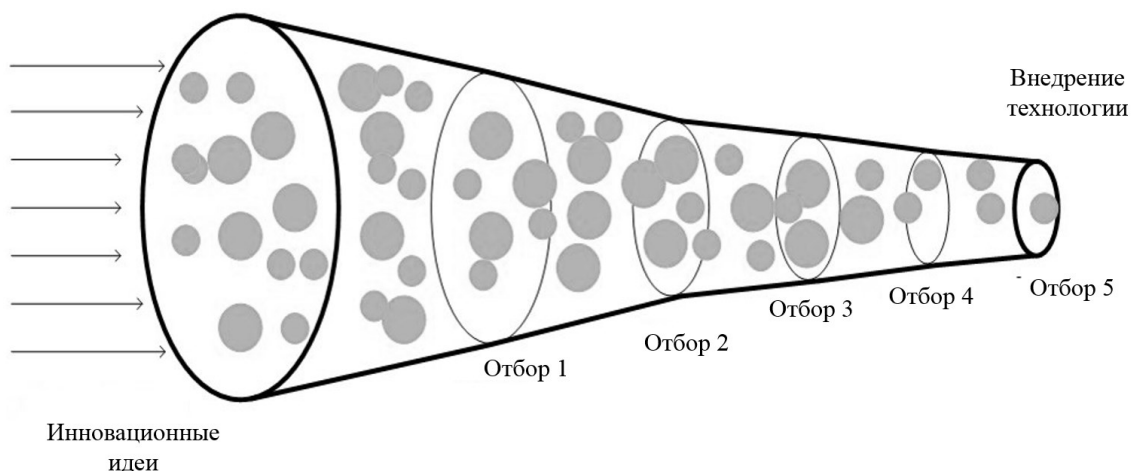


Источник: составлено автором по материалам [156].

Рисунок 10 – Стадийная модель инновационного процесса компаний

Стадийная модель позволяет обеспечить не только комплексность, но и временную, ресурсную согласованность в рамках всей инновационной деятельности электроэнергетической компании. Модель позволяет достичь согласованности внутренних усилий и внешних участников инновационной экосистемы компании. Для каждой стадии могут быть описаны сроки, результаты, бюджет, сформирован набор инструментов для поддержки внедрения цифровых проектов.

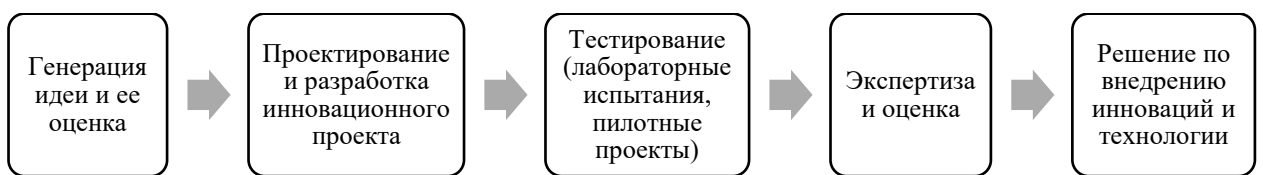
Представляя стадийную модель как воронку инноваций, как это показано на рисунке 11, можно управлять количеством проектов, принимаемых для реализации, а также объемом необходимых ресурсов.



Источник: составлено автором по материалам [156].

Рисунок 11 – Схема «воронки» открытых инноваций

Особенностью инновационного процесса электроэнергетических компаний является то, что его результатом является не создание продукта, а совершенствование услуги или бизнес-процессов с помощью внедрения новых технологий, в связи с чем результат потребляется внутри компании. Исходя из данных особенностей, стадийная модель, представленная выше в качестве «воронки» инноваций, может принять вид формального инновационного процесса в электроэнергетических компаниях, как показано на рисунке 12.



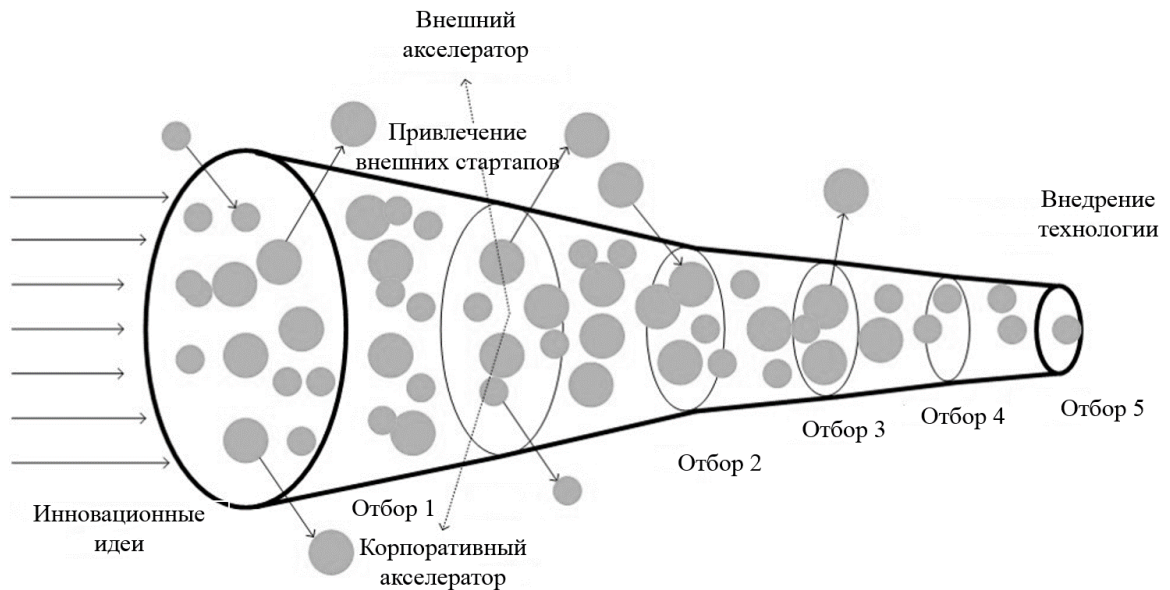
Источник: составлено автором по материалам [156].

Рисунок 12 – Формальная модель инновационного процесса компаний электроэнергетики

Данная модель дает возможность определить количественные показатели отдельных инновационных проектов в целом, сроки прохождения стадий инновационного процесса.

В то же время, переход проекта от одного этапа к другому может рассматриваться как прохождение точек отбора, когда осуществляется взаимодействие между внутренней и внешней частями инновационной экосистемы организации. Каждый этап предполагает наличие входящих проектов или ресурсов и выход внутренних проектов, при этом возможно вовлечение в инновационный процесс внешнего стартапа или внутреннего корпоративного акселератора, внешних поставщиков или потенциальных потребителей услуги. Для обеспечения осуществления контролируемого взаимодействия между внутренней и внешней средой инновационного процесса целесообразно использование инновационной платформы, которая опосредует это взаимодействие. Проектирование платформы начинается с определения узловых транзакций и их участников. В этом случае схема расширенной стадийной модели инновационного процесса, которая учитывает

взаимодействие с внешней средой компаний электроэнергетики, принимает вид, представленный на рисунке 13.



Источник: составлено автором по материалам [156].

Рисунок 13 – Стадийная модель открытых инноваций с отражением ключевых транзакций инновационной платформы

Вместе с тем, ограничением подобной модели является ее линейность, которая не учитывает высокую неопределенность внешней среды, в связи с чем можно говорить о том, что модель не в полной мере соответствует требованиям к скорости, адаптивности. В результате становится актуальным изменение стадийной модели в сторону частичной или полной цикличности.

Учет цикличности даст возможность совмещения некоторых стадий инновационного процесса, позволит проводить быстрое тестирование инновационных решений в деятельности организации. Следует отметить, что в адаптированном виде подобные циклические модели уже используются в нескольких российских акселераторах, что показывает их эффективность. Адаптированная линейно-циклическая модель, учитывающая особенности электроэнергетической отрасли, представлена в приложении М.

Модель включает четыре цикла, которым предшествует несколько задач, связанных со стратегическим управлением инновациями: определение стратегических намерений, разработка корпоративной, инновационной

стратегий, которые обуславливают ключевые направления и ограничения в наборе проектов, их содержании, критериях отбора, механизмах поддержки.

Первый цикл модели связан с созданием проекта цифровой трансформации и его тестированием в рамках пилотных проектов, что позволяет:

- разработать архитектуру компании, достигаемую после внедрения технологий;
- осуществлять разработку проекта с учетом доступных ресурсов, с вовлечением заинтересованных сторон, поставщиков в рамках пилотного проекта;
- определить узкие места и разработать возможные варианты решений в том числе и на базе существующих технологий.

Второй цикл направлен на изменении бизнес-процессов организации, что предполагает внесение изменений в то, как организация осуществляет свою деятельность.

Третий цикл связан с масштабированием протестированных на начальных этапах проекта решений, что ведет к трансформации операционной модели организации. Данный этап характеризуется наибольшим объемом привлекаемых инвестиционных ресурсов.

Наконец, далее организация переходит на четвертый этап, предполагающих трансформацию бизнес-модели организации.

Таким образом, предложенная модель инновационного процесса электроэнергетической компании предполагает переход от лабораторных испытаний технологии к ее внедрению, трансформации операционной модели и далее бизнес-модели. Связь между лабораторным тестированием, производством и бизнес-моделью основывается на стандарте по инновационному менеджменту ГОСТ Р 57313-2016 [157]. Данный стандарт содержит в себе концептуальные основы всего семейства международных стандартов, связанных с управлением инновациями и разработкой новых товаров, услуг, технологий и бизнес-моделей.

Вместе с тем, важным элементом всего семейства стандартов является комплекс, включающий продукт, услугу, технологию, организационную форму, бизнес-модель (ПУТОМ). Суть концепции состоит в том, что разработка инновации с начального этапа должна вестись по пяти элементам, предполагающим разработку не только целевого продукта, но и сопровождающих услуг, производственных технологий, а также изменения в организации, в бизнес-модели. Концепция комплекса ПУТОМ является ответом на проблемы масштабирования инновационного бизнеса, которые обусловлены тем, что организация, даже в случае проведения успешных пилотных проектов по внедрению технологии, может быть не способной к ее масштабированию по причине имеющихся технических, экономических и прочих ограничений. Для успешного внедрения технологии на уровне всей организации необходимо обеспечить соответствующую инфраструктуру, готовность персонала и так далее. Такой подход может привести к удлинению сроков реализации проекта, поэтому игнорируется некоторыми компаниями, в связи с чем актуальным становится вопрос последовательного акцента на различных компонентах ПУТОМ на каждом этапе внедрения технологии с учетом взаимосвязей между этими компонентами.

С целью совершенствования циклического инновационного процесса возможно его рассмотрение в совокупности с инструментами стимулирования внедрения инноваций, которые, по мнению экспертов, могут быть наиболее полезны для использования в электроэнергетической отрасли. Предлагаемые инструменты поддержки внедрения проектов, транзакции и их участники представлены в приложении Н. Привязка инструментов с наиболее высокой экспертной оценкой к модели инновационного процесса электроэнергетических компаний представлена в приложении П.

Вместе с тем, в качестве рекомендации обеспечения трансформации электроэнергетики на уровне организации может быть предложено изменение подхода к отбору проектов, связанных с внедрением новых технологий. В дополнение к применяемым при оценке проектов параметрам могут также

учитываться показатели, связанные с учетом объемов выбросов парниковых газов в окружающую среду. В связи с растущей ролью потребителя электроэнергии еще одним показателем, который следует учитывать при внедрении интерактивных технологий, является повышение уровня взаимодействия с клиентами организации, что в перспективе позволит не только повысить качество управления существующими процессами, но также развивать новые виды деятельности.

Таким образом, рассмотренные инструменты могут быть использованы для стимулирования инновационной активности компаний электроэнергетической отрасли на корпоративном уровне, далее будут рассмотрены инструменты, которые могут быть использованы на отраслевом уровне.

3.3 Разработка инструментов стимулирования внедрения инноваций в электроэнергетике

Проведенный в предыдущих пунктах анализ факторов показал, что для распространения новых технологий необходима работа по следующим пяти направлениям:

1) создание рамочных условий, обеспечивающих цифровую трансформацию отрасли, куда можно отнести такие аспекты, как кадровый потенциал, наличие базовой инфраструктуры, поддерживающей цифровизацию, наличие доступных источников финансирования инновационных проектов, действующую нормативно-правовую базу;

2) изменение и адаптация бизнес-модели организации, переход к новым моделям ведения бизнеса, учитывающим усиление роли потребителя, а также готовность менеджмента и персонала принять новые технологии;

3) внедрение цифровых решений для обеспечения текущей деятельности организации, которые могут быть направлены на повышение эффективности операционной, инвестиционной деятельности, куда можно

отнести предиктивную аналитику, оптимизацию режимов работы оборудования;

4) внедрение цифровых решений для диверсификации бизнеса, направленных на запуск новых продуктов или услуг традиционными энергетическими компаниями или компаниями из смежных отраслей;

5) обеспечение институциональной поддержки цифровой трансформации в электроэнергетике: проведение НИОКР, совместных исследований и других действий, способствующих распространению технологий, причем данные действия должны обеспечиваться совместными усилиями государства, бизнеса, ассоциаций, университетов и других научно-исследовательских организаций.

При этом одной из ключевых проблем, препятствующих внедрению инноваций как среди промышленных предприятий, так и среди компаний электроэнергетики, являются риски, связанные с низкой проработкой вопросов кибербезопасности, внедрением и функционированием новых технологий, нехватка квалифицированных кадров, недостаточная разработанность нормативно-правовой базы, отсутствие референтной практики применения технологий, отсутствие российского ПО, являющегося аналогами зарубежных решений, что особенно актуально в связи с политикой импортозамещения, растущей геополитической нестабильностью.

В связи с этим, первоочередной задачей, которая позволит повысить скорость распространения инноваций в электроэнергетике, должен стать рост темпа разработки и вывода на рынок цифровых решений, таких как программное обеспечение, обеспечивающее управление энергосетью, а также таких технологий, как системы накопления электроэнергии, объекты генерации, основанные на ВИЭ, энергосберегающие технологии.

Появление нового вида субъекта, который может производить, хранить и потреблять электроэнергию, регулировать нагрузку, совершать на рынке сделки купли-продажи, уже произошло. Однако для развития «активного потребителя», необходимо предоставить ему возможность полноценной

интеграции на энергорынок, актуализировав существующее законодательство. На сегодняшний день функционирование такого субъекта энергорынка в нормативно-правовых актах не отражено и не стимулируется. Предложения по формированию «активного потребителя», также рекомендации по внесению изменений в нормативно-правовые акты представлены далее.

Одним из инструментов, который будет стимулировать инвестиции во внедрение инноваций, ускоренное становление «активного потребителя» в российской электроэнергетике, и, соответственно, способствовать развитию распределенной генерации, может стать создание платформы, которая позволит потребителям электроэнергии продавать и покупать излишки электроэнергии от других «активных потребителей». Данная платформа может служить онлайн-рынком, позволяющим осуществлять транзакции без участия посредников.

Согласно прогнозам IRENA, платформы, обеспечивающие одноранговую торговлю электроэнергией, являются одними из наиболее перспективных инноваций, которые позволяют снизить барьеры интеграции возобновляемых источников в энергосистему [158]. Открытая система торговли электроэнергией будет стимулировать потребителей не только покупать электроэнергию, произведенную на основе ВИЭ на местах, но и интегрировать свои мощности в энергетическую систему.

Тенденция к востребованности подобных платформ в России уже есть, так, в 2019 году были внесены изменения в Федеральный закон «Об электроэнергетике», в котором для объектов микрогенерации, которым могут владеть как физические, так и юридические лица, предусматривается возможность продажи излишков электроэнергии, однако на данном этапе не другим потребителям, а энергосбытовым компаниям [84].

Пилотные проекты по созданию подобных платформ уже реализуются в ряде стран. Примером может служить опыт Германии, где в 2018 году была запущена платформа Lit-ion, объединяющая производителей и потребителей

«зеленой» энергии. Согласно результатам реализации проекта, в среднем экономия на затратах на электроэнергию у пользователей платформы составляет 20%, при этом выручка электростанций увеличилась до 30% [159].

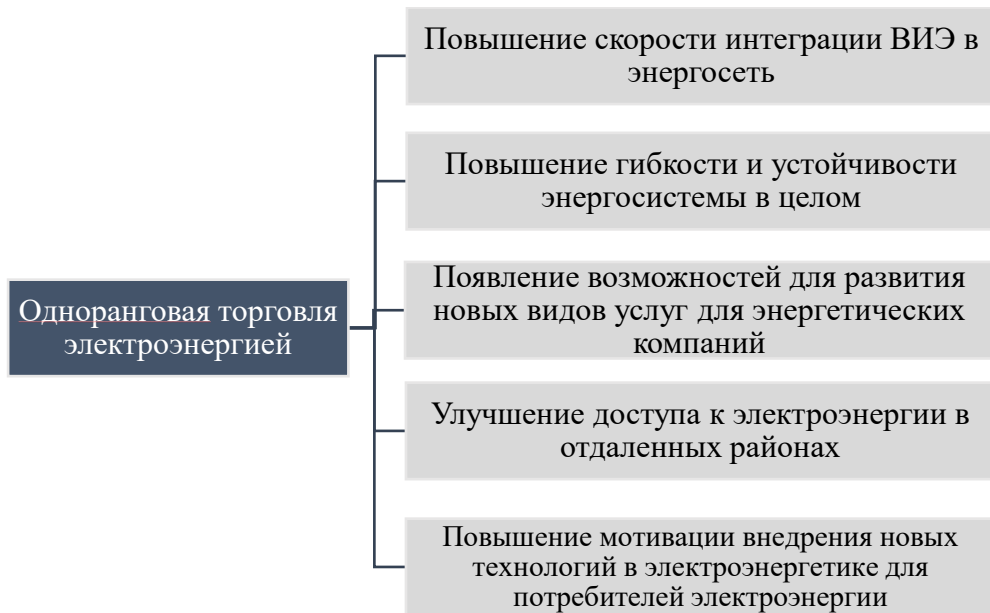
Согласно данным другого проекта, реализованного в Португалии, экономия на затратах на электроэнергию у «активных потребителей» в результате участия в работе подобной платформы составила около 55% [160].

Пилотные проекты также реализуются в Великобритании, Австрии, США, Австралии, Японии, Бангладеше, Колумбии и Малайзии. Например, Brooklyn Microgrid (США) - общественный энергетический рынок внутри микросети, участники которого обмениваются электроэнергией между собой с помощью смарт-контрактов, основанных на блокчейн. Нормативно-правовая база не позволяет распространять P2P-торговлю за пределы микросети в общественной распределительной сети [161].

В Колумбии апробируется испытание транзакций между отдельными лицами в рамках инициативы «Transactive Energy Colombia Initiative». Проект реализуется в Медельине, где многие потребители энергии, особенно проживающие в многоквартирных домах, не имеют возможности вырабатывать собственное электричество. P2P-торговля позволит этим пользователям покупать электроэнергию у других людей в городе с учетом различных факторов, таких как возобновляемые источники энергии, инфраструктура генерации и местоположение [161].

В Малайзии Управление по устойчивому развитию энергетики (SEDA) завершило пилотный проект P2P-торговли электроэнергией в период с ноября 2019 года по июнь 2020 года. Активные потребители могли торговать электроэнергией с другими потребителями или продавать свою избыточную электроэнергию, произведенную на основе ВИЭ, коммунальному предприятию TNB. Обмены отслеживались с помощью блокчейн-платформы, разработанной австралийской компанией Power Ledger [161].

Вместе с тем, внедрение платформы одноранговой торговли электроэнергией помимо финансовых выгод, формирует преимущества, представленные на рисунке 14.



Источник: составлено автором по материалам [161].

Рисунок 14 – Преимущества, создаваемые в результате развития одноранговой торговли электроэнергией

Развитая система одноранговой торговли поощряет потребление электроэнергии в нужное время суток с точки зрения энергосистемы, что ведет к снижению пиковых нагрузок. Следствием этого является постепенная оптимизация объема инвестиций, направляемых на финансирование генерирующих мощностей и сетевой инфраструктуры, необходимых для удовлетворения пикового спроса. Вместе с тем, для использования подобного инструмента должны быть соблюдены рыночные принципы и справедливо применен принцип разделения сетевых и рыночных расходов функционирования платформы.

Таким образом, потребитель, выступающий в качестве продавца электроэнергии, существенно изменит традиционную модель функционирования энергорынка, что потребует от компаний электроэнергетики трансформацию сложившихся бизнес-моделей и формирование компетенций, которые позволят им адаптироваться под новые требования. Для предприятий также отрывается возможность развития новых

услуг. В связи с тем, что использование платформы и обеспечение одноранговой продажи электроэнергии требует соответствующей нормативно-правовой базы, государство должно принять активную роль в адаптации государственного регулирования.

Для апробации данного инструмента, а также тестирования других видов инноваций в специальной среде, что позволит ускорить диффузию инноваций среди компаний электроэнергетического сектора, могут применяться «регуляторные песочницы» – особый режим, который позволяет создать контролируемую среду для использования инновационных технологий без риска нарушить законодательство страны. Данный инструмент позволит снизить негативное влияние барьера, связанного с низкой разработанностью нормативно-правовой базы, являющегося одним из ключевых факторов, препятствующих принятию инноваций как среди компаний электроэнергетики, так и среди промышленных компаний.

Механизм «регуляторных песочниц» в электроэнергетической отрасли представляет собой временный нормативно-правовой режим для организаций, цель которого - развитие новой энергетической практики в результате преодоления законодательных, технологических и иных барьеров, которые могут препятствовать развитию рынка инноваций. Создание регуляторных песочниц позволяет достичь следующих целей:

- снизить неопределенность в области законодательства и снизить риски, связанные с неудачной реализацией проекта;
- определить узкие места и разработать нормативно-правовую базу для широкого использования технологий;
- сократить время выхода новой технологии на рынок;
- повысить инвестиционную привлекательность российских компаний-разработчиков;
- проводить тестирование новых технологий и бизнес-моделей, которые лишь частично совместимы с существующей нормативно-правовой базой до их вывода на рынок;

– сохранить среду, поддающуюся контролю и позволяющую избежать экономических потерь участников инновационного процесса.

Механизмы, которые могут быть использованы в рамках «регуляторных песочниц», включают в себя представление временных лицензий и разрешений для разработки/использования той или иной технологии, временный отказ или корректировку некоторых не критичных положений нормативных документов, полное освобождение участников песочницы от нормативных требований, предъявляемых другим участникам рынка.

Согласно данным Международного энергетического агентства, успешная практика применения «регуляторных песочниц» в области внедрения цифровых технологий в электроэнергетике отмечена в Австралии, Австрии, Германии, Италии, Нидерландах, Великобритании, Сингапуре и США [162]. Планируют приступить к использованию подобных режимов в Литве, Казахстане [163].

Наиболее показательным примером применения «регуляторных песочниц» является опыт Сингапура, внедривший данный инструмент вслед за положительным опытом британской Службы по рынкам газа и электроэнергии (Ofgem). В рамках программы, проходящей тестирование в Сингапуре с 2019 года, планируется создание единой системы управления распределенными энергоресурсами, включающей не только торговлю электроэнергией, но также распределение и потребление газа, тепловой энергии. В «регуляторной песочнице» в реализации данного проекта принимают участие как регулирующий орган, промышленные предприятия, так и исследовательские центры, университеты [164].

В Великобритании применение регуляторных песочниц в электроэнергетике практикуется с 2017 года. В рамках двух проектов была апробирована платформа, позволяющая осуществлять торговлю электроэнергией между домохозяйствами, что позволило снизить затраты на электричество и увеличить объем электроэнергии, генерируемый с использованием ВИЭ [165].

В пилотном проекте, реализованном в рамках регуляторной песочницы в Австралии, были смоделированы три сценария, целью которых было определение эффекта, получаемого активными потребителями, продающими и покупающими электроэнергию в рамках P2P-торговли. По результатам проекта было выявлено, что покупатели электроэнергии, произведенной с помощью распределенных энергетических ресурсов, могут сэкономить до 12% от ее стоимости [166].

В связи с необходимостью соблюдения политики импортозамещения и появлением новых технологий, которые на сегодняшний день не нашли отражение в регулирующих нормативно-правовых актах, целесообразным является проработка технических регламентов, устанавливающих минимальные требования к безопасности, качеству и характеристикам конечной продукции, то есть создание «технологических коридоров». Под «технологическим коридором» понимаются обязательные требования и ограничения, применяемые по отношению к техническим параметрам вводимых технологий, продукции и услуг с разбивкой по годам и нарастанием жесткости требований с течением времени.

В соответствии с проведенным исследованием, одним из ключевых барьеров внедрения новых технологий являются риск, связанный с надежностью их функционирования. В то же время, возможность интеграции новых технологий в инфраструктуру компании является стимулирующим внедрение инноваций фактором. Внедрение «технологических коридоров» учитывает как барьеры, так и драйверы, значимые для компаний электроэнергетики и промышленных компаний. В результате применения данного инструмента государство сможет напрямую влиять на инвестиционную политику промышленных и энергетических компаний, что в перспективе может привести к единству технических решений, используемых российскими предприятиями, к примеру, в области учета электроэнергии, разработать технологические стандарты, необходимые для поддержания совместимости технологий в едином пространстве.

Более того, создание «технологических коридоров» может способствовать решению ключевых проблем отрасли, к таковым можно отнести, к примеру, износ и моральное устаревание некоторых типов оборудования.

Как было отмечено ранее, в России с целью учета потребления энергоресурсов используется более 300 видов счетчиков, многие из которых не соответствуют требованиям, которые обуславливают их интеграцию в единую энергетическую сеть. Еще одной проблемой является использование энергетически неэффективного оборудования. Соответствие внедряемых технологий единым стандартам может обеспечить однородность получаемой с их помощью информации и повысить эффективность их управления и использования.

Вместе с тем, введение опережающих требований технологических регламентов должно соответствовать принципу выполнимости, то есть должны учитываться инвестиционные возможности организации. Внедряемые технологии должны быть доступны и позволять выполнить предъявляемые требования с минимальными затратами.

В частности, государством могут быть предусмотрены меры налогового стимулирования производителей инноваций, а также организаций, внедряющих «зеленые» технологии. Также необходимо учитывать рассинхронизацию длительности инвестиционного цикла и цикла разработки цифровых технологий. Говоря о внедрении инноваций в энергетических компаниях, следует учитывать их капиталоемкость и необходимость подготовки сопроводительной и разрешительной документации в течение 2-3 лет.

Для многих стран мира, в том числе России, актуальным направлением развития является следование принципам декарбонизации экономики, снижения углеродного следа, что также накладывает ограничения на технологии и оборудование, используемое промышленными компаниями для производства продукции. В условиях цифровизации отраслей актуальна

проблема утечки данных, вопросы кибербезопасности становятся ключевыми для организаций.

Согласно данным, представленным экспертами Научно-технического центра Главного радиочастотного центра (НТЦ ФГУП «ГРЧЦ») [167], количество хакерских атак на объекты российской критической информационной инфраструктуры за первые месяцы 2021 года увеличилось в два раза по сравнению с аналогичным периодом 2020 года. По данным Всемирного экономического форума, в 2020 году потери от кибератак в 2020 году составили 2,5 трлн долларов [167], при этом прогнозируется рост количества кибератак в связи с ростом объема и значимости передаваемой информации.

Согласно полученным в диссертации результатам, проблема кибербезопасности оказывает большое влияние на принятие инноваций в компаниях электроэнергетики. Более того, в связи с высокой значимостью отрасли для развития экономики страны в целом, необходимо обеспечить сохранность передаваемых данных и соответствие используемых технологий требованиям безопасности. «Технологические коридоры» могут способствовать достижению поставленных целей и повысить безопасность данных, передаваемых и используемых предприятиями в электроэнергетике.

Важную роль при внедрении инноваций в электроэнергетики играет государственная политика. Несмотря на развитие законодательства в сфере использования инноваций в электроэнергетике, оно все еще нуждается в доработке. В частности, как было отмечено ранее, в нормативно-правовых актах нет понятия «системы накопления электроэнергии» и не определены правила, регулирующие их участие в купле-продаже электроэнергии на оптовом и розничном рынках электроэнергии и мощности, что, согласно мнению экспертов, является критичным для внедрения и использования данного вида технологий [100].

Несмотря на то, что системы накопления электроэнергии в разные периоды времени могут рассматриваться предприятием в качестве источника

и условно «потребителя» электроэнергии в момент накопления, такой подход к их определению становится препятствием при интеграции технологии на рынок электроэнергии и мощности, так как ведет к предъявлению к ним требований как к генерирующему оборудованию, которые они не могут выполнять, к примеру, требований по аттестации генерирующего оборудования СО ЕЭС России.

Введение понятия «системы накопления электроэнергии» позволит закрепить особенности субъекта и элемента системы, а также устранить барьеры на пути формирования целевой модели цифровой энергетики, определить процедуру технологического присоединения, что также будет способствовать развитию распределенной генерации.

Говоря об стимулировании внедрения инноваций в области генерации, передачи и распределения электроэнергии стоит отметить, что технологической основой системы интеллектуальной энергетики в России, в соответствии с мировыми тенденциями, является производство электроэнергии на основе возобновляемых источников. Вместе с тем, не исключается использование традиционных источников электроэнергии с использованием современных, энергоэффективных, экономичных видов оборудования, использующих инновационные технологические решения.

Развитие цифровой, распределенной энергетики способствует вовлечению инновационных наукоемких технологий и оборудования в энергетическую сферу, развитию локального производства высокотехнологичного генерирующего и вспомогательного оборудования. Кроме того, такое развитие является одним из направлений, связанных с выполнением международных обязательств Российской Федерации по ограничению выбросов парниковых газов.

В 2024 году целевой показатель объема производства и потребления электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии (кроме гидроэлектростанций установленной мощностью более 25 МВт) должен составить 4,5% [168].

Приоритетными направлениями развития компаний, уже работающих на этом рынке, являются:

- проекты в сфере розничной генерации на основе ВИЭ, предполагаемые к реализации в соответствии с действующей нормативной правовой базой;
- расширение локализованного производства солнечных панелей, создание высокотехнологичной отечественной продукции и выход на внешние рынки;
- развитие инфраструктуры, продвижение передовых технологий, развитие экосистемы и международное сотрудничество.

Вместе с тем, в соответствии с действующим законодательством «Юридическим лицам, индивидуальным предпринимателям, а также аффилированным лицам в границах одной ценовой зоны оптового рынка запрещается совмещать деятельность по передаче электрической энергии и (или) оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике с деятельностью по производству и (или) купле-продаже электрической энергии. В целях обеспечения реализации указанных требований юридическим лицам, индивидуальным предпринимателям, а также аффилированным лицам в границах одной ценовой зоны оптового рынка запрещается иметь одновременно на праве собственности или ином предусмотренном федеральными законами основании имущество, непосредственно используемое при осуществлении деятельности по передаче электрической энергии и (или) оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике, и имущество, непосредственно используемое при осуществлении деятельности по производству и (или) купле-продаже электрической энергии» [169].

Таким образом, ключевыми вопросами, которые требуют отражения в нормативной-правовой базе и решение которых необходимо для реализации указанных целей в области генерации и передачи электроэнергии являются:

1) предоставление возможности совмещать деятельность по передаче электрической энергии с деятельностью по производству и купле-продаже электрической энергии для генерации мощностью до 25 МВт, при этом генерация может быть основана не только на ВИЭ, но также на современных технологиях мини- и микрогенерации, которые позволяют эффективно использовать традиционные источники энергии;

2) предоставление рассрочки внесения платы за технологическое присоединение на период, равный 10 годам для объектов по производству электрической энергии на основе использования возобновляемых источников энергии, по аналогии с объектами по производству электрической энергии атомных станций или гидроэлектростанций.

Такое изменение законодательства потребует системного изменения порядка регулирования, но даст возможность роста объемов распределенной генерации, в том числе ВИЭ, за счет экономии на оплате потерь в электросетевом комплексе. Расширятся возможности энергообеспечения изолированных потребителей без несения энергосетевыми компаниями расходов по поддержанию линий электропередачи при небольшом объеме потребления.

Внесение таких изменений позволит решить задачи по дальнейшему развитию ВИЭ на российском рынке электрической энергии (мощности) и реализовать проект по одноранговой торговле электроэнергией, предложенный ранее, что стимулирует формирование полноценного децентрализованного внутреннего рынка электроэнергии, создаст спрос на технологии, производимые российскими предприятиями-разработчиками.

Создание условий для естественной конкуренции традиционных и новых технологий обеспечит выбор эффективных решений для электроснабжения потребителей.

Помимо рекомендаций, перечисленных выше, отметим, что одним из барьеров, оказывающих влияние на принятие решения о внедрении новых технологий, является отсутствие российского программного обеспечения и

технологий, способных заменить импортируемое оборудование, в связи с чем государственная политика также должна быть направлена на выполнение задач по стимулированию входа на рынок российских компаний-производителей и разработчиков; поддержку российских конкурентных продуктов и технологий; стимулирование отраслевой науки.

Как показало исследование, для компаний электроэнергетики и промышленных компаний также важен кадровый потенциал, наличие человеческих ресурсов, способных внедрять и использовать новые технологии, для чего необходимо обеспечить наличие образовательных программ основного и дополнительного образования по направлениям, востребованным в связи с реализации концепции цифровой трансформации электроэнергетики.

Решение данных вопросов позволит преодолеть барьеры, которые, согласно мнению респондентов исследования, проведенного в предыдущих пунктах, являются существенными при внедрении инноваций в электроэнергетике.

Для компаний электроэнергетики существенным фактором внедрения новых технологий является возможность развития новых бизнесов, повышение клиентоориентированности компании, что демонстрирует стратегическое видение компании, направленное на учет новых трендов в развитии электроэнергетики.

Вместе с тем, на сегодняшний день ключевыми параметрами, на которые ориентируются компании при принятии решений о реализации проектов цифровизации, являются, прежде всего, экономические факторы, связанные с объемом инвестиций, приобретаемыми финансовыми выгодами от реализации проекта, повышение эффективности деятельности, а также риски, связанные с эксплуатацией новых технологий и их интеграцией в существующую инфраструктуру компании. В то же время, уделяется недостаточное внимание факторам, которые обеспечивают достижение целей, закрепленных в Парижском соглашении, которое Россия приняла в 2019 году, а также

общемировым трендам декарбонизации экономики. Данный тезис подтверждается тем, что по результатам проведенного анализа было выявлено, что снижение негативного влияния на окружающую среду не играет существенной роли при принятии решений о внедрении новых технологий ни для компаний электроэнергетики, ни для промышленных компаний.

Результатом может стать несоответствие российских предприятий новым требованиям по декарбонизации экономики, снижению выбросов загрязняющих веществ по всей цепочки создания стоимости. Несмотря на то, что в Энергетической стратегии Российской Федерации до 2035 года термин «декарбонизация» не упоминается, учитывая общемировые тенденции развития, направленные на защиту окружающей среды, риски снижения конкурентоспособности при отказе от соблюдения мировой повестки или медленной адаптации под новые требования для российской экономики существенны [170].

Таким образом, в рамках данного пункта предложены инструменты, которые, учитывая факторы, способствующие и препятствующие внедрению инноваций, позволяют стимулировать внедрение инноваций в электроэнергетике. Вместе с тем, как было отмечено ранее, внедрение инноваций предполагает не только трансформацию внешних условий, но также изменение видения, ценностей организации, которые должны соответствовать трендам, направленным на декарбонизацию, децентрализацию, цифровизацию энергетики. В связи с этим предложенные инструменты можно классифицировать на три группы:

- 1) регуляторные инструменты, направленные на создание благоприятных условий для внедрения инноваций, к таковым отнесены: «регуляторные песочницы», «технологические коридоры», платформа по обеспечению одноранговой торговли электроэнергией, рекомендации, связанные с актуализацией нормативно-правовой базы;

2) инструменты, направленные на формирование стратегического видения организации, которые позволят адаптировать бизнес-модель компании в соответствии с новыми трендами развития электроэнергетики;

3) инструменты, позволяющие оптимизировать операционную деятельность компании, в том числе создание системы отбора проектов, связанных с цифровыми технологиями.

Основываясь на положительном опыте зарубежных стран, использующих предложенные инструменты, можно сделать предположение о том, что их применение положительно скажется на скорости распространения инноваций в российской электроэнергетике.

Для того, чтобы определить, как предложенные инструменты могут повлиять на распространение инноваций в электроэнергетике, учитывая энергетические компании и компании – потребителей электроэнергии, необходимо провести оценку влияния данных инструментов на скорость внедрения новых технологий.

3.4 Оценка влияния предложенных инструментов на скорость распространения инноваций в электроэнергетике

Для оценки эффективности предложенных инструментов были проведены интервью с восемью экспертами, в качестве которых были приглашены по два эксперта, представляющие компании электроэнергетики: представители НП «Совет рынка», генерирующих компаний, энергосбытовых компаний, энергосетевых компаний. Экспертам было предложено высказать мнение относительно предлагаемых к использованию инструментов и оценить, как их внедрение повлияет на количество инноваторов в электроэнергетике.

Мнение экспертов относительно использования инструмента - создание платформы, обеспечивающей осуществление одноранговой торговли электроэнергии представлено в таблице 33.

Таблица 33 – Мнение экспертов по применению инструмента «платформа для обеспечения одноранговой торговли электроэнергией»

В процентах		
Эксперт	Мнение о действенности инструмента	Увеличение доли компаний - инноваторов в результате внедрения инструмента
1	2	3
Представители НП «Совет рынка»		
Эксперт 1	«Многие страны пока только апробируют использование P2P-платформ для торговли электроэнергией, однако уже сейчас мы видим, что одноранговая торговля электроэнергией приносит множество положительных эффектов для потребителя»	1,5-2
Эксперт 2	«Внедрение одноранговой торговли электроэнергией превратит пассивных потребителей в активных менеджеров своей сети. Такой рынок может снять ограничения традиционных сетей и станет альтернативой дорогостоящей традиционной генерации»	2-3
Представители генерирующих компаний		
Эксперт 3	«Реализация данного проекта потребует доработки законодательства, однако это необходимо в условиях формирования децентрализованной энергетики»	1-2
Эксперт 4	«Возможность приобретать электроэнергию у различных поставщиков повысит конкуренцию в отрасли и будет стимулировать оптимизацию затрат компаний по всей цепочке создания стоимости»	3-4
Представители сбытовых компаний		
Эксперт 5	«Новые требования потребителей к управлению электроэнергией приведут к фундаментальному изменению отрасли, без возможности покупать и продавать электроэнергию концепция активного потребителя не будет полностью реализована»	1-2
Эксперт 6	«Платформа, позволяющая осуществлять одноранговую торговлю электроэнергией, является одним из ключевых элементов, формирующих активного потребителя, однако ее создание требует решение комплекса задач как в области регулирования, так и в области формирования компетенций по энергоменеджменту»	1-2
Представители сетевых компаний		
Эксперт 7	«Создание местных рынков торговли электроэнергией существенно сократит потери при ее передаче, а значит, снизит стоимость электроэнергии для потребителя»	3-4
Эксперт 8	«Возможность участия в одноранговой торговле электроэнергией будет стимулировать переход на возобновляемые источники энергии на стороне потребителя, а значит, также повысит спрос на сопутствующие технологии»	2-3

Источник: составлено автором.

Мнение экспертов относительно инструмента, относящегося к группе регуляторных – «создание регуляторной песочницы» представлено в таблице 34.

Таблица 34 – Мнение экспертов по применению инструмента «регуляторная песочница» в электроэнергетической отрасли

В процентах		
Эксперт	Мнение о действенности инструмента	Увеличение доли компаний - инноваторов в результате внедрения инструмента
1	2	3
Представители НП «Совет рынка»		
Эксперт 1	«Регуляторные песочницы, в целом, могут упростить внедрение инноваций несколькими способами. Во-первых, станет возможным выявить спорные вопросы в регулировании, во-вторых, изменить или отменить нормы, которые скорее являются препятствием, нежели способствуют цифровизации»	1,5-2
Эксперт 2	Одним из основных трендов во многих отраслях, в том числе электроэнергетике, является импортозамещение. Создание «песочниц» может позволить компаниям, занимающимся разработкой новых технологий, протестировать продукт до выхода на рынок, что будет способствовать локализации передовых технологий	1-1,5
Представители генерирующих компаний		
Эксперт 3	«Объекты генерации отнесены к критической инфраструктуре, поэтому для нас существенно обеспечение безопасности и надежности работы системы. Важно выявить недостатки внедряемых технологий до его интеграции в инфраструктуру компании»	3-4
Эксперт 4	«Важно учитывать мнение бизнеса при внесении изменений в регулирование. Регуляторные песочницы позволят выявить недостатки в работе того или иного механизма до его широкого внедрения».	2-3
Представители сбытовых компаний		
Эксперт 5	«Опыт использования подобных инструментов в других отраслях, например, опыт Центрального банка, позволяет отметить положительную динамику в появлении инновационных продуктов»	1-2
Эксперт 6	«Мировой опыт показывает, что особые правовые режимы положительно сказываются на правовом, техническом, экономическом развитии отраслей, в котором они используются»	2-3
Представители сетевых компаний		
Эксперт 7	«Возможность тестирования новых технологий, которые связаны с множеством рисков для компаний, важная составляющая инновационной системы»	3-4

Продолжение таблицы 34

1	2	3
Эксперт 8	«Регуляторная песочница» - это прообраз нового регулирования. В условиях коренной трансформации модели функционирования отрасли их использование может быть полезным».	2-3

Источник: составлено автором.

Другим регуляторным инструментом, относительно которого имеется положительный опыт применения в зарубежных странах, рекомендуемый для применения в российской электроэнергетике, является внедрение «технологических коридоров». Мнения экспертов относительно данного инструмента представлены в таблице 35.

Таблица 35 – Мнение экспертов по применению инструмента «технологический коридор» в электроэнергетической отрасли

		В процентах
Эксперт	Мнение о действенности инструмента	Увеличение доли компаний - инноваторов в результате внедрения инструмента
1	2	3
Представители НП «Совет рынка»		
Эксперт 1	«Технологические коридоры» - это не только обязательные требования и ограничения, это комплексный механизм, при применении которого необходимо учитывать готовность энергетических и промышленных компаний»	1,5-2
Эксперт 2	«Промышленность России является одной из самых энергозатратных в мире. Использование «технологических коридоров» в электроэнергетике позволит продвинуться в направлении модернизации оборудования, в повышении энергоэффективности, что в перспективе сократит затраты на электроэнергию»	2-2,5
Представители генерирующих компаний		
Эксперт 3	«Технологические коридоры» могут позволить ускорить декарбонизацию отраслей, которая стала основным трендом в повестке Европы и всего мира. Для того, чтобы российские компании могли соответствовать этим требованиям, они должны внедрять новые технологии»	2

Продолжение таблицы 35

1	2	3
Эксперт 4	Одним из ключевых факторов, который оказывает существенное влияние на внедрение технологий, является давление со стороны регулятора.	2,5-3
Представители сбытовых компаний		
Эксперт 5	«Применение «технологических коридоров» должно происходить параллельно со стимулированием исследований и разработок по созданию инновационных технологий, который могут заменить устаревшие или несоответствующие требованиям технологии»	3-4
Эксперт 6	Компании должны осознавать, для чего они внедряют новые технологии и какие выгоды им это принесет.	2-3
Представители сетевых компаний		
Эксперт 7	«Технологические коридоры» имеют существенный потенциал для вытеснения устаревших технологий. Примером может служить внедрение «умных счетчиков», установка которых обязательна в домах и квартирах с июля 2020 года, при этом процесс происходит постепенно.	2-3
Эксперт 8	«Для того, чтобы предприятия могли внедрять технологии, они должны быть доступны и обеспечивать достижение стратегических целей компании»	1-2

Источник: составлено автором.

Также экспертам было предложено оценить возможное влияние рекомендаций, связанных с внесением изменений в нормативно-правовое регулирование, а также решение задач по подготовке кадров. Экспертные мнения представлены в таблице 36.

Таблица 36 – Мнение экспертов по применению рекомендаций, связанных с изменением НПА

Эксперт	Мнение о действенности инструмента	В процентах
		Увеличение доли компаний - инноваторов в результате внедрения инструмента
1	2	3
Представители НП «Совет рынка»		
Эксперт 1	«Для активного внедрения новых технологий, таких как накопители электроэнергии, объектов распределенной генерации, и использования их потенциала существенно важно определить роли и правила их работы на рынке»	3-4
Эксперт 2	«Предложенные рекомендации позволят приблизиться к формированию «активного потребителя» в российской	1-2

Продолжение таблицы 36

1	2	3
	электроэнергетике, так как предусматривают меры, которые существенны для его становления»	
Представители генерирующих компаний		
Эксперт 3	«На сегодняшний день нормативно-правовая среда не готова к масштабному развертыванию цифровых технологий в электроэнергетике. Их внедрение, несомненно, требует актуализации законодательства»	2-4
Эксперт 4	«Объекты генерации отнесены к критической инфраструктуре, поэтому для нас существенно обеспечение безопасности и надежности работы системы.	2-3
Представители сбытовых компаний		
Эксперт 5	«Российская энергетика нуждается в динамичном реформировании, без адаптации законодательства этот процесс невозможен»	3-4
Эксперт 6	«Предложенные меры, в целом, затрагивают ключевые проблемы, которые стоят перед трансформацией электроэнергетики и позволят активизировать разработку и внедрение новых технологий»	1-4
Представители сетевых компаний		
Эксперт 7	«В процессе цифровизации отрасли стала особенно актуальной проблема нехватки кадров, готовых работать с новыми технологиями. Их подготовка является ключевым условием, которое позволит ускорить внедрение технологий»	3-5
Эксперт 8	«Одна из ключевых проблем для российской электроэнергетики сейчас – нехватка отечественных ПО, которые способны заменить импортные. После закрытия границ стало сложно получить техническую поддержку, необходимые экспертные знания из других стран. Отрасль нуждается в российских разработках»	2-3

Источник: составлено автором.

Одним из инструментов, позволяющих оценить готовность компаний электроэнергетики к внедрению инноваций является методика оценки зрелости компании, рассмотренная в пункте 3.1.

Диагностика компании позволит оценить уровень готовности тех или иных сфер организации и определить ключевые направления для развития. Мнение экспертов относительно предлагаемой методики представлено в таблице 37.

Таблица 37 – Мнение экспертов по внедрению методики оценки уровня зрелости компаний в электроэнергетической отрасли

		В процентах
Эксперт	Мнение о действенности инструмента	Увеличение доли компаний - инноваторов в результате внедрения инструмента
Представители НП «Совет рынка»		
Эксперт 1	«Сфокусировавшись на ключевых критериях, позволяющих повысить уровень цифровой зрелости, компании могут получить конкурентное преимущество в бизнес-процессах, качестве услуг и удовлетворенности потребителей»	4-5
Эксперт 2	«Преимуществом предложенной методики оценки зрелости состоит в том, что может быть определен не только уровень зрелости отдельной компании, но и представлен срез по отрасли».	2,5-3
Представители генерирующих компаний		
Эксперт 3	«Темп органического роста замедлился, для того, чтобы соответствовать мировым тенденциям, нам необходимо внедрять цифровые технологии, что затрагивает все области управления организацией. Чтобы знать, что мы двигаемся вперед, мы должны понимать, где мы находимся сейчас»	2-3
Эксперт 4	«Многие системы, используемые компаниями в электроэнергетике, разрознены и устарели. Для того, чтобы развивать бизнес, нам необходимо стать ближе к потребителю»	1-2
Представители сбытовых компаний		
Эксперт 5	«Предложенная методика оценки зрелости компании может иметь ключевое значение для выявления областей, в которых у нас могут быть проблемы»	4-5
Эксперт 6	«Методика оценки зрелости позволит ставить достижимые цели с учетом специфики бизнеса и разработать план цифровизации своего бизнеса»	2,5-3
Представители сетевых компаний		
Эксперт 7	«Сформированная методика оценки зрелости позволяет провести комплексную оценку компании, что важно при запуске масштабных программ цифровизации компании»	1-2
Эксперт 8	«Разработанная методика позволяет не только выявить узкие места, но также определить точки роста компании»	1-2

Источник: составлено автором.

Для того, чтобы определить, как внедрение предложенных инструментов повлияет на скорость внедрения инноваций в электроэнергетике, были использованы скорректированные средние значения

р и q, которые могут измениться под воздействием принимаемых мер. Основанием для корректировки стали результаты, полученные в ходе интервью, описанные выше. В результате был рассчитан обновленный прогноз, как показано в таблице 38.

Таблица 38 – Прогноз распространения новых технологий в электроэнергетике с учетом предлагаемых инструментов

В процентах

Год	Доля потребителей, внедривших технологию накопленным итогом	Доля потребителей, внедривших технологию, за год	Доля инноваторов	Доля имитаторов
Группа технологий, способствующих трансформации бизнес – моделей компаний и изменению организации рынка (интерактивные технологии)				
0	3,80	23,24	23,24	0,00
1	9,56	35,26	22,36	12,90
2	17,99	51,53	21,02	30,51
3	29,61	71,11	19,06	52,05
4	44,31	89,90	16,36	73,54
5	60,66	100,00	12,94	87,06
6	75,92	93,33	9,14	84,19
7	87,38	70,10	5,60	64,50
8	94,22	41,84	2,93	38,91
9	97,58	20,56	1,34	19,22
10	99,03	8,89	0,56	8,33
Группа технологий, способствующих совершенствованию производства и поставки электроэнергии (неинтерактивные технологии)				
0	7,60	37,20	37,20	0,00
1	19,37	57,58	34,37	23,22
2	36,04	81,62	29,99	51,63
3	56,48	100,00	23,79	76,21
4	76,39	97,45	16,19	81,26
5	90,37	68,41	8,78	59,63
6	96,98	32,36	3,58	28,78
7	99,19	10,81	1,12	9,69
8	99,79	2,97	0,30	2,66
9	99,95	0,76	0,08	0,68
10	99,98	0,19	0,02	0,17

Источник: составлено автором.

Таким образом, согласно результатам проведенных расчетов, внедрение таких инструментов, как «регуляторная песочница», «технологические коридоры», применение рекомендаций относительно актуализации законодательства в области электроэнергетики, расширяющие возможности

потребителей и поддерживающие процесс разработки новых технологий на базе российских предприятий и научных организаций, а также применение инструмента по оценке зрелости компаний к цифровой трансформации позволяет сократить период распространения интерактивных инноваций с 8 до 5 лет, неинтерактивных инноваций с 6 до 3 лет. В связи с тем, что цифровые технологии приносят компаниям существенные преимущества, увеличение скорости принятия инноваций положительно скажется на конкурентоспособности не только отдельных организаций, но и отрасли в целом.

Выводы к главе 3

Анализ факторов, препятствующих распространению инноваций в электроэнергетической отрасли позволил сделать следующие выводы:

1) Исходя из факторов, стимулирующих и препятствующих внедрению инноваций в электроэнергетике, была разработана методика определения уровня готовности организации к цифровизации. Методика включает в себя семь блоков, каждый из семи блоков измерений методики уровня зрелости характеризуется собственным индексом готовности от одного до трех, составляющих элементы уровня зрелости. По итогам анализа можно сделать вывод о том, что электроэнергетическая отрасль находится в переходном состоянии между развивающимся и продвинутым уровнем.

2) Предложены внутрикорпоративные инструменты в привязке с циклической моделью инновационного процесса, основанные на их положительном опыте применения в ведущих энергетических компаниях.

3) Предложены инструменты, учитывающие факторы, значимые для российских предприятий электроэнергетики и промышленных компаний – потребителей электроэнергии, а также позитивный опыт их внедрения в зарубежных странах: «регуляторные песочницы», «технологический коридор», также методика оценки готовности компании к внедрению инноваций. Даны рекомендации, позволяющие актуализировать нормативно-правовую базу страны, существующий подход к оценке цифровых проектов.

4) Для определения эффективности применения рекомендаций с использованием экспертных оценок на основе модели Ф. Басса был рассчитан период, в течение которого инновации достигнут пика распространения. По итогам анализа было выявлено, что наблюдается сокращение периода распространения интерактивных инноваций с 8 до 5 лет, неинтерактивных инноваций с 6 до 3 лет.

Заключение

Таким образом, в рамках диссертации были проанализированы особенности цифровой трансформации в электроэнергетике, связанные с внедрением инноваций и развитием нового типа потребителя – «активного потребителя». Несмотря на широкое обсуждение этой темы в бизнес-сообществе и политику государства, направленную на цифровизацию отрасли, на сегодняшний день можно говорить о том, что скорость принятия новых технологий в электроэнергетике существенно ниже, чем в зарубежных странах, что негативно сказывается на конкурентоспособности продукции промышленных компаний, имеющих высокую долю затрат на электроэнергию в структуре себестоимости продукции, а также на эффективности работы компаний электроэнергетической отрасли в целом.

Проведенный обзор литературы, отражающей тенденции развития инноваций и распространения новых технологий в электроэнергетике, позволил выделить тренды, оказывающие влияние на стимулирование их внедрения и распространения. К направлениям, согласно которым также трансформируется российская электроэнергетическая отрасль, можно отнести три ключевых тренда: декарбонизацию, цифровизацию, децентрализацию. Данные тренды определяют технологии, которые внедряются в электроэнергетической отрасли, при этом они могут рассматриваться как решения, позволяющие оптимизировать работу отдельной компании, так и в качестве комплексных решений, максимальный эффект применения которых достигается в результате их внедрения как на стороне энергетических компаний, так и на стороне компаний – потребителей электроэнергии.

К ключевым технологиям четвертой промышленной революции в электроэнергетике относят технологии, внедряемые в других отраслях экономики, к примеру, искусственный интеллект, большие данные, продвинутую аналитику, интернет вещей, дополненную, виртуальную, смешанную реальность, цифровые двойники, так и инновации, свойственные

данной отрасли, к таковым относятся: концепция «активный потребитель», «умные» счетчики, управление спросом, технологии генерации электроэнергии, технологии энергосбережения, «умные» сети.

С целью повышения эффективности управления инновациями в электроэнергетике были рассмотрены типологии инноваций и разработана классификация, учитывающая особенности отрасли. Согласно предложенной классификации, инновации в электроэнергетике подразделяются на две основные группы: инноваций, обусловленные изменением технологий, к которым можно отнести технологические и процессные инновации, а также инновации, обусловленные изменением рынка, к которым отнесены подгруппа инноваций управления и инноваций транзакций. Предложенная классификация инноваций позволяет учесть особенности каждого типа с целью обоснованного использования подходов к управлению инновационной деятельностью в компаниях электроэнергетической отрасли.

Выявлены и обоснованы эффекты, достигаемые в результате внедрения инноваций в электроэнергетике, при этом эффекты могут быть связаны с качественным изменением реализации процессов компании, к примеру, повышение безопасности работы персонала, рост лояльности клиентов, более продолжительная работа оборудования, повышение надежности и качества работы энергосистемы, оптимизация управления графиком нагрузки, повышение энергетической безопасности, обеспечение активного реагирования на спрос, улучшение условий для экономической интеграции и конкуренции, эффективная интеграция энергосистем, основанных на ВИЭ, а также экономические эффекты, выраженные в виде экономии затрат или получения дополнительных доходов.

В ходе исследования рассчитаны и показаны прогнозные эффекты от внедрения новых технологий в электроэнергетике, при этом следует учитывать, что достижение указанных значений возможно благодаря внедрению инноваций как со стороны компаний электроэнергетической отрасли, так и со стороны промышленных компаний-потребителей

электроэнергии. При этом консервативный и оптимистический сценарии составлены исходя из данных профильных регулирующих органов и отраслевых исследований, в то время как оценка эффекта, достигаемого за счет внедрения цифровых технологий внутри организации, в связи с недостатком информации, осуществлена в процентном соотношении, исходя из практики успешного внедрения данных инноваций в энергетических компаниях.

Для достижения показанных эффектов необходимо динамичное и поступательное внедрение инноваций в электроэнергетике, для определения текущей скорости внедрения инноваций была применена модель Ф. Басса. Исходя из характеристик инноваций выявлено, что технологии Индустрии 4.0 в электроэнергетике являются как неинтерактивными, так и интерактивными, распространение которых зависит от принятия данных технологий компаниями-потребителями электроэнергии.

Анализ скорости распространения показал, что диффузия интерактивных технологий происходит значительно медленнее, чем неинтерактивных технологий.

В этой связи в рамках исследования был проведен анализ факторов, оказывающих положительное влияние на внедрение инноваций как среди компаний электроэнергетики, так и среди промышленных компаний – потребителей электроэнергии. К наиболее значимым факторам для компаний электроэнергетической отрасли отнесены следующие: развитие новых бизнесов и новых сервисов, что говорит о том, что компании направлены на построение стратегии, которая позволит, с учетом цифровых технологий, повысить конкурентоспособность и клиентоориентированность организации, техническая выполнимость, операционная и экономическая эффективность, наличие разработанной законодательной базы, способствующей внедрению и использованию новых технологий, а также факторы, характеризующие готовность персонала к внедрению инноваций.

В то же время, в приоритетности факторов наблюдаются отличия с

промышленными компаниями, для которых наибольшую значимость показала экономическая эффективность, что говорит о том, что промышленные предприятия при внедрении инноваций в большей степени ориентированы на оптимизацию затрат на электроэнергию. Также ключевыми факторами, оказывающими положительное влияние на промышленные компании при внедрении инноваций, аналогично электроэнергетическим компаниям, является техническая выполнимость, готовность нормативно-правовой базы. В то же время, фактор воспринятое преимущество и развитие новых видов бизнеса, который значим для компаний электроэнергетики, менее значим для промышленных компаний.

Анализ факторов, препятствующих распространению инноваций в электроэнергетической отрасли позволил сделать следующие выводы:

Внедрение инноваций сопряжено с рядом барьеров, среди которых для компаний электроэнергетики наиболее значимыми оказались: риски, связанные с внедрением новых технологий; низкая проработка вопросов кибербезопасности; сложность интеграции цифровых технологий с существующими на предприятии системами; износ и моральное устаревание инфраструктуры на действующих активах компании; недостаточный уровень подготовки персонала для обслуживания и работы с внедряемыми цифровыми технологиями; недостаточные меры по государственной поддержке разработки и внедрения цифровых технологий (как для разработчиков технологий, так и для заказчиков); ограничения политики импортозамещения. Наименьшее силу влияния имеют факторы: длительный период окупаемости и высокая стоимость проектов цифровизации; отсутствие единой системы управления, координации и мониторинга цифровизации в отрасли.

В то же время, для промышленных компаний, прежде всего, значима стоимость внедрения новых технологий; отсутствие референтной и достаточно известной успешной практики применения некоторых технологий в России даже на уровне единичных примеров, из-за чего внедрение новых технологий рассматривается как рискованное; недостаточная разработанность

законодательной базы в области технического присоединения и использования технологий интеллектуальных сетей; недостаточная разработанность нормативно-правовой базы, обеспечивающей кибербезопасность; недоверие потенциальных потребителей к стоимостным и техническим характеристикам новых технологий (уровень ее готовности, ресурсу работы); недостаток квалифицированного персонала, способного внедрить/использовать цифровые технологии; поддержка со стороны руководства.

Наименее значимыми факторами для промышленных компаний являются недостаточное и/или несовершенное налоговое стимулирование внедрения инноваций; отсутствие российских комплексных пакетов программного ПО, которые являются аналогами зарубежных решений, что требует внедрения целого набора дополнительных решений.

Предложены инструменты, учитывающие факторы, значимые для российских предприятий электроэнергетики и промышленных компаний – потребителей электроэнергии, а также позитивный опыт их внедрения в зарубежных странах. Предложены методика оценки текущего уровня зрелости компании в электроэнергетике, позволяющая провести самодиагностику организации, корпоративные инструменты, которые в привязке с циклической моделью инновационного процесса позволяют его совершенствовать, а также инструменты, стимулирующие внедрение инноваций на уровне отрасли, к таковым отнесены: «регуляторные песочницы», «технологический коридор», платформа одноранговой торговли электроэнергией. Даны рекомендации, позволяющие актуализировать нормативно-правовую базу в области внедрения новых технологий в электроэнергетике.

С целью определения эффекта, достигаемого в результате применения предложенных инструментов в российской электроэнергетике, на основе модели Ф. Басса с применением экспертных оценок был рассчитан период, в течение которого новые технологии достигнут пика распространения. По итогам анализа было выявлено, что наблюдается сокращение периода

распространения интерактивных инноваций с 8 до 5 лет, неинтерактивных, инноваций с 6 до 3 лет, что позволяет говорить об эффективности предложенных инструментов.

Список литературы

1. Информационный ресурс Международного энергетического агентства. Digitalization and energy // Информационный ресурс Международного энергетического агентства. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/b1e6600c-4e40-4d9c-809d-1d1724c763d5/DigitalizationandEnergy3.pdf> (дата обращения: 17.05.2021).
2. Абрамов, А. Цифровой переход в электроэнергетике России : экспертно-аналитический доклад / А. Абрамов, О. Баркин, И. Данилин [и др.]; под редакцией В. Княгинина, Д. Холкина. – Москва : Центр стратегических разработок, 2017. – 46 с. – ISBN отсутствует.
3. Информационный ресурс Министерства энергетики Российской Федерации. Прогноз научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России на период до 2035 года // Информационный ресурс Министерства энергетики Российской Федерации. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://minenergo.gov.ru/node/6366> (дата обращения: 15.06.2021).
4. Дорожная карта «Внедрение инновационных технологий и современных материалов в отраслях ТЭК» [Распоряжение Правительства Российской Федерации от 3 июля 2014 г. № 1217-р] // Официальный интернет-портал Правительства Российской Федерации. – Текст : электронный. – URL: <http://static.government.ru/media/files/41d4eeb21a3d62bbd063.pdf> (дата обращения: 10.01.2019).
5. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие энергетики» [Постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 321] // Официальный интернет-портал Правительства Российской Федерации. – Текст : электронный. – URL: <http://gov.garant.ru/session/pilot/main.htm> (дата обращения: 10.01.2019).
6. Информационный ресурс издания «Цифровая подстанция». Разработка и внедрение цифровых электрических подстанций и станций на

вновь строящихся и реконструируемых объектах энергетики. Отраслевая программа. Национальный проект по внедрению инновационных технологий и современных материалов в отраслях ТЭК // Информационный ресурс издания «Цифровая подстанция». – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: http://digitalsubstation.com/wp-content/uploads/2017/10/Ivanov_I_S.pdf (дата обращения: 10.01.2019).

7. Информационный ресурс издания «Цифровая подстанция». Одобрен национальный проект «Цифровая подстанция» // Информационный ресурс издания «Цифровая подстанция». – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <http://digitalsubstation.com/blog/2016/12/21/odobren-natsionalnyj-proekt-tsifrovaya-podstantsiya/> (дата обращения: 10.01.2019).

8. Data-Driven Innovation: Big Data for Growth and Well-Being // OECD : OECD Publishing, 2015. – 456 p. – ISBN 978-92-64-22934-1.

9. Fagerberg, J. Mobilizing innovation for sustainability transitions: A comment on transformative innovation policy / J. Fagerberg // Research Policy. – 2018. – № 9. Volume 5. – P. 1568-1576. – ISSN 0048-7333.

10. Шумпетер, Й.А. Теория экономического развития: исследование предпринимательской прибыли, капитала, кредита, процента и цикла конъюнктуры / Й.А. Шумпетер; перевод с немецкого В.С. Автономова, М.С. Любского [и др.] – Москва : Прогресс, 1982. – 456 с. – ISBN отсутствует.

11. Freeman, C. Prometheus unbound / C. Freeman // Futures. – 1984. – № 5. Volume 16 – P. 494-507. – ISSN 0016-3287.

12. Freeman, C. The Economics of industrial innovation / C. Freeman, L. Soete. – London : Routledge, 1974. – 409 p. – ISBN 978-0415516105.

13. Mensch, G. Stalemate in technology: innovations overcome the depression / G. Mensch. – Cambridge, Massachusetts. : Ballinger Publishing Company, 1973. – 241 p. – ISBN 9780884106111.

14. Keirstead, B.S. The theory of economic change / B.S. Keirstead. – Toronto : Macmillan Company of Canada, 1948. – 386 p. – ISBN 9780598580047.

15. Barnett, H.G. Innovation: the basis of cultural change / H.G. Barnett. – New York : McGraw-Hill Book Company, 1953. – 462 p. – ISBN отсутствует.
16. Robertson, T.S. The process of innovation and diffusion of innovation / T.S. Robertson // Journal of Marketing. – 1967. – № 31. – P. 14-19. – ISSN 0022-2429.
17. Drucker, P.F. Innovation and entrepreneurship: practice and principles / P.F. Drucker. – New York : Harper & Row, 1986. – 277 p. – ISBN 9780060913601.
18. O’Sullivan, D. Applying innovation / D. O’Sullivan, L. Dooley – Thousand Oaks : SAGE Publications, Inc., 2009. – 424 p. – ISBN 9781412954556.
19. Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data // OECD : OECD Publishing, 2005. – 162 p. – ISBN 9789264013100.
20. Hisrich, R.D. Managing innovation and entrepreneurship / R.D. Hisrich, C. Kearney – Thousand Oaks : SAGE Publications, Inc., 2013. – 224 p. – ISBN 1544302630.
21. Rothwell, R. Towards the fifth - generation innovation process / R. Rothwell // International Marketing Review. – 1994. – № 1. Volume 11. – P. 7-31. – ISSN 0265-1335.
22. Рогалев, Н.Д. Цифровая энергетика: новая парадигма функционирования и развития : сборник Российского международного энергетического форума (РМЭФ) / Н.Д. Рогалев, Е.О. Адамов, Р.К. Адомиков [и др.] ; под редакцией Н.Д. Рогалева. – Москва : Издательство МЭИ, 2019. – 300 с. – ISBN 978-5-7046-2228-4.
23. Ховалова, Т.В. Реальный сектор экономики в условиях новой промышленной революции (Глава 13. Интеллектуальные системы управления производством, распределением и потреблением электроэнергии) : монография / А.В. Трачук, Н.В. Линдер, Т.В. Ховалова; под редакцией М.А. Эскиндарова, Н.М. Абдикеева – Москва : Когито-Центр, 2019. – 428 с. – 500 экз. – ISBN 978-5-89353-551-8.

24. Информационный ресурс международной неправительственной организации World Economic Forum. Fostering Effective Energy Transition 2019 // Информационный ресурс международной неправительственной организации World Economic Forum. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.weforum.org/reports/fostering-effective-energy-transition-2019> (дата обращения: 15.09.2020).

25. Информационный ресурс консалтинговой компании Deloitte. Будущее мировой электроэнергетики. Подготовка к новым возможностям и угрозам // Информационный ресурс консалтинговой компании Deloitte. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ru/Documents/energy-resources/ru_The_future_of_global_power_sector_RUS.pdf (дата обращения: 10.05.2020).

26. Информационный ресурс Международного энергетического агентства IEA. Energy Efficiency 2020 // Информационный ресурс Международного энергетического агентства IEA. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: https://iea.blob.core.windows.net/assets/59268647-0b70-4e7b-9f78-269e5ee93f26/Energy_Efficiency_2020.pdf (дата обращения: 29.12.2020).

27. Информационный ресурс консалтинговой компании McKinsey. Global Energy Perspective 2021 // Информационный ресурс консалтинговой компании McKinsey. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/global-energy-perspective-2021#> (дата обращения: 15.12.2020).

28. Информационный ресурс Московской школы управления Сколково. Роль микрогенерации на основе ВИЭ в развитии распределенной энергетики России // Информационный ресурс Московской школы управления Сколково. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: https://events.vedomosti.ru/media/materials/materials_0-41324120353862437/download (дата обращения: 15.09.2019).

29. Информационный ресурс 21-ой сессии Конференции сторон Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКООНИК). Цели в области устойчивого развития // Информационный ресурс 21-ой сессии Конференции сторон Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКООНИК). – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/cop21/> (дата обращения: 15.04.2019).

30. Холкин, Д. Цифровой переход в энергетике России: в поисках смысла. / Д. Холкин, И. Чаусов // Цифровая энергетика. – № 5. – 2018. – С. 7-16. – ISSN 2409-5516.

31. Renewable energy statistics 2020 – Abu Dhabi : The International Renewable Energy Agency (IRENA), 2020. – 408 p. – ISBN 978-92-9260-246-8.

32. Ховалова, Т.В. Возобновляемая энергетика России: анализ текущего состояния и инструменты стимулирования / Т.В. Ховалова // Экономика и предпринимательство. – 2020. – № 10 (123). – С. 1489-1494. – ISSN 1999-2300.

33. Информационный ресурс Международного энергетического агентства. Announced wind and solar PV average auction prices by commissioning date, 2012-2020. // Информационный ресурс Международного энергетического агентства. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/announced-wind-and-solar-pv-average-auction-prices-by-commissioning-date-2012-2020> (дата обращения: 13.12.2020).

34. Информационный ресурс Европейской системы политической стратегии и анализа ESPAS. Welcome to 2030: the mega-trends. // Информационный ресурс Европейской системы политической стратегии и анализа ESPAS. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://ec.europa.eu/assets/epsc/pages/espas/chapter1.html> (дата обращения: 07.08.2020).

35. Линдер, Н.В. Технологии распределенной генерации: эмпирические оценки факторов применения / А.В. Трачук, Н.В. Линдер // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2018. – № 1 (106). – С. 32-48. – ISSN 2618-947X.
36. Raimi, K. Understanding and beliefs about smart energy technology / K. Raimi, A. Carrico // Energy Research & Social Science. – 2016. – Volume 12. – P. 68-74. – ISSN 2214-6296.
37. Кобец, Б. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart grid : монография / Б. Кобец, И. Волкова – Москва : ИАЦ Энергия, 2010. – 208 с. – 1000 экз. – ISBN 978-5-98420-075-2.
38. Dileep, G.A. A survey on smart grid technologies and applications / G.A. Dileep // Renewable Energy. – 2020. – № 146. – P. 2589–2625. – ISSN 0960-1481.
39. Информационный ресурс Инженерного центра Энергоаудитконтроль. Smart metering в концепции Smart Grid // Информационный ресурс Инженерного центра Энергоаудитконтроль. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: https://www.csr-nw.ru/files/csr/file_content_1316.pdf (дата обращения: 02.03.2020).
40. Xenias, D. UK smart grid development: An expert assessment of the benefits, pitfalls and functions / D. Xenias // Renewable Energy. – 2015. – P. 89-102. – ISSN 0960-1481.
41. Кузьмин, П.С. Неинтрузивный мониторинг нагрузки: эффекты внедрения и перспективы распространения / П.С. Кузьмин // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2019. – № 4. Том 10. – С. 306-319. – ISSN 2618-947X.
42. Информационный ресурс Центра энергетики Московской школы управления Сколково. Распределенная энергетика в России: потенциал развития // Информационный ресурс Центра энергетики Московской школы управления Сколково. – Текст : электронный. – DOI отсутствует.

– URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/skolkovo_EneC_DER-3.0_2018.02.01.pdf (дата обращения: 11.09.2019).

43. Bui, N. The internet of energy: a web-enabled smart grid system / N. Bui // *IEEE Network*. – 2012. – № 26. – P. 39-45. – ISSN 0890-8044.

44. Strielkowski, W. Internet of Energy (IoE) and high-renewables electricity system market design / W. Strielkowski // *Energies*. – 2019. – № 12 (24) : 4790. – P. 1-17. – ISSN 1996-1073.

45. Zancanella, P. Demand response status in EU Member States / P. Zancanella, P. Bertoldi, B. Kiss. – Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2016. – 153 p. – ISBN 978-92-79-59817-3.

46. Информационный ресурс Федеральной комиссии по регулированию энергетического рынка США (FERC). Reports on demand response and advanced metering // Информационный ресурс Федеральной комиссии по регулированию энергетического рынка США (FERC). – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.ferc.gov/industries-data/electric/power-sales-and-markets/demand-response/reports-demand-response-and> (дата обращения: 03.09.2019).

47. Dupuy, M. Implementing demand response 2.0: progress toward full potential in the United States / M. Dupuy, C. Linvill // *The Electricity Journal*. – 2019. – № 7. Volume 32. – P. 106622. – ISSN 1040-6190.

48. Poplavskaya, K. Distributed energy resources and the organized balancing market: A symbiosis yet? Case of three European balancing markets / K. Poplavskaya, L. de Vries // *Energy Policy*. – 2019. – Volume 126. – P. 264-276. – ISSN 0301-4215.

49. Gugler, K. Market integration and technology mix: evidence from the German and French electricity markets / K. Gugler, A. Haxhimusa // *Energy Policy*. – 2019. – Volume 126. – P. 30-46. – ISSN 0301-4215.

50. Wang, F. The values of market-based demand response on improving power system reliability under extreme circumstances / F. Wang, H. Xu, T. Xu [et. al.] // *Applied energy*. – 2017. – Volume 193. – P. 220-231. – ISSN 0306-2619.

51. Информационный ресурс Инфраструктурного центра EnergyNet. Экспертно-аналитический доклад. Управление спросом в электроэнергетике России: открывающиеся возможности // Информационный ресурс Инфраструктурного центра EnergyNet. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/markets/dr/publication/EnergyNet_2019.pdf. (дата обращения: 06.02.2020).

52. Информационный ресурс Международного энергетического агентства. World Energy Outlook 2019 / Информационный ресурс Международного энергетического агентства. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>. (дата обращения: 12.05.2020).

53. Развитие интеллектуальных энергетических сетей в целях повышения энергетической эффективности промышленных компаний: отчет о НИР / А.В. Трачук, Н.В. Линдер [и др.]. – Москва : Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, 2018. – 190 с.

54. Информационный ресурс Международного энергетического агентства. Energy Efficiency Indicators: Overview // Информационный ресурс Международного энергетического агентства. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-indicators-overview#abstract> (дата обращения: 05.03.2021).

55. Информационный ресурс Организации объединенных наций. Повестка дня в области устойчивого развития // Информационный ресурс Организации объединенных наций. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.un.org/ru/chronicle/article/22046> (дата обращения: 05.06.2020).

56. Информационный ресурс Инфраструктурного центра EnergyNet. Применение систем накопления энергии в России: возможности и барьеры // Информационный ресурс Инфраструктурного центра EnergyNet. – Текст

: электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://energynet.ru/library> (дата обращения: 05.03.2021).

57. Информационный ресурс Bloomberg New Energy Finance. Digitalization of Energy Sector // Информационный ресурс Bloomberg New Energy Finance. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://about.bnef.com/blog/digitalization-energy-systems/> (дата обращения: 17.07.2019).

58. Накопители в электроэнергетике / Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. // Энергоэксперт. – 2018. – № 3. – С. 78-80. – ISSN 2075-6518.

59. Electricity storage and renewables: Costs and markets to 2030 – Abu Dhabi : The International Renewable Energy Agency (IRENA), 2020. – 132 p. – ISBN 978-92-9260-038-9.

60. Информационный ресурс отраслевого агентства MarketsAndMarkets. Electrical Digital Twin Market // Информационный ресурс отраслевого агентства MarketsAndMarkets. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/electrical-digital-twin-market-192874390.html> (дата обращения: 18.09.2019).

61. Ховалова, Т.В. Трансформация промышленности в условиях четвертой промышленной революции : монография / А.В. Трачук, Н.В. Линдер, Т.В. Ховалова [и др.] ; под редакцией А.В. Трачука. – Санкт-Петербург : Издательство «Реальная экономика», 2018. – 148 с. – 300 экз. – ISBN 978-5-9216-2287-6.

62. Информационный ресурс финансово-экономического журнала Forbes. Artificial Intelligence will revolutionize energy, earning billions for investors // Информационный ресурс финансово-экономического журнала Forbes. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.forbes.com/sites/arielcohen/2020/11/30/artificial-intelligence->

will-revolutionize-energy-earning-billions-for-investors/?sh =77289 4b243fb (дата обращения: 01.12.2020).

63. Kotsemir, M. Innovation concepts and typology an evolutionary discussion / M. Kotsemir, A. Abroskin, M. Dirk : Working papers. Series: Science, Technology and Innovation WP BRP 05/STI/2013. – Moscow : National Research University Higher School of Economics (HSE), 2013. – 49 p. – ISBN отсутствует.

64. Knight, K. A descriptive model of the intra-firm innovation process / K. Knight // The Journal of Business. – 1967. – № 4. Volume 40. – P. 478-496. – ISSN 00219398.

65. Tidd, J. Managing innovation: integrating technological, market and organizational change. Sixth Edition. / J. Tidd, J. Besstant. – Hoboken : John Wiley and Sons, 2018. – 608 p. – ISBN 978-1-119-37945-4.

66. OECD/Eurostat Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities. – Paris/Eurostat, Luxembourg : OECD Publishing, 2018. – 258 p. – ISBN 2413-275. – Текст : электронный. – DOI: 10.1787/9789264304604-en. – URL: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264304604-en.pdf?expires=1614796669&id=id&accname=oid022141&checksum=2542B945EB29D24EEA891C255EE8BC68> (дата обращения: 23.03.2020).

67. Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data, 3rd Edition Manuel d'Oslo: Principes directeurs pour le recueil et [‘interpretation des donnees sur l’innovation, 3e edition (Перевод на русский язык. Государственное учреждение «Центр исследований и статистики науки» (ЦИСН), 2010]. – OECD/ЕС, 2005. – 162 p. – ISBN 9789264013100.

68. Информационный ресурс OECD. Oslo Manual: OECD proposed guidelines for collecting and interpreting technological innovation data // Информационный ресурс OECD. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.oecd.org/officialdocuments/>

publicdisplaydocumentpdf/?cote=OCDE/GD(92)26&docLanguage=En (дата обращения: 18.09.2019).

69. Информационный ресурс OECD. Oslo Manual: The Measurement of Scientific and Technological Activities // Информационный ресурс OECD. – Текст : электронный. – DOI : 10.1787/19900414. – URL: https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/proposed-guidelines-for-collecting-and-interpreting-technological-innovation-data_9789264192263-en (дата обращения: 18.09.2019).

70. Freeman, C. Technical Change and Full Employment / C. Freeman, L. Soete // The Economic Journal. – 1988. – № 389. Volume 98. – P. 190-192. – ISSN 0013-0133.

71. Freeman, C. The Economics of Industrial Innovation, Second Edition / C. Freeman – London : Frances Printer, 1982. – 250 p. – ISBN 9780262060837.

72. Kleinschmidt, E.J. The impact of product innovativeness on performance / E.J. Kleinschmidt, R.G. Cooper // Journal of Product Innovation Management. – 1991. – № 8 – P. 240-251. – ISSN 1540-5885.

73. Mensch, G. Stalemate in Technology: Innovations Overcome the Depression / G. Mensch – Cambridge : Ballinger Pub Co, 1978. – 241 p. – ISBN 088410611X.

74. Zawislak, P. Technological intensity and innovation capability in industrial firms / P. Zawislak, E. Fricasso, J. Tello-Gamarra // Innovation & Management Review. – 2018. – № 2. Volume 15. – P. 189-207. – ISSN 2515-8961.

75. Ховалова, Т.В. Эффекты внедрения интеллектуальных электроэнергетических сетей / Т.В. Ховалова, С.С. Жолнерчик // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2018. – № 2. – С. 92-101. – ISSN 2618-947X.

76. Teece, D.J. Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy / D.J. Teece // Research Policy. – 1986. – № 6. Volume 15. – P. 285-305. – ISSN 0048-7333.

77. Teece, D.J. Competition, cooperation, and innovation: organizational arrangements for regimes of rapid technological progress / D.J. Teece // *Journal of Economic Behavior & Organization*. – 1992. – № 18 (1). – P. 1-25. – ISSN 0167-2681.

78. Patel, P. The technological competencies of the world's largest firms: Complex and path-dependent, but not much variety / P. Patel, K. Pavitt // *Research Policy*. – 1997. – № 2. Volume 26. – P. 141-156. – ISSN 0048-7333.

79. Guan, J. Innovative capability and export performance of Chinese firms / J. Guan, N. Ma // *Technovation*, 2003. – № 9. Volume 23. – P. 737-747. – ISSN 01664972.

80. Wang, C.H. Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty / C.H. Wang, I.Y. Lu, C.B. Chen // *Technovation*, 2008. – № 6. Volume 28. – P. 349-363. – ISSN 01664972.

81. Zawislak, P. Innovation capability: from technology development to transaction capability / P. Zawislak, A. Alves, J. Tello-Gamarra [et. al.] // *Journal of Technology Management & Innovation*. – 2012. – № 2. Volume 7. – P. 14-27. – ISSN 7182724.

82. Ховалова, Т. Инновации в электроэнергетике: виды, классификация и эффекты внедрения / Т. Ховалова // *Стратегические решения и риск-менеджмент*. – 2019. – № 3. Том 10. – С. 274-283. – ISSN 2618-947X.

83. Российская Федерация. Законы. Об электроэнергетике : федеральный закон [принят Государственной думой 21 февраля 2003 года]. – Справочно-правовая система «Консультант Плюс». – Текст : электронный. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/ (дата обращения: 09.12.2020).

84. Российская Федерация. Законы. О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации : федеральный закон [принят Государственной думой 11 декабря 2019 года]. – Справочно-правовая система «Консультант Плюс». – Текст : электронный.

– URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_341801/ (дата обращения: 15.01.2020).

85. Информационный ресурс Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. Цифровая экономика Российской Федерации. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/858/> (дата обращения: 06.02.2021).

86. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года [Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204]. – Информационно-правовой портал «ГАРАНТ.РУ». – Текст : электронный. – URL: <http://www.garant.ru/hotlaw/federal/1195467> (дата обращения: 03.04.2020).

87. Российская Федерация. Законы. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : федеральный закон [принят Государственной думой 11 ноября 2009 года]. – Справочно-правовая система «Консультант Плюс». – Текст : электронный. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения: 17.09.2019).

88. Информационный ресурс Министерства энергетики Российской Федерации. Цифровизация энергетики // Информационный ресурс Министерства энергетики Российской Федерации. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://in.minenergo.gov.ru/energynet/docs/%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F%20%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.pdf> (дата обращения: 01.03.2020).

89. Информационный ресурс Министерства энергетики Российской Федерации. Измерение и оценка результатов и эффектов цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса: материалы,

подготовленные Институтом энергетических исследований РАН (ИНЭИ РАН) по результатам выполнения НИР по теме «Разработка научно обоснованных предложений по измерению и оценке результатов и эффектов цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса» // Информационный ресурс Министерства энергетики Российской Федерации. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://in.minenergo.gov.ru/upload/iblock/29a/29a0484ea0e4bd272252a486a80f2c32.pdf> (дата обращения: 01.03.2020).

90. Информационный ресурс государственного фонда фондов и института развития венчурного рынка Российской Федерации АО «РВК». Проект «Цифровой РЭС-Янтарьэнерго» масштабируют не только в России, но и за рубежом // Информационный ресурс государственного фонда фондов и института развития венчурного рынка Российской Федерации АО «РВК». – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.rvc.ru/press-service/media-review/nti/150446/> (дата обращения: 15.01.2020).

91. Информационный ресурс газеты «Энергетика и промышленность России». Ульяновской области появится первый цифровой РЭС // Информационный ресурс газеты «Энергетика и промышленность России». – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.eprussia.ru/news/base/2019/2919680.htm> (дата обращения: 15.01.2020).

92. Информационный ресурс ПАО «Россети Центр и Поволжье». Генеральный директор «Россети Центр» – управляющей организации «Россети Центр и Приволжье» Игорь Маковский оценил реализацию проектов по цифровой трансформации энергокомплекса Удмуртии // Информационный ресурс ПАО «Россети Центр и Поволжье». – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: https://www.mrsk-sp.ru/press/company_news/Generaeti-TSentr-upravlyayushchey-organizatsii-Rosseti-TSentr-i-Privolzhe-Igor-Mak/ (дата обращения: 15.09.2020).

93. Ховалова, Т.В. Моделирование эффективности перехода на собственную генерацию / Т.В. Ховалова // Эффективное антикризисное управление. – 2017. – № 4-5 (103-104). – С. 44-57. – ISSN 2078-8886.

94. Информационный ресурс газеты «Энергетика и промышленность России». «Сименс» локализует свои решения в области интеллектуального управления микросетями // Информационный ресурс газеты «Энергетика и промышленность России». – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.eprussia.ru/news/base/2020/8753042.htm> (дата обращения: 15.01.2020).

95. Информационный ресурс ПАО «Россети Ленэнерго». Совет директоров «Россети Ленэнерго» утвердил Программу цифровой трансформации компании на 2020–2030 гг. // Информационный ресурс ПАО «Россети Ленэнерго». – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.eprussia.ru/news/base/2020/8753042.htm> (дата обращения: 15.01.2020).

96. Информационный ресурс Издательского дома «Коммерсантъ». СП БЭСК и Siemens может завершить работу, если не будет новых рынков // Информационный ресурс Издательского дома «Коммерсантъ». – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3968520> (дата обращения: 15.01.2020).

97. Информационный ресурс газеты «Энергетика и промышленность России». На мегаватты накрутили мегацену: Спад потребления не сдержал стоимость энергии. // Информационный ресурс газеты «Энергетика и промышленность России». – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.eprussia.ru/prensa/articles/2768375.htm> (дата обращения: 09.02.2021).

98. Информационный ресурс Издательского дома «Коммерсантъ». Бизнес вынужден уходить на собственную генерацию. // Информационный ресурс Издательского дома «Коммерсантъ». – Текст : электронный.

– DOI отсутствует. – URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2019/10/11/813442-biznes-sobstvennyu-generatsiyu> (дата обращения: 07.02.2020).

99. Информационный ресурс Инфраструктурного центра EnergyNet. Активные энергетические комплексы – первый шаг к промышленным микрогридам в России // Информационный ресурс Инфраструктурного центра EnergyNet. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: http://www.ntc-msk.ru/assets/upload/testimonials/Doklad_AEK_2020.pdf (дата обращения: 17.03.2021).

100. Информационный ресурс Центра стратегических разработок. Рынок систем накопления электроэнергии в России: потенциал развития // Информационный ресурс Центра стратегических разработок. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.csr.ru/upload/iblock/d11/d1165e0f8aa6d8909cf45408b0f188d2.pdf> (дата обращения: 05.04.2020).

101. Информационный ресурс независимого национального отраслевого консультанта по вопросам развития ТЭК России Vygon Consulting. Накопители энергии в России : инъекция устойчивого развития // Информационный ресурс независимого национального отраслевого консультанта по вопросам развития ТЭК России Vygon Consulting. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: https://vygon.consulting/upload/iblock/e44/vygon_consulting_storage.pdf (дата обращения: 05.03.2021).

102. Информационный ресурс Министерства энергетики Российской Федерации. Концепция развития рынка систем хранения электроэнергии в Российской Федерации // Информационный ресурс Министерства энергетики Российской Федерации. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://minenergo.gov.ru/view-pdf/9013/74739> (дата обращения: 11.02.2020).

103. Информационный ресурс АО «Роснано». Накопительная сила энергии. В России формируется рынок систем накопления энергии // Информационный ресурс АО «Роснано». – Текст : электронный.

– DOI отсутствует. – URL: <https://www.rusnano.com/about/press-centre/media/20190918-kommersant-nakopitel'naya-sila-energii> (дата обращения: 18.11.2019).

104. Информационный ресурс АО «Роснано». Аккумуляторы выходят в сеть. Накопители электроэнергии могут признать генерирующим оборудованием // Информационный ресурс АО «Роснано». – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.rusnano.com/about/press-centre/media/20200420-kommersant-liotekh-nakopiteli-elektroenergii-mogut-priznat-generiruyushhim-oborudovaniem> (дата обращения: 22.04.2020).

105. Информационный ресурс Ассоциации развития возобновляемой энергетики. Рынок возобновляемой энергетики России: текущий статус и перспективы развития // Информационный ресурс Ассоциации развития возобновляемой энергетики. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://rreda.ru/bulletin> (дата обращения: 22.04.2020).

106. Информационный ресурс газеты «Ведомости». Зеленая энергия в России вскоре может стать дешевле традиционной // Информационный ресурс газеты «Ведомости». – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2020/05/26/831097-zelenaya-energiya-v-rossii-vskore-mozhet-stat-deshevle-traditsionnoi> (дата обращения: 09.06.2020).

107. Информационный ресурс независимого национального отраслевого консультанта по вопросам развития ТЭК России Vygon Consulting. Demand Response на российском рынке: барьеры и перспективы // Информационный ресурс независимого национального отраслевого консультанта по вопросам развития ТЭК России Vygon Consulting. – Текст: электронный. – DOI отсутствует. – URL: https://vygon.consulting/upload/iblock/7c7/vygon_consulting_dr.pdf (дата обращения: 12.10.2020).

108. Информационный ресурс информационно-аналитического портала об энергетике в России и в мире «Переток.ру». Эксперимент по агрегации спроса пока не повлиял на энергоцены // Информационный ресурс информационно-аналитического портала об энергетике в России и в мире «Переток.ру». – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://peretok.ru/news/worldenergy/23056/> (дата обращения: 15.01.2021).

109. Информационный ресурс информационно-аналитического портала об энергетике в России и в мире «Переток.ру». НТИ: «Управление спросом на электроэнергию в РФ позволит экономить до 100 млрд руб. в год» // Информационный ресурс информационно-аналитического портала об энергетике в России и в мире «Переток.ру». – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://peretok.ru/news/strategy/20533/> (дата обращения: 15.01.2021).

110. Информационный ресурс Министерства экономического развития Российской Федерации. Государственный доклад: О состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации // Информационный ресурс Министерства экономического развития Российской Федерации. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL : [https://www.economy.gov.ru/material/file/c3901dba442f8e361d68bc019d7e\(e83f/Energyefficiency2020.pdf](https://www.economy.gov.ru/material/file/c3901dba442f8e361d68bc019d7e(e83f/Energyefficiency2020.pdf) (дата обращения: 15.01.2021).

111. Бриллиантова, В.В. Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / В.В. Бриллиантова, Ю.В. Галкин, А.А. Галкина [и др.] ; под редакцией А.А. Макарова, Т.А. Митровой, В.А. Кулагина. – Москва : ИНЭИ РАН – Московская школа управления СКОЛКОВО, 2019. – 210 с. – ISBN 978-5-91438-028-8.

112. Российская Федерация. Законы. «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с развитием систем учета электрической энергии (мощности) в Российской Федерации» : федеральный закон [принят Государственной Думой 19 декабря 2018 года]

– Справочно-правовая система «Консультант Плюс». – Текст : электронный.
– URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_314661/ (дата обращения: 15.03.2021).

113. Информационный ресурс по корпоративной информатизации TAdviser. «Россети»: «Цифровая трансформация 2030». Подробнее о том, что такое цифровая электрическая сеть // Информационный ресурс по корпоративной информатизации TAdviser. – Текст : электронный.
– DOI отсутствует. – URL: <https://www.tadviser.ru/> (дата обращения: 02.03.2020).

114. Информационный ресурс Министерства энергетики Московской области. С 1 июля 2020 года ответственность за приборы учета электроэнергии переходит от потребителей к энергетическим компаниям // Информационный ресурс Министерства энергетики Московской области. – Текст : электронный.
– DOI отсутствует. – URL: <https://minenergo.mosreg.ru/press/press-releases/07-07-2020-16-22-06-s-1-iyulya-2020-goda-otvetstvennost-za-pribory-uch> (дата обращения: 17.08.2020).

115. Информационный ресурс ПАО «Россети». Концепция. Цифровая трансформация 2030 // Информационный ресурс ПАО «Россети». – Текст : электронный. – DOI отсутствует.
– URL: https://www.rosseti.ru/investment/Kontseptsiya_Tsifrovaya_transformatsiya_2030.pdf (дата обращения: 09.02.2020).

116. Тарасов, И.В. Технологии индустрии 4.0: Влияние на повышение производительности промышленных компаний / И.В. Тарасов // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2018. – № 2. – С. 62-69. – ISSN 2618-947X.

117. Shawhan, D. Benefits of energy technology innovation. Part 1: Power Sector Modeling Results / D. Shawhan, C. Funke, S. Witkin. – Washington : Resources for the Future, 2020. – 70 p. – ISBN отсутствует.

118. Информационный ресурс консалтинговой компании Roland Berger. Международный опыт цифровой трансформации электроэнергетики.

Доклад на стратегической сессии Ассоциации организаций цифрового развития отрасли «Цифровая энергетика» // Информационный ресурс консалтинговой компании Roland Berger. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/rolandberger_utilities_digitaltransformation_2020.pdf (дата обращения: 05.07.2020).

119. Bass, F.M. A new product growth for model consumer durables / F.M. Bass // Management Science. – 1969. – № 5. Volume 15. – P. 215-227. – ISSN 0025-1909.

120. Rogers, E.M. The diffusion of innovations / E.M. Rogers. – New York : Free Press of Glencoe, 1962. – 367 p. – ISBN 9780598411044.

121. Moore, J. Crossing the chasm / J. Moore. – Oxford : John Wiley and Sons Ltd, 1998. – 227 p. – ISBN 1841120634.

122. Информационный ресурс Министерства энергетики Российской Федерации. Анализ уровня внедрения и использования цифровых информационных систем и платформенных решений различной функциональности и степени интеграции в организациях топливно-энергетического комплекса, анализа потребности компаний в платформенных решениях, определения структуры, потенциального объема данных и информации, создаваемых и используемых на различных уровнях (от объекта до отрасли) и их основных характеристик, необходимых для достижения эффектов от цифровизации // Информационный ресурс Министерства энергетики Российской Федерации. - Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://in.minenergo.gov.ru/upload/iblock/971/971c417247ad76e15c6d3b910dc9dcca.pdf> (дата обращения: 05.07.2020).

123. Rogers, E. The diffusion of interactive communication innovations and the critical mass: the adoption of telecommunications services by German banks / E. Rogers, A. Mahler // Telecommunications Policy. – 1999. – № 23. – P. 719-740. – ISSN 3085961.

124. Промышленное производство в России : статистический сборник 2019. – Москва : Росстат, 2019. – 286 с. – ISBN 978-5-89476-474-0.

125. Damanpour, F. Combinative effects of innovation types and organizational performance: a longitudinal study of service organizations / F. Damanpour, R. Walker, C. Acellaneda // Journal of Management Studies. – 2009. – № 46 (4). – P. 650-675. – ISSN 1467-6486.

126. Molla, A. eCommerce adoption in developing countries / A. Molla, P. Lecker // Information & Management. – 2005. – № 6. Volume 42. – P. 877-899. – ISSN 0378-7206.

127. Трачук, А.В. Распространение инструментов электронного бизнеса в России: результаты эмпирического исследования / А.В. Трачук, Н.В. Линдер // Российский журнал менеджмента. – 2017. – № 1. Том 15. – С. 27-50. – ISSN 1729-7427.

128. Gupta, P. The usage and adoption of cloud computing by small and medium businesses / P. Gupta, A. Seetharaman, J. Raj // International Journal of Information Management. – 2013. – № 33 (5). – P. 861-874. – ISSN 0268-4012.

129. Информационный ресурс консалтинговой компании KPMG. Цифровые технологии в российских компаниях. Результаты исследования // Информационный ресурс консалтинговой компании KPMG. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2019/01/ru-ru-digital-technologies-in-russian-companies.pdf> (дата обращения: 05.07.2020).

130. Ховалова, Т.В. Концепция интернета энергии в России: драйверы и перспективы / Т.В. Ховалова, Г.Г. Налбандян // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2018. – № 3. Том 10. – С. 60-65. – ISSN 2618-947X.

131. Wei, J. Government support and firm innovation performance: Empirical analysis of 343 innovative enterprises in China / J. Wei, L. Yang // Chinese Management Studies. – 2015. – № 1. Volume 9. – P. 38-55. – ISSN 1750-614X.

132. Информационный ресурс газеты «Энергетика и промышленность России». Средний показатель износа электросетевой инфраструктуры «Россети» может превысить 60% к 2025 году // Информационный ресурс газеты «Энергетика и промышленность России». – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.eprussia.ru/news/base/2021/2875181.htm> (дата обращения: 10.02.2021).

133. Информационный ресурс Института экономики естественных монополий РАНХиГС. Аналитические материалы «Электросетевой комплекс Российской Федерации: анализ состояния и организационная структура» // Информационный ресурс Института экономики естественных монополий РАНХиГС. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <http://em.ranepa.ru/nir/power-transmission/606-2020-13-3-ex-sum-1> (дата обращения: 29.04.2021).

134. Arundel, A. Enterprise strategies and barriers to innovation / A. Arundel, R. Garrelfs // *Innovation Measurement and Policies*. – 1996. – Volume 50. – P. 101-108. – ISSN 1018-5593.

135. Savignac, F. Impact of financial constraints on innovation: what can be learned from a direct measure? / F. Savignac // *Economics of Innovation and New Technology*. – 2008. – № 17 (6). – P. 553-569 – ISSN 14768364.

136. Кобец, Б.Б. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid / Б.Б. Кобец, И.О. Волкова. – Москва : ИАЦ Энергия, 2010. – 208 с. – ISBN 978-5-98420-075-2.

137. Wong, S. The role of management involvement in innovation / S. Wong // *Management Decision*. – 2013. – № 4. Volume 51. – P. 709-729. – ISSN 0025-1747.

138. Ворожихин, В. Организационно-экономические механизмы развития энергетики / В. Ворожихин. – Саарбюккен : OmniScriptum Publishing KS, 2013. – 245 с. – ISBN отсутствует.

139. Hannan, M. Structural inertia and organizational change / M. Hannan, J. Freeman // *American Sociological Review*. – 1984. – № 49 (2). – P. 149-164. – ISSN 0003-1224.
140. Dougherty, D. Interpretive barriers to successful product innovation in large firms / D. Dougherty // *Organization Science*. – 1992. – № 3 (2). – P. 179-202. – ISSN 1047-7039.
141. Nelson, R.R. An evolutionary theory of economic change / R.R. Nelson, S.G. Winter. – Boston : Harvard University Press, 1982. – 454 p. – ISBN 0674272285.
142. Володин, Ю.В. Тарифная политика и перекрестное субсидирование в электро- и теплоэнергетике / Ю.В. Володин, Н.В. Линдер // *Стратегии бизнеса*. – 2017. – № 1. – С. 37-47. – ISSN 2311-7184.
143. Воропай, Н.И. Проблемы развития цифровой энергетики в России / Н.И. Воропай, М.В. Губко, С.П. Ковалев [и др.] // *Проблемы управления*. – 2019. – № 1. – С. 2-14. – ISSN 1819-3161.
144. Nechaev, A. Tax stimulation of innovation activities enterprises / A. Nechaev, O. Antipina // *Mediterranean Journal of Social Sciences*. – 2015. – № 1. Volume 6. – P. 42-47. – ISSN 2039-9340.
145. Массель, Л.В. Методы и интеллектуальные технологии научного обоснования стратегических решений по цифровой трансформации энергетики / Л.В. Массель // *Энергетическая политика*. – 2018. – № 5. – С. 30-43. – ISSN 2409-5516.
146. Козлов, С.В. Правовые основы цифровизации энергетики в России / С.В. Козлов // *Право и экономика*. – 2018. – № 12. – С. 31-40. – ISSN 0869-7671.
147. D'Este, P. What hampers innovation? Revealed barriers versus deterring barriers / P. D'Este, S. Iammarino, M. Savona // *Research Policy*. – 2012. – № 41. – P. 482-488. – ISSN 0048-7333.
148. Rogers, E.M. The diffusion of innovations / E.M. Rogers. – New York : Free Press, 1995. – 519 p. – ISBN 978-0028740744.

149. Tourigny, D., Impediments to innovation faced by Canadian manufacturing firms / D. Tourigny, C. Le // *Economics of Innovation and New Technology*. – 2004. – № 13 (3). – P. 217-250. – ISSN 14768364.

150. Информационный ресурс компании E.ON. Future forward // Информационный ресурс компании E.ON. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.eon.com/en/innovation/innovation-frontline/future-forward.html> (дата обращения: 15.10.2021).

151. Информационный ресурс компании RWE. Innovation and technology // Информационный ресурс компании RWE. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.rwe.com/en/our-portfolio/innovation-and-technology> (дата обращения: 15.10.2021).

152. Информационный ресурс компании EDF. A better kind of energy company // Информационный ресурс компании EDF. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.edfenergy.com/about/governance/business-strategy> (дата обращения: 15.10.2021).

153. Информационный ресурс компании Fortum. Our stories and articles // Информационный ресурс компании Fortum. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.edfenergy.com/about/governance/business-strategy> (дата обращения: 15.10.2021).

154. Информационный ресурс Госкорпорации Росатом. Управление инновациями // Информационный ресурс Госкорпорации Росатом. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <http://www.innov-rosatom.ru/about/upravlenie-innovatsiyami/> (дата обращения: 15.10.2021).

155. Информационный ресурс ПАО «РусГидро». Инновации // Информационный ресурс ПАО «РусГидро». – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: http://www.rushydro.ru/sustainable_development/program_innovation/ (дата обращения: 15.10.2021).

156. Механизмы поддержки проектов в сфере развития цифровых высокотехнологичных направлений: отчет о НИР / А. В. Трачук, Н. В. Линдер

[и др.]. – Москва : Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, 2021 – 193 с.

157. ГОСТ Р 57313-2016 Инновационный менеджмент. Руководство по управлению инновациями. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 45 с.

158. Peer-to-peer electricity trading innovation landscape brief – Abu Dhabi : The International Renewable Energy Agency (IRENA), 2020. – 20 p. – ISBN 978-92-9260-174-4.

159. Ninomiya, Y. Peer-to-Peer (P2P) electricity trading and power purchasing agreements (PPAs). Part 2 of the GJETC Study on Digitalization and the Energy Transition / Y. Ninomiya, A. Sasikava, J. Schroder. – Wuppertal : Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, 2020. – 73 p. – ISBN отсутствует.

160. Neves, D. Peer-to-peer energy trading potential: An assessment for the residential sector under different technology and tariff availabilities / D. Neves, I. Scott, C. Silva // Energy. – 2020. – Volume 205. – P. 118023. – ISSN 2058-7546.

161. Информационный ресурс агентства Smart Energy International. The benefits of Peer-To-Peer Electricity Trading for communities and grid expansion // Информационный ресурс агентства Smart Energy International. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.smart-energy.com/industry-sectors/distributed-generation/the-benefits-of-p2p-electricity-trading-for-communities-and-grid-expansion/> (дата обращения: 11.12.2020).

162. Информационный ресурс Международного энергетического агентства. Smart grid case studies. Innovative regulatory approaches with focus on experimental sandboxes // Информационный ресурс Международного энергетического агентства. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: https://www.iea-isgan.org/wp-content/uploads/2019/05/ISGAN_Casebook-on-Regulatory-Sandbox-A2-1.pdf (дата обращения: 11.11.2019).

163. Информационный ресурс Министерства энергетики Республики Литва. Regulatory Sandbox for the Energy Sector // Информационный ресурс Министерства энергетики Республики Литва. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://enmin.lrv.lt/en/sectoral-policy/research-and->

innovation-in-the-energy-sector/regulatory-sandbox-for-the-energy-sector (дата обращения: 11.11.2019).

164. Информационный ресурс Инфраструктурного центра EnergyNet. Новые рынки энергетических решений для Юго-Восточной Азии // Информационный ресурс Инфраструктурного центра EnergyNet. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.digital-energy.ru/wp-content/uploads/2019/12/novie-rynki-energeticheskikh-resheniy.pdf> (дата обращения: 12.02.2020).

165. Информационный ресурс регулятора в области энергетики Великобритании Ofgem. Insights from running the regulatory sandbox // Информационный ресурс регулятора в области энергетики Великобритании Ofgem. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.ofgem.gov.uk/publications/insights-running-regulatory-sandbox> (дата обращения: 12.02.2020).

166. Информационный ресурс Инфраструктурного центра EnergyNet. Об экономической эффективности одноранговой торговли энергией // Информационный ресурс Инфраструктурного центра EnergyNet. – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://medium.com/internet-of-energy/p2p-c6734b2b4997> (дата обращения: 12.02.2020).

167. Информационный ресурс Ассоциации «Цифровая энергетика». Российские КИИ подверглись усиленным атакам // Информационный ресурс Ассоциации «Цифровая энергетика». – Текст : электронный. – DOI отсутствует. – URL: <https://www.digital-energy.ru/2021/07/14/%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5-%D0%BA%D0%B8%D0%B8-%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D1%81%D1%8C-%D1%83%D1%81%D0%B8%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B/industry/> (дата обращения: 14.07.2021).

168. Информационный ресурс Министерства энергетики Российской Федерации. Об отрасли // Информационный ресурс Министерства энергетики

Российской Федерации. – Текст : электронный. – DOI отсутствует.
– URL: <https://minenergo.gov.ru/node/489> (дата обращения: 14.07.2021).

169. Российская Федерация. Законы. «Об особенностях функционирования электроэнергетики и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу некоторых законодательных актов Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона «Об электроэнергетике» в действующей редакции : федеральный закон [принят Государственной думой 21 февраля 2003]. – Справочно-правовая система «Консультант Плюс». – Текст : электронный.
– URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41476/ (дата обращения: 14.07.2021).

170. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года [Распоряжение Правительства Российской Федерации от 09 июня 2020 года № 1523-р] // Официальный интернет-портал Правительства Российской Федерации. – Текст : электронный.
– URL: <http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4IgsApssm6mZRb7wx.pdf> (дата обращения: 14.07.2021).

Список иллюстративного материала

1 Список рисунков

Рисунок 1 Динамика роста установленной мощности, основанной на ВИЭ (2010 – 2019 гг.).....	20
Рисунок 2 Объявленная средняя аукционная цена солнечной электроэнергии и электроэнергии, генерируемой с помощью ветра	20
Рисунок 3 Преимущества от цифровизации электроэнергетической отрасли.....	23
Рисунок 4 Прогноз развития систем управления спросом в мире до 2025 года	29
Рисунок 5 Эффекты в результате внедрения цифровых технологий в электроэнергетике	46
Рисунок 6 Динамика одноставочной цены на электроэнергию для промышленных предприятий в России	47
Рисунок 7 Прогноз объема рынка промышленных и коммерческих микрогридов в России.....	49
Рисунок 8 Этапы внедрения цифровых решений в российской электроэнергетике	62
Рисунок 9 Характеристика уровня зрелости компаний в электроэнергетической отрасли.....	107
Рисунок 10 Стадийная модель инновационного процесса компаний	121
Рисунок 11 Схема «воронки» открытых инноваций	121
Рисунок 12 Формальная модель инновационного процесса компаний электроэнергетики.....	122
Рисунок 13 Стадийная модель открытых инноваций с отражением ключевых транзакций инновационной платформы.....	123
Рисунок 14 Преимущества, создаваемые в результате развития одноранговой торговли электроэнергией	130

2 Список таблиц

Таблица 1 Мегатренды и драйверы изменения энергетической системы.....	21
Таблица 2 Технологии четвертой промышленной революции в электроэнергетике	24
Таблица 3 Сравнение классификаций инноваций в «Руководстве Осло» с 1992 по 2018 гг.	38
Таблица 4 Детализация процессных инноваций в «Руководстве Осло» 2018 года.....	39
Таблица 5 Типология инноваций по степени глубины изменений	40
Таблица 6 Классификация инноваций, выделенная П. Завацлаком.....	41
Таблица 7 Предлагаемая классификация инноваций в электроэнергетике	42
Таблица 8 Ожидаемые эффекты от внедрения систем накопления электроэнергии в России с 2025 года.....	51
Таблица 9 Суммарные объемы экономии затрат на электроэнергию для промышленных предприятий в год	57
Таблица 10 Оценка экономического эффекта от внедрения новых технологий для компаний электроэнергетики	58
Таблица 11 Оценка параметров p и q для интерактивных и неинтерактивных технологий	64
Таблица 12 Прогноз распространения новых технологий в электроэнергетике	64
Таблица 13 Доля затрат на электроэнергию по видам экономической деятельности	65
Таблица 14 Факторы, оказывающие влияние на процесс принятия инноваций	67
Таблица 15 Характеристика компаний в выборке: контрольные переменные	70

Таблица 16 Частота упоминания факторов, влияющих на принятия решения о внедрении инноваций	70
Таблица 17 Результаты регрессионного анализа факторов, способствующих внедрению инноваций в компаниях электроэнергетики	72
Таблица 18 Характеристика компаний в выборке: контрольные переменные	77
Таблица 19 Частота упоминания факторов, влияющих на принятие решения о внедрении инноваций среди промышленных компаний	77
Таблица 20 Результаты регрессионного анализа факторов, способствующих внедрению инноваций в промышленных компаниях	79
Таблица 21 Частота упоминания факторов, препятствующих распространению инноваций в электроэнергетике	84
Таблица 22 Результаты регрессионного анализа барьеров внедрения инноваций в электроэнергетических компаниях	88
Таблица 23 Барьеры внедрения инноваций, выявленные в результате анализа литературы	89
Таблица 24 Результаты регрессионного анализа, отражающего влияние факторов, негативно влияющих на внедрение инноваций среди промышленных компаний	93
Таблица 25 Методика оценки уровня зрелости компаний в электроэнергетической отрасли	101
Таблица 26 Сопоставление методик оценки зрелости компаний	105
Таблица 27 Характеристики компонентов «уровня зрелости» промышленных компаний	109
Таблица 28 Уровни зрелости промышленных компаний – активных потребителей	110
Таблица 29 Характеристика критериев оценки промышленных предприятий	111
Таблица 30 Характеристика выборки промышленных предприятий для проведения опроса	112

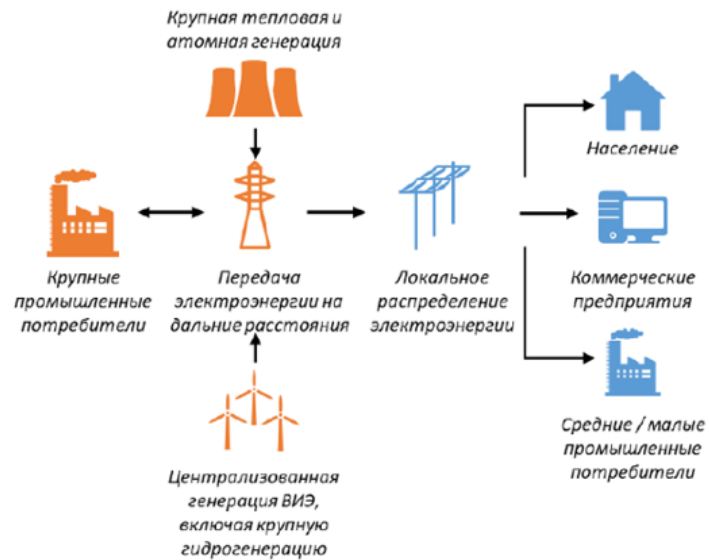
Таблица 31 Характеристика «уровня зрелости» промышленных компаний - участников исследования.....	113
Таблица 32 Анализ инструментов поддержки энергетических компаний	116
Таблица 33 Мнение экспертов по применению инструмента «платформа для обеспечения одноранговой торговли электроэнергией»	142
Таблица 34 Мнение экспертов по применению инструмента «регуляторная песочница» в электроэнергетической отрасли.....	143
Таблица 35 Мнение экспертов по применению инструмента «технологический коридор» в электроэнергетической отрасли	144
Таблица 36 Мнение экспертов по применению рекомендаций, связанных с изменением НПА.....	145
Таблица 37 Мнение экспертов по внедрению методики оценки уровня зрелости компаний в электроэнергетической отрасли.....	147
Таблица 38 Прогноз распространения новых технологий в электроэнергетике с учетом предлагаемых инструментов.....	148

Приложение А

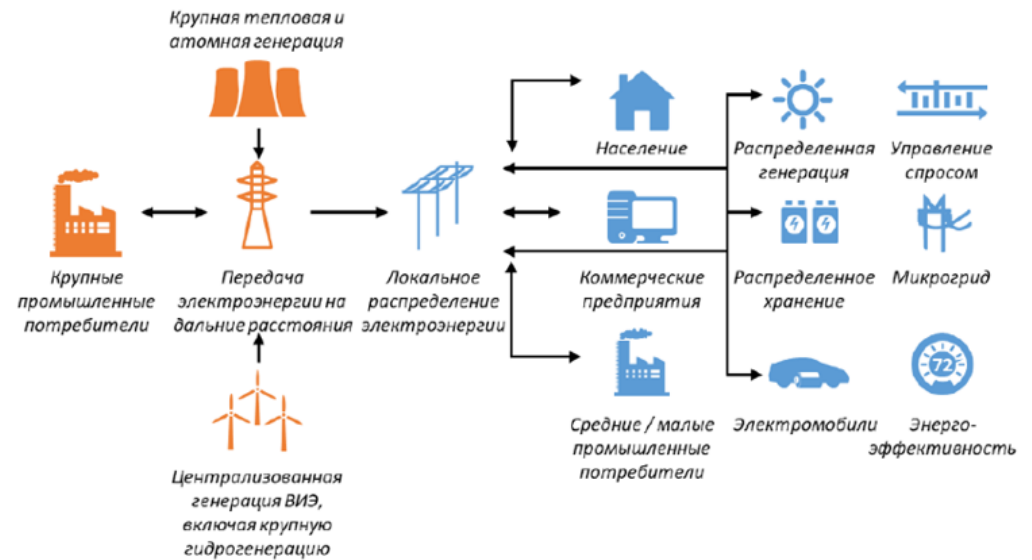
(информационное)

Трансформация традиционной энергетической системы в энергетику будущего

Традиционная централизованная энергетика



Формирующаяся децентрализованная модель энергетики



Источник: составлено автором по материалам [28].

Рисунок А.1 – Трансформация традиционной энергетической системы в энергетику будущего

Приложение Б

(информационное)

Компоненты регулирования спроса



Источник: составлено автором по материалам [53].

Рисунок Б.1 – Компоненты регулирования спроса

Приложение В

(информационное)

Цели управления спросом



Источник: составлено автором по материалам [51].

Рисунок В.1 – Цели управления спросом

Приложение Г

(информационное)

Примеры реализации проектов по цифровизации в электроэнергетической отрасли России

Таблица Г.1 – Примеры реализации проектов по цифровизации в электроэнергетике России

Город	Участники проекта	Характеристика проекта
1	2	3
Калининград	Россети, Янтарьэнерго, Энерджинет Таврида Электрик	Цифровой РЭС – Янтарьэнерго. Реализация проекта 2016-2018 гг. (3 этапа) Достигнутые результаты проекта включают: Сокращение времени обесточения потребителей электроэнергии: показатель в Багратионовской РЭС сократился в 5 раз по сравнению с показателем 2013 года; сокращение количества обесточенных потребителей и локализация участка обесточения: достижение показателя 7-10 отключенных подстанций по сравнению с 20-30 (500-900 человек вместо 2-3 тыс. человек соответственно); сокращение недоотпуска электроэнергии при аварийных отключениях на 60,3%, при плановых отключениях на 15,9%; сокращение количества отключений потребителей в год на 74,5%, сокращение длительности отключений на 53,1% в год.
Ульяновск	ПАО «МРСК Волги»	Масштабирование проекта Цифровой РЭС до 2030 года. Планируется, что реализация проекта обеспечит максимальную наблюдаемость и управляемость сети в режиме реального времени, контроль параметров и режимов работы, самодиагностику и самовосстановление сети. В конечном итоге энергетики планируют добиться снижения показателей аварийности на 50%, снизить среднее время восстановления электроснабжения в случае технологического нарушения в сети и сократить время технологического присоединения к сети новых потребителей в 1,5 раза.
Ижевск	«Россети - Центр и Поволжье»	Масштабирование проекта Цифровой РЭС. Цифровое оборудование позволяет находить и выделять повреждённый участок сети, а затем оперативно ликвидировать технологическое нарушение, сохраняя электроснабжение основной части потребителей. Внедрение цифрового оборудования позволит работать не на устранение нештатных ситуаций, а на предупреждение технологических нарушений, улучшить показатели надежности и качества электроэнергии, поставляемой потребителям

Продолжение таблицы Г.1

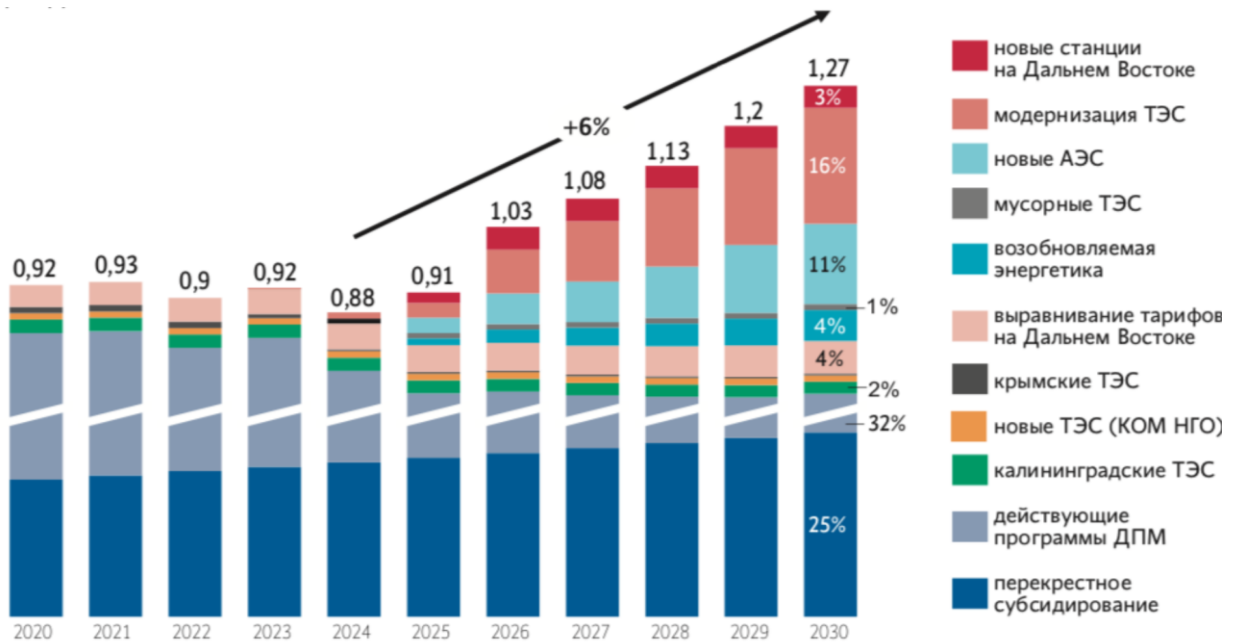
1	2	3
		Удмуртской Республики
Саратов	Балтэнергомаш Сименс	В 2020 году компании подписали соглашение, которое предусматривает использование цифровых решений Сименс с целью интеллектуального управления микросетями, создание и использование цифровых платформ на базе IoT для мониторинга накопителей и солнечных панелей Балтэнергомаш
Санкт-Петербург		Общий объем затрат на мероприятия Программы Цифровой трансформации составляет 54,7 млрд руб. до 2030 года. Их успешная реализация позволит получить улучшение показателей к 2030 году: в части снижения потерь на 35,8%, снижения средней длительности отключения на 56,9%, повышения производительности труда на 48,2%. Все мероприятия Программы являются экономически эффективными, общий срок окупаемости составляет 9 лет.
Уфа	БЭСК, Сименс	В 2019 году руководство БЭСК отметило, что стоимость проекта составила 4 млрд руб., планируемый срок окупаемости проекта 9 лет. Реализация проекта позволила снизить потери в сетях с 18% до 12%, планируется дальнейшее снижение показателя до 8%. Отмечается сокращение времени реагирования на неполадки, а также снижение затрат на обслуживание оборудования на 20%.

Источник: составлено автором по материалам [90-94].

Приложение Д

(информационное)

Надбавки для промышленных предприятий в период с 2020 по 2030 годы



Источник: составлено автором по материалам [98].

Рисунок Д.1 – Надбавки для промышленных предприятий в период 2020-2030 гг.

Приложение Е

(информационное)

Результаты корреляционного анализа драйверов для компаний электроэнергетической отрасли

Таблица Е.1 – Результаты корреляционного анализа драйверов для компаний электроэнергетической отрасли

Фактор	Y	Econ1	Econ2	Econ3	Tech1	Bnf1	Bnf2	Bnf3	Bnf4	P1	P2	Reg1	Reg2	Int1	Int2	Int3	Ind1	Ind2	Prt1	Prt2
Y	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Econ1	0,812	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Econ2	0,815	0,273	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Econ3	0,729	0,173	0,168	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tech1	0,746	0,049	0,287	0,089	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bnf1	0,629	0,261	0,135	0,154	0,151	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bnf2	0,601	0,237	0,049	0,052	0,023	0,037	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bnf3	0,882	0,235	0,097	0,438	0,077	0,068	0,373	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bnf4	0,512	0,043	0,087	0,216	0,164	0,135	0,099	0,125	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P1	0,802	0,042	0,046	0,156	0,015	0,345	0,115	0,128	0,134	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	0,851	0,177	0,195	0,103	0,108	0,084	0,273	0,276	0,225	0,172	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reg1	0,823	0,048	0,297	0,147	0,086	0,043	0,141	0,078	0,038	0,114	0,179	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Reg2	0,795	0,091	0,143	0,216	0,096	0,271	0,116	0,124	0,076	0,067	0,228	0,045	1	-	-	-	-	-	-	-
Int1	0,853	0,245	0,157	0,241	0,302	0,122	0,269	0,287	0,11	0,196	0,149	0,296	0,151	1	-	-	-	-	-	-
Int2	0,756	0,029	0,117	0,158	0,148	0,078	0,183	0,151	0,062	0,096	0,176	0,123	0,142	0,801	1	-	-	-	-	-
Int3	0,825	0,202	0,186	0,174	0,193	0,239	0,084	0,162	0,303	0,223	0,126	0,254	0,174	0,823	0,756	1	-	-	-	-
Ind1	0,701	0,136	0,042	0,251	0,273	0,124	0,137	0,136	0,149	0,162	0,117	0,048	0,162	0,169	0,147	0,285	1	-	-	-
Ind2	0,675	0,078	0,011	0,153	0,065	0,087	0,064	0,118	0,084	0,077	0,222	0,065	0,029	0,011	0,098	0,095	0,011	1	-	-
Prt1	0,678	0,142	0,085	0,271	0,063	0,132	0,097	0,541	0,091	0,141	0,236	0,095	0,268	0,114	0,113	0,305	0,173	0,185	1	-
Prt2	0,515	0,322	0,157	0,052	0,105	0,321	0,159	0,015	0,397	0,217	0,087	0,352	0,178	0,251	0,084	0,259	0,065	0,126	0,753	1

Источник: составлено автором.

Приложение Ж

(информационное)

Результаты корреляционного анализа драйверов для промышленных компаний

Таблица Ж.1 – Результаты корреляционного анализа драйверов для промышленных компаний

Фактор	Y	Econ1	Econ2	Econ3	Tech1	Tech2	Bnf1	Bnf2	Bnf3	Bnf4	P1	P2	Reg1	Reg2	Int1	Int2	Int3	Ind1	Ind2	Prt1
Y	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Econ1	0,784	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Econ2	0,835	0,273	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Econ3	0,746	0,049	0,787	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tech1	0,529	0,201	0,135	0,451	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tech2	0,501	0,137	0,049	0,323	0,037	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bnf1	0,882	0,135	0,121	0,077	0,068	0,573	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bnf2	0,512	0,043	0,087	0,364	0,135	0,399	0,125	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bnf3	0,822	0,042	0,446	0,115	0,345	0,115	0,128	0,734	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bnf4	0,613	0,048	0,297	0,086	0,043	0,141	0,078	0,338	0,114	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P1	0,795	0,091	0,143	0,096	0,271	0,116	0,124	0,076	0,067	0,045	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	0,611	0,345	0,157	0,302	0,122	0,269	0,287	0,11	0,196	0,296	0,151	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Reg1	0,912	0,09	0,117	0,148	0,178	0,083	0,151	0,062	0,096	0,123	0,142	0,101	1	-	-	-	-	-	-	-
Reg2	0,701	0,136	0,042	0,273	0,124	0,137	0,136	0,149	0,162	0,048	0,162	0,169	0,147	1	-	-	-	-	-	-
Int1	0,525	0,078	0,011	0,165	0,187	0,064	0,118	0,084	0,077	0,065	0,029	0,011	0,098	0,011	1	-	-	-	-	-
Int2	0,715	0,042	0,085	0,163	0,132	0,097	0,241	0,091	0,141	0,095	0,268	0,114	0,113	0,173	0,885	1	-	-	-	-
Int3	0,678	0,222	0,157	0,105	0,221	0,159	0,115	0,097	0,217	0,352	0,178	0,251	0,084	0,065	0,326	0,253	1	-	-	-
Ind1	0,675	0,347	0,247	0,147	0,047	0,247	0,147	0,279	0,396	0,413	0,275	0,344	0,229	0,209	0,489	0,463	0,034	1	-	-
Ind2	0,796	0,207	0,176	0,339	0,137	0,302	0,347	0,124	0,22	0,095	0,152	0,387	0,048	0,304	0,137	0,261	0,139	0,098	1	-
Prt1	0,813	0,144	0,088	0,139	0,147	0,319	0,153	0,133	0,108	0,755	0,109	0,098	0,052	0,334	0,161	0,176	0,131	0,047	0,012	1

Источник: составлено автором.

Приложение И

(информационное)

Результаты корреляционного анализа барьеров для компаний электроэнергетической отрасли

Таблица И.1 – Результаты корреляционного анализа барьеров для компаний электроэнергетической отрасли

Фактор	Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Y	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-0,784	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-0,835	0,273	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-0,819	0,049	0,187	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-0,829	0,101	0,135	0,151	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-0,801	0,137	0,049	0,123	0,037	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-0,721	0,135	0,097	0,077	0,068	0,773	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-0,712	0,043	0,087	0,064	0,135	0,099	0,125	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-0,632	0,042	0,046	0,015	0,145	0,115	0,128	0,834	1	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-0,803	0,048	0,197	0,786	0,043	0,141	0,078	0,038	0,214	1	-	-	-	-	-	-	-
10	-0,795	0,091	0,143	0,096	0,771	0,116	0,124	0,076	0,067	0,045	1	-	-	-	-	-	-
11	-0,611	0,145	0,157	0,202	0,122	0,069	0,187	0,11	0,196	0,296	0,151	1	-	-	-	-	-
12	-0,746	0,09	0,117	0,724	0,178	0,083	0,051	0,062	0,096	0,523	0,142	0,101	1	-	-	-	-
13	-0,882	0,036	0,042	0,073	0,146	0,137	0,236	0,149	0,162	0,148	0,162	0,169	0,147	1	-	-	-
14	-0,775	0,078	0,011	0,065	0,087	0,064	0,118	0,084	0,077	0,165	0,029	0,111	0,098	0,211	1	-	-
15	-0,745	0,342	0,185	0,063	0,332	0,097	0,141	0,09	0,141	0,095	0,268	0,114	0,113	0,173	0,185	1	-
16	-0,678	0,022	0,157	0,105	0,121	0,159	0,015	0,097	0,217	0,152	0,178	0,251	0,084	0,065	0,726	0,253	1

Источник: составлено автором.

Приложение К

(информационное)

Результаты корреляционного анализа барьеров для промышленных компаний

Таблица К.1 – Результаты корреляционного анализа барьеров для промышленных компаний

Фактор	Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Y	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	-0,822	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-0,828	0,218	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-0,731	0,278	0,188	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-0,799	0,088	0,136	0,14	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-0,854	0,173	0,233	0,126	0,797	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-0,865	0,324	0,106	0,094	0,119	0,233	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-0,795	0,241	0,298	0,077	0,323	0,144	0,347	1	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-0,867	0,179	0,293	0,085	0,126	0,211	0,139	0,727	1	-	-	-	-	-	-	-
9	-0,756	0,141	0,279	0,203	0,313	0,146	0,102	0,115	0,055	1	-	-	-	-	-	-
10	-0,763	0,243	0,245	0,292	0,062	0,141	0,198	0,196	0,782	0,208	1	-	-	-	-	-
11	-0,754	0,183	0,163	0,327	0,329	0,182	0,141	0,081	0,398	0,262	0,202	1	-	-	-	-
12	-0,841	0,274	0,324	0,242	0,14	0,343	0,16	0,325	0,158	0,091	0,096	0,054	1	-	-	-
13	-0,854	0,315	0,082	0,092	0,173	0,348	0,276	0,174	0,118	0,286	0,249	0,251	0,176	1	-	-
14	-0,786	0,155	0,108	0,136	0,124	0,295	0,136	0,251	0,24	0,076	0,144	0,107	0,736	0,218	1	-
15	-0,873	0,042	0,184	0,174	0,337	0,134	0,076	0,105	0,209	0,349	0,176	0,158	0,317	0,082	0,275	1

Источник: составлено автором.

Приложение Л

(информационное)

Анализ инструментов, применяемых для стимулирования разработки и распространения инноваций

Таблица Л.1 – Анализ корпоративных инструментов, применяемых для стимулирования разработки и распространения инноваций

Инструмент	Краткая характеристика	Описание роли	Количество участников, высказавшихся в поддержку использования инструмента в электроэнергетике
1	2	3	4
Организационно-правовые инструменты			
Спин-офф	Организационное и правовое обособление инновационной деятельности для повышения гибкости в управлении	Инструмент, который может быть использован для выделения продукта в отдельный бизнес в случае, если имеются отличия в целевой аудитории, продукт конкурирует с существующими или требует реализации процессов, отличных от процессов основного бизнеса	1
Слияния и поглощения	Приобретение предприятий с целью получения управления над их активами, ресурсами	Используется предприятиями в том числе для формирования экосистемы (например, в области инфраструктуры зарядки автомобилей, производству систем хранения электроэнергии)	5
Поглощение команды	Приобретение предприятий с целью использования ее трудовых ресурсов	Используется предприятиями для получения трудовых ресурсов, обладающих необходимыми компетенциями (например, для быстрого создания услуг и решений в открывшемся окне возможностей)	5
Организационные инструменты			
Корпоративное предпринимательство	Особая форма предпринимательства, в том числе направленная на повышение инновационной активности сотрудников	Инструмент, используемый в компаниях различных отраслей, предполагает построение гибкой структуры, выделения ресурсов	3

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3	4
Горизонтальные структуры и инновационная культура	Повышение инновационной активности предприятия за счет делегирования ответственности вниз, снижения уровней управления, гибкого перераспределения ресурсов, ускорения процессов разработки новой продукции	Сокращение уровней управления, делегирование полномочий вниз, повышение самостоятельности рабочих подразделений и команд, ускорения процесса разработки новых продуктов	2
Корпоративный акселератор	Общее название инструмента, позволяющего крупным компаниям привлекать к сотрудничеству стартапы. Может носить характер программы, позволяющей провести пилотирование новой технологии, или образовательной программы с участием наставников	Инструмент, позволяющий обеспечить взаимодействие с заказчиком, доступ к отраслевой экспертизе, ускорить разработку и внедрение новых технологий в периметре компании	8
Корпоративный венчурный фонд	Структура организации, позволяющая отбирать и инвестировать в перспективные бизнес-идеи	Инструмент позволяет привлекать стартапы с внешней среды с целью развития новых направлений бизнеса и/или совершенствования существующих продуктов/услуг/процессов	8
Система управления идеями	Инструмент, позволяющий осуществлять сбор, обработку инновационных идей для их дальнейшей реализации	Обеспечение активного участия сотрудников в процессе генерации инновационных идей и их использование для совершенствования бизнес-процессов и услуг предприятия	6
Внутренние лаборатории (автономные подразделения)	Подразделения, направленные на повышение экспертизы, разработки новых продуктов/услуг, в том числе совместно с внешними научно-исследовательскими центрами	Инструмент, используемый для внутренних исследований и разработок, но для проектов, ориентированных на бизнес-результат и выпуск продукта на рынок, требуется большая вовлеченность в хозяйственную деятельность	7
		Формирование из лабораторий полноценных бизнес-единиц	
		Формирование совместных проектов и команд на стыке между бизнес-подразделениями и исследовательскими командами	
КПЭ в области оценки инновационной активности	Система оценки сотрудников и контроля инновационной деятельности посредством разработки КПЭ (KPI)	Позволяет сравнивать ожидаемые и достигнутые результаты и оценивать выполнение поставленных целей	7
Экспертные совещательные органы по инновационной деятельности	Структура организации, в задачи которой входит проведение экспертизы проектов и	Позволяет обеспечить более тщательную проработку проектов, принимаемых к исполнению	6

Продолжение таблицы Л.1

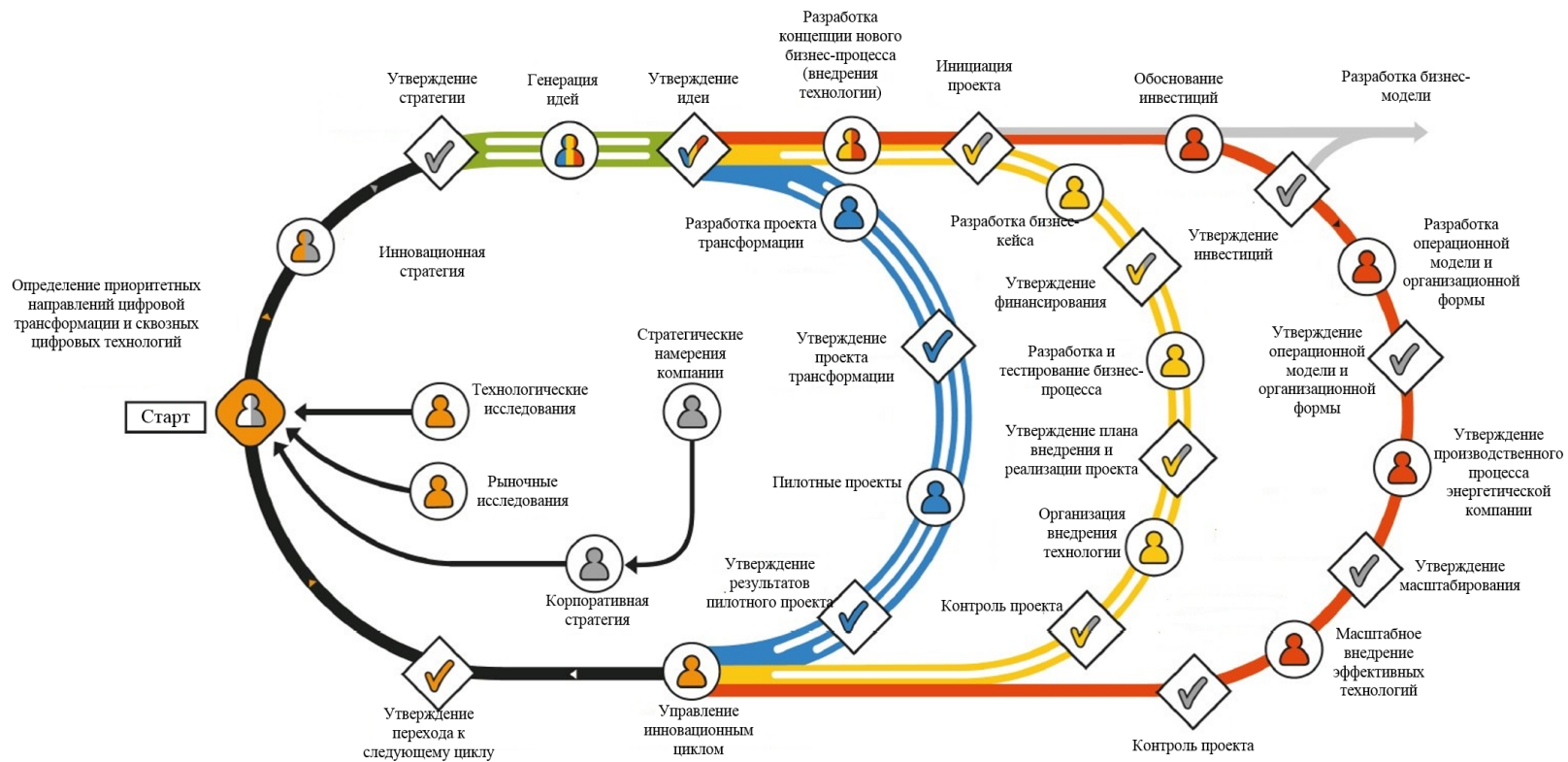
1	2	3	4
	определение ключевых направлений инновационного развития		
Обучающие программы	разработка обучающих программ повышения квалификации сотрудников по направлениям инновационной деятельности, программ подготовки молодых специалистов, системы непрерывного обучения	Обеспечивает подготовку специалистов, которые смогут внедрять и пользоваться новыми технологиями	8

Источник: составлено автором по материалам [156].

Приложение М

(информационное)

Расширенная линейно-циклическая модель инновационного процесса электроэнергетической компании



Источник: составлено автором по материалам [156].

Рисунок М.1 – Расширенная линейно-циклическая модель инновационного процесса электроэнергетической компании

Приложение Н

(информационное)

Инструменты поддержки внедрения инновационных проектов в электроэнергетических компаниях

Таблица Н.1 – Инструменты поддержки внедрения инновационных проектов в электроэнергетических компаниях

Цикл модели инновационного процесса	Внутрикорпоративные инструменты	Внешние институты и инструменты	Характер транзакций	Описание механизма поддержки проектов
1	2	3	4	5
От идеи к пилотному проекту	Корпоративный акселератор	Конкурсы и хаконы	Привлечение внешних команд под инновационные задачи (1)	Организация процедур отбора команд и предоставление методической, информационной и экспертной поддержки
	Система управления идеями	Инициаторы и их команды		Организация сбора и рассмотрения инвестиционных идей и перспективных решений
	Внутренняя лаборатория (автономные подразделения)	Не вовлекается		Формулировка собственных проектов для внешних и внутренних команд
	Корпоративный венчурный фонд	Не вовлекается		Организация финансирования на ранних этапах разработки
	Экспертные совещательные органы по инновационной деятельности	Не вовлекается		Осуществление отбора проектов, соответствующих стратегии организации
	Корпоративный акселератор	Инициаторы и их команды	Раннее привлечение клиентов и поставщиков для экспериментального тестирования новой технологии (2)	Корпоративные акселератор ищет заинтересованных клиентов и поставщиков для инициаторов и их команд В команды могут привлекаться дополнительные человеческие ресурсы при содействии акселератора
	Корпоративная творческая площадка	Стратегические партнеры		Партнеры компании имеют возможность свои решения для внедрения новой технологии
Программы партнерства		Мелкие и средние партнеры могут выступать как поставщики ресурсов или искать интересные для них идеи и решения для совместной разработки		

Продолжение таблицы Н.1

1	2	3	4	5
		Внешние акселераторы		Команды внешних акселераторов могут подключаться в качестве поставщиков и со-разработчиков
	Обучающие программы	Стратегические партнеры		Подготовка персонала, способного внедрять новые технологии и управлять инновационными проектами
		Корпорации развития регионов		Содействие в привлечении внимания предпринимательской молодежи и организации связей с университетскими инновационными подразделениями
От пилотного проекта к внедрению технологии	Корпоративный акселератор	Внешние акселераторы, инкубаторы, венчурные фонды	Финансовая, информационная, методическая поддержка разработки и тестирование продукта (технологий и организации бизнеса) (3)	Корпоративный акселератор привлекает из внешних акселераторов интересные стартапы, из венчурных фондов внешнее софинансирование, из инкубаторов и фондов экспертную поддержку и провайдеров менторских и тренинговых программ
	Корпоративный венчурный фонд	Проекты		Проекты ищут возможности применения технологии, получают необходимое оборудование, экспертную поддержку, потенциальных заказчиков и поставщиков
	Внутренняя лаборатория (автономные подразделения)	Стратегические партнеры	Вовлечение партнеров и клиентов для тестирования и развития продукта (4)	Проекты получают раннюю возможность адаптировать свои технологии под потребности клиентов и производственно-техническую базу партнеров
		Проекты		Пример: Оценка числа патентов и результатов интеллектуальной деятельности, количества новых услуг, уровень удовлетворенности клиентов
	КПЭ в области оценки инновационной активности	Не вовлекается		Повышение квалификации персонала для широкомасштабного внедрения новых технологий и преодоления сопротивления изменениям
	Обучающие программа	Не вовлекается		

Продолжение таблицы Н.1

1	2	3	4	5
От пилотного внедрения к массовому использованию в бизнес-процессах компании (масштабирование)	Корпоративный акселератор	Внешние консультанты, технологические брокеры	Подготовка обоснования инвестиций (5)	Инновационная единица получает помощь в глубокой подготовке технико-экономического обоснования, технологических проектов производства,
	Корпоративный венчурный фонд	Инновационная бизнес-единица (внешняя или внутренняя)		Поддержка в масштабировании (6)
		Внешние инвесторы, заинтересованные в собственности партнеры		
	Корпоративный акселератор и подразделения компании	Инновационная бизнес-единица	Проекты получают поддержку в проведении маркетинговых исследований, позиционировании новых сервисных услуг, построении каналов сбыта Проекты получают поддержку со стороны поддерживающих подразделений	
	КПЭ в области оценки инновационной активности	Не вовлекается		Пример: оценка показателей, характеризующих выполнение бизнес-процессов
	Обучающие программа	Не вовлекается		Повышение квалификации персонала для широкомасштабного внедрения новых технологий и преодоления сопротивления изменениям
	Цифровая «живая» лаборатория на базе процессов компании и партнеров Партнерская программа	Стратегические партнеры		Цифровая лаборатория организует масштабирование на площадках компании и координирует вовлечение заинтересованных партнеров Организация экспертизы от ведущих специалистов компании и партнеров
	Высшее руководство компании	Региональные корпорации развития	Инновационная бизнес-единица	Продвижение на региональные рынки (7)

Продолжение таблицы Н.1

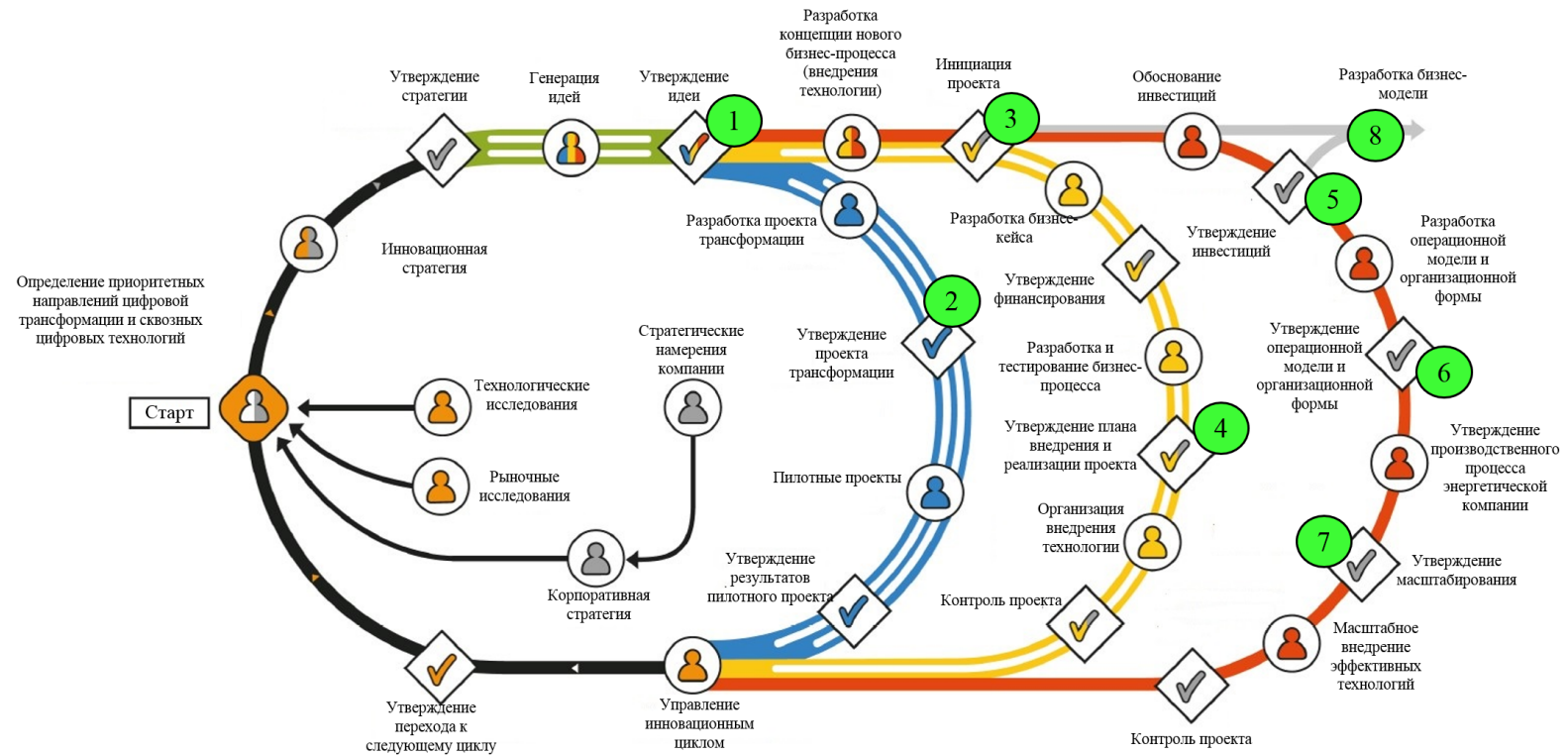
1	2	3	4	5
От бизнес-процессов к бизнес-модели	Высшее руководство компании	Инновационная компания (становится уже самостоятельным подразделением или бизнес-единиц)	Поддержка в развитии самостоятельной бизнес-модели (8)	Компания получает ресурсы от компании и заинтересованных соинвесторов и партнеров
	Заинтересованные подразделения компании	Стратегические партнеры		Компания формирует долгосрочные связи со стратегическими партнерами и формирует собственную сеть хозяйственных отношений
	Корпоративный акселератор Инновационные лаборатории	Региональные и федеральные институты развития		Компания для развития бизнес-модели привлекает субсидии, гранты через программы институтов развития Инновационные институты корпорации передают необходимые ресурсы для дальнейшего развития, и от инновационной компании получает экспертизу для использования в других проектах

Источник: составлено автором по материалам [156].

Приложение II

(информационное)

Элементы механизмы поддержки цифровых проектов в привязке к модели инновационного проекта



Источник: составлено автором по материалам [156].

Рисунок П.1 – Элементы механизмы поддержки цифровых проектов в привязке к модели инновационного проекта