Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

Институт экономики и управления

Кафедра систем управления энергетикой и промышленными предприятиями

На правах рукописи

Кожевников Михаил Викторович

ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ НАУКОЕМКОГО СЕРВИСА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Научная специальность 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика
(экономика промышленности)

Диссертация

на соискание ученой степени

доктора экономических наук

Научный консультант:

доктор экономических наук, профессор

Гительман Лазарь Давидович

Екатеринбург – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5
1. ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ НАУКОЕМКОЙ СЕРВИСНОЙ ИНДУСТРИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ 20
1.1. Системные особенности нового этапа преобразований в электроэнергетике 20
1.2. Проблемы сервисного сопровождения модернизационных процессов 40
1.3. Задачи экономической науки в обеспечении отраслевой модернизации 46
1.4. Выводы 62
2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМАТИКА ОРГАНИЗАЦИИ НАУКОЕМКОГО СЕРВИСА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ 64
2.1. Эволюция экономических взглядов на сервисную деятельность 64
2.2. Анализ содержательных характеристик наукоемкого сервиса 87
2.3. Концептуальная модель наукоемкого сервиса в электроэнергетике 97
2.4. Выводы 111
3. МЕТОДОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ АРХИТЕКТУРЫ НАУКОЕМКИХ СЕРВИСНЫХ РЫНКОВ 113
3.1. Структурные и конъюнктурные факторы развития сервисных рынков 113
3.2. Модель интегрированной рыночной архитектуры 168
3.3. Экономические взаимосвязи и институциональная поддержка энергосервиса 184
3.4. Выводы 195
4. ПЛАТФОРМЕННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИМИ ОТНОШЕНИЯМИ ЭНЕРГОКОМПАНИЙ И СЕРВИСНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ 197
4.1. Проблемы создания технологических платформ в промышленности 197
4.2. Особенности платформенных инструментов в электроэнергетике для реализации наукоемких услуг 212

4.3. Организация экономического взаимодействия энергетических и сервисных предприятий на основе платформ 219
4.4. Выводы 232
5. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ВНЕДРЕНИЯ ПРОГРЕССИВНЫХ СТРАТЕГИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА В ЭНЕРГОКОМПАНИЯХ 234
5.1. Авторский алгоритм выбора стратегии технического обслуживания и ремонта 234
5.2. Совершенствование применения индексного метода оценки состояния оборудования 252
5.3. Управление активами энергокомпаний на базе технологий роботизированной диагностики 264
5.4. Выводы 275
6. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К КАДРОВОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАУКОЕМКОГО СЕРВИСА 277
6.1. Новые задачи, требующие освоения междисциплинарных компетенций .. 277
6.2. Принципы и опыт создания системы опережающего обучения на основе партнерства науки, образования, бизнеса 287
6.3. Подготовка команд прорыва для радикальных преобразований 301
6.4. Выводы 311
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 313
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 317
Приложение А Технологии, формирующие облик электроэнергетической системы будущего 367
Приложение Б Сравнительный анализ различных парадигм экономического развития 370
Приложение В Анализ определений терминов «сервис», «наукоемкий сервис» и других понятий со схожей семантикой 371
Приложение Г Расчет индексов рыночной концентрации сервисных рынков .. 376

Приложение Д Бизнес-модель наукоемкого энергетического консалтинга 383
Приложение Е Характеристики энергосервисных рынков развивающихся стран 384
Приложение Ж Ранжирование уровней наукоемкости сервисных рынков 388
Приложение И Модели подготовки команд прорыва 394
Приложение К Аттестационный проект команды прорыва Филиала «Свердловский» ПАО «Т Плюс» 397
Приложение Л Экономические эффекты от внедрения предложенных концептуальных, методологических, инструментальных положений и решений 404
Приложение М Акты внедрения результатов диссертации 405

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Энергетическая стратегия России до 2035 г. определяет задачу формирования сервисных рынков в качестве важного условия устойчивого развития электроэнергетики. В частности, декларируется необходимость совершенствования нормативной базы реализации энергосервисных контрактов, поддержки оказания услуг по проектированию, строительству, эксплуатации и сервисному сопровождению генерирующих объектов на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), развития и внедрения на энергетических предприятиях и в регулирующих органах цифровых сервисов, функционирующих в единой информационной среде. Однако эти необходимые, но недостаточные меры дискретного характера, к сожалению, не позволяют прийти к рассмотрению энергетического сервиса как самостоятельной, чрезвычайно ответственной системы организационно-экономических отношений между энергокомпаниями и многочисленными акторами, предоставляющими различные услуги для нужд отрасли – от инжиниринговых проектов, технического обслуживания и ремонта энергетических установок до подготовки высококвалифицированных кадров.

Закономерно, что границы сервисных рынков по-прежнему имеют весьма неопределенный характер, что существенно осложняет задачу организации и управления поступательным развитием данной весьма специфичной сферы деятельности, сложность которой не уступает основному энергетическому производству. Особая острота ситуации заключается в том, что чем масштабнее и интенсивнее под влиянием промышленной революции 4.0 и цифровизации меняются технологическая база (причем как в электроэнергетике, так и в энергопотребляющих системах и процессах) и характер взаимодействия энергокомпаний с потребителями, тем большую важность приобретает задача организации опережающего развития сервисного сектора, обеспечивающего фундамент надежного функционирования отрасли.

Приходится констатировать: ни во время масштабных реформ, прошедших в электроэнергетике РФ в 2000-е гг., ни в постреформенный период сервисным рынкам не уделялось достаточного внимания. Не происходит этого и сегодня: сервис в электроэнергетике по-прежнему рассматривается весьма узко, преимущественно как сфера энергоремонта с незначительной долей инжиниринга и услуг в области энергоэффективности, реализуемых энергосервисными компаниями (ЭСКО). По существу, эта деятельность осуществляется весьма хаотично и зачастую в отрыве от изменений, происходящих непосредственно в отрасли, в ее ключевых сферах – генерации, передаче, распределении и сбыте электроэнергии.

Между тем под влиянием цифровой трансформации и интеллектуализации в электроэнергетике, характеризующихся экспансией умных электротехнологий в генерации и электрических сетях, промышленности, транспорте, коммерческом и бытовом секторах и сопровождающихся появлением гибких организационно-экономических механизмов взаимодействия производителей, поставщиков и потребителей, появляется острая потребность в развитии сервисных бизнесов, причем в первую очередь тех, которые создают наукоемкие услуги и образуют стратегические сети, включающие участников из разных отраслей экономики.

Возникает крупная научная проблема: создание единой теоретико-методологической базы функционирования наукоемкого сервиса и соответствующих рынков, обеспечивающих интеллектуальную поддержку устойчивого развития всей электроэнергетической отрасли, переживающей в настоящее время период кардинальных изменений. Решение этой проблемы имеет большое социально-экономическое значение для всей экономики страны, поскольку в период промышленной революции 4.0 именно электроэнергетика становится критической инфраструктурой, снабжающей все остальные отрасли народного хозяйства самым прогрессивным энергоносителем – электроэнергией, являющейся основой современных технологий.

Степень разработанности проблемы. При работе над диссертацией автор опирался на труды многих авторитетных ученых. Среди них значимый вклад в разработку теоретических основ сервиса внесли такие зарубежные исследователи, как Е. Дихтль, К. Ковальковски, Ф. Котлер, Д. Кук, К. Лавлок, Й. Майлс, Д. Майстер, Э. Мате, С. Мейер, А. Парасураман, С. Риуолдт, Дж. Уоркмэн, К. Хипп, К. Хомбург, Р. Шменнер, Д. Шоул, Р. Чейз, Б. Эйченгрин. Из отечественных ученых использовались труды Г. А. Аванесовой, Д. А. Аманжоловой, В. М. Артюшенко, И. В. Болгова, О. Е. Васильевой, В. В. Кулибановой, Ю. П. Свириденко, В. М. Семенова, В. М. Советова.

Вопросам развития наукоемкого сервиса в контексте промышленной революции 4.0, технологической модернизации, цифровизации и природоохранной деятельности в промышленности посвящены научные труды В. В. Акбердиной, С. Д. Бодрунова, А. Ю. Домникова, И. В. Ершовой, Г. Б. Клейнера, В. В. Криворотова, А. А. Куклина, Е. Р. Магарил, О. А. Романовой.

Различные аспекты развития рыночных отношений в сервисном контуре электроэнергетики рассматриваются в исследованиях И. А. Башмакова, В. В. Бушуева, И. О. Волковой, Н. И. Воропая, В. Э. Воротницкого, Л. Д. Гительмана, В. О. Головщикова, Е. П. Грабчака, А. П. Дзюбы, Ю. В. Захарова, В. В. Зинакова, В. А. Зубакина, В. В. Кузьмина, Л. В. Масселя, В. М. Неуймина, Л. К. Осики, С. Н. Паламарчука, Б. Е. Ратникова, Н. Д. Рогалева, Ю. Н. Руденко, И. А. Соловьевой, В. А. Стенникова, А. В. Трачука, Л. Д. Хабачева, А. В. Шраера, В. И. Эдельмана. Среди зарубежных работ здесь следует выделить труды М. Бакмэна, П. Бертольди, Б. Бозы-Кисса, Э. Вайна, Г. Кальта, Д. Киндстрэма, М. Лоуренса, А. Онайла, М. Поллитта, А. Силваста, С. Уэйлера, Т. Фоксона, Р. Хитевой, М. Эванса. Существенный вклад по данной теме внесли авторы аналитических отчетов Б. А. Бокарев, Ф. В. Веселов, В. В. Дорофеев, В. Н. Княгинин, Ю. В. Мельников, Ф. Ю. Опадчий, Д. В. Холкин, А. В. Хохлов, И. С. Чаусов.

Проблемы наукоемкого технического обслуживания и ремонта в электро- и теплоэнергетике исследуются в работах К. Э. Аронсона, Ю. М. Бродова, С. Е. Кокина, Б. Е. Мурманского, А. Н. Назарычева, А. И. Таджибаева, А. И. Ящуры.

Несмотря на то, что по вопросам организации энергосервиса накоплен определенный научный задел, многие аспекты данной проблематики по-прежнему остаются недостаточно изученными как в зарубежной, так и в отечественной науке. Основные теоретико-методологические проблемы связаны с отсутствием единого понятийного аппарата и целостного представления о конфигурации и способах развития наукоемких сервисных рынков, противоречиями предложений по активизации конкуренции и регулированию этой сферы, способствующей повышению эффективности операционной деятельности энергокомпаний, обновлению отраслевой технологической базы, наконец, проведению цифровой трансформации.

Актуальность представленной научной проблемы определяет **цель настоящего диссертационного исследования:** разработать теоретические модели, методологию и инструментарий развития наукоемкого сервиса в электроэнергетике как фундаментального условия эффективности «энергетического перехода» и отраслевой модернизации.

Цель исследования обусловила необходимость постановки и решения следующих **взаимосвязанных задач**.

1. Исследовать эволюцию экономических взглядов на сервис и сформировать теоретико-методологическую базу сервисной деятельности в электроэнергетике, включающую понятийный аппарат, классификацию видов сервиса, принципы создания наукоемкой сервисной инфраструктуры.

2. Идентифицировать отличительные технико-экономические особенности современного этапа технологической модернизации электроэнергетики РФ и определить роль в ней сервисных рынков.

3. Разработать интегрированную архитектуру отраслевых сервисных рынков и комплекс мер, обеспечивающих их синхронное развитие.

4. Определить направления использования платформенных инструментов, позволяющих активизировать конкуренцию в сервисном контуре при реализации новых видов услуг.

5. Обосновать область применения и методику реализации риск-ориентированных сервисных стратегий технического обслуживания и ремонта производственных активов.

6. Разработать концептуальный подход к организации подготовки высоко-квалифицированных кадров для технологической модернизации электроэнергетики.

7. Апробировать разработанные теоретические подходы и концептуальные положения, конкретные методики, инструменты.

Объект исследования: система формирующихся в электроэнергетике наукоемких сервисных рынков, обеспечивающих процессы технологической модернизации и цифровизации на всех стадиях отраслевой цепочки создания ценности (генерация – передача – распределение – сбыт – потребление электроэнергии).

Предмет исследования: организационно-экономические отношения и процессы, возникающие на рынке специализированных услуг наукоемкого сервиса с субъектами энергетического рынка при решении проблем модернизации электроэнергетической отрасли и энергопотребляющих систем народного хозяйства.

Основная идея диссертации заключается в создании научной базы формирования рыночной инфраструктуры новейших технических, информационных, организационно-управленческих, цифровых и социально-экономических услуг с высокой знаниевой компонентой как условия синхронного развития сервисных рынков с преимуществами сетевого и платформенного подходов при повышении удовлетворенности перспективного спроса со стороны энергокомпаний и потребителей. Реализация основной идеи представлена на рисунке 1.

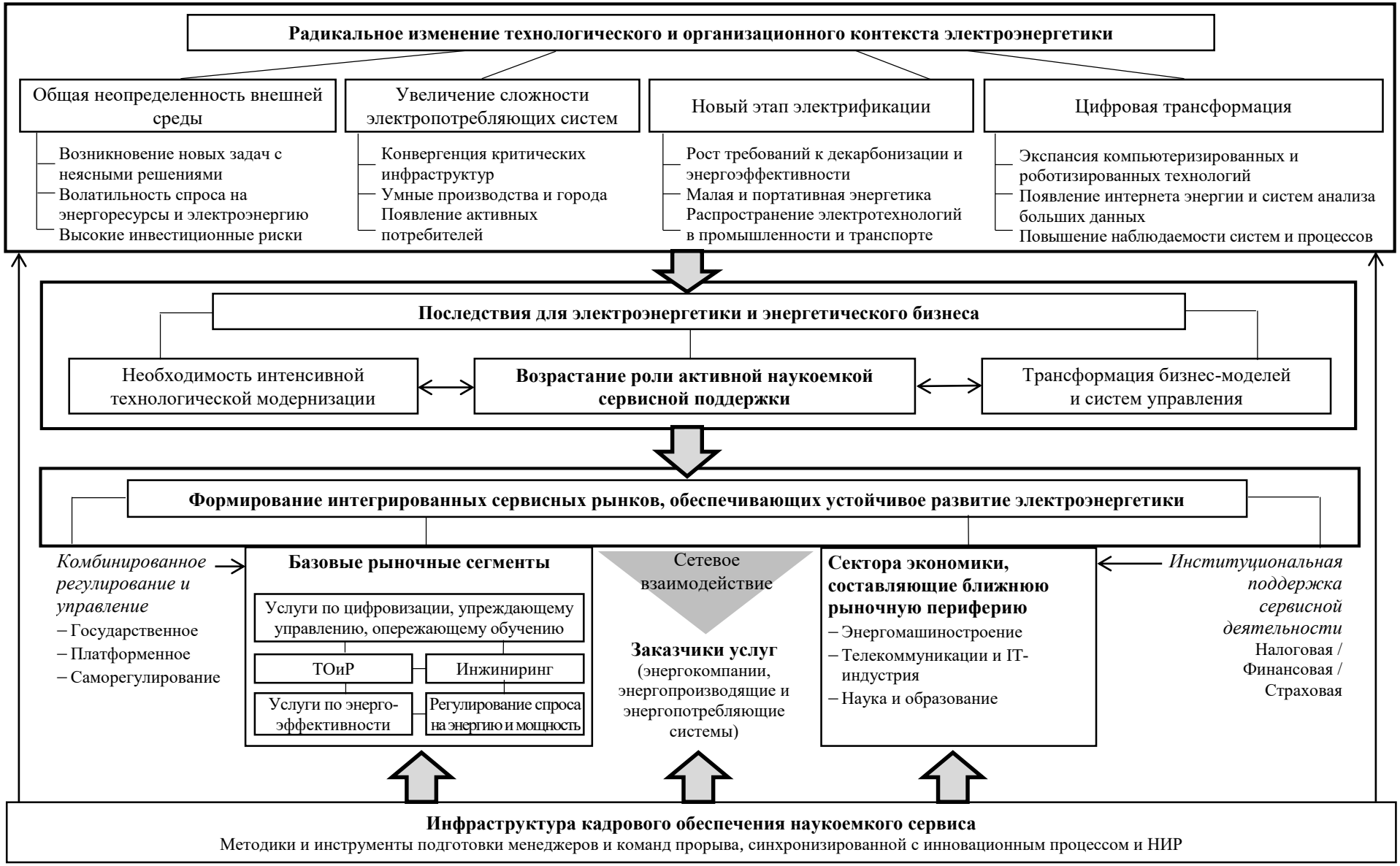


Рисунок 1 – Логика реализации основной идеи диссертационного исследования (составлено автором)

Методология и методы исследования. Теоретическую и методологическую основу диссертационного исследования образует системный подход, включающий такие общенаучные методы как классификация, сравнительный, матричный, логический, экономический анализ. В числе других методов – графические методы обработки данных, визуальная аналитика, экономико-статистические методы, корреляционно-регрессионный и логико-структурный анализ, методы анкетирования, структурированных интервью и экспертных оценок. Широко применялись методы разработки и принятия управленческих решений: мозговой штурм, морфологический анализ, метод парных сравнений, концептуальное проектирование, организационно-деятельностные игры.

Информационную базу исследования составили труды отечественных и зарубежных ученых, аналитические отчеты ведущих мировых и российских консалтинговых компаний (Accenture, Deloitte, Ernst&Young, KPMG, PWC, РБК), аналитические доклады Высшей школы экономики, Московской школы управления СКОЛКОВО, EnergyNet, материалы международных энергетических агентств и комиссий, данные агрегаторов статистической информации (Lazard, Statista, gks.ru), законодательные и нормативные акты России в сфере энергосервиса, опросы руководителей и специалистов энергетических компаний, преподавателей университетов, первичные фактические материалы хозяйствующих субъектов, результаты эмпирических исследований, полученные и обобщенные автором.

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности. Работа выполнена в соответствии с пунктами паспорта специальности ВАК 5.2.3 «Региональная и отраслевая экономика» специализации «Экономика промышленности»: п.п. 2.4 «Закономерности функционирования и развития отраслей промышленности»; п.п. 2.5 «Формирование и функционирование рынков промышленной продукции»; п.п. 2.11 «Формирование механизмов устойчивого развития экономики промышленных отраслей, комплексов, предприятий».

Основные научные положения диссертации, выносимые на защиту.

1. Развита теоретико-методологическая база модернизации электро-энергетики, новыми элементами которой являются, во-первых, классификация

модернизационных форм, учитывающая управленческую специфику процесса, объектную ориентацию, целевые эффекты и показатели технико-экономической эффективности, во-вторых, идентификация глобальных драйверов и локальных факторов модернизации, аргументирующих радикальные изменения в масштабе, содержании и объектах сервисной деятельности, выполняющей комплексную поддержку развития отрасли и смежных критических инфраструктур. Использование данных элементов позволяет определить целевые области наукоемкого сервиса и обосновать необходимость формирования соответствующих рынков (п.п. 2.4 «Закономерности функционирования и развития отраслей промышленности» паспорта специальности ВАК).

2. Расширены теоретические представления об организации сервисной деятельности за счет дополненного понятийного аппарата, использования оригинального морфологического поля сервисов, систематизирующего их товарные и процессные характеристики и применяющегося при создании портфеля услуг с максимальной добавленной ценностью для потребителей, обоснования концептуальной модели наукоемкого сервиса, выполняющего функцию отраслевого фасилитатора инноваций. Применение предложенных теоретических разработок на практике позволяет оценить рост масштаба наукоемкого сервиса, активизировать управленческие механизмы развития сервиса и расширить состав инструментов его реализации (п.п. 2.4 «Закономерности функционирования и развития отраслей промышленности» паспорта специальности ВАК).

3. Разработана интегрированная архитектура отраслевых сервисных рынков, отличающаяся сетевой организацией и включающей ядро – услуги различной профессионализации и степени наукоемкости – и периферию, объединяющую энергомашиностроение, IT и телекоммуникационные компании, университеты и научно-исследовательские центры, практическая полезность которой заключается в активизации трансфера новейших научно-технических достижений между субъектами сервисных рынков и обеспечении их согласованного взаимодействия (п.п. 2.5 «Формирование и функционирование рынков промышленной продукции» паспорта специальности ВАК).

4. Определены направления и потенциальные экономические эффекты от внедрения в электроэнергетике технологических платформ – нового подхода, активизирующего разработку наукоемких услуг на основе связывания в единую экосистему энергокомпаний, потребителей, разработчиков и поставщиков цифровых решений, что способствует накоплению знаний об обслуживаемых системах и процессах. Использование на практике платформенных инструментов позволяет получить экономический эффект за счет роста объемов и скорости энергетических транзакций и внедрения инноваций в коммерческой и производственной деятельности энергокомпаний и сервисных предприятий (п.п. 2.11 «Формирование механизмов устойчивого развития экономики промышленных отраслей, комплексов, предприятий» паспорта специальности ВАК).

5. Разработан методический инструментарий выбора стратегии технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования, основанный на оригинальном алгоритме, определении приоритетных зон наукоемкого сервиса и применении роботизированной диагностики, реализующих в энергокомпаниях управление производственными активами по жизненному циклу, использование которого обеспечит экономический эффект за счет минимизации рисков возникновения аварийных ситуаций и увеличения надежности энергоснабжения (п.п. 2.11 «Формирование механизмов устойчивого развития экономики промышленных отраслей, комплексов, предприятий» паспорта специальности ВАК).

6. Разработан концептуальный подход и принципы организации опережающего обучения, синхронизированного с решением инновационных задач и НИР, основу которого составляет комплекс оригинальных методик и технологий (научно-образовательная платформа, технология непрерывного наращивания компетенций, механизм ускоренного трансфера новейших результатов научных исследований в образовательный контент, методика подготовки команд прорыва для радикальных преобразований). Внедрение опережающего обучения позволяет создать интеллектуальный ресурс для заблаговременного решения сложных задач трансформации отрасли (п.п. 2.11

«Формирование механизмов устойчивого развития экономики промышленных отраслей, комплексов, предприятий» паспорта специальности ВАК).

Результаты диссертации, обладающие научной новизной:

в области теории:

1) расширено теоретическое представление о современном этапе технологической модернизации промышленности РФ до актуальных требований к сервисной деятельности, ее междисциплинарной направленности, возрастанию наукоемкости и внедрению рыночных моделей организации, учитывающих усиление взаимосвязей между ключевыми технико-экономическими характеристиками, формами, факторами и драйверами трансформационных процессов;

2) сформирован теоретический базис сервисной деятельности в электроэнергетике, включающий терминологический аппарат, который учитывает новые области применения понятий «сервис», «сервисный рынок», «архитектура рынка», «промышленный сервис», «удаленный сервис», «сервис в электроэнергетике», «наукоёмкий сервис», «технологическая платформа»;

3) разработано морфологическое поле сервисов, предназначенное для систематизации товарных и процессных характеристик сервиса с различной объектно-субъектной ориентацией и создания портфеля услуг, максимально соответствующих ожиданиям потребителей с точки зрения своей добавленной ценности;

4) создана концептуальная трехмерная модель наукоемкого сервиса в электроэнергетике, позволяющая идентифицировать все возможные виды наукоемких услуг в разрезе основных сфер их применения (оптимизация энергорынка и работа с потребителем, управление жизненным циклом активов, развитие организационной гибкости субъектов энергорынка) и принадлежности к корпоративному, региональному или отраслевому сервисному контуру;

5) определена эталонная интегрированная архитектура энергосервисных рынков, соответствующая новым целевым задачам и областям знаний наукоемкого сервиса и отличающаяся наличием пространственных полицентричных взаимосвязей между заказчиками услуг и субъектами сервисной

деятельности, формирующими ядро рынка, и рыночной периферией, включающей предприятия энергомашиностроения, телекоммуникационный и IT-бизнес, университеты, консалтинговые и научно-исследовательские организации;

6) выявлены направления, организационные условия и эффекты внедрения платформенных инструментов в различных сегментах наукоемкого сервиса, позволяющих реализовать экономическое взаимодействие энергокомпаний, сервисных организаций и потребителей на основе новейших цифровых технологий;

в области методологии:

7) определен состав необходимых сервисных рынков в электроэнергетике РФ и комплекс институциональных мер по их синхронному развитию, способствующий устойчивому развитию отрасли, активизирующий конкуренцию среди рыночных субьектов и обеспечивающий сочетание государственного, рыночного и платформенного регулирования;

8) предложен алгоритм выбора стратегий наукоемкого сервиса при техническом обслуживании и ремонте, учитывающий специфику эксплуатации и условия функционирования энергообъектов, особенности инвестиционного процесса в энергокомпании, требования к квалификации персонала;

9) сформулированы рекомендации по использованию наукоемких сервисов оценки технического состояния и роботизированной диагностики оборудования, позволяющих осуществлять в энергокомпаниях управление производственными активами по жизненному циклу;

10) разработана концепция опережающего обучения, включающая систему принципов, методик, технологий и инструментов подготовки высоко-квалифицированных кадров и команд для прорыва в электроэнергетике с актуальными междисцплинарными компетенциями – новый предмет наукоемкого сервиса.

Теоретическая значимость диссертационного исследования определяется тем, что в нем впервые в отечественной науке разработаны методологические основы формирования и развития энергосервиса как самостоятельного специфического объекта управления, обладающего высокой наукоемкостью, имеющего характерные особенности и закономерности рыночного развития и

оказывающего значительное влияние на функционирование электроэнергетики, смежных отраслей и инфраструктур.

Практическая значимость работы обусловлена возможностями применения разработанной автором методологии развития сервисных рынков в электроэнергетике:

– *в научно-исследовательской сфере* – при дальнейшем изучении теоретических аспектов наукоемкого сервиса как динамично развивающегося сегмента, отличающегося высокой организационной сложностью и требующего непрерывной генерации новых знаний;

– *в производственной деятельности* энергетических, ремонтных, инжиниринговых компаний, поставщиков услуг по повышению энергетической и экологической эффективности, агрегаторов спроса на электроэнергию – при реализации конкретных проектов технологической модернизации, управления активами, создания новых сервисов на основе использования новейших научно-технических достижений, синхронизации взаимодействия разных субъектов сервисных рынков и обеспечения оптимального соотношения цена – качество для конечных потребителей;

– *в сфере отраслевого регулирования* – при подготовке нормативно-правовых документов, обеспечивающих институциональное развитие энергосервиса, легитимизацию соответствующих финансовых, налоговых, страховых, административных мер;

– *в образовательной деятельности* – при обучении специалистов по направлениям «Экономика» и «Менеджмент», а также в сфере корпоративного образования и системах переподготовки руководителей и специалистов предприятий энергетической отрасли.

Достоверность полученных научных результатов диссертации обеспечивается обоснованным применением научных методов, полнотой проведенного анализа и разработанных теоретических положений, положительной оценкой на научных семинарах и конференциях, практическим внедрением полученных результатов на электроэнергетических предприятиях и в учебном процессе высших учебных заведений.

Апробация результатов. Результаты диссертационного исследования обсуждались на ряде научных конференций: 10th International Conference on Ecosystems and Sustainable Development (Десятая Международная конференция по экосистемам и устойчивому развитию), Валенсия, Испания, 2015 г.; International Conference on Sustainable Cities (Международная конференция по устойчивым городам), Екатеринбург, Россия, 2016 г.; серия конференций The New Forest Conference on Complex Systems (Конференции Нью-Фореста по сложным системам), Нью-Форест, Великобритания, 2016–2018 гг.; серия конференций International Conference on Energy Production and Management in the 21st Century (Международные конференции по энергетическому производству и управлению в XXI веке), Анкона, Италия, 2016 г.; Нью-Форест, Великобритания, 2018 г.; онлайн-формат, 2020 г.; онлайн-формат, 2022 г.; 11th International Conference on Ecosystems and Sustainable Development (Одиннадцатая Международная конференция по экосистемам и устойчивому развитию), Кадис, Испания, 2017 г.; Международная конференция «Устойчивое развитие городов», Екатеринбург, Россия, 2017 г.; серия конференций International Conference on Energy and Sustainability (Международные конференция по энергетике и устойчивому развитию), Севилья, Испания, 2017 г.; Коимбра, Португалия, 2019 г.; онлайн-формат, 2021 г.; Третий Всероссийский конгресс «Промышленная экология регионов», Екатеринбург, Россия, 2018 г.; серия международных конференций «Система управления экологической безопасностью», Екатеринбург, Россия, 2015–2021 гг.

Внедрение полученных в диссертации научных результатов осуществлено в крупных энергетических компаниях РФ: ПАО «Россети Урал», филиале ПАО «ФСК ЕЭС» Свердловское предприятие МЭС, Филиал «Свердловский» ПАО «Т Плюс», Свердловском филиале АО «Энергосбыт Плюс», ООО «Башкирэнерго», ООО «Башкирская генерирующая компания», АО «Челябоблкоммунэнерго», ООО «МСК Энерго», ООО «Лаборатория будущего». Кроме того, результаты апробированы при проведении научно-исследовательской работы «Глобальная трансформация и дальнейшее развитие в России электроэнергетического рынка, городской и жилищной экономики» (рег. номер

АААА-А19-119061190027-7), а также в Уральском федеральном университете при разработке и реализации программ бакалавриата «Менеджмент в энергетике и высокотехнологичных отраслях» и магистратуры «Энергетический бизнес».

Публикации. Результаты диссертации опубликованы в 67 работах, в том числе в 8 монографиях и 59 научных статьях, из которых 6 опубликованы в журналах, определенных ВАК РФ, 46 – в журналах, индексируемых в международных базах SCOPUS и Web of Science. Общий объем публикаций 136,25 п.л., в том числе авторских 50,27 п.л.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, библиографического списка, включающего 490 наименований, 11 приложений. Текст работы изложен на 410 страницах печатного текста, включая 43 таблицы и 77 рисунков.

Структура диссертации соответствует ее цели, задачам и основной идее.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, определены цель, задачи, объект и предмет исследования, его теоретическая и методологическая база. Сформулирована теоретическая и практическая значимость полученных научных результатов.

В первой главе «Предпосылки формирования наукоемкой сервисной индустрии в электроэнергетике» систематизированы предпосылки и отличительные особенности современного этапа отраслевой технологической модернизации, генерирующие радикальные изменения в масштабе, содержании, задачах и областях сервисной поддержки, приобретающей междисциплинарный характер.

В рамках второй главы «Теоретическая проблематика организации наукоемкого сервиса в электроэнергетике» разработаны понятийный аппарат, концептуальная модель и классификация разнообразных форм энергетического сервиса, как самостоятельного процесса и вида бизнеса. Создан методологический базис для проектирования наукоемкой сервисной инфраструктуры, обеспечивающей условия для перехода к цифровой энергетической парадигме.

В третьей главе «Методология моделирования интегрированной архитектуры наукоемких сервисных рынков» проанализировано современное состояние сервисной индустрии в электроэнергетике РФ, определены барьеры, технологические, экономические и рыночные факторы, обеспечивающие ее эффективное функционирование. Разработан комплекс организационно-экономических и институциональных мер, способствующих синхронному развитию рынков.

В четвертой главе «Платформенные инструменты управления экономическими отношениями энергокомпаний и сервисных организаций» проведено исследование возможностей организации отдельных сервисных рынков и процессов на базе технологических платформ. Проанализированы зарубежные и отечественные кейсы внедрения платформ в различных рыночных сегментах. Определены потенциальные эффекты от использования платформ для потребителей при реализации наукоемких сервисов.

Фокус пятой главы «Организационно-методические принципы внедрения прогрессивных стратегий технического обслуживания и ремонта в энергокомпаниях» направлен на разработку алгоритмов, методик и инструментов управления производственными активами энергокомпаний по жизненному циклу на основе риск-ориентированных сервисных стратегий.

Шестая глава «Концептуальный подход к кадровому обеспечению наукоемкого сервиса» посвящена вопросам развития высококвалифицированных кадров и команд для электроэнергетики. Представлена оригинальная концепция опережающего обучения, содержащая авторские методики подготовки специалистов с актуальными междисциплинарными компетенциями. Разработан проект подготовки команд прорыва для решения сложных задач технологической модернизации и организационных преобразований.

В заключении обобщены достигнутые научно-практические результаты и намечены направления дальнейших исследований, представляющие интерес в рамках углубления проблематики диссертационной работы.

ГЛАВА 1. ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ НАУКОЕМКОЙ СЕРВИСНОЙ ИНДУСТРИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

1.1. Системные особенности нового этапа преобразований в электроэнергетике

Современные электроэнергетические компании представляют собой сложные, открытые производственно-технологические, финансово-экономические и социальные системы. Их состояние и развитие находятся под сильным влиянием внешней среды, которой присущи неопределенность, непредсказуемость, динамизм, лавинообразный поток инноваций [177]. Роль технологий при этом становится настолько определяющей, что фактически они деконструируют электроэнергетику и являются источником появления новых видов конкуренции [194]. Сама электроэнергетическая отрасль, относящаяся к числу критических инфраструктур, все больше интегрируется с другими жизнеобеспечивающими индустриями и, что особо важно, с электропотребляющими системами в промышленности, транспорте, коммерческом, бытовом секторах [97, 165]. *Создается новая парадигма развития электроэнергетики как интегратора разнообразия потребителей и производителей электрической энергии.*

По мнению экспертов Bain & Company [465], новый этап преобразований в электроэнергетике обусловлен одновременным влиянием трех драйверов: 1) электрификация подавляющего большинства промышленных процессов в различных отраслях; 2) децентрализация как форма самостоятельного рыночного поведения потребителей и 3) цифровизация, обеспечивающая открытые коммуникации между оператором интеллектуальной энергетической системы и ее элементами. На наш взгляд, следует дополнить данный ряд драйвером декарбонизации, учитывая усиливающийся характер влияния экологических требований на устойчивое функционирование электроэнергетики и появление широкого перечня наилучших доступных технологий в этой области [182, 408]. Важно подчеркнуть, что каждый из перечисленных драйверов не только глубоко трансформирует системы энергетического производства, бизнес-модели энергокомпаний и организацию энергетических рынков, но и вносит свой вклад в формирование новых областей и объектов отраслевой сервисной поддержки (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Драйверы преобразований в электроэнергетике, определяющие новые аспекты в содержании энергетического сервиса (составлено автором)

Драйвер	**Возникающие области сервисной поддержки**	**Примеры объектов сервисной поддержки**
Цифро-визация	Обеспечение коммуникаций и непрерывного накопления, анализа и обмена данными между оператором энергосистемы и самой системой в реальном времени	Информационная инфраструктура энергокомпаний; центры и системы обработки данных; цифровые технологии управления бизнес-процессами; автомати-зированные системы принятия решений
Интеллек-туализация	Предиктивное управление производственными процессами; трансформация потребителей в активных пользователей (игроков) энергетического рынка	Умные города (дома, промышленные производства); системы умного учета энергоресурсов; платформы управления спросом и потреблением энергии
Децентра-лизация и новый этап электри-фикации	Повышение энергетической и экологической эффективности электроэнергетики и смежных критических инфраструктур, обеспечение их устойчивого развития и функционирования	Распределенная генерация и микросети; системы аккумулирования и хранения электроэнергии; энергоемкие производ-ственные процессы в промышленности; электротранспорт и зарядная инфраструктура; интегрированная коммунальная инфраструктура городов
Декарбо-низация	Внедрение систем экологического управления на энергопредприятиях, разработка научно-технических решений и материалов, обеспечи-вающих снижение вредных выбросов и соответствующих принципам безотходного производства	Производственные системы генерирующих и электросетевых компаний, энергетические комплексы промышленных предприятий и городов, оборудование, функционирующее на основе ВИЭ, распределенная генерация и микросети

Под *цифровизацией* следует понимать единый комплекс технических и управленческих операций, выполняемых в потоковом режиме сквозных автоматизированных бизнес-процессов с применением новейших цифровых технологий и исключением участия человека в рутинных решениях [56, 133]. Например:

– «умные» датчики, размещаемые на генерирующем, передающем и потребляющем оборудовании и работающие на основе технологий машинного обучения и предиктивного анализа больших данных, обеспечивают в динамике контроль процессов, ключевых параметров и фактического состояния оборудования, прогноз изменений его остаточного ресурса и работоспособности;

– системы управления жизненным циклом (PLM/PDM-системы, Product Lifecycle Management/Product Data Management) позволяют создать виртуальную копию энергетического объекта и математический аппарат, алгоритмизирующий его работу в течение всего срока эксплуатации;

– интернет энергии формирует возможности интеграции производителей и потребителей энергии в общую технологическую, рыночную и сервисную инфраструктуру для осуществления взаимовыгодных энергетических транзакций.

С точки зрения учета временных горизонтов и значимости предполагается, что указанные технологии будут внедряться в электроэнергетике разными темпами. На краткосрочном горизонте (3–5 лет) распространение получат «умные датчики», что повысит наблюдаемость энергетических объектов и создаст базис *для разворачивания цифровых сервисов*. На среднесрочном горизонте произойдет широкое внедрение интеллектуальных алгоритмов управления распределением электроэнергии, будут массово внедряться системы управления жизненным циклом объектов, а также системы прогнозирования остаточного ресурса элементов оборудования и объектов в целом. Это позволит сформировать прочный фундамент риск-ориентированного управления электроэнергетикой. И, наконец, на долгосрочном горизонте (более 7 лет) массив данных и глубина проникновения цифровых устройств и систем станет достаточной для внедрения интеллектуальных систем управления потреблением, систем глубокого обучения и предиктивного анализа, а также формирование полноценной системы индустриального интернета в электроэнергетической отрасли. В результате технико-экономическая эффективность электроэнергетики должна радикально повыситься [41, 198].

В контексте цифровизации электроэнергетики актуальными задачами являются: создание нормативно-технической базы, закрепляющей требования к проектированию, строительству и эксплуатации энергообъектов с высокой насыщенностью цифровыми технологиями; разработка методических основ оценки экономической целесообразности внедрения цифровых решений на энергетических объектах, характеризующихся различным уровнем физического и морального износа оборудования; совершенствование системы профессионального образования в части подготовки кадров с цифровыми компетенциями. Отдельный пласт задач связан с планированием и реализацией мероприятий по кибербезопасности, в том числе на основе зарубежных операционных систем и программных продуктов.

Последняя проблема является особо важной, поскольку чем больше элементы оборудования генерации и сетей насыщаются цифровыми решениями и становятся связанными между собой, тем в большей степени энергетические системы становятся уязвимыми в плане кибератак – попыток несанкционированного доступа к компьютерным системам с целью вызвать их неисправность или повреждение. Ситуация осложняется тем, что процессы производства программно-аппаратных комплексов (рабочих станций, серверных процессоров), хранения данных выходят далеко за рамки энергокомпании или даже национальной энергосистемы. Возможным направлением снижения рисков так называемого smart-коллапса является ускоренное импортозамещение ключевых функциональных узлов информационных систем управления и программного обеспечения. Такую работу, например, проводит РосАтом [2].

Следует подчеркнуть, что задачи цифровизации и задачи внедрения новых технологий имеют различные цели и ориентированы на разные способы получения результатов. Так, *внедрение новых технологий* нацелено на замену существующих технологических и производственных процессов на более современные, прогрессивные, экономически эффективные и быстродействующие. Ключевой целевой ориентир *цифровизации* заключается в изменении существующих моделей управления, что в свою очередь определяет

требования к экспертным системам, перечню данных для сбора и анализа, объему необходимого технологического оснащения для автоматизации сбора, передачи, хранения и обработки информации, осуществления управляющих воздействий на технологическое оборудование. Таким образом, цифровизация базируется на автоматизации и масштабном сборе данных, но не сводится только к этому. Для получения реальных технико-экономических эффектов необходимо не только собирать и накапливать данные, но и анализировать их с помощью передовых информационно-коммуникационных технологий, выявлять тренды и прогнозировать состояние электроэнергетической инфраструктуры, то есть *перейти к цифровизации с использованием экспертных систем* [150].

Научно-технический прогресс вызвал появление новых энергоустановок с широкой дифференциацией их по типам, первичным энергоресурсам, единичной мощности. Такие объекты специализируются для работы в отдельных частях энергосистем и секторах рынка. *Происходит объединение отдельных установок и микросетей физико-техническими связями в децентрализованные, «экологически дружелюбные» электроэнергетические системы нового типа* (рисунок 1.1).

При этом наблюдается общий тренд, выражающийся в снижении средней единичной мощности вводимых установок при повышении их технико-экономических показателей, полной автоматизации агрегатов и улучшении экологических характеристик. Этому в частности способствует наблюдаемое сближение стоимости отдельных технологий распределенной генерации со стоимостью крупных блок-станций [84, 207, 213], а также стремительное повышение коэффициентов полезного действия (КПД) и использования установленной мощности (КИУМ) технологий возобновляемой энергетики [113, 134, 384]. В ряде случаев объекты, построенные на основе использования возобновляемых источников энергии, становятся эффективными по показателю приведенной средней стоимости производства электроэнергии (Levelized Cost of Energy – LCOE) даже без применения специальных мер поддержки (рисунок 1.2, таблица 1.2).

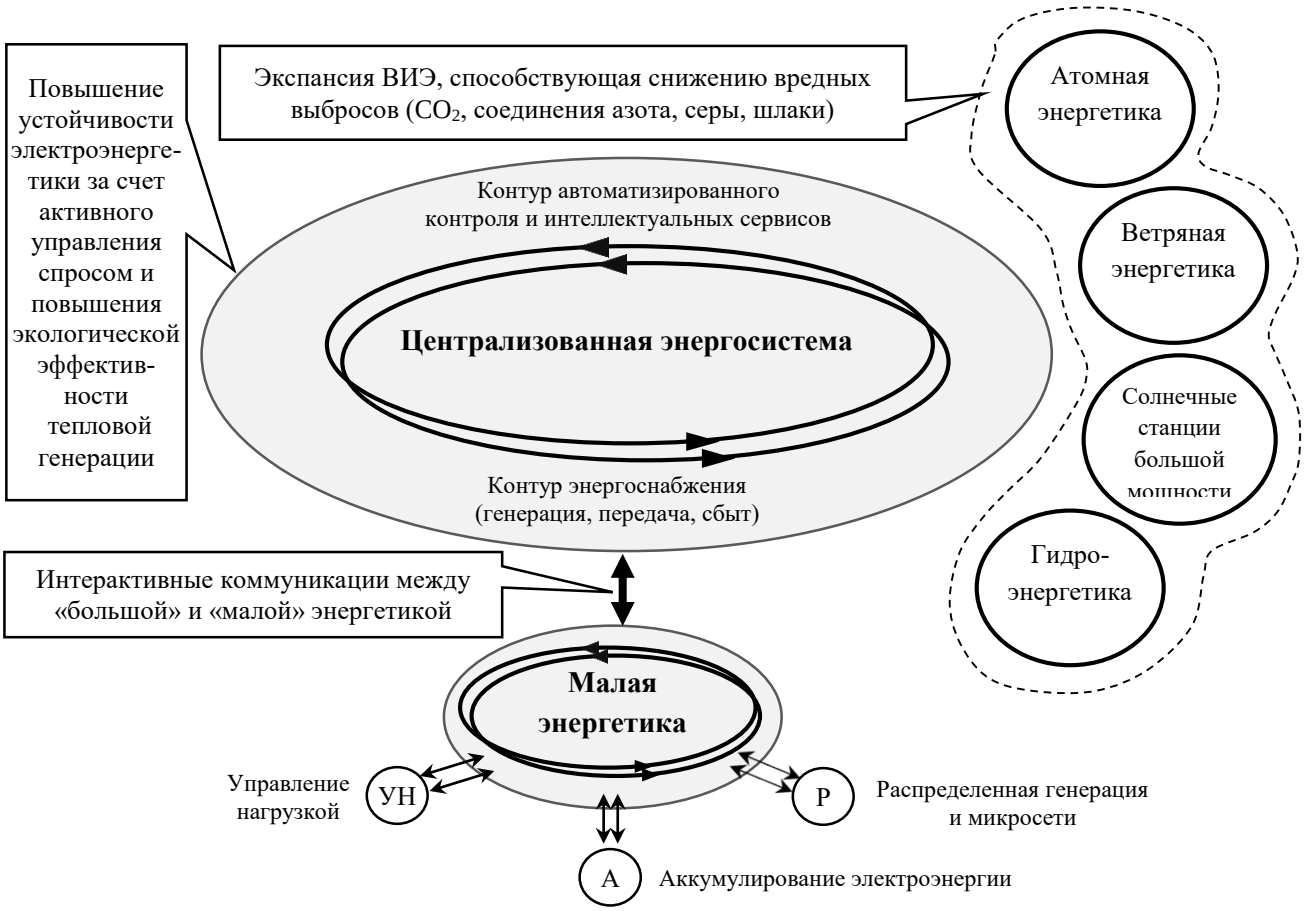


Рисунок 1.1 – Схематичное представление перспективной электроэнергетической системы региона (адаптировано автором по [287, 403])

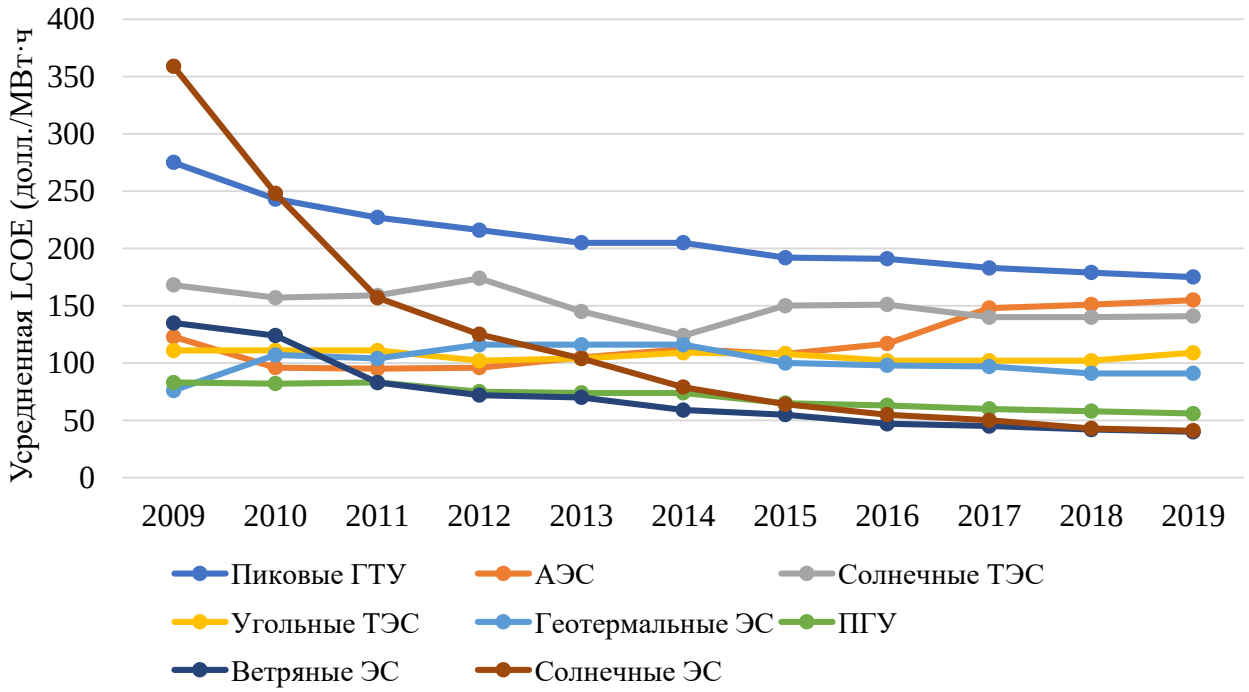


Рисунок 1.2 – Динамика показателя LCOE для разных типов электростанций (рассчитано автором по данным [380])

Таблица 1.2 – Показатели LCOE для разных типов электростанций в страновом разрезе [113].

Тип станции	Страна	LCOE, цент/(кВт·ч)	Доля инвестиционной составляющей, %
Угольные	США	9,4	30,8
	Германия	7,6	23,6
	Китай	7,8	11,5
ПГУ	США	6,6	19,7
	Германия	10,3	10,7
	Китай	9,3	7,5
АЭС	США	7,8	70,5
	Китай	4,8	64,6
Солнечные ЭС	США	8,0	93,8
	Германия	12,7	85
	Китай	7,3	76,7
Ветряные ЭС	США	4,3 – 6,5	72,1 – 75,4
	Германия	9,4 – 18,4	61,7 – 72
	Китай	6,0 – 6,8	83,3 – 85,3

Отметим, что метод LCOE широко применяется в зарубежной практике для оценки стоимости выработки электроэнергии на электростанциях разного типа и предполагает вычисление приведенных средних издержек за весь жизненный цикл электростанции с дисконтированием денежного потока. При этом учитываются инвестиционные и эксплуатационные затраты (постоянные и переменные, включая стоимость топлива), ликвидационная стоимость и затраты на оплату вредных выбросов (1):

$$\mathrm{LCOE} = \frac{\sum(Cap_t + O\&M_t + F_t + Carb_t + D_t)(1+r)^{(-t)}}{\sum MWh_t(1+r)^{(-t)}}, \quad (1)$$

где Cap_t – полные капитальные затраты, понесенные в году t; $O\&M_t$ – операционные затраты в году t; F_t – затраты на топливо в году t; $Carb_t$ – затраты (штрафы) на оплату выбросов парниковых газов в году t; D_t – затраты на утилизацию отходов и вывод станции из эксплуатации в году t; r – ставка дисконтирования; знаменатель – сумма приведенных годовых объемов производства электроэнергии.

В перспективе тренд снижения LCOE для объектов, работающих на основе технологий ВИЭ, сохранится, поскольку в их отношении готовится набор стимулирующих мер, связанных с упрощением доступа к финансовым ресурсам и снижению избыточного регулирования, что должно способствовать существенному сокращению капитальных затрат.

В совокупности с применением разнообразных прогрессивных энергетических технологий (их расширенный перечень приведен в Приложении А), внедрением экономических механизмов ценозависимого управления спросом на энергию *инновационные энергообъекты обеспечивают ранее не достижимый уровень устойчивости энергоснабжения, причем как в техническом, так и в экономическом и природоохранном аспектах.*

Новые производственные технологии, стремительно развивающиеся под влиянием промышленной революции 4.0 и энергетического перехода, потребуют серьезного смещения баланса потребляемой энергии в пользу электричества и ужесточения критериев качества энергии и надежности поставок [386, 441]. На период до 2035 г. в мире предполагается рост энергопотребления в 1,6 раза, а к 2050 г. – в 2 раза по сравнению с 2010 г. с темпами, существенно превышающим спрос на топливно-энергетические ресурсы в целом [486]. В этом отношении набирает распространение так называемая *интеллектуальная электрификация*, означающая разумное и экономичное использование электричества в качестве основного энергоносителя [287], в конечной точке использования которого практически не происходит потерь; оно в высокой степени безвредно для окружающей среды и с помощью современных технологий может производиться экологически чистыми методами, является самой универсальной и легко управляемой формой энергии.

Исследование категории «электрификация» может осуществляться с двух сторон. Во-первых, она представляет собой процесс все более широкого проникновения электрической энергии в процессы национальной экономики и в быт населения. Во-вторых, электрификация представляет собой качественно новое состояние производительных сил как отдельных стран, так и мира в целом, и может рассматриваться как значимый фактор социально-экономического развития. Так, анализ, проведенный автором по 120 странам мира, демонстрирует

устойчивую корреляцию между потреблением электроэнергии на душу населения и уровнем экономического развития страны (рисунок 1.3). Например, такие страны, как Южная Корея, США, Япония, Германия, входящие в ТОП-5 наиболее высокотехнологичных стран мира по версии Bloomberg [462], одновременно входят в ТОП-5 стран с самым высоким валовым потреблением электроэнергии и, за исключением Южной Кореи, в ТОП-10 стран по величине ВВП. Напротив, наименее обеспеченные электроэнергией регионы (страны Тропической Африки и Южно-Азиатской зоны), являются в этом смысле экономическими анти-лидерами.

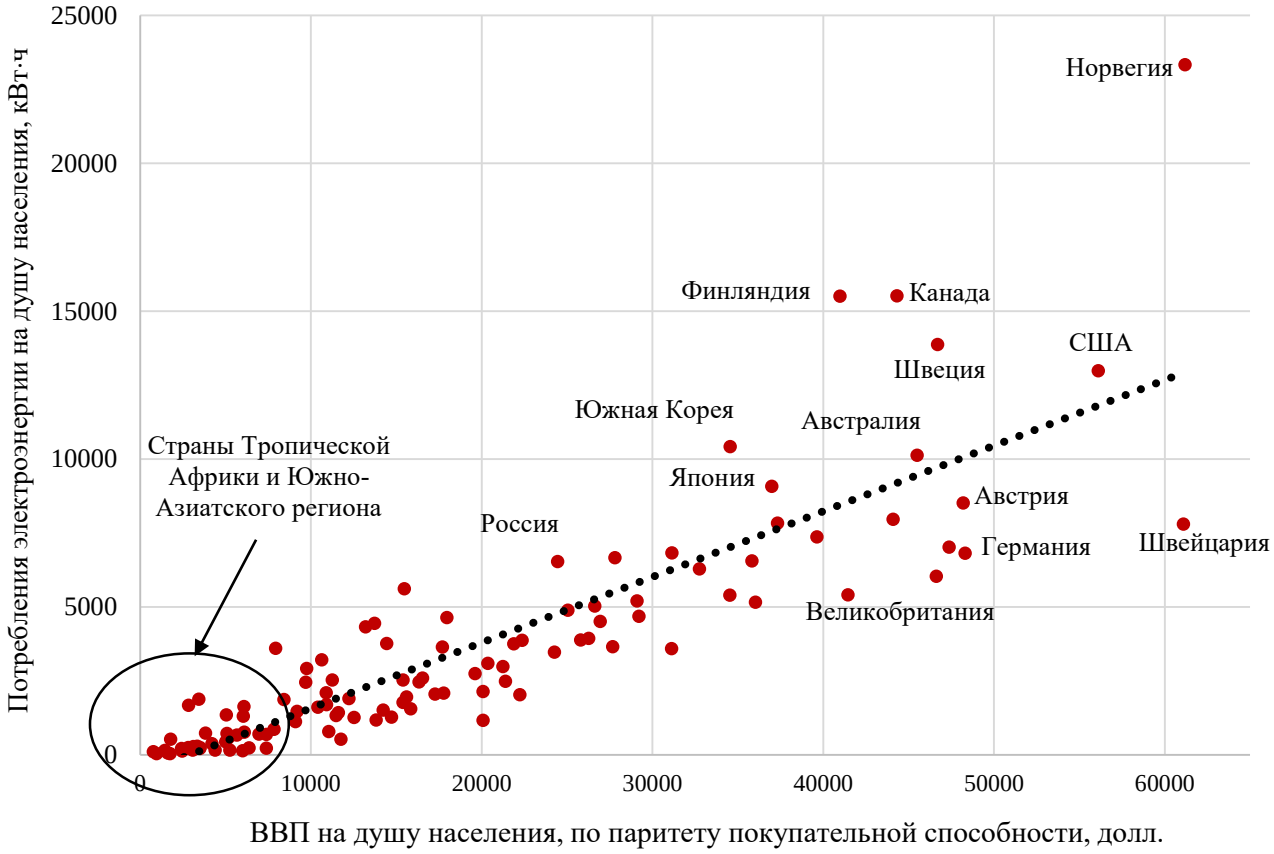


Рисунок 1.3 – Графическая интерпретация зависимости уровня экономического развития от потребления электроэнергии в регионе (рассчитано автором)

Конечно, корреляция потребления электроэнергии и ВВП на душу населения является агрегированным показателем и не точно выражает благосостояние населения. Однако в нашем анализе использование данного соотношения допустимо, поскольку речь идет не о качестве жизни, а об уровне электрификации. Величина этого соотношения, в свою очередь, зависит от уровня

технологического развития страны, структуры промышленного производства, определяющей долю электроемких производств, а также от масштабов энергосбережения.

Интеллектуальная электрификация характеризуется не только внедрением прогрессивных технологий в генерации и электрических сетях, но и появлением новых организационно-экономических механизмов во взаимоотношениях производителей, поставщиков и потребителей (таблица 1.3). Особую роль новый этап электрификации играет при создании умных городов, в которых отдельные схемы энерго-, тепло-, газо- и водоснабжения, а также телекоммуникационные структуры формируют общую «систему систем», требующую новых подходов к организации управления и диспетчеризации.

Таблица 1.3 – Технологические и организационные решения нового этапа электрификации в различных сферах (составлено автором по [28, 239, 303, 336, 402, 482])

Производство и передача энергии	Потребление энергии	Взаимоотношения производителей, поставщиков и потребителей энергии
Интеллектуалоемкие электросистемы с автоматическим распределением нагрузки по установленным критериям оптимальности. Автоматическое управление надежностью и качеством электроэнергии – контроль, регулирование потоков электроэнергии и самовосстановление. Аккумуляционные системы для ВИЭ. Установки автономного электроснабжения и мобильные генераторы.	Электрификация автотранспорта и высокоскоростных железнодорожных магистралей. Различные исполнительные автоматические устройства (роботы, датчики, серверы). Аккумуляторы-накопители повышенной емкости для автономных потребителей. Портативная энергетика.	Управление спросом на энергию и мощность. Двухсторонний обмен объемно-ценовой информацией в режиме реального времени. Оптимизация цен на электроэнергию и мощность. Взаимная ответственность в сфере надёжности электропотребления (компенсация ущербов от нарушения режимов и отклонение параметров).

К электротехнологиям, внедряемым на текущем этапе электрификации, предъявляются особо высокие требования к надежности, соблюдению параметров, сооружению и эксплуатации генерирующих установок малой и средней мощности, приближенных к центрам потребления. Не меньшие требования предъявляются и к сервисному контуру, обслуживающему генерирующие установки и энергопотребляющие системы, работа которого строится на использовании мультиагентного управления [364, 373]. В этой связи в электроэнергетике расширяется спектр внутренних и внешних наукоемких сервисов:

1) удаленный мониторинг состояния оборудования и инженерных сетей, совмещенный с системами управления активами энергокомпаний;
2) индивидуальное регулирование нагрузкой потребителей;
3) управление уровнем освещения и климат-контролем зданий;
4) прогнозный ремонт оборудования, основанный на оценке рисков;
5) организация закупочных процедур и логистики энергокомпаний на основе прогнозирования потребительского спроса [319].

Конечный экономический эффект от широкого применения электроэнергии складывается из разнообразных позитивных последствий электрификации: появления новых рабочих мест, развития смежных рынков, транспортной инфраструктуры, улучшения экологической обстановки; повышения надежности функционирования электрической сети и управляемости нагрузок [378]. Таким образом, имеет место многофакторное влияние электрификации на экономику региона [320, 404, 460]. В общем виде взаимосвязь электрификации и экономического роста показана на рисунке 1.4.

Рассмотренные драйверы нового энергетического перехода, которые объективно проявляются во всех без исключения странах мира, зачастую вступают в противоречие с текущим состоянием энергетики конкретного региона. Таким образом, чтобы определить системные особенности необходимых отраслевых преобразований, необходимо не только проанализировать глобальный «внешний» контекст трансформационных процессов, но и выявить специфические локальные факторы модернизации на уровне отдельно взятой энергосистемы.

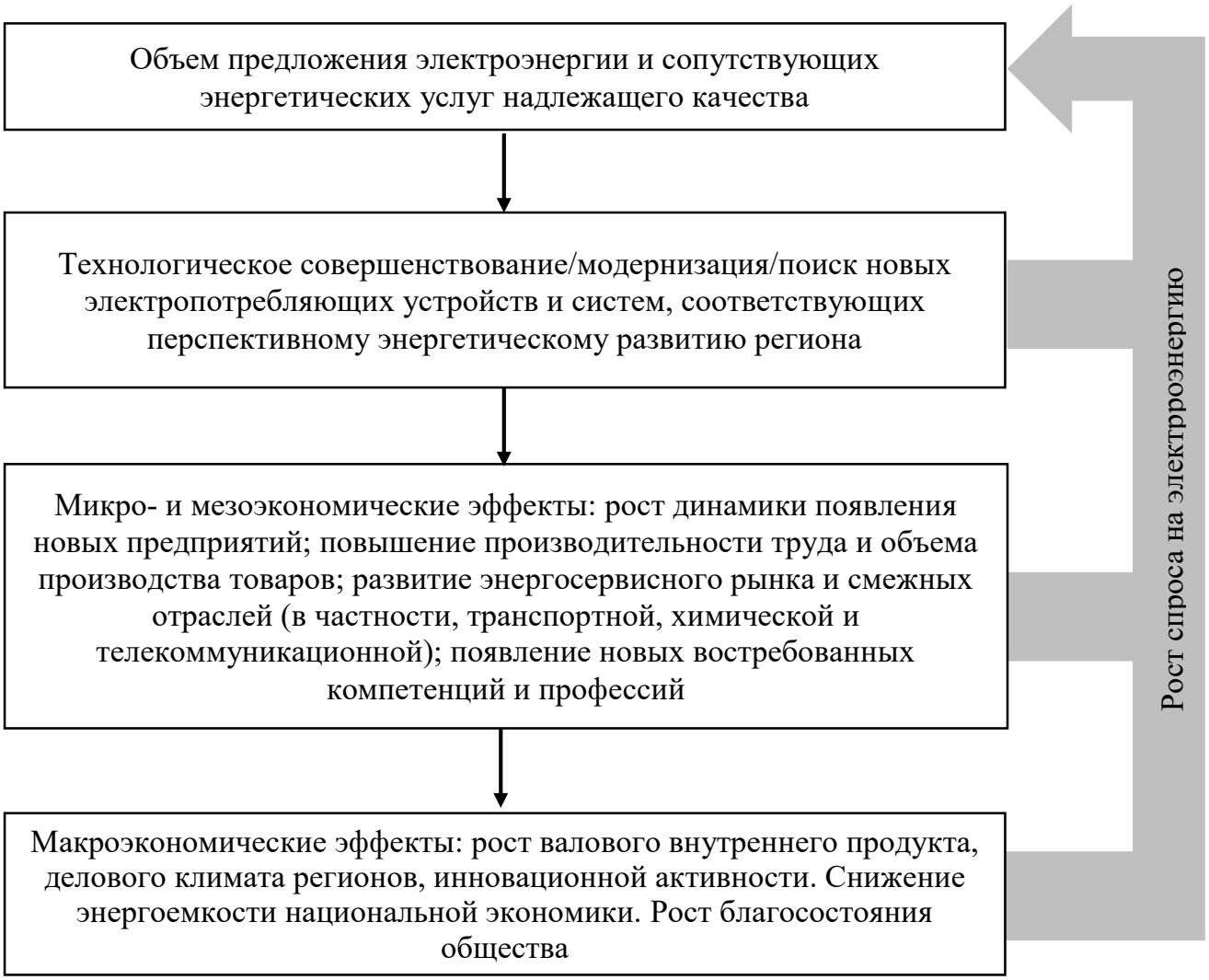


Рисунок 1.4 – Декомпозиция экономического эффекта электрификации (составлено автором)

С целью идентификации *ключевых локальных факторов*, определяющих необходимость модернизации электроэнергетики РФ, в рамках диссертации проведены структурированные интервью с работниками энергетических предприятий (ПАО «Россети», ПАО «ФСК ЕЭС», ПАО «Т Плюс», АО «ЕТК», ОАО «Энергосбыт Плюс», ООО «Башкирэнерго») и представителями академического сообщества. Выявленные факторы приведены на рисунке 1.5 и в целом коррелируют с рядом публикаций по данной проблеме [35, 39, 179, 218].

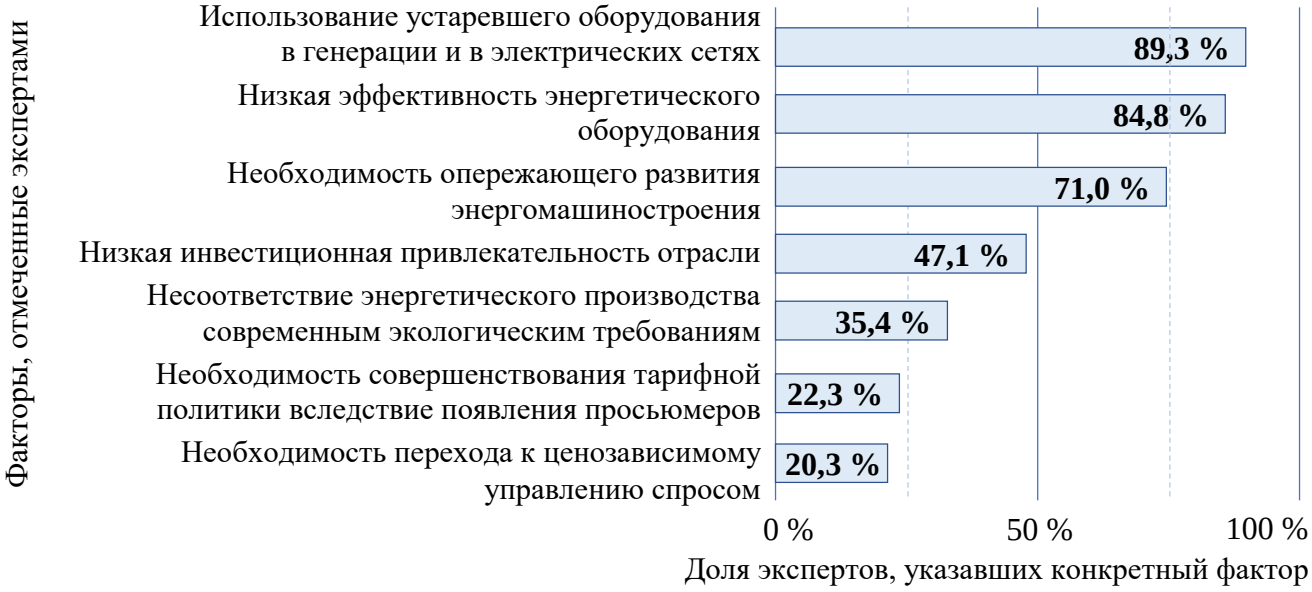


Рисунок 1.5 – Факторы, определяющие необходимость технологической модернизации (составлено автором)

Прокомментируем факторы, являющиеся наиболее популярными по мнению респондентов.

Использование устаревшего оборудования в генерации и в электрических сетях. В России самый старый парк генерирующего оборудования среди развитых стран мира. 2/3 оборудования имеет выработанный ресурс 100% [161]. Средний возраст оборудования 34 года, более 30% старше 45 лет, а почти 20 ГВт – старше 55 лет (рисунок 1.6, таблица 1.4).

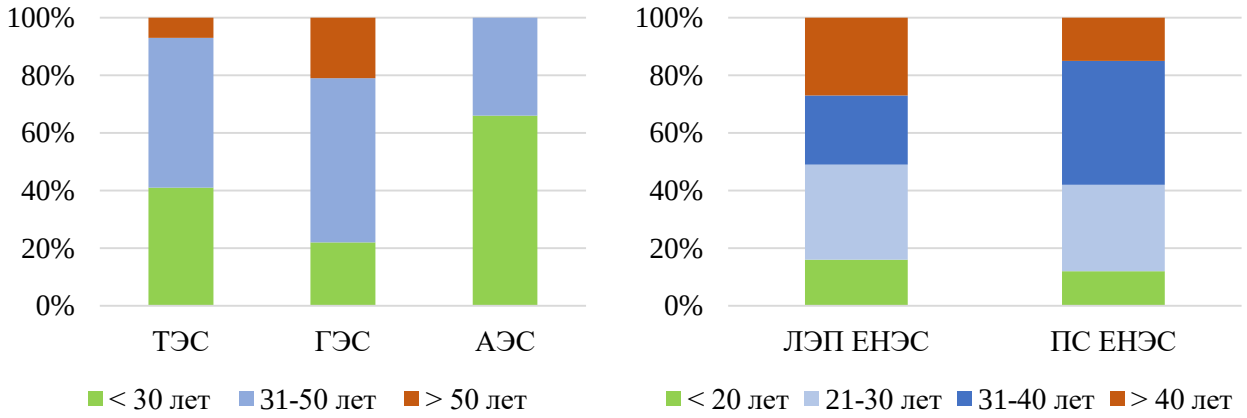


Рисунок 1.6 – Характеристика возрастного состава основного оборудования электроэнергетики (составлено автором по [36, 161])

Таблица 1.4 – Структура действующих котельных установок российских ТЭС по тепловой мощности, паропроизводительности и сроку ввода в эксплуатацию [182].

Тепловая мощность водогрейных котлов, МВт	Паропроизво-дительность котельных установок, т/ч	Котельные установки, ед.			
		Введенные по проектам, утвержденным по 31.12.1981	Спроектированные после 01.01.1982 и введенные по 31.12.2000	Введенные с 01.01.2001	Всего
Менее 50	Менее 70	128	51	100	279
50–100	70–140	201	47	35	283
100–300	140–420	1064	293	78	1435
Более 300	420 и более	511	198	24	733
Итого, ед.		1904	589	237	2730
Итого, %		69,7	21,6	8,7	100

Через 10 лет возрастную границу «50 лет» преодолеет еще четверть оборудования, или более 50 ГВт. Срок службы порядка 6% эксплуатируемого генерирующего оборудования уже продлялся более 4 раз. 60% оборудования тепловой генерации уже выработало свой парковый ресурс (в некоторых регионах, например в Уральском федеральном округе, этот показатель достигает 80%).

Порядка 20% оборудования, задействованного в соответствующем технологическом процессе, имеет неудовлетворительное или критическое техническое состояние, что существенно повышает вероятность его отказа с соответствующими последствиями для потребителей. Также ввиду того, что с 2020 г. увеличилась плата за сверхнормативные выбросы загрязняющих веществ, значительно возросли экологические платежи старых ТЭС, не способных обеспечить установленные технологические показатели выбросов, что негативно воздействует на их финансовое положение, в первую очередь потому, что рост затрат на производство энергии не может приводить к росту тарифов, превышающему уровень инфляции [182].

Доля морально устаревшего оборудования в тепловой генерации по разным оценкам составляет порядка 50%. При этом, при наблюдаемом сегодня профиците генерирующих мощностей, избыточные вводы новых парогазовых (ПГУ) и

газотурбинных (ГТУ) установок не сопровождаются адекватными выводами устаревшего оборудования. Например, при вводе в 2010–2016 гг. новых мощностей ПГУ и ГТУ в совокупном объеме 24,3 ГВт, а также паросиловых установок (ПСУ) в объеме 3,7 ГВт, вывод из эксплуатации устаревших мощностей составил только 9,6 ГВт (34,3% к вводу) [176].

К сожалению, приходится констатировать, что, несмотря на ряд проектов, например, программы ДПМ, позволившие обновить около 15% всей установленной мощности генерации РФ, проблему старения генерирующего оборудования решить не удалось. При сохранении текущего тренда роста потребления и вывода старых мощностей уже в 2025 гг. в среднем по России может наступить дефицит электрогенерирующих мощностей. А в некоторых регионах, например в Сибири, это произойдет раньше – уже начиная с 2023 г.

Требуется принятие решений в отношении 129 ГВт мощностей действующей тепловой генерации, парковый ресурс которых до 2035 года будет полностью исчерпан. То есть остро стоит вопрос о модернизации или замещении почти 60% установленной мощности генерации страны чуть более, чем за десять лет.

В электросетевом комплексе страны более 50% оборудования подстанций и ЛЭП имеют возраст более 30 лет. Физический износ основных фондов ПАО «Россети» вырос с 46,4 % в 2016 г. до 52 % в 2020 г. (рисунок 1.7).

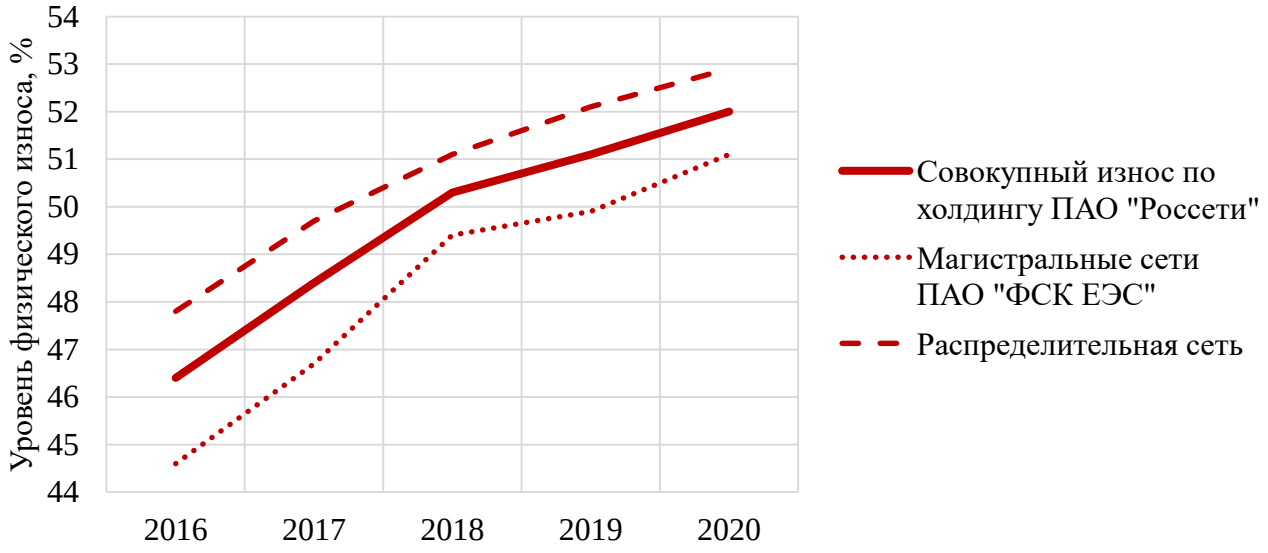


Рисунок 1.7 – Динамика износа основных фондов холдинга ПАО «Россети» [175]

При этом по отдельным типам оборудования в различных филиалах уровень физического износа может достигать 90%. В качестве примера приведем оценку уровня износа в ПАО «Россети Центр» (таблица 1.5). Естественно, что столь высокий коэффициент износа чреват аварийными отключениями, что в свою очередь влечет за собой недоотпуск электроэнергии потребителям и высокие затраты на восстановительные работы.

Таблица 1.5 – Динамика физического износа оборудования и элементов электрических сетей в ПАО «Россети Центр» (рассчитано автором по данным внутренней отчетности предприятия)

Тип оборудования	Напряжение, кВ	Физический износ, %			
		2016	2017	2018	2019
ВЛ	0,4	68,91	68,95	68,76	67,95
	3–20	74,44	74,80	74,82	74,94
	35	80,16	80,81	81,46	82,19
	110	80,64	81,19	81,81	82,22
КЛ	0,4	65,14	65,68	66,57	68,17
	3–20	61,60	62,81	63,28	63,45
	35	14,14	21,27	27,87	34,70
	110	20,43	25,92	36,52	37,10
Трансформаторы	3–20	72,52	72,63	73,50	73,89
	35	82,68	83,86	84,95	88,03
	110	78,65	78,91	80,14	83,06
Коммутационные аппараты	3–20	64,67	65,28	66,46	67,96
	35	76,85	77,65	79,16	81,54
	110	55,98	57,22	58,89	62,85

Ухудшение технического состояния электросетевой инфраструктуры и увеличение ее физического износа провоцирует рост потерь электроэнергии при передаче. Как правило, в абсолютных величинах объем потерь может претерпевать лишь незначительные изменения, но в процентном соотношение от общего отпуска электроэнергии, который имеет тенденцию к снижению, этот объем растет. Данный тезис наглядно подтверждает анализ соответствующих показателей по ПАО «Россети Центр» (рисунок 1.8).

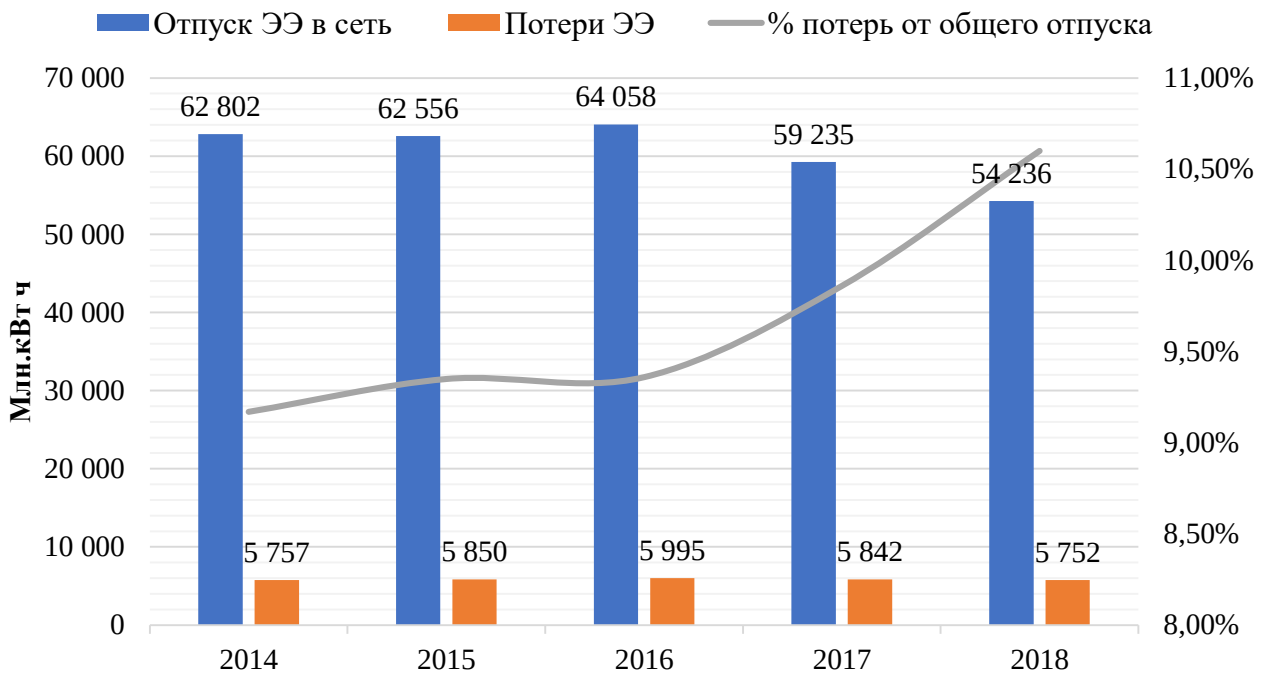


Рисунок 1.8 – Рост доли потерь при передаче электроэнергии в ПАО «Россети Центр» (рассчитано автором по данным внутренней отчетности предприятия)

Уровень автоматизации в электрических сетях РФ значительно отстает от аналогичного показателя в развитых странах: только 38% от общего количества центров питания оснащены телесигнализацией и менее 16% имеют телеуправление; из предприятий электрических сетей и районов электрических сетей около 78% имеют диспетчерские пункты, из которых только 60% оснащены диспетчерскими щитами. Релейная защита и автоматика выполнена в основном с использованием электромеханических реле (≈91%), которые имеют значительный разброс характеристик срабатывания по току и времени, обладают недостаточной чувствительностью. Около 60% всех комплектов релейной защиты находятся в эксплуатации более 30 лет.

В этом отношении возникает необходимость *радикального изменения принципов замещения оборудования, выбывающего по причине выработки ресурса, и определения его реального остаточного ресурса в зависимости от технического состояния и условий эксплуатации* [86].

Низкая эффективность энергетического оборудования. Низкие коэффициент полезного действия и коэффициент используемой установленной

мощности (КИУМ), высокие показатели расхода топлива на электростанциях (большинство из которых построено порядка сорока лет назад) приводят к удорожанию электричества, несмотря на то, что, например, многие ТЭС работают на дешёвом газе. В таблице 1.6 дается сравнение КИУМ в России и в развитых странах.

Таблица 1.6 – Сравнительные характеристики КИУМ в России и за рубежом, % [200]

Вид станции	Россия			Развитые страны
	Текущий	По генеральной схеме	Заложенный на этапе строительства	
ТЭС	53	59	67	65–67
АЭС	78	78	85	89–93
ГЭС	44	39	45	40–90

По данным Международного энергетического агентства (МЭА), при оценке потенциала энергосбережения в качестве нижней технологической границы для новых станций используются следующие показатели КПД: для ТЭС на угле – 43 %, на газе – 55 %. В качестве верхней границы эти показатели составляют: для ТЭС на угле – 48 %, на газе – 60 %, на жидком топливе – 50 %. К сожалению, в России уровням верхней границы эффективности МЭА соответствует только 1,5 % выработанной электроэнергии [82].

Необходимость радикального повышения научно-технического и производственного потенциала в смежной отрасли – энергомашиностроении. Несмотря на то, что энергомашиностроительные предприятия РФ выпускают относительно конкурентоспособную по мировым меркам продукцию в сегментах атомной энергетики, гидрогенераторов и паросилового оборудования, а за последние 5 лет накоплен неплохой потенциал в части импортозамещения газовых турбин (на таких предприятиях, как ООО «Сименс газотурбинные технологии», ОАО «Сатурн – Газовые турбины», РЭП «Холдинг»), критическим, как и в самой электроэнергетике (отрасли, являющейся основным потребителем продукции энергомашиностроения), остается вопрос износа основных

производственных фондов энергомашиностроительной отрасли, который сегодня оценивается в 70–75% [149], что закономерно приводит к низкой производительности труда, высоким издержкам и энергоемкости производства. Помимо этого, существует диспропорция между сформировавшейся в стране производственной структурой энергомашиностроения и потребностями электроэнергетики: при избытке мощностей по производству гидротурбин, энергетических котлов, котлов-утилизаторов ощущается дефицит мощностей для изготовления высокоэффективных газовых турбин. Ситуация усугубляется недостатком финансирования НИОКР. Например, в крупнейших странах мира ежегодный совокупный объем господдержки программ НИОКР энергетического машиностроения превышает 17 млрд долл.; в России эта сумма до недавнего времени не превышала 15–20 млн долл.[1] Как итог, сроки и стоимость разработки новых технологий и их освоения до состояния промышленного продукта в российском энергомашиностроении в разы превышают лучшие зарубежные практики, а ввиду отсутствия достаточных оборотных средств компании не могут осуществлять квалифицированный сервис оборудования «под ключ», значительно теряя в конкурентоспособности своего товарного предложения [18].

Можно выделить и другие причины, связанные, например, с высокой природоемкостью энергетического производства [102], фактическим отсутствием отрасли экологического инжиниринга в нашей стране [112, 182, 190], необходимостью более сбалансированных вводов мощностей, работающих на угле и газе [8, 209], уязвимостью электроэнергетики для кибератак [2, 135] и так далее. В результате нарастания влияния специфических негативных факторов, определяющих необходимость масштабной модернизации электроэнергетики России, и лавинообразного потока технологических инноваций, имеющих глобальный характер, возникает каскад вызовов, угрожающих устойчивому развитию отрасли и энергетической безопасности страны в целом (таблица 1.7).

---

[1] До 2023 г. по программе финансирования мероприятий импортозамещения в российском энергетическом машиностроении из средств федерального бюджета планируется потратить порядка 40 млрд руб. (около 500 млн долл.). К сожалению, точно определить, какая доля этих средств будет направлена на поддержку НИОКР, не представляется возможным ввиду слишком укрупненных статей расходов.

Таблица 1.7 – Примеры вызовов и угроз, определяющих необходимость технологической модернизации и стратегических изменений в электроэнергетике России (составлено автором на основе [22, 45, 52, 177, 217, 323, 328])

Вызов	**Угроза**
Физический и моральный износ энергооборудования угрожающих размеров	– Рост аварийности; – сверхнормативные потери энергоресурсов; – повышение затрат на ремонт и модернизацию; – отсутствие инвестиций.
Стремительная интеллектуализация энергетики и ее интеграция с другими инфраструктурными секторами экономики посредством умных технологий	– Неготовность энергетики к внедрению передовых научно-технических достижений; – резко переменный характер режима работы электростанций и сетей, рост технологических потерь в распределительных сетях, что ведет к росту затрат по всей цепочке электроснабжения и негативно влияет на бесперебойность и надежность; – рост цен на электроэнергию, обусловленный необходимостью реализации крупномасштабных инвестиционных проектов; – ассиметричность развития энергетики с запросами активных потребителей; – уязвимость для хакерских атак.
Опережающее развитие ВИЭ как реакция на экологические требования общественности	– Неоптимальная доля ВИЭ в структуре генерирующих мощностей, требующая периодической разгрузки (остановки) высокоэффективных ТЭС и даже АЭС; – деформация рынка электроэнергии и снижение эффективности его ценовых сигналов; – рост себестоимости электроэнергии на электростанциях; – сокращение рентабельности энергокомпании; – потребность в дополнительных капиталовложениях в реконструкцию котельных агрегатов.
Снижение доли промышленности в электропотреблении	– Разуплотнение графиков нагрузки энергосистем; – повышение издержек производства на электростанциях; – дополнительная потребность в капиталовложениях в пиковые мощности; – проблемы с введением оптимального суточного режима работы АЭС и крупных угольных ТЭС.

Продолжение таблицы 1.7

Вызов	**Угроза**
Уменьшение спроса на оптовом рынке электроэнергии и мощности (ОРЭМ)	– Вероятность потери части генерирующих мощностей и персонала электростанций при выводе из эксплуатации избыточных, наименее эффективных мощностей без перспектив их модернизации. В случае их сохранения — рост потерь у потребителя из-за завышения цен на ОРЭМ и мотивации перехода на автономное энергоснабжение.
Включение категории «надежность (безотказность) оборудования» в систему рыночных отношений и придания ей статуса экономической	– Периодические отказы энергооборудования (в пределе как массовое явление) из-за стремления к снижению затрат на ремонты.
Кибербезопасность	– Несанкционированное вмешательство в систему управления сетями; – уязвимость информационных ресурсов; – уязвимость устройств релейной защиты и автоматики и АСУТП.

1.2. Проблемы сервисного сопровождения модернизационных процессов

Перестройка организационно-экономического механизма электроэнергетики, соответствующая перечисленным технологическим инновациям, вызовам и угрозам существенно меняет экономическую среду энергетического бизнеса и активизирует горизонтальные взаимосвязи энергокомпаний с сервисными бизнес-структурами, углубляющими свою специализацию. В свою очередь, на современном этапе развития электроэнергетики РФ сервисным предприятиям предстоит активное участие в решении двух взаимосвязанных и в то же время разнонаправленных задач. Первой задачей является общее *повышение технологического уровня отрасли и непосредственное обеспечение ее готовности* к технологической модернизации на основе новейших научно-технических достижений. Вторая задача заключается

в создании условий для перестройки электроэнергетики под новый отраслевой технологический и организационный контекст, характеризующийся повышенной сложностью и неопределенностью, с последующей разработкой бизнес-моделей и систем управления, ориентированных на рост доли сервисов в структуре отраслевого товарного предложения. В результате сервисная деятельность становится все более многоаспектной и приобретает ярко выраженный междисциплинарный характер.

Междисциплинарный подход предполагает взаимодействие двух и более научных дисциплин или областей практической деятельности, в результате которого выявляются вопросы и формулируются проблемы, отсутствовавшие ранее в содержании отдельных дисциплин [50, 56]. Результаты исследования вопросов и проблем, появившиеся на стыке разных дисциплин, позволяют получить новые знания и методические инструменты, расширяющие возможности исследований в каждой науке и повысить эффективность практической области деятельности.

Таким образом, при использовании термина «междисциплинарный» можно выделить две области:

– научная деятельность, предполагающая выявление новых возможностей исследования сложных проблем на стыке двух и более дисциплин с целью углубления познания и их взаимного обогащения;

– практическая деятельность, основанная на взаимодействии специалистов из разных предметных областей или субъектов различных рынков. Например, команда разработчиков нового продукта может включать менеджеров, инженеров, экономистов, юристов, маркетологов, дизайнеров, при этом в процессе разработки участвуют компании, работающие на рынках программного обеспечения, электронной аппаратуры, химической промышленности, консалтинга.

При этом в междисциплинарном анализе выделяется три аспекта:

– методологический аспект включает формирование предмета исследований и выявление связей, которые позволяют осуществлять фильтрацию идей и взаимообогащающих предметных знаний в решении проблемы;

– концептуальный аспект определяет создание междисциплинарной конструкции, выполняющей функциональную роль в описании связей, их структуры и формировании базы знаний;

– организационный аспект предполагает создание сети коммуникаций и взаимодействие специалистов – экспертов соответствующих дисциплин.

Междисциплинарный характер сервисного сопровождения модернизационных процессов в электроэнергетике РФ можно охарактеризовать в следующих положениях.

1. Высокий износ основных фондов в генерации и электрических сетях, являющийся фактором низкого КПД энергетического производства, высоких рисков аварий, технических потерь электроэнергии (а также теплоэнергии в магистральных трубопроводах, отпускаемой с ТЭЦ) определяет необходимость пересмотра организации форм технического обслуживания и ремонта энергообъектов на принципиально новой методологической, технической и организационно-экономической базе. В частности, энергокомпаниям предстоит решить комплекс вопросов, связанных с применением интеллектуальной диагностики состояния энергоустановок и объектов электросетевой инфраструктуры (например, ЛЭП), а также инсталляции на устаревших объектах (которые пока не планируются к выводу из эксплуатации) автоматизированных систем контроля учета энергопотребления (АСКУЭ) и других решений, обеспечивающих, насколько это возможно, теленаблюдение оборудования и переход к предиктивному управлению производственными активами.

Важно подчеркнуть, что, несмотря на абсолютный приоритет надежности, выбор в пользу прогрессивных форм ТОиР, а также закупка современных диагностических комплексов, должны осуществляться в совокупности с экономическими критериями эффективности. Это особенно актуально для классических энергоремонтных предприятий, экономические результаты деятельности которых традиционно отличаются довольно низкой рентабельностью, составляющей в среднем от 2 до 6% [108].

2. Необходимость создания энергообъектов с использованием новейших научно-технических достижений предъявляет высокие требования *к*

инжинирингу, на который сегодня возлагаются функции по реализации проектов «под ключ» (от создания концепции и дизайна до управления объектом в течение определённого периода эксплуатационного цикла). В этом отношении в сфере инжиниринга становятся востребованными такие междисциплинарные компетенции, как организация сетевого взаимодействия между инжиниринговыми, энергетическими и энергомашиностроительными компаниями, консалтингом и университетами; управление сложными проектами с применением методологий системной инженерии, сценарного анализа и риск-менеджмента; BIM-моделирование; оценка экологических рисков инвестиционных проектов.

Приведенные примеры демонстрируют, что даже такие классические формы энергетического сервиса, как инжиниринг, техническое обслуживание и ремонт отличаются высокой сложностью, требуют вовлечения специалистов, работающих на стыке различных предметных областей, трансфера знаний относительно появляющихся организационно-технологических решений, что резко усиливает наукоемкость данных форм.

3. Масштаб технологической модернизации, сопровождающийся экспансией новых производственных технологий, цифровизацией и интеллектуализацией, расширяет спектр требуемой сервисной поддержки и определяет необходимость включения в сервисный контур электроэнергетики организаций, которые функционируют за пределами отрасли. Критической становится роль компаний, разрабатывающих программное обеспечение и цифровые системы управления различными процессами (от наблюдения за состоянием оборудования в реальном времени до вопросов, связанных с обеспечением кибербезопасности). По прогнозу EnergyNet [166], рынок таких сервисов к 2025 гг. составит порядка 300 млрд руб., что сопоставимо с планами по инвестициям в модернизацию основного оборудования тепловой энергетики за этот же период [32, 36], а к 2035 г. увеличится в 10 раз и достигнет 3 трлн руб. Более того, поскольку эти сервисы должны быть воплощены в конкретной аппаратуре, необходимо обеспечить стыковку IT-индустрии с электронной промышленностью и энергомашиностроением, выпускающими наукоемкую продукцию – компонентную основу электроэнергетических систем.

Другой аспект связан с появлением активных потребителей, предъявляющих требования к энергокомпаниям в части предоставления им возможностей по управлению собственной нагрузкой. Опыт зарубежных стран свидетельствует, что решение данной задачи во многом зависит от наличия адекватной рыночной инфраструктуры и аналитических систем работы с большими данными, создание которых во многом «ложится на плечи» субъектов именно сервисной сферы – энергосервисных и телекоммуникационных компаний, поставщиков наукоемких цифровых решений, специализированных агрегаторов спроса на энергию.

4. С учетом многообразия технологических инноваций, сопровождающих модернизационный процесс в электроэнергетике, на первый план в сервисной поддержке выходят функции опережающего обучения и подготовки высококвалифицированных кадров и команд прорыва. Эта методология подробно раскрыта в пятой главе диссертации. Здесь же подчеркнем, что опережающее обучение подразумевает постоянную генерацию новых знаний относительно зарождающихся отраслевых и межотраслевых тенденций, их природы, факторов развития, поэтому контент, предназначенный для изучения специалистами, насыщается научной информацией, основами НИР, инноватики, прогрессивными решениями в области инженерии и управления. Особое внимание в опережающем обучении уделяется освоению методов конструирования будущего, что само по себе представляет наукоемкую междисциплинарную задачу [327].

Весьма убедительным доказательством междисциплинарности сервиса является тот факт, что сегодня за рубежом распространен термин «наука управления сервисными системами», который обозначается аббревиатурой SSME – Service Systems (сервисные системы), Management (менеджмент) и Engineering (инженерия). Фундамент SSME составляют положения теории систем, менеджмента, маркетинга, теории сетей, вычислительной социологии, а программы получения дипломов SSME созданы в университетах по всему миру и реализуются, например, в Калифорнийском университете в Беркли, Женевском университете, Университете Сиднея, Национальном университете Сингапура и

других. В современной науке считается, что сервисные системы проектируются и конструируются как интегрированные в промышленную, отраслевую или территориальную инфраструктуру и, будучи сложными системами, они обладают соответствующими новыми свойствами. Чем масштабнее и стратегически значимее *обслуживаемая система*, тем сложнее и система *обслуживающая (сервисная)*, то есть в совокупности обслуживаемая и сервисная система образуют систему систем, управление которой может осуществляться с помощью специальных методологий системной инженерии [43].

Взаимосвязь сервисной деятельности с разнообразными областями науки и практики представлены на рисунке 1.9.

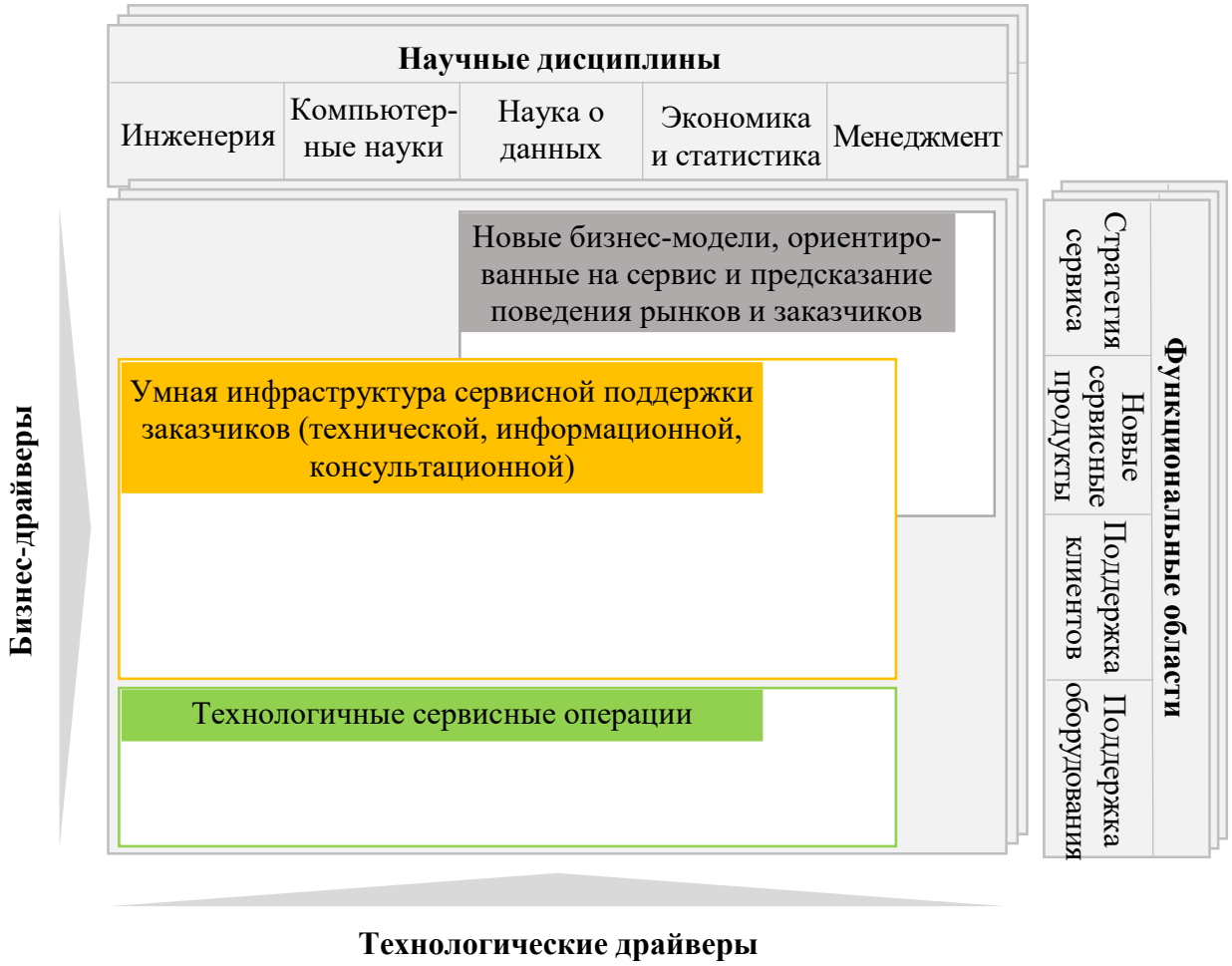


Рисунок 1.9 – Представление о междисциплинарном характере сервисной деятельности в электроэнергетике: совмещение научного и практического подходов (составлено автором)

1.3. Задачи экономической науки в обеспечении отраслевой модернизации

Выявление системных особенностей модернизации электроэнергетики позволяет перейти к формированию ее теоретико-методологической базы, учитывающей усиление роли сервисной поддержки и необходимость создания специальной отраслевой индустрии наукоемкого сервиса, во многом являющейся одной из приоритетных задач экономической науки.

Традиционное определение технологической модернизации формулируется как реализация комплекса организационно-технических мер по обновлению производственных фондов, включая оборудование и соответствующие элементы материальной базы предприятий (здания, цеха, производственно-складские помещения), основных и вспомогательных технологий производства и ассортимента продукции на основе прогрессивной техники и технологии (наукоемких инноваций). Речь может идти о строительстве *новых* мощностей (например, для устранения имеющегося или потенциально возможного дефицита энергоресурсов внутри страны, а также расширения их экспорта) или повышении эффективности *существующих* электроэнергетических объектов, развитии систем резервирования, совершенствовании системы управления энергосистемой и других мероприятиях, необходимых для обеспечения энергетической безопасности государства [118, 123, 125].

Различие между близкими понятиями технологической модернизации, реконструкции, технического перевооружения регламентируются, например, в п. 2 ст. 257 Налогового кодекса Российской Федерации [147].

Целью технологической модернизации является повышение технико-экономических и финансовых показателей производства (в том числе за счет обновления товарной номенклатуры) до уровней, обеспечивающих целевую конкурентоспособность продукции на мировых рынках, а также финансовые интересы собственников и инвесторов.

Важно подчеркнуть, что технологическая модернизация может происходить в различных контурах, определяющих масштаб и содержание изменений, а также набор специфических метрик, используемых для оценки эффективности модернизационных процессов.

Так, например, электросетевая компания может осуществлять переоснащение трансформаторного оборудования своих объектов путем замены масляных трансформаторов на сухие, кабельных линий с бумажной изоляцией на кабель с изоляцией из сшитого полиэтилена, проводить реконструкцию подстанций в кирпичном исполнении на базе компактных «блочных» аналогов, отличающихся применением элегазового оборудования, гибкой спецификацией и современным дизайном. Такая модернизация является *локальной* и, как правило, преимущественно определяется экономическими интересами конкретной энергокомпании.

В общем случае направлениями локальной модернизации могут быть:

– частичное техническое усовершенствование производственных агрегатов. Например, повышение паропроизводительности котла за счет внедрения эффективных по своим теплообменным характеристикам материалов и улучшения экологических параметров за счет установки современных золоуловителей и внутритопочных средств подавления оксида азота;

– замена морально и физически изношенного оборудования с его демонтажом на прогрессивные аналоги;

– перевод технологий на альтернативные виды исходного сырья и энергоносители;

– полная автоматизация технологических процессов и функций управления производством (в том числе на основе информационных технологий и интеллектуальных киберсистем).

Среди условий проведения локальной модернизации выделим следующие.

1. Наличие всесторонне обоснованного инвестпроекта (бизнес-плана) с хорошо проработанными инженерными решениями по отдельным областям и направлениям модернизации (с обязательной экологической экспертизой).

2. Привлечение необходимого объема инвестиций в форме как финансовых ресурсов, так и технических средств (технологий).

3. Готовность к изменениям в системах организации производства и управления предприятием.

4. Переподготовка менеджеров и инженеров, а в отдельных случаях – проведение структурно-кадровых изменений.

5. Комплексная оценка внешних рисков, обуславливающих вероятностный характер значений целевых модернизационных показателей.

Технологическая модернизация энергетики *на уровне региона* носит более диверсифицированный и комплексный характер. Ее задачи и содержание во многом определяются энергетической политикой региона, деятельностью региональных регулирующих органов, изменениями в структуре спроса на электроэнергию и перспективным топливно-энергетическим балансом. На процесс технологической модернизации в региональной энергетике влияют разные группы факторов: макро- и микроэкономические, технологические, институциональные. Конечно, мероприятия, проводимые на этом уровне, должны соответствовать и национальным планам отраслевого развития, в первую очередь, Энергетической стратегии страны.

В качестве модернизационных направлений в данном случае можно выделить повышение надежности крупных ГРЭС, ТЭЦ, ГЭС; создание современных систем диспетчеризации (например, центров управления сетями); строительство новых «замыкающих» подстанций среднего напряжения; развитие технологий распределенной генерации; организацию работы data-центров для обработки энергетических данных с целью балансирования спроса на электроэнергию; развитие инновационной инфраструктуры энергетики региона для тестирования и внедрения новых технологий, а также стимулирования технологического предпринимательства.

Наконец, технологическая модернизация *в масштабе отрасли* – это совокупность нормативно-методических, организационно-управленческих и технологических мероприятий, призванных обеспечить устойчивое развитие электроэнергетики на основе внедрения передовых научно-технических достижений, соответствующих планам развития экономики, предпочтениям потребителей и запросам общества. В данном контексте технологическая модернизация представляет собой не дискретный, а непрерывно проистекающий, динамичный процесс, синхронизирующий развитие энергетики (или, по крайней мере, обеспечивающий его относительную равномерность) в различных субъектах государства (региональных энергосистемах). В основе этого процесса

лежит принцип опережения (предвосхищения), поскольку именно электроэнергетика во многом определяет «окно возможностей» [334] развития всех остальных отраслей народного хозяйства.

Отраслевые особенности технологической модернизации определяются:

– технологическим уровнем действующих энергетических производств, исходным уровнем автоматизации основных и вспомогательных производственных процессов;

– приоритетными направлениями научно-технического прогресса, капиталоемкостью технологических инноваций и инновационным потенциалом;

– готовностью энергетического машиностроения к производству современных энергетических установок;

– конкурентоспособностью сервисного сектора (в том числе в энергоремонте, инжиниринге, консалтинге, энергомашиностроении, телекоммуникационной индустрии) и уровнем его конвергенции непосредственно с электроэнергетикой;

– обеспеченностью отрасли высококвалифицированными кадрами.

Технико-экономическую эффективность технологической модернизации электроэнергетики можно оценивать рядом показателей, такими как снижение физического и морального износа производственных активов, повышение удельной мощности агрегатов, снижение экологических выбросов при эксплуатации новой техники, уменьшение топливоемкости, повышение ремонтопригодности оборудования и других. Автор предлагает условно разделить эти показатели на «классические» и «новые», учитывающие интенсивность использования в процессе модернизации наиболее прогрессивных производственных, сервисных, информационно-коммуникационных, цифровых решений. Причем оценка эффективности должна производиться на всех описанных выше контурах – локальном, региональном и отраслевом. Так, например, для электросетевой компании целесообразно сравнивать значения следующих показателей до и после проведения модернизационных мероприятий:

– «классические» показатели: уровень эксплуатационных затрат в электрических сетях; уровень затрат на аварийный ремонт; надежность электроснабжения потребителей (средняя продолжительность перерывов

электроснабжения, недоотпуск электроэнергии вследствие аварийных ситуаций); уровень технических и коммерческих потерь электроэнергии;

– «новые» показатели: степень наблюдаемости сети (доля оборудования и элементов сети, техническое и оперативное состояние которых можно оценить в реальном времени); доля современного (необслуживаемого или обслуживаемого посредством дистанционных методов) оборудования в общем объеме той или иной категории (трансформаторы, распределительные устройства); оснащенность предприятия средствами роботизированной диагностики; охват потребителей программами управления спросом на энергию (доля активных потребителей – просьюмеров – в структуре всех потребителей территориальной сетевой организации).

Подчеркнем, что категория «технико-экономическая эффективность» в электроэнергетике имеет характерные особенности.

1. Нередко такие энергетические характеристики, как КПД станционного и сетевого оборудования, показатели использования энергетических мощностей и уровня надежности электроснабжения относят к категории *технической эффективности*. Но это справедливо до тех пор, пока энергообъект не введен в эксплуатацию, не включен в работу на энергетических рынках и не выполняет функции поставщика энергетической услуг. Тогда правомерно говорить только о *технико-экономической эффективности* (применительно к указанным характеристикам), показатели которой непосредственно участвуют в формулировании итоговой эффективности энергетических организаций.

2. Показатели технико-экономической эффективности следует разделять на две группы: *абсолютной* (фактической) эффективности и *целевой* эффективности (результативности). Первая группа включает показатели энергоэффективности (КПД), производительности (или использования) ресурсов (топливно-энергетических, энергомощностных, трудовых, материальных), уровня надежности энергооборудования электростанции и сетей (включая бесперебойность и качественные параметры энергоснабжения). Результативность, как форма оценки уровня эффективности, предполагает сопоставление показателей абсолютной (фактической) эффективности с их нормативными значениями –

предельно-оптимальными величинами эффективности для конкретных условий функционирования энергообъектов. Оценка результативности или достигнутого уровня эффективности особенно важна для целей анализа деятельности энергетических организаций и качества их менеджмента.

3. *Показатели надежности* на электростанциях и в электрических сетях, как элемент технико-экономической эффективности, строятся на учете фактических недопоставок электроэнергии за время проведения внеплановых ремонтов из-за отказа оборудования, отнесенных к плановому (договорному) объему электропотребления. При этом расчетная модель должна учитывать то обстоятельство, что при отсутствии отказов, то есть перерывов в поставках, уровень надежности должен составлять 100% (что и должно быть принято в качестве норматива).

4. На показатели технико-экономической эффективности воздействуют *неуправляемые и управляемые факторы*. Первые обусловлены физическими законами применительно к электротехнике. Так, КПД генерирования электроэнергии объективно не может достигнуть 100%; потери электроэнергии в электрических сетях невозможно свести к нулю; отказы оборудования имеют в своей основе электрофизические процессы за исключением случаев, где триггером их возникновения является человеческий фактор. Возможность выделения и анализа управляемых факторов определяется уровнем инженерно-технической подготовки менеджмента отраслевых субъектов и его мотивацией на достижение высокой эффективности деятельности объектов электроэнергетики.

В целях *управления процессом технологической модернизации* важно выделить две ее формы.

Во-первых, *распределенная модернизация* (в пространстве и времени), которая осуществляется как непрерывный, регулярный процесс в интересах конкретных бизнес-структур на отдельных предприятиях.

Во-вторых, *системная модернизация* – эпизодический тотальный процесс, охватывающий не только электроэнергетику, но и смежные отрасли, а также промышленность в целом. Она проводится с приоритетом государственных интересов для преодоления технологического отставания подавляющего большинства производств в стране от передового уровня, кардинального

изменения структуры национальной экономики, обеспечения лидерства отраслей обрабатывающей промышленности и запуска механизма экономического роста на качественно новой технологической основе. Системная модернизация позволяет в конечном итоге добиться конкурентоспособности продукции на мировых рынках и минимизировать зависимость страны от импорта высокотехнологичных товаров. При этом, безусловно, учитываются интересы национального бизнеса, и именно на этой основе ставится задача привлечь бизнес к осуществлению системной модернизации. Процесс системной модернизации должен регулироваться специальными органами, устанавливающими технические регламенты к качеству продукции, надежности, безопасности и экологичности производства.

Классификация форм технологической модернизации приведена на рисунке 1.10.

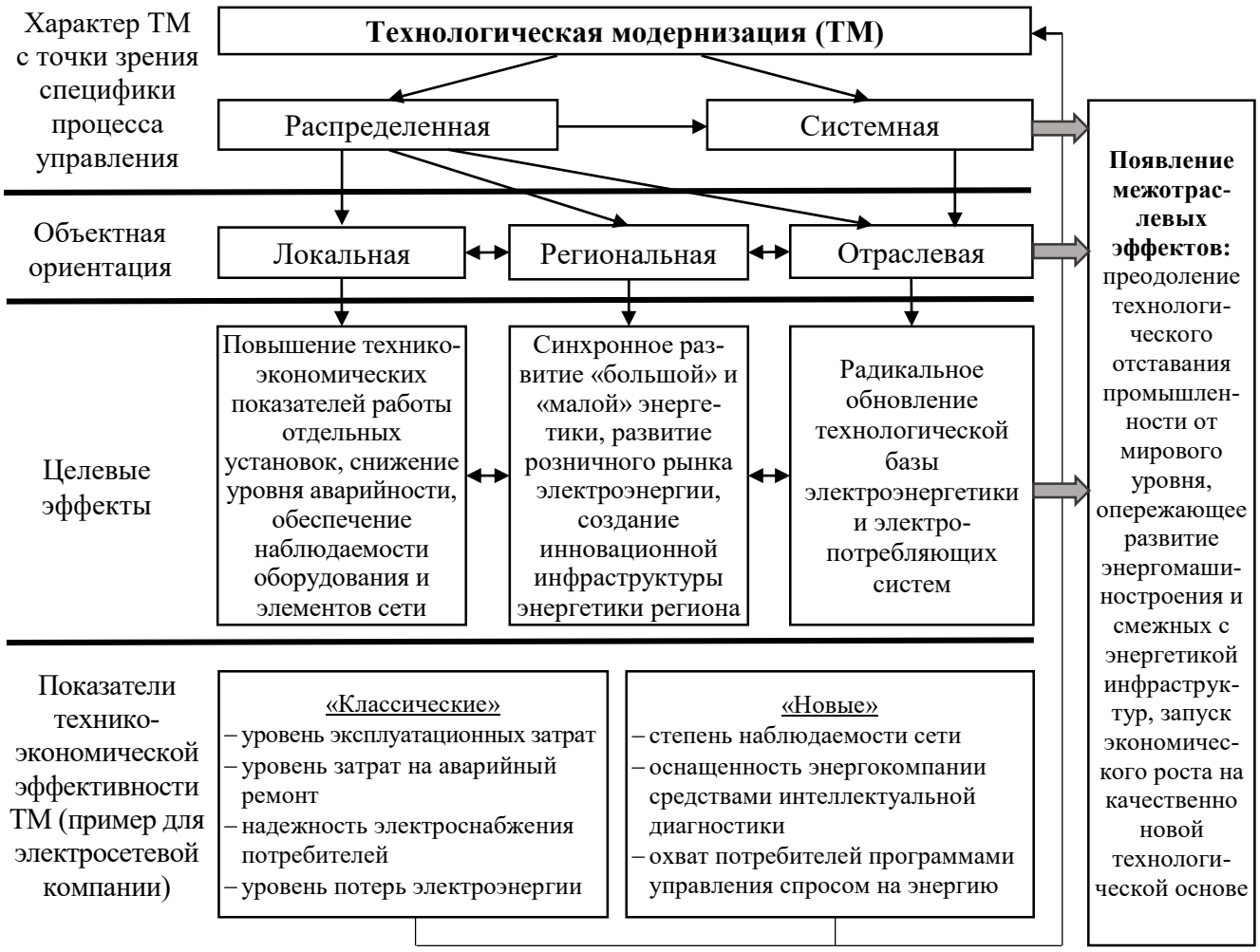


Рисунок 1.10 – Формы технологической модернизации электроэнергетики (составлено автором)

Системная модернизация является фундаментальным условием для технологического прорыва. Под технологическим прорывом автором понимается *системно организованный процесс радикальных изменений в технологической базе производства и сопутствующих преобразований в организационно-экономических и социальных системах на основе новейших научно-технических достижений.* Прорыв подразумевает внедрение принципиально новых продуктовых, технологических и организационных решений, а также ускоренное создание кадрового ресурса для выхода отраслей и секторов экономики на лидирующие рыночные позиции, в результате чего создаются новые рынки, а существующие отрасли либо трансформируются коренным образом, либо исчезают вообще [444, 445].

При осуществлении технологического прорыва резко возрастает роль науки, которая должна конкретизировать, *к чему* приведет прорыв в результате (какие новые возможности откроются), *есть ли специфические особенности* каждого из этапов прорыва, *как* эти особенности должны учитываться в инженерии и менеджменте, наконец, *каковы* риски неконтролируемого развития технологий и новых систем, ведущие к потенциально негативным социально-экономическим последствиям [443]. При этом наука призвана выполнять три ключевые функции:

1) выработка *механизмов поиска и отбора инновационных идей* [355];
2) формирование *методологии реализации* технологического прорыва;
3) определение наиболее сбалансированного *формата взаимодействия различных областей научных знаний* в части необходимых их пропорций, организации обмена ими, апробации новых решений на практике.

Междисциплинарный характер технологического прорыва можно проиллюстрировать с помощью рисунка 1.11. Так, рентгеновские лучи, изобретенные еще в конце XIX в. и ставшие несомненным прорывом в медицине, сегодня широко используются в методах неинвазивной диагностики, в частности в компьютерных томографах, которые в свою очередь нашли применение в других областях науки – археологии, палеонтологии, астрономии, физике. В качестве другого примера можно привести открытие моделей ДНК имело огромное значение на технологическое развитие сельского хозяйства, биологии, экологии.

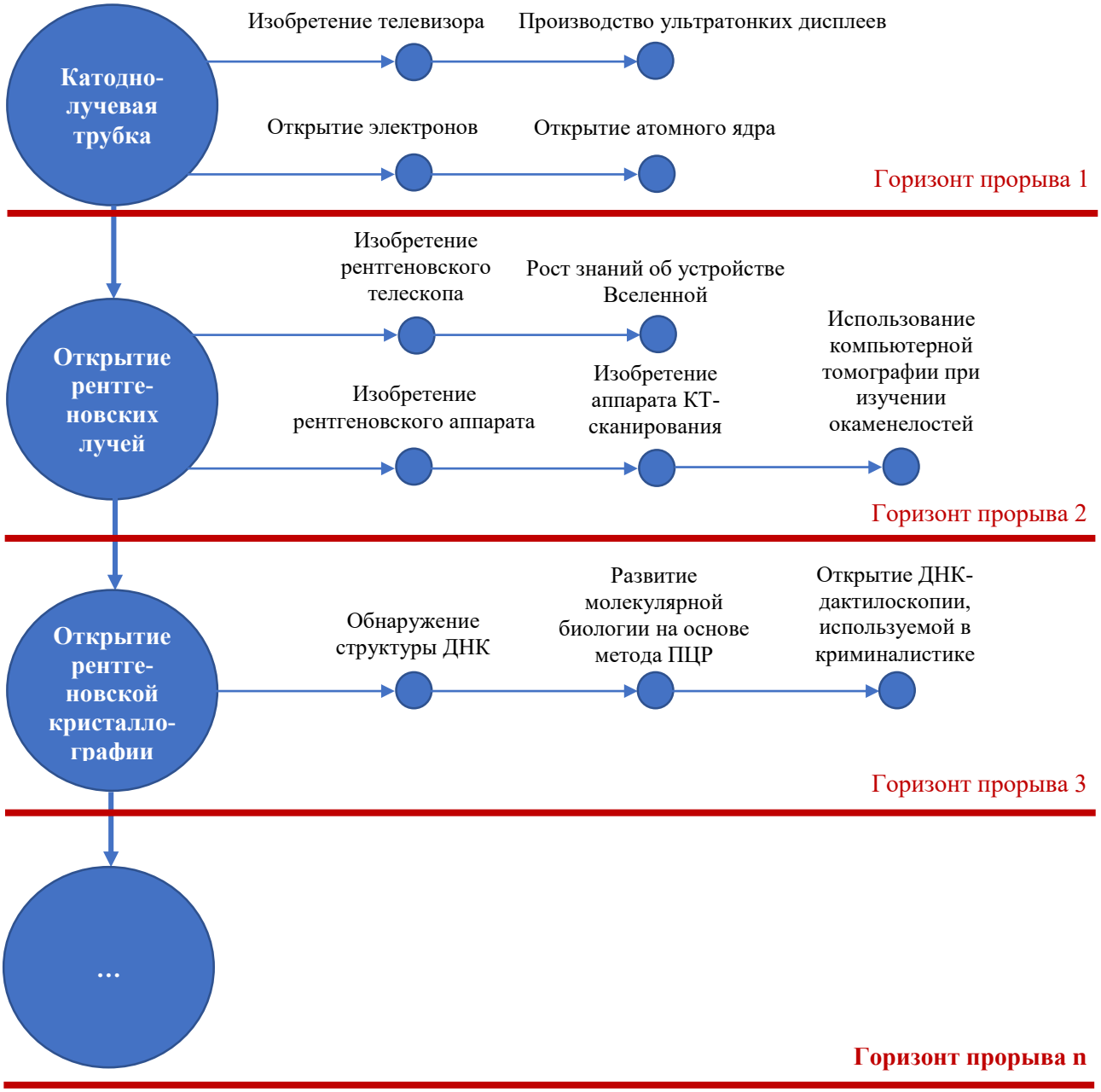


Рисунок 1.11 – Цепочка технологических прорывов, вызванных последовательностью научных открытий (адаптировано автором по [442])

Новые научные знания и технологии, таким образом, глубоко переплетены и «подпитывают» друг друга. При этом в длинном горизонте «прорыва» научное и технологическое сообщества сначала действуют последовательно, затем по мере роста масштабов задач выходят в режим последовательно-параллельной работы и, наконец, формируют устойчивое партнерство (рисунок 1.12).

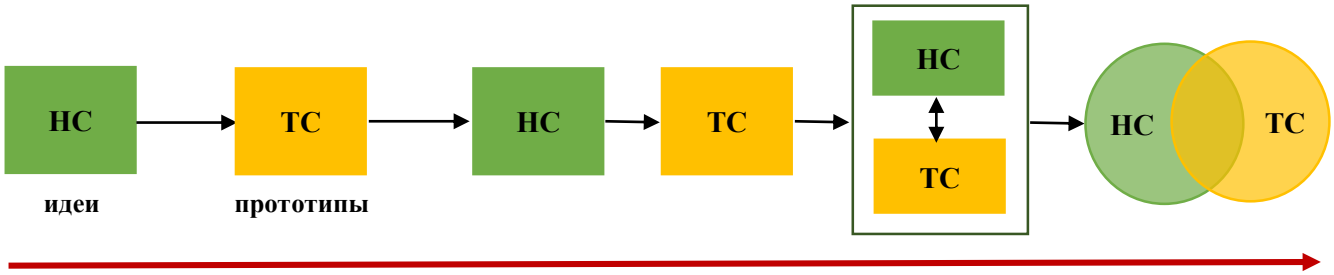


Рисунок 1.12 – Развитие взаимодействия научного (НС) и технологического сообществ (ТС) при технологическом прорыве (составлено автором)

Иллюстрацией такого партнерства является коллаборация Европейского научного фонда и Европейского аэрокосмического агентства. Подразумевая, что в период до 2050 г. Европа ожидает прорыва в развитии технологий освоения космоса, спутниковой связи, материалов для строительства летательных аппаратов, телескопов и другой сложной техники, перед Европейским научным фондом поставлены следующие задачи.

1. Предвидение эволюции технологий в аэрокосмической и смежных отраслях и областях знаний.

2. Определение приоритетных ключевых научно-технических задач, сопровождающих разработку и производство прорывных технологий.

3. Активизация поиска различных источников знаний и генерации идей о развитии аэрокосмической индустрии.

4. Подготовка ежегодных форсайт-отчетов для представления руководству Европейского аэрокосмического агентства и последующего обсуждения среди широкого круга заинтересованных лиц.

5. Идентификация источников финансирования прорывных разработок и новых экономических механизмов, поддерживающих инновации.

6. Разработка модели партнерства различных стейкхолдеров вокруг проекта с прогнозированием компетенций и обучением, востребованных по всему жизненному циклу [429, 459].

Две последние из приведенных задач решаются посредством проведения специальных экономических исследований, проводимых в рамках Европейского научного фонда.

На основе вышеизложенного перейдем к определению *главной роли экономической науки* в обеспечении технологического прорыва, которая, на наш взгляд, заключается в формировании адекватных экономических механизмов, моделей и инструментов, *поддерживающих разработку и внедрение инноваций и обеспечивающих функционирование рынков соответствующих сервисов*, причем как существующих, так и возникающих вновь. Приоритетным предметом *экономической науки* являются экономические отношения в сложных социально-индустриальных системах, формируемых на основе конвергенции и взаимной интеграции традиционных и относительно обособленных ранее отраслей народного хозяйства. При этом следует подчеркнуть: междисциплинарный характер технологического прорыва обусловливает, что экономическая наука занимается не только решением «чистых» экономических задач, но прежде всего работает в тесных взаимосвязях с другими науками, например, социологией, менеджментом, математикой, статистикой, правом, экологией, инженерными науками [262]. Особо важной, как отмечают некоторые эксперты, является стыковка экономической и педагогической наук, поскольку очевидно, что осуществление технологического прорыва потребует кадров с новыми компетенциями; вследствие этого критической является роль экономической науки в изменении подхода к экономическому (инженерно-экономическому) образованию [130, 235].

Задачи экономической науки варьируются от уровня функционирования экономики, от которого, в свою очередь, зависит масштаб действий в части технологического прорыва. Наиболее корректным, по мнению автора, является рассмотрение задач экономической науки на трех уровнях: помимо традиционно выделяемых макроэкономического и микроэкономического уровней, *для электроэнергетики целесообразно выделение также промежуточного мезоэкономического уровня*. Потребность в выделении мезоэкономики как отдельного направления исследований обусловлена, во-первых, объективными тенденциями экономического развития, во-вторых, современным устройством

электроэнергетики, в котором выделяются системный (макро-) контур и региональный (мезо-) контур, приобретающий все большую значимость в контексте обеспечения устойчивого развития.

С одной стороны, ускорение темпов научно-технического прогресса, активизация инновационного процесса, институциональные изменения, связанные со становлением постиндустриальной экономики, вызывают необходимость рассмотрения деятельности экономических субъектов на уровне, где они сохраняют свою микроэкономическую обособленность, но вместе с тем оказывают и непосредственное влияние на формирование обобщающих показателей функционирования всей экономической системы в целом. Роль мезоэкономики велика и в координации деятельности субъектов экономической системы путём агрегирования и распространения сигналов, идущих от микроэкономических единиц, по всей экономике, и в процессах трансформации макроэкономических сигналов в действия экономических субъектов на микроуровне [104].

С другой стороны, в региональном контуре электроэнергетики, включающем объекты малой генерации и распределительных электрических сетей, в последнее время наблюдается расширение функционала. К нему относятся такие значимые для отрасли направления, как: электрификация различных сфер экономики; комбинированное энергоснабжение (теплофикация) территорий; эффективное использование местного энергетического потенциала и энергоресурсов, например, природного газа или возобновляемых источников энергии (ВИЭ); обеспечение противокризисных (стабилизационных) функций (оперативные вводы энергетических мощностей, поддержание высокой надежности электроснабжения, снижение ценовых рисков для конечных потребителей) [47]. Региональная энергетика становится фактором, во многом определяющим развитие региона в целом, а значит в существенной степени влияющим на мезоэкономические показатели.

В таблице 1.8 автором предпринята попытка систематизировать задачи экономической науки при обеспечении технологического прорыва в электроэнергетике, выделив укрупненные целевые области исследований и уровни реализации тех или иных задач. В порядке комментария выскажем следующее.

Таблица 1.8 – Задачи экономической науки при обеспечении технологического прорыва (составлено автором)

Укрупненные целевые области экономической науки	Задачи	Уровень проявления		
		Макроэк.	Мезоэк.	Микроэк.
Институциональное обеспечение технологического прорыва	Прогнозирование институциональных изменений на энергетических и сервисных рынках	+	+	
	Определение объектов первоочередных преобразований и их темпов	+	+	+
	Разработка экономических механизмов, активизирующих системную технологическую модернизацию	+	+	
	Формирование отраслевой экономической политики, определение условий государственного экономического регулирования и степени вмешательства в рыночную деятельность новых субъектов	+		
	Разработка систем упреждающего управления и процессов принятия стратегических решений	+	+	+
	Формирование региональных организационных структур управления развитием		+	
	Экономическое обоснование целесообразности программ импортозамещения энергетического оборудования	+	+	
Формирование рыночной инфраструктуры наукоемкого сервиса	Формирование архитектуры и рыночных моделей для новых сегментов услуг	+		
	Организация экономических отношений в распределенных межотраслевых энергетических комплексах	+	+	
	Прогнозирование появления новых товарных категорий и изменений в спросе на энергетические сервисы. Выработка механизмов стимулирования конкуренции и спроса на новые услуги (в генерации, энергосбыте, сервисном секторе)	+	+	+
	Управление спросом на электроэнергию и мощность, включая прогнозирование в условиях неопределенности, разработка соответствующей инвестиционной и налоговой политики	+	+	
	Участие в разработке дифференцированной тарифной политики и программ, снижающих ценовые риски для потребителей электроэнергии		+	

Окончание таблицы 1.8

Укрупненные целевые области экономической науки	Задачи	Уровень проявления		
		Макроэк.	Мезоэк.	Микроэк.
Механизмы поддержки инноваций	Определение источников и форм финансирования создания инновационных энергетических технологий		+	
	Финансово-экономическая поддержка отраслевых и межотраслевых НИОКР	+	+	
	Разработка форм поддержки технологического предпринимательства в энергетике регионов		+	
	Анализ рисков внедрения подрывных отраслевых инноваций	+	+	
	Совершенствование механизмов оценки экономической эффективности инновационных проектов	+	+	+
Организация производственной деятельности энергокомпаний	Определение направлений совершенствования бизнес-моделей энергокомпаний			+
	Повышение производительности труда и рациональности использования различных ресурсов в энергетическом производстве		+	+
	Формирование методических основ управления активами энергокомпаний			+
	Разработка методов оценки экономической эффективности цифровой трансформации	+	+	+
	Экономическое обоснование локализации новых производственных мощностей и организации логистических связей между энергокомпаниями, производителями оборудования и потребителями	+	+	
Опережающая подготовка кадров	Обеспечение качества человеческого ресурса, включая необходимые компетенции	+	+	+
	Определение требований к опережающему экономическому образованию для энергетики	+	+	+
	Оценка спроса на кадры с новыми компетенциями	+	+	

1. Реальные наукоемкие технологические прорывы (уровня научно-технической революции), особенно в высокотехнологичных секторах со сложным и весьма дорогостоящим оборудованием и длительными сроками службы, происходят относительно редко. То есть в этом аспекте научно-технический прогресс осуществляется дискретно, а в промежутках между прорывными инновациями, как правило, проводится частичное совершенствование техники (технологии), адаптация ее к конкретным эксплуатационным условиям, максимальное раскрытие потенциала экономической эффективности и, что очень важно, снижение издержек производства.

2. Не только электроэнергетика или топливно-энергетический комплекс в целом – вся промышленность РФ сегодня требует массового техперевооружения [180]. При этом, ввиду слабости отечественной научно-технической базы и медленного импортозамещения многие виды оборудования в краткосрочной и среднесрочной перспективе придется по-прежнему закупать на зарубежных рынках с использованием сложных логистических и финансовых схем [106]. Кроме того, темпы и направления инновационного развития существенно различаются по отдельным отраслям промышленности [4, 91, 178]. Поэтому даже после проведения модернизации достигнутые технические уровни в отдельных отраслях будут по-разному соотноситься с передовыми мировыми аналогами.

3. Технологическая модернизация (в особенности системная) – процесс, который сопровождается высокой неопределенностью и рисками различной природы. Причина заключается в диверсифицированных внешних рисках, которые надо уметь учитывать и оценивать посредством показателей вероятности реализации решений [83]. В качестве примеров таких рисков можно привести: завышение производителями и поставщиками проектных технико-экономических показателей новой техники по сравнению с фактическими эксплуатационными; отклонение от первоначально установленных сроков поставок и выполнения работ подрядными организациями; занижение потребности в инвестициях на этапе планирования и недооценку фактической стоимости капиталовложений; переоценку востребованности и конкурентоспособности продукции на рынках вследствие высокой волатильности рыночной конъюнктуры.

Из выше сказанного органично вытекают чрезвычайно важные функции государства, обеспечивающие ход подготовки и проведения технологического прорыва как фазы системной технологической модернизации электроэнергетики:

– восстановление цикла «наука – техника – производство» на основе опережающего развития научно-технической базы и энергомашиностроения, предполагающего кардинальный рост эффективности по всем его направлениям;

– комплексная знаниевая поддержка бизнес-структур, участвующих в системной модернизации (НИОКР, информационное сопровождение, доступ к инновационной инфраструктуре);

– подготовка кадров для проведения модернизационных процессов и управления инновационными технологиями;

– предоставление бизнесу налоговых и инвестиционных льгот (на период освоения новых производств), селективная финансовая поддержка предпринимателей;

– определение временно замещающих мощностей при модернизации с остановкой производства.

Создание концепции и методологии технологического прорыва является научной основой для разработки инструментальной базы и кадрового обеспечения для перехода России из «догоняющей» развитые страны в инновационных технологиях в режим ускоренного развития. В этой связи, рассматриваемая проблема имеет государственную значимость, определяющей государственную безопасность страны. Очевидно, что особую актуальность проблема имеет для высокотехнологичных отраслей и инфраструктурных секторов экономики. Например, для электроэнергетики в сжатые сроки потребуется не только форсировать отечественный рынок научно-технических разработок, но и определить механизмы координации и синхронизации развития самых разнообразных рыночных сегментов, *в том числе в сфере сервиса: энергоремонта и инжиниринга, услуг в области энергоэффективности и управления спросом на энергию, телекоммуникационных и IT-услуг, кадрового обеспечения, целевых НИР и аналитической поддержки, цифровых сервисов, обеспечивающих эффективное взаимодействие с активными потребителями.*

1.4. Выводы

1. Технологическая модернизация электроэнергетики – важнейшая стратегическая задача, от которой зависит состояние экономики народного хозяйства РФ в целом. Она отличается сверхвысокой сложностью, возрастающей за счет ряда сопровождающих ее объективных процессов во внешней по отношению к отрасли среде – интеллектуальной электрификации и энергетического перехода. Конвергенция электроэнергетики с другими жизнеобеспечивающими инфраструктурами промышленности кардинально изменяет масштаб и систему объекта модернизации, формирует новые экономические процессы и отношения, что требует новой теоретической базы для развития отрасли во взаимосвязи с электропотребляющими системами. В связи с этим предложена классификация форм технологической модернизации, позволяющая определять набор необходимых технико-экономических и организационно-управленческих решений на различных уровнях (отраслевом, региональном, локальном), и сформулированы задачи экономической науки для обеспечения технологического прорыва в системной модернизации, охватывающей не только электроэнергетику, но по существу промышленность в целом. Среди таких задач можно выделить создание рыночных моделей, соответствующих изменениям в перспективной номенклатуре энергетических услуг и структуре потребительского спроса, экономическое обоснование целесообразности программ импортозамещения энергетического оборудования, участие в разработке дифференцированной тарифной политики и программ, снижающих ценовые риски, разработку методов оценки экономической эффективности цифровой трансформации отрасли. При этом ключевой задачей системной модернизации электроэнергетики в межотраслевом контексте становится опережающее развитие наукоемкого сервиса.

2. Насыщенность современного этапа модернизации электроэнергетики цифровыми технологиями, бизнес-моделями, ориентированными на энергетическую безопасность и экологическую эффективность и взаимодействие

с активными потребителями, и системах управления, требуют высокой гибкости для обеспечения устойчивого функционирования энергетического бизнеса в неопределенной, динамичной среде. В то же время между необходимым в перспективе и фактическим состоянием электроэнергетики существует значительный разрыв, определяемый неоптимальной возрастной структурой основных фондов в генерации и электрических сетях, их высоким износом, приводящим к аварийности и потерям электроэнергии, общей неготовностью энергетических компаний к освоению передовых технологий. В результате предприятия вынуждены адаптировать цифровые решения под устаревшую технологическую базу, испытывая при этом большой дефицит соответствующей знаниевой поддержки, методик и алгоритмов внедрения прогрессивных технологий и новых организационно-экономических механизмов. В данных условиях в электроэнергетике возрастает и углубляется роль наукоемкого сервиса. Его междисциплинарный характер выражается в необходимости: вовлечения в сервисную деятельность специалистов, работающих на стыке различных предметных областей; интенсификации трансфера знаний между энергокомпаниями, энергетическим машиностроением, инжинирингом и конечными потребителями электроэнергии; включения в сервисный контур электроэнергетики организаций, которые функционируют за пределами отрасли (например, телекоммуникационных, IT-компаний, электронной промышленности, университетов, научно-исследовательских структур); организации опережающего обучения специалистов. Таким образом, формируемая индустрия наукоемкого сервиса находится на стыке различных наук и функциональных областей деятельности, что требует разработки соответствующей методологии и подходов к организации ее рыночной деятельности.

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМАТИКА ОРГАНИЗАЦИИ НАУКОЕМКОГО СЕРВИСА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

2.1. Эволюция экономических взглядов на сервисную деятельность

За последние десятилетия на мировом экономическом ландшафте произошли кардинальные структурные сдвиги. Долгое время считалось, что производство материальной продукции имеет первостепенное значение в воспроизводственном комплексе страны, а услуги – производное значение [19]. Господствовавшая в начале второй половины XX в. «индустриальная экономическая парадигма» предполагала, что главным конкурентным преимуществом, а, следовательно, и источником прибыли предприятий является объем отгруженных *физических продуктов* – сырья, техники, товаров народного потребления. Объем товарной номенклатуры, в свою очередь, обеспечивает стабильность экономики, устойчивое положение государства в системе международного разделения труда, уровень экономической безопасности, то есть независимость от геополитических возмущений, а сфера услуг, следуя за развитием промышленности, в первую очередь, тяжелой, обеспечивает промышленному производству эффективность в широком смысле этого термина.

В 1970–1980-е годы на смену индустриальной экономике пришла постиндустриальная модель, согласно которой сервис как тип товара стал считаться основным фактором роста финансовых показателей бизнеса. Ключевое преимущество сервиса перед физическими продуктами заключалось в меньшем объеме требуемых для производства услуг капитальных расходов, связанных с созданием капиталоемких основных фондов или необходимостью использования дорогостоящего оборудования. Соответствующим образом изменились бизнес-модели компаний – от массового производства стандартизированных физических продуктов к реализации диверсифицированного спектра услуг, насыщающих товарное предложение дополнительной ценностью. *Именно сервис становится ядром товарного предложения компаний самых разных сфер деятельности* – от ритейла до тяжелой промышленности.

Квинтэссенцией постиндустриальной экономики стало появление так называемых «гибридных товаров», сочетающих свойства как физических продуктов, так и услуг. Среди ключевых принципов создания гибридных товаров можно выделить следующие [221]:

– *принцип «гибкая» пара*. Сложные товары, призванные помочь заказчикам решать нестандартные проблемы. Сами по себе физические продукты и услуги самодостаточны и могут быть приобретены по отдельности, но в то же время ценность каждого товарного компонента резко возрастает при одновременном сочетании их основных свойств. В качестве примера можно привести компанию Oracle, специализирующуюся на программных продуктах для управления базами данных и параллельно предлагающую консультационные и управленческие услуги, цель которых – отладить программное обеспечение под индивидуальные требования пользователей. В энергетике данный принцип распространен, например, в инжиниринге, энергоремонте, энергосервисной деятельности: так, проведение мероприятий по модернизации или техническому перевооружению энергообъекта может сочетаться с установкой прогрессивного энергоэффективного оборудования и обучением персонала;

– *принцип «для спокойствия»*. При слабой взаимозависимости физического продукта и услуги, то есть явной самодостаточности каждого компонента пары, компании могут воспользоваться раскрученным брендом продукта как дополнительной опцией – заинтересовать клиентов услугой, вполне обычной по сути, или наоборот, с помощью хорошо зарекомендовавшей себя услуги привлечь внимание потребителей к бренду товара. В этом случае предприятие, производящее высококачественное оборудование, поручает его сервис только авторизованным дилерам, имеющим специальную лицензию на осуществление тех или иных работ. Данный принцип широко используется ведущими энергомашиностроительными концернами (General Electric, Schneider Electric, AREVA, ABB, Siemens) и позволяет им не только осуществлять тщательный контроль качества эксплуатации и технического обслуживания своего оборудования сторонними организациями, но и генерировать значительную часть выручки и прибыли именно за счет сервисной составляющей[2];

---

[2] Компания Schindler, например, генерирует 50% доходов, а также 75% операционной прибыли именно за счет реализации услуг по техническому обслуживанию и ремонту.

– *принцип «много хорошего»*. Продукт и услуга неразделимы, но источником роста прибыли компании оказываются именно услуги, дополняющие базовый продукт. Данный принцип хорошо работает на платформенных рынках. Так, игровые приставки типа Sony PlayStation или Xbox бесполезны без подключения к цифровым платформам для скачивания игрового контента. В электроэнергетике принцип может быть реализован в сегменте «умного учета»: для реализации своего функционала высокоинтеллектуальные счетчики тока, оснащенные возможностью передачи данных об электропотреблении в реальном времени без участия человека, должны быть подключены к облачной платформе, поддерживающей технологии анализа больших данных и предиктивной аналитики;

– *принцип «одного флакона»*. Продукты и услуги не зависят друг от друга и практически друг друга не дополняют, при этом финансовые результаты бизнеса растут за счет того, что приобрести их можно в одном месте. Потребители не получают от данной комбинации каких-либо ощутимых финансовых выгод, однако они ценят тот факт, что удобство и надежность обслуживания сочетаются с возможностью приобрести нужный товар, не тратя время и силы на его поиски. Применительно к сервисным рынкам, данный принцип широко используется так называемыми системными интеграторами, которые реализуют комплекс работ по созданию энергетических объектов и управлению их жизненным циклом «под ключ».

Увеличивающееся разнообразие появляющихся видов сервисов, их сочетаний с физическими продуктами и способов организации сервисной деятельности в компаниях привело к всплеску теоретических исследований в области данной проблематики на стыке 1980–1990-х годов. Так, широко известны зарубежные исследования Ричарда Чейза [276, 362], который разработал матрицу дизайна сервисной системы организации. Матрица основана на оценке показателей «потенциал продаж», «характер коммуникаций с потребителем», «производственная эффективность» и позволяет в зависимости от уровня каждого из них определять приоритетную модель реализации услуг на рынке. В свою очередь, Роджер Шменнер [436, 437] представил в 1986 г. матрицу сервисных

процессов, имеющую два измерения: «степень прямых коммуникаций с потребителем» и «уровень персонализации сервиса». Использование матрицы позволило идентифицировать четыре ключевых модели организации сервисной деятельности в бизнесе – массовые услуги, «фабрика услуг», «сервисный магазин со стандартным набором услуг», «организация, реализующая индивидуальные сервисы». Впоследствии предложенные Чейзом и Шменнером подходы легли в основу ряда практических инструментов, используемых в сервисной науке и маркетинге [283, 285, 431].

Начиная с 1990-х годов в мире активно развивались и получили распространение другие экономические парадигмы, такие как экономика знаний, цифровая экономика, циркулярная экономика, «шеринговая» экономика. Отличия между ними приведены в Приложении Б. Однако именно постиндустриальная парадигма, ставящая во главу угла производство сервисов, по-прежнему остается доминирующей для многих отраслей народного хозяйства как в развитых, так и в развивающихся странах. В результате третичный сектор стал оказывать определяющее воздействие на экономическую устойчивость государств и регионов. Это воздействие определяется глобализацией и высокой предпринимательской ориентацией сервисных рынков [340, 398], устойчивым ростом потребления услуг как особого вида товара [266, 454], беспрецедентной статистикой занятости в сервисных бизнесах [266, 360, 417], более интенсивной инновационной активностью по сравнению с традиционными отраслями промышленности [338, 413, 416, 450]. Среднегодовые темпы роста валовой добавленной стоимости в сфере услуг опережают значения аналогичных показателей в производственном секторе по подавляющему большинству стран мира (рисунок 2.1), а в ряде стран (Великобритания, Франция, США, Австралия) вклад третичного сектора в объем ВВП составляет 70–80%. Так, например, в Австралии третичный сектор генерирует 72,5% объем годового ВВП страны, из которых 25% приходится на сервисы «технического» характера (рисунок 2.2).

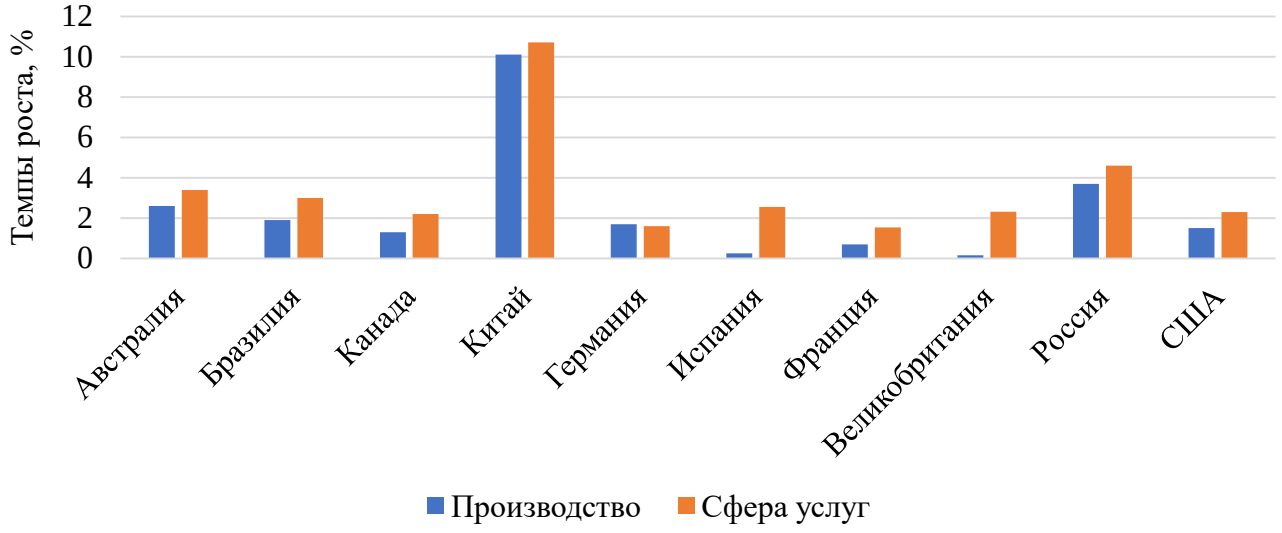


Рисунок 2.1 – Темпы роста валовой добавленной стоимости производственного и сервисного секторов экономики в 2000–2020 гг. (рассчитано автором на основе данных Всемирного банка, https://data.worldbank.org)

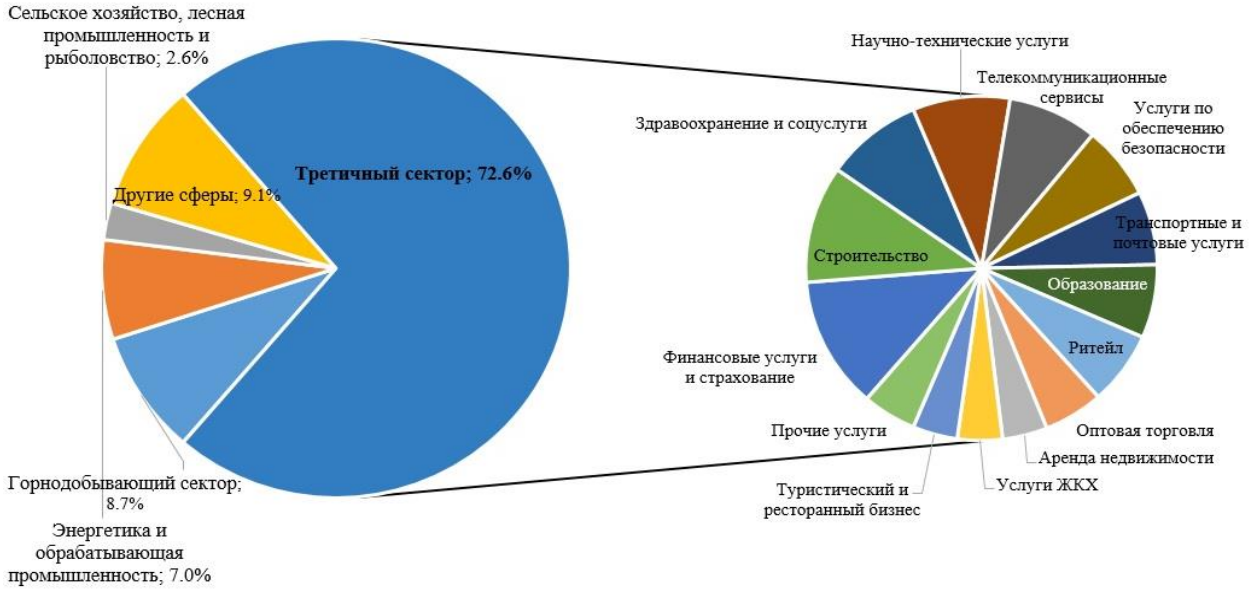


Рисунок 2.2 – Вклад отдельных видов сервисной деятельности в ВВП – пример Австралии [368]

Однако границы понятия «третичный сектор экономики», введенного Фишером [304] и впоследствии уточненного Кларком [282], весьма условны. Международные отраслевые классификаторы типа NACE, ISIC или NAICS относят к третичному сектору широкий спектр различных по своему профилю видов деятельности, что в полной мере не отражает глубокую структурную

трансформацию сервисной индустрии. Общепринятый в мировой экономической практике термин «сектор услуг» является слишком агрегированным и описывает третичный сектор экономики в целом, то есть все виды деятельности за пределами первичного и обрабатывающего секторов [356]. Однако очевидно, что сектор услуг не может считаться единой однородной группой – это, скорее, набор разнообразных подсекторов, отличающихся между собой по архитектуре рынков, характеру конкуренции, инновационности, наконец, по вкладу в экономику региона. В этой связи Б. Эйченгрин [296] предлагает различать три группы сервисов в зависимости от динамики их вклада в валовый внутренний продукт: традиционные услуги (оптовая и розничная торговля, транспорт и складская логистика, госуслуги, безопасность), услуги частного потребления (образование, медицина, туризм, ресторанный бизнес, услуги быта) и продвинутые сервисы для частных пользователей и корпоративного сегмента (финансовое посредничество, информационно-телекоммуникационные услуги, научно-технические услуги, юридическое сопровождение), которые в последние десятилетия демонстрируют устойчивый поступательный рост на фоне первой и второй группы.

Общим подтверждением неопределенности границ сервисной деятельности являются страновые модели классификации услуг. В качестве примера приведем модель, принятую на Североамериканском континенте, в которой отражена историческая практика развития сервисного сектора в США и Канаде [1]. Эта модель исходит из содержательно-функциональных критериев и включает в себя следующие крупные области сервисной деятельности, которые можно считать важнейшими ее направлениями:

– транспорт (железнодорожный, авиационный, грузовой);
– коммуникации (телефон, интернет, почтовые услуги);
– электро-, водо- и газоснабжение;
– оптовая и розничная торговля;
– финансирование, страхование, в том числе работа с недвижимостью;
– сфера услуг (ресторанный, гостиничный бизнес, туризм и отдых, бытовые услуги, справочные услуги, мелкий ремонт, прокат кинофильмов, развлечения).

В других классификационных моделях имеет место обращение к анализу услуг, которые в развитых странах учитываются статистическими органами, что позволяет использовать сопоставимые статданные относительно этих услуг для сравнительного изучения. К подобным услугам относятся:

- деловые услуги;
- услуги связи;
- строительные и инжиниринговые услуги;
- дистрибьюторские услуги;
- общеобразовательные услуги;
- финансовые услуги, включая страхование;
- услуги по охране здоровья и социальные услуги;
- туризм и путешествия;
- услуги в области организации досуга;
- транспортные услуги.

Классическое определение сервиса – *особый вид деятельности, направленной на удовлетворение потребности людей путем оказания индивидуальных услуг* – также демонстрирует размытость представлений о данном понятии. Это определение сформировалось в 1960–1970 гг., когда в сектор услуг включали четыре широкие группы: дистрибьюторские услуги, услуги, связанные с гарантийным обслуживанием технических изделий, персональные услуги и социальные услуги [263], то есть под сервисом преимущественно подразумевались услуги, оказываемые физическим лицам и домохозяйствам. Объектом классического определения сервиса выступает социально-бытовая реальность, в которой существует индивид, хотя, с другой стороны, как видно из приведенных выше классификаций, в сферу услуг попадает большое количество совершенно разных по своим отличительным характеристикам видов бизнеса – от прачечных и химчисток до транспортной логистики и телекоммуникаций. Очевидно, что управленческие и технологические процессы, интерфейсы взаимодействия производителей и потребителей услуг в этих видах бизнеса кардинально различаются между собой.

Конечно, в разные периоды времени определение сервиса совершенствовалось и дополнялось. Так, классификация К. Лавлока, сформулированная в 1980-х годах, расширяет классическое представление о сервисной деятельности за счет выделения в ней двух основных объектов, которые в разных пропорциях присутствуют на рынках business-to-customer (b2c) и business-to-business (b2b): человека (индивида), соответственно, речь идет о сфере услуг, и технической системы (оборудования) – тогда мы имеем дело с *промышленным сервисом* [382]. В дальнейшем, в особенности с появлением в маркетинге новых типов рынков c2c (consumer-to-consumer) и c2b (consumer-to-business) [464, 489], эта классификация эволюционировала, и на сегодняшний день учеными выделяется уже три объекта сервисной деятельности: социальная система, техническая система и новый элемент – информационная система [428]. Таким образом, становятся возможны различные комбинации объекта и субъекта сервисной деятельности: традиционные – когда, например, люди обслуживают людей или технику, и альтернативные (особенно в высокотехнологичной промышленности) – когда IT-системы обслуживают IT-системы [288, 405].

Аналогичным образом рассуждает К. Хомбург [350, 351], предлагая рассматривать в качестве ключевых классификационных признаков сервиса его объектную ориентацию, а также способ доставки конечной услуги. По его мнению, следует различать услуги, оказываемые для физических лиц и бизнеса. Во втором случае услуги могут реализовываться профессиональными сервисными фирмами – консалтинговыми компаниями или специализированными подразделениями промышленных предприятий, например в части технического обслуживания и ремонта оборудования (рисунок 2.3). Хомбург, наряду с Лавлоком, обращает особое внимание на необходимость выделения промышленного сервиса как самостоятельного рыночного сегмента, в котором сконцетрирована деятельность производственных предприятий по оказанию специализированных услуг, связанных с повышением эффективности эксплуатации технических систем компании-заказчика. При этом *фундаментальное требование к поставщику услуги* заключается в том, что уровень компетенций персонала сервисной компании должен соответствовать

или быть выше уровня сложности обслуживаемой техники или производственной системы. В этом смысле репутация сервисных компаний формируется и полностью зависит от квалификации персонала, работающего в ней.

Рисунок 2.3 – Таксономия сервиса [350]

В исследованиях зарубежных ученых можно выделить и другие виды трактовок промышленного сервиса: 1) сфокусированные на особенностях ведения бизнеса [286, 351, 385, 420, 473], 2) сфокусированные на процессах [365, 371, 409] и 3) сфокусированные на активах [401]. В частности, К. Ковальковски [365] напрямую связывает реализацию сервиса и создание добавленной ценности активов и продуктов («промышленный сервис – это процесс обеспечения

эффективности промышленного производства, в ходе которого создаются продукты, максимально соответствующие потребительским предпочтениям с высокой добавленной ценностью»).

График, разработанный специалистами компании ABB (рисунок 2.4), наглядно демонстрирует, что на протяжении жизненного цикла производственной системы сервис играет так называемую выравнивающую функцию по отношению к способности активов генерировать добавленную стоимость основного товара [335]. По мере того, как активы подвергаются физическому и моральному износу, некоторые классические виды сервисной деятельности (например, ремонт или техническое обслуживание) *вытягивают* систему к базовому уровню её производительных свойств, обеспечивая её устойчивость. Это, в свою очередь, позволяет осуществлять производство физических продуктов, а на более поздних стадиях жизненного цикла – сопутствующих сервисов, с высокой добавленной ценностью, *выталкивая* систему на новый уровень. В этом отношении функция промышленного сервиса становится близка к логистической, имея в виду, что в логистике весьма распространенными являются так называемые вытягивающие и выталкивающие стратегии (push and pull strategies).

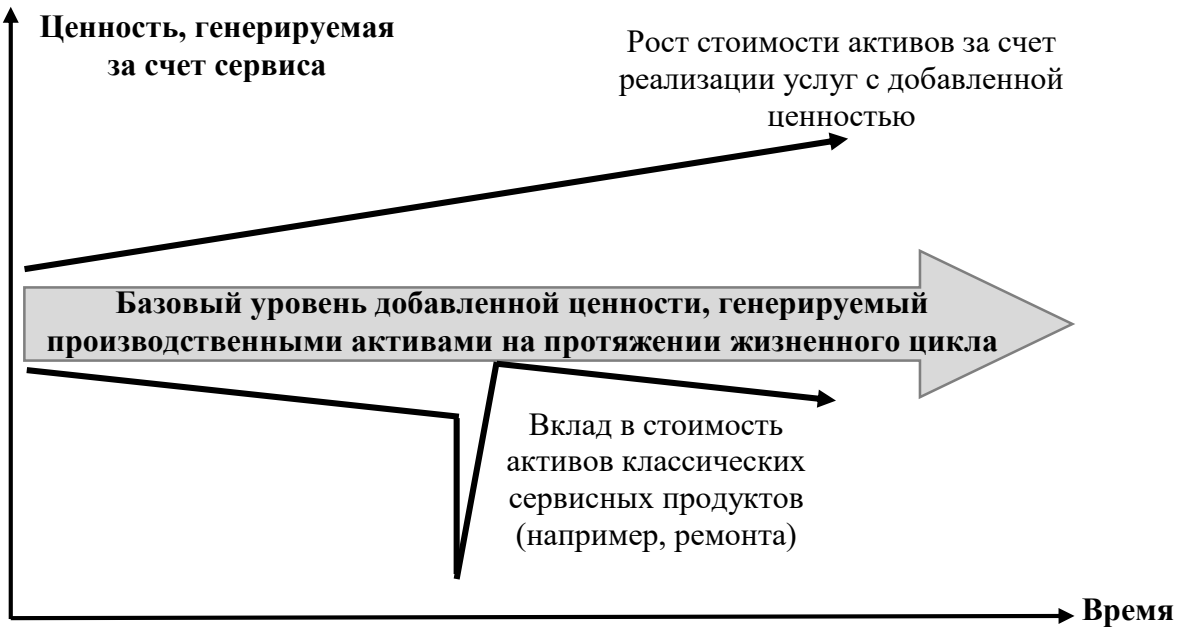


Рисунок 2.4 – Выравнивающая функция сервиса в промышленности [335]

Создание добавленной ценности товарного предложения за счет услуг по-прежнему является одним из ключевых фокусов ученых, исследующих сервис с позиции экономической категории [385, 473]. Причем уже в 1990-е годы было выявлено, что в числе главных факторов, определяющих значительный коммерческий потенциал сервиса, является *возрастающая роль новых знаний* о потребителях и обслуживаемых системах, которые находят наиболее быстрое воплощение именно в услугах, нежели в физических продуктах.

В 2000-е годы фокус ученых органично сместился на исследование феномена «сервисы впечатлений», предполагавших реализацию нового клиентского опыта, будь то усовершенствованный подход к обслуживанию сложного технического изделия, эксклюзивного туристического тура или образовательной услуги с повышенной кастомизацией [249, 352, 389, 447]. В настоящее время можно отметить весьма высокую интенсивность исследований в области цифровых и в особенности наукоемких услуг.

Под *наукоемкими или высокотехнологичными услугами* (Knowledge Intensive Services, KIS) в общем случае понимается комплекс бизнес-услуг, связанных с интенсивной поддержкой развития знаний о (и для) бизнес-процессах организации и направленных на изменение бизнес-моделей и товаров, реализуемых на рынке. Такие услуги:

– могут выполняться как специализированными сервисными компаниями, так и автономными научными центрами. В случае использования услуг специализированных сервисных компаний речь идет о подразделениях, целенаправленно разрабатывающих, апробирующих и внедряющих передовые технологии и научно-технические достижения, необходимые для решения задач по техническому обслуживанию, ремонту, диагностике оборудования; аналитике данных; решению сопутствующих управленческих и экологических проблем. В случае автономных научных центров разработка и внедрение KIS осуществляется либо по целевым заявкам энергетических или сервисных компаний, либо в рамках выполнения государственных контрактов, причем иногда не имеющих жесткой привязки к решению конкретных отраслевых задач;

– требуют кооперации финансовых, интеллектуальных и организационных усилий для разработки новых технологий, аппаратуры, программного обеспечения, проведения научных исследований. В результате во всем мире основными игроками на рынке KIS являются крупные производители оборудования, имеющие мощную техническую и исследовательскую базы [228].

Именно наукоемкие услуги демонстрируют в последние годы особо заметный рост в рамках третичного сектора. Речь идет о трех видах таких услуг: финансово-технические сервисы, инженерно-консультационные сервисы, совмещенные с НИОКР, и информационно-телекоммуникационные сервисы, рост востребованности которых объясняется появлением возможности масштабировать революционные технологии Промышленной революции 4.0 в широком спектре видов деятельности – от умных производств до бытовых процессов (рисунок 2.5).

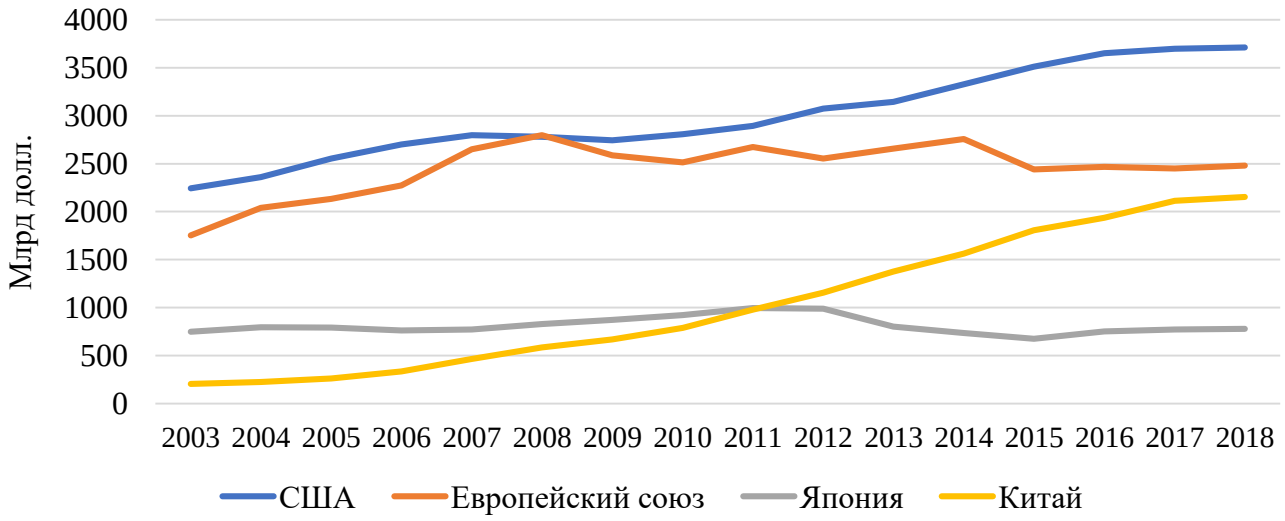


Рисунок 2.5 – Выручка от реализации наукоемких сервисов в различных регионах мира в 2003–2018 гг., млрд долл. [410]

Обобщение изменений научных интересов в области сервиса в различные периоды времени приведено в таблице 2.1. Конечно, можно было бы расширить временной горизонт, учитывая, что первые экономические исследования сервисной проблематики, согласно М. Беккеру [250], датируются 1920 гг., однако,

по мнению автора, целесообразнее «вести отсчет» с 1970-х гг. – периода появления наиболее релевантных представлений о сервисе как экономической категории. Кроме того, в таблице 2.2 систематизировано развитие подходов к организации сервиса в промышленности, четко демонстрирующие эволюцию взглядов на сервис – от центра затрат к центру прибыли и создания добавленной ценности для заказчиков.

Таблица 2.1 – Изменения фокусировок в научных взглядах на сервис в 1970–2020 гг. (разработано автором)

<table>
<tr><td rowspan="2">Параметры фокусировки</td><td colspan="5">Период времени</td></tr>
<tr><td>1970 – 1980</td><td>1980 – 1990</td><td>1990 – 2000</td><td>2000 – 2010</td><td>2010 – 2020</td></tr>
<tr><td>Виды сервиса, представляющие приоритетный интерес для науки</td><td>Услуги для частных потребителей</td><td colspan="2">Промышленный сервис
Гибридные товары</td><td>Сервисы впечатлений
Информационно-коммуникационные сервисы</td><td>Наукоемкий сервис
Цифровые сервисы</td></tr>
<tr><td>Основные потребители услуг</td><td>Индивиды и домохозяйства</td><td>Промышленные предприятия</td><td colspan="2">Бизнес в широком смысле</td><td rowspan="2">Бизнес, индивиды, научные центры, платформы, представляющие различные сегменты b2b, b2c, c2b, c2c</td></tr>
<tr><td>Основные поставщики услуг</td><td>Предприятия сферы услуг</td><td>Промышленные предприятия</td><td colspan="2">Специализированные сервисные компании</td></tr>
<tr><td>Экономическая сущность сервиса</td><td>Услуга – самостоятельный не сложный товар, обладающий относительно низкой маржинальностью</td><td>Услуга – это вынужденная необходимость, имеющая разнонаправленное влияние на экономику предприятия</td><td>Услуга резко повышает конкурентоспособность и ценность в сочетании с физическим продуктом, который она дополняет</td><td>Сервис – это ключевой фактор дифференциации товарного предложения и главный источник дохода предприятия, требующий специальных компетенций</td><td>Сервис является технологичным товаром, позволяющим кастомизировать предложение для заказчика и удержать его в экосистеме производителя длительное время</td></tr>
</table>

Таблица 2.2 – Основные подходы к осуществлению промышленного сервиса (разработано автором на основе [191, 308, 423])

Наименование подхода	Краткая характеристика	Роль сервиса
Негативный подход 1970-е гг.	Производитель рассматривает проявившиеся дефекты изделия как случайно возникшие ошибки. Данные ошибки надо тщательно анализировать	Сервис рассматривается как деятельность, порождающая излишние расходы, которые необходимо минимизировать
Хозяйственный подход 1980-е гг.	Любое совершенствование продукта в направлении увеличения надежности ограничивает доходы от сервиса. С другой стороны, это создает предпосылки для успеха в конкурентной борьбе. Ответственность за обслуживание изделий несет производитель	Сервис рассматривается с позиции влияния на экономику предприятия. Вклад сервиса в прибыль организации растет с числом изделий, находящихся в послегарантийном периоде. Сервисная деятельность становится одним из важнейших бизнес-процессов
Конкурентно-целевой подход 1990-е гг.	Работа ведется в двух направлениях: организация образцового сервиса и наблюдения за изделием в период эксплуатации. Специалисты по сервису периодически посещают потребителей независимо от того, поступил ли сигнал о проблемах, возникших с изделием. Ведется работа по адаптации технико-эксплуатационных показателей продукции к реальным условиям ее работы у потребителя	Сервис рассматривается: – как маркетинговый механизм, убеждающий потребителя, что в будущем при возникновении необходимости покупки нового изделия он вообще не должен задумываться о каком-либо ином выборе – как важный источник информации о причинах возникновения неисправностей и необходимых мероприятиях для усовершенствования продукции
Социально-экономический подход 2000-е гг.	Производитель полностью ответственен за освобождение потребителя от всяческих забот по поводу поведения изделий в эксплуатации. Портфель услуг при этом должен быть максимально дифференцированным	Сервис – это межфункциональная деятельность, прямым образом влияющая на поведение потребителей и формирующая большую часть коммерческих показателей предприятия

Несмотря на солидный накопленный задел в области исследований сервиса, присутствующая сегодня многополярность мнений и противоречивость имеющихся теоретических и отраслевых классификаций доказывают, что *в целом в науке* содержание понятия «сервис» до сих пор зыбко и неопределенно, его границы или расширяются введением в его структуру всех видов деятельности, обеспечивающих эффективность предпринимательской среды, или по-прежнему сужаются до «бытового обслуживания», пусть и на основе современных цифровых интерфейсов.

Интересно, что размытость понятия «сервис» может объясняться как лингвистическими, так и этимологическими причинами. Отечественный специалист Д.А. Аманжолова отмечает, что активное внедрение заимствованного англоязычного слова (service) в словарный состав современного русского языка и вытеснение привычного «обслуживание» рождает иллюзию о новой и не слишком развитой в России сфере деятельности [6]. Так, в «Словаре синонимов русского языка» слова «сервис» и «обслуживание» представлены как взаимозаменяемые и не имеющие синонимичных рядов. Вместе с тем семантика русского «обслуживать» узка и включает в себя: «работать по удовлетворению чьих-либо нужд», «работать по эксплуатации машин, станков и т.д.». Слово service имеет более 10 значений – служба, сообщение, услуга, одолжение; обслуживать, проводить осмотр и текущий ремонт, заправлять горючим. Сужение семантики англоязычного слова «сервис» в русском языке связано со словом «обслуживание», которое оно настойчиво вытесняет.

Напротив, Эрв Мате [136] считает, что понятие «обслуживание» является более широким по отношению к понятию «сервис», поскольку «обслуживание» – это процесс интеграции товаров и услуг, включающий подготовку изделия к эксплуатации, поддержание его в рабочем состоянии на протяжении всего жизненного цикла продукта, а также информирование клиентов об особенностях работы товаров. Главной целью «обслуживания» является максимальное увеличение ценности продукции, поставляемой на рынок.

Ф. Такер ставит своеобразную точку в этом споре, объединяя понятия «сервис» и «обслуживание» в единое «сервисное обслуживание» и определяя его как попытку дифференцировать свой продукт, обеспечить лояльность потребителей, повысить продажи и увеличить прибыль [473]. Расшифровывая это достаточно широкое определение, Такер заявляет, что сервис должен быть самостоятельным *бизнес-процессом* в деятельности предприятия, целью которого являются рост продаж и повышение удовлетворенности потребителей на различных итерациях взаимодействия производителя и заказчика (прием заказа, доставка продукции, техническая поддержка клиентов).

Еще одним дискуссионным моментом является определение различий и сходств между терминами «сервис» и «услуга». Так, Ф. Котлер считает данные понятия тождественными: это любая деятельность, которую одна сторона может предложить другой, а также некоторое неосязаемое действие, не приводящее к владению чем-либо [115]. При этом любая услуга обладает рядом специфических свойств, таких как неосязаемость процесса оказания, значительные колебания в качестве предоставления однотипных услуг у разных производителей (непостоянство), невозможность хранения, одновременность производства и потребления услуги.

Приведенные формулировки, наряду с анализом определений понятий «сервис», «сервисное обслуживание» и других употребляемых в качестве близких по смыслу терминов, приведенном в Приложении В, позволяют приступить к формированию авторской позиции по поводу терминологии и конкретизации используемого в диссертации понятийного аппарата.

1. Понятие «сервис» может использоваться в двух случаях:

– для обозначения *конкретной товарной категории – услуги*, обладающей рядом специфических свойств, отличающих ее от физического продукта. В этом случае понятия услуги и сервиса действительно являются тождественными;

– для обозначения *процесса организации обслуживания* потребителей либо систем, с помощью которых функционирует основное производство. В этом случае тождественными и правомерными для применения являются понятия «сервис», «сервисное обслуживание», «сервисная деятельность».

Следствием первого пункта является более широкий характер понятия «сервис» по отношению к понятию «услуга».

2. Словосочетание «сервисная услуга» является риторической фигурой (тавтологией). Оно не используется в диссертации и, по мнению автора, не должно применяться в профессиональной среде.

3. Специфика сервиса как экономического явления выражается в следующих признаках:

а) процесс оказания услуг представляет собой особое партнерское взаимодействие производителя и потребителя. Потребитель осознает необходимость в конкретной услуге, а производитель способен ее осуществить, так как обладает соответствующими профессиональными навыками и знаниями. При этом в роли производителя и потребителя услуги могут выступать как два лица, обладающих юридическим статусом (например, фирма-заказчик и фирма-подрядчик), так и два подразделения внутри одного предприятия или производственной службы;

б) результатом сервисной деятельности выступают польза, блага, *особо значимые* для потребителя услуг, в силу чего он оплачивает труд производителя по рыночной цене;

в) оказываемые услуги носят неосязаемый, невещественный характер, хотя для производства услуг, как правило, необходимы материальные ресурсы, вещества, техника, специальное оборудование. При этом услуги не существуют до начала их предоставления, их нельзя хранить и складировать;

г) потребитель нередко принимает прямое участие в процессе оказания услуги. В то же время генерация целого ряда услуг возможна и без его присутствия, при этом заказчик, как правило, должен обязательно появиться на определенном этапе оказания услуги, чтобы она приобрела завершающий характер;

д) услуга обладает конкретной потребительной стоимостью лишь в определенное время в том или ином сегменте сервисного бизнеса, что резко ограничивает возможности ее замещения на рынке и создает колебания спроса.

4. Сервис становится неотъемлемой частью производственного решения и приобретает роль межфункциональной бизнес-деятельности, отвечая, например, за следующие задачи:

– сбор данных в период эксплуатации изделия и поддержка прогрессивных стратегий ремонта;

– сокращение времени простоев и увеличение производительности работы оборудования, что обеспечивает рост генерируемых доходов на всех этапах жизненного цикла продуктов и технических систем;

– повышение уровня сервиса за счет гибких спецификаций продукта и кастомизации совершенствования эксплуатационных характеристик [7].

5. Распространение сервиса как вида товара приводит к появлению *сервисных рынков*, под которыми автором понимается сфера экономических взаимоотношений между заказчиками и производителями профессиональных услуг (включая гибридные товары), требующих для реализации специфических компетенций (юридических, консалтинговых, инжиниринговых, цифровых, информационно-коммуникационных) и предназначенных для сопровождения функционирования основной бизнес-деятельности, эксплуатации сложной системы или реализации крупного проекта. На сервисных рынках обращаются потребительские и промышленные сервисы, различающиеся между собой не только по объекту предоставления услуги, но и, например, интенсивности коммуникаций с заказчиками, степени цифровизации, наукоемкости, технологичности и другим параметрам.

В отношении *промышленного сервиса*, являющегося базой для трактовки сервисной деятельности в энергетике, может быть дано следующее определение: это экономически обоснованная межфункциональная деятельность предприятия, выражающаяся в создании и предложении потребителю комплекса услуг, обеспечивающих максимально эффективную эксплуатацию изделия или технической системы на всех стадиях жизненного цикла.

Наконец, в контексте эволюции экономических взглядов на сервис особый интерес вызывает категория «наукоемкий сервис», подробно раскрытая в следующем параграфе диссертации.

6. Возрастающая роль информационных технологий сегодня в значительной мере определяет особенности взаимодействия поставщика и потребителя услуги и, таким образом, формирует содержательное наполнение сервиса. Поскольку современные информационные технологии позволяют осуществлять сервисные транзакции через Интернет и без непосредственного участия потребителя в операциях по оказанию услуг, даже на промышленных рынках, где раньше дистанционное обслуживание было невозможно либо применялось крайне ограниченно [406], целесообразно выделить отдельную категорию сервиса – удаленный сервис. В промышленности удаленный сервис определяется как *технологически опосредованный процесс обслуживания сложных производственных систем, при котором поставщик услуги имеет возможность вне зависимости от географического местонахождения объекта осуществлять мониторинг параметров системы в режиме реального времени и изменять их, если это необходимо.*

7. В части *оценки экономической эффективности* деятельности поставщика сервисов автором предлагается использовать следующие основные показатели:

– соотношение годового оборота сервисной компании к суммарной мощности обслуженного в течение года оборудования;

– уровень сервиса – соотношение фактически выполненных услуг (заказов) ко всем запросам, поступившим за определенный период;

– качество и безопасность труда (количество отработанных человеко-часов без травм и потери работоспособности; количество нарушений и несчастных случаев при проведении работ; соответствие квалификации персонала выполняемым работам; ущерб от неправильных действий персонала);

– рентабельность продаж энергосервисного предприятия.

При этом правомерным также является применение ряда качественных показателей, приводимых в литературе, например согласованность свойств услуги и требований клиента (так называемые разрывы между ожиданиями потребителей и фактическими параметрами услуги), адаптивность услуги, то есть способность подрядчика учитывать специфические требования заказчика, оперативность предоставления сервиса, уровень профессионализма подрядчика [121, 185, 195].

8. С целью систематизации разнообразных представлений о видах и направлениях сервисной деятельности предлагается использовать *морфологическое поле сервисов* (таблица 2.3). Его построение основано на известном методе морфологического анализа и синтеза, разработанного Ф. Цвики для принятия решений в области взаимосвязанных, многомерных проблем, не представляющих возможность количественной оценки [490]. Отличительной характеристикой морфологического поля сервисов является его ассиметричность. В классической таблице Цвики количество возможных вариантов каждого сравнительного параметра, как правило, не ограничено какими-либо формальными рамками, но в конечном счете является одинаковым для всех параметров. В предлагаемом поле количество вариантов параметров определяется относительно конкретной предметной задачи и обусловлено степенью научной проработки каждого параметра. Данное поле, во-первых, решает важную теоретическую задачу – обобщение различных параметров сервиса как товара и процесса, зачастую имеющих кардинально отличающуюся объектно-субъектную ориентацию, что затрудняет применение других классификационных инструментов, таких как таксономия. Во-вторых, оно может применяться на практике при решении задачи создания портфеля сервисов, максимально соответствующих ожиданиям потребителей с точки зрения добавленной ценности. Морфологическое поле может использоваться для анализа сервисной деятельности не только в электроэнергетике, но и в других отраслях народного хозяйства.

Таблица 2.3 – Морфологическое поле сервисов (разработано автором)

Параметр анализа	**Варианты параметров**					
Потребители	Индивиды или клиентские группы		Бизнес		Инфраструктурные организации	
Исполнители услуг	Частные лица	Специализированные организации и сервисные фирмы	Промышленные предприятия	Научные организации	IT-системы	
Тип услуги	**Массовые,** связанные с домашним хозяйством и времяпрепровождением	**«Общественные»,** (напр., образовательные, культурные, транспортные)	**Профессиональные** (банковские, финансово-инвестиционные, консультационные, страховые)	**Технические / Производственные** (напр., техническое обслуживание и ремонт)	**Информационные / Цифровые** (напр. цифровизация процессов, коммуникационная поддержка клиентов)	**Исследовательские и аналитические** (напр. прогнозирование рынков, предиктивная аналитика)
Предмет сервисной деятельности	**Потребности людей** массовые или общественные	**Процессы** (напр. бухгалтерский учет, реализуемый по модели аутсорсинга)		**Активы** (напр. оборудование, здания, сооружения)	**Системы** (напр. система управления производством, IT-инфраструктура)	
Характер контакта с потребителем	**Активный** услуга может быть выполнена только при участии потребителя		**Комбинированный** (напр., образование, совмещающее контактную и дистанционную работу)		**Пассивный** реализация услуги не предполагает постоянного присутствия потребителя, в том числе за счет использования цифровых дистанционных технологий	

Продолжение таблицы 2.3

Параметр анализа	**Варианты параметров**		
Взаимосвязь с физическим продуктом	**Низкая,** услуга существует как самостоятельный товар, напр. туристический или гостиничный сервис	**Умеренная,** напр. IT-консалтинг, предполагающий установку программного обеспечения	**Высокая,** сервис предоставляется, как правило, только при покупке физического изделия, напр. техническое обслуживание сложного актива
Уровень технологич-ности и автомати-зации	**Низкий** Реализация сервиса осуществляется с помощью простых стандартных технологий и преимущественно ручного труда, напр. парикмахерские услуги	**Умеренный** На отдельных этапах предполагается использование специального оборудования, напр. планово-диагностический ремонт с применением технологии мобильных бригад	**Высокий** Доля ручного труда в услуге мини-мизирована либо сведена к нулю, сервис полностью автоматизирован (напр., роботизированная диагностика и ремонт оборудования с помощью дронов)
Степень наукоемкости	**Низкая** Услуга не предполагает интеллектуальной поддержки, этапы ее выполнения понятны и предсказуемы	**Умеренная** На отдельных этапах требуется профессиональная экспертиза, напр. создание портфеля новых клиентских сервисов на основе различных сценариев развития рынка	**Высокая** Реализация услуги возможна только на базе технологий, использующих передовые НТД и средства знаниевой поддержки, напр. комплексный инжиниринг

Окончание таблицы 2.3

Параметр анализа	**Варианты параметров**		
Уровень насыщенности цифровыми решениями	**Нулевой или низкий** Использование цифровых технологий в процессе реализации услуги не предполагается	**Умеренный** (напр. образование, предполагающее частичное обучение на цифровых платформах)	**Высокий** Реализация услуги возможна только при использовании цифровых решений, напр. инжиниринг систем предприятия на базе технологии цифрового двойника
Степень экологической безопасности и ресурсной эффективности	**Нулевой или низкий** Реализация услуги не влияет на экологическую безопасность и не предполагает роста эффективности использования ресурсов на ее производство	**Умеренный** Услуга соответствует экологическим стандартам и производится на основе принципов повышения ресурсной эффективности	**Высокая** Реализация услуги сопровождается значительными эффектами в части роста ресурсной эффективности и существенно влияет на экологическую безопасность
Структура сервиса	**Моноуслуга** (напр. перевозка грузов, лизинг техники)	**Комплексная услуга** (напр. управленческий консалтинг, совмещенный с исследованиями и обучением)	**Интегрированный сервис** (напр. управление проектом по жизненному циклу)
Возможность индивидуализации	**Отсутствует или низкая** (услуга стандартизирована, напр. профилактика компьютерной техники)	**Умеренная** (индивидуализированы отдельные компоненты, напр. образовательная программа с персональными опциями)	**Высокая** (услуга полностью кастомизирована, напр. проектирование промышленного объекта)

2.2. Анализ содержательных характеристик наукоемкого сервиса

Наукоемкость – это показатель, отражающий интенсивность использования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) в отраслях или на отдельных предприятиях при создании технологий или производстве товаров (физических продуктов и сервисов). Традиционно *наукоемкость отрасли (предприятия)* измеряется как отношение затрат на НИОКР к объему сбыта товаров, однако могут использоваться и другие показатели: отношение численности персонала, задействованного в НИОКР, к общему числу сотрудников; удельный объем продаж инновационных технологий (товаров) на одного работника [121]. *Наукоемкой продукцией* могут считаться изделия, в себестоимости или в добавленной стоимости которых затраты на НИОКР выше, чем в среднем по изделиям отрасли данной сферы народного хозяйства [214].

В научной литературе понятия «высокотехнологичный» и «наукоемкий» применительно к компаниям, производствам и отраслям часто употребляются как синонимы [116]. Неопределенность в идентификации высокотехнологичных секторов экономики, как отмечают авторы [116, 214], вызвана несколькими основными причинами:

– большинство новых технологий преодолевают границы между традиционными отраслями, и в результате становится трудно определить не только, что такое высокотехнологичный бизнес, но и что такое отрасль;

– высокая скорость развития технологий влечет за собой создание новых бизнесов, рынков и целых отраслей, которые непрерывно трансформируются. Жизненный цикл технологий сокращается, а сами технологии быстро устаревают;

– отрасль может самостоятельно *создавать* новые технологии, а может их *использовать* или *заимствовать* для производства знакомых рынку товаров. Например, биотехнологии характеризуются высоким уровнем затрат на исследования и разработки, но результаты исследований находят применение во множестве отраслей, как в высокотехнологичных (фармацевтика), так и в низкотехнологичных (пищевая промышленность). В соответствии с подходом

американского Национального научного фонда оба вида отраслей рассматриваются как высокотехнологичные. Однако очевидно, что в первом случае, когда в рамках отрасли новые технологии именно создаются, доля затрат на НИОКР значительно выше, чем во втором.

Группировка наукоемких отраслей затруднена вследствие того, что отрасль сама по себе не является совокупностью гомогенных производств и технологий. Тем не менее, приведем некоторые распространенные в мире классификации и сравним их с подходами, используемыми в российской практике. Так, в соответствии со стандартной международной торговой классификацией (SITC) к числу наукоемких относят производства шестнадцати типов продуктов: прогрессивные продукты органической химии и пластики, фармацевтическая продукция, химикаты для сельского хозяйства, радиоактивные материалы, турбины и оборудование реакторов, генераторы для ядерных, гидро- и ветровых электростанций, оборудование для анализа и обработки данных, включая телекоммуникационное, прогрессивная продукция электромашиностроения, оборонная продукция и ряд других производств [34].

Согласно методологии Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), к наукоемким отраслям относятся производства, где отношение затрат НИОКР к объему выпуска составляет не менее 3,5–4%. Если затраты на НИОКР составляют от 3,5 до 8% объема выпуска, отрасль считается средневысокотехнологичной (medium-high-technology industries), а если больше 8% – высокотехнологичной (high-technology industries). ОЭСР не вводит конкретного критерия, а лишь выделяет перечень отраслей, относимых к наукоемким, поэтому цифра 3,5% является индикативной. На текущий момент к *наукоемким отраслям* промышленности ОЭСР относит аэрокосмическую отрасль, фармацевтическую промышленность, производство компьютеров и конторского оборудования, производство электронных средств коммуникаций, производство научной аппаратуры. Отдельно выделяются *наукоемкие услуги*, среди которых финансовые, коммуникационные сервисы, бизнес-услуги, образование и здравоохранение.

В США используются ряд других, не формализованных классификаций наукоемких отраслей. Их сравнение с подходом, принятым в ОЭСР, представлено

в таблице 2.4. Любопытно, что в данных классификациях электроэнергетика не относится к числу наукоемких; одно из объяснений заключается в том, что технологические изменения в этой отрасли, которые можно было бы отнести к «подрывным», происходят редко, а исследования, проводимые для нужд отрасли, происходят за ее пределами, то есть имеют некэптивный характер, и, соответственно, не могут быть адекватно измерены.

Таблица 2.4 – Примеры выделения наукоемких отраслей различными ведомствами [34].

Ведомство	**Отрасли, отнесенные к категории наукоемких**
ОЭСР	*Промышленность:* аэрокосмическая отрасль; фармацевтика; производство компьютеров и конторского оборудования; производство электронных средств коммуникации; производство научной аппаратуры. *Сфера услуг:* финансовые услуги; телекоммуникационные услуги; бизнес-услуги; образование; здравоохранение.
U.S. Census Bureau, Foreign Trade Division (США)	Биотехнологии; медицинские технологии; оптоэлектроника; компьютеры и телекоммуникации; электроника; гибкие автоматизированные производственные модули; новые материалы; аэрокосмическая отрасль; вооружение; атомные технологии; разработка программного обеспечения.
U.S. Bureau of Economic Analysis (США)	*Промышленность:* аэрокосмическая отрасль; фармацевтика; производство компьютеров и офисного оборудования; производство электронных средств коммуникации; производство научной аппаратуры. *Сфера услуг:* финансовые услуги; телекоммуникационные услуги.
Center for Venture Research, University of New Hampshire (США)	*Промышленность:* биотехнологии; производство электронной аппаратуры. *Сфера услуг:* финансовые услуги; здравоохранение; инжиниринговые услуги; IT-индустрия; медиасервисы; телекоммуникационные услуги.

Еще одна, двухуровневая классификация наукоемких отраслей была разработана в 1996 г. Министерством промышленности Канады и Канадским банком развития бизнеса. К первому уровню относится сегмент высокотехнологичных компаний, основной *продукт которых* – знания, конвертируемые в разные рыночные формы. В данном случае в наукоемкие отрасли включают: фармацевтику и производство медицинского оборудования; машиностроение; производство компьютеров и периферийного оборудования; телекоммуникации и

производство беспроводных средств связи; производство полупроводников и электронной аппаратуры; аэрокосмическую отрасль; производство систем геолокации; инжиниринг и консалтинг. Второй уровень представлен сегментом компаний-потребителей «передовых знаний», которые за счет интенсивных исследований, разработок и привлечения специалистов с новыми компетенциями достигают инновационного лидерства на рынке. Наукоемкими отраслями второго уровня являются электроэнергетика, нефтегазовое производство, химическая промышленность, энергомашиностроение, промышленный дизайн [369].

Существует также классификация, принятая в Европейском Союзе (ЕС). Она основана на выделении более 200 высокотехнологичных продуктов, объединенных в 8 отраслевых групп: автоматизированные станки и производственные системы, системы обработки и анализа данных, включая телекоммуникационные, электронные потребительские товары, электронные компоненты, продукция авиакосмической промышленности, электрические и электронные приборы и оборудование, продукция химической промышленности.

В отечественной литературе распространено мнение, согласно которому к разряду наукоемких следует относить отрасли пятого и более высоких технологических укладов, то есть электронную промышленность, производство вычислительной и оптоволоконной техники, создание программного обеспечения, телекоммуникации, роботостроение, производство и переработку нефти и газа, информационные услуги, наноэлектронику, генную инженерию и ряд других отраслей. То же самое можно сказать и о наукоемких предприятиях, обладающих гораздо большим инновационным потенциалом и зачастую являющихся главными потребителями наукоемкой продукции. С одной стороны, именно в них материализуются результаты НИОКР, с другой, в них же происходит освоение новой прогрессивной техники и технологии, а применение их продукции требует новых навыков, технологических приемов, более совершенной организации производства. Наличие множества наукоемких предприятий в экономике дает мощный толчок развитию всех отраслей. Порождаемая наукоемкими предприятиями система связей как бы вынуждает саму себя постоянно совершенствоваться и генерировать инновации.

Наибольший вклад в валовый внутренний продукт (ВВП) вносят наукоемкие отрасли в США (почти 40%). В Великобритании этот показатель равен 37%, в Японии, Германии и Китае – 35%. В России по оценкам National Science Board в 2016 г. доля наукоемких отраслей (включая производственный и сервисный сектор) в национальный ВВП составляла 20% [410].

В противовес выделению наукоемких отраслей, выявление специфических характеристик наукоемких предприятий представляется более выполнимой задачей, например, через установку определенной планки для доли затрат на НИОКР от выручки предприятия. На основе методологии ОЭСР вполне логично назвать наукоемкими те предприятия, в которых доля затрат на НИОКР от выручки составляет более 3,5%. Совокупность же наукоемких предприятий вместе со всеми системными связями в рамках национальной или мировой экономики (в зависимости от интересующего масштаба) представляет собой наукоемкий бизнес.

Кроме собственно факта существенных затрат на НИОКР, для наукоемкого бизнеса типичны обычно некоторые характерные особенности, например, быстрый рост и крупные удельные объемы продаж (в расчете на одного занятого), большая доля добавленной стоимости в продукции этих отраслей, высокий уровень заработной платы работников, крупные объемы экспорта [411]. Ключевое внимание в наукоемких организациях уделяется разработке инноваций, создающих новые рынки, поскольку наибольшими шансами на успех в высококонкурентной среде обладает фирма, создающая спрос, а не следующая ему. В этом и состоит смысл деятельности наукоемких компаний – создать нечто прорывное и таким образом занять определенную рыночную нишу, в которой на протяжении некоторого временного отрезка обеспечить лидирующие рыночные позиции.

Качественными критериями идентификации наукоемкого бизнеса являются:

– производство продукции, имеющей в своей основе долгосрочные конкурентные преимущества, создаваемые на основе передовых научно-технических достижений;

– наличие высококвалифицированного научного, инженерно-технического и производственного персонала, способного создавать конкурентную продукцию, удерживать лидерство в развитии необходимых для этого научных направлений и технологий, а также обеспечивать своевременное

внедрение результатов, законченных НИОКР в производство. Например, в США для оценки этого критерия используется уровень навыков и компетенций работников в областях науки, технологий, инжиниринга и математики (STEM – Science, Technology, Engineering, Mathematics);

– выстраивание стратегии и тактики хозяйственной деятельности с учетом высокой степени неопределенности процесса управления современными разработками, в которых при принятии решений используются прогнозные оценки технологий будущего.

Интенсивная технологическая модернизация экономик, обуславливающая появление новых видов наукоемких отраслей и бизнесов, тотальная цифровизация и персонификация, процессы экстернализации услуг, определяющие активную интеграцию промышленного производства с сервисным контуром, приводят к появлению новых быстрорастущих видов сервисных сегментов, особый интерес среди которых представляет так называемый «наукоемкий сервис» (knowledge-intensive service), выполняющий роль фасилитатора инноваций.

Исследования в данной области проводятся с 1990-х гг. и, как правило, носят общий характер. Немногочисленные кейсы посвящены отдельным аспектам наукоемкого сервиса в IT-сфере, нефтегазовом секторе, медицине и фармацевтике, агропромышленном комплексе [369, 373, 387, 392]. Между тем, именно отраслевая привязка насыщает наукоемкий сервис конкретными содержательными задачами и определяет его организационные особенности.

Наукоемкий сервис получил распространение в высокотехнологичных отраслях промышленности, таких как: фармацевтика и производство медицинского оборудования; электроэнергетика и нефтегазовое производство; машиностроение, в том числе энергетическое; производство компьютеров и периферийного оборудования; телекоммуникации и производство беспроводных средств связи; производство полупроводников и электронной аппаратуры; аэрокосмическая отрасль; производство систем геолокации; инжиниринг и консалтинг; энергомашиностроение, химическая промышленность, промышленный дизайн [369]. Систематизация трактовок наукоемкого сервиса [296, 345, 350, 372, 390, 391, 483] позволяет выработать следующее его определение: это *комплекс бизнес-услуг или процессов, реализация которых связана с интенсивной поддержкой развития новейших знаний в области*

технологий, организации производства и управления и их внедрением с целью изменения стратегии, бизнес-моделей и товаров для опережающего реагирования организации на вызовы внешней среды и рынков. К наукоемким сервисам, например, могут быть отнесены: разработка программного обеспечения, управленческий консалтинг, научно-техническая экспертиза, бизнес-аудиты, маркетинговый анализ и форсайты, ремонт сложного оборудования, инжиниринг, хранение и анализ данных, телекоммуникационные услуги, обучение персонала. В [484] отмечается, что наукоемкий сервис возникает преимущественно в b2b-транзакциях, в которых участвуют два типа субъектов: компании-разработчики технических ноу-хау, научных исследований, интеллектуальной собственности, конвертируемых в разные рыночные формы, и компании-потребители «передовых знаний», которые нацелены на достижение инновационного лидерства на рынке за счет непрерывного контекст-анализа и привлечения специалистов с новыми компетенциями.

Процесс *производства* наукоемких услуг зависит от: 1) предпринимательской активности сервисной компании, 2) её институционального статуса, 3) технологической кооперации с центрами трансфера знаний, 4) степени отраслевой/корпоративной дисперсии. В отличие от традиционных услуг, которые могут производиться стандартным способом в обособленных бизнес-единицах или подразделениях компании, наукоемкому сервису необходимо организационное рассредоточение. Междисциплинарный характер процесса создания наукоемких услуг не позволяет поместить сервисную функцию в пределах какой-то конкретной организационной ячейки – необходим постоянный обмен явными и неосязаемыми знаниями, причем как внешний, так и внутренний. Именно поэтому, наукоемкий сервис – это своеобразный интерфейс между производителем и потребителем, зона концентрации передовых знаний, в которой максимально эффективно, быстро и комфортно вырабатываются решения крайне специфических, сложных проблем. Исследовательская компонента становится обязательной для наукоемкого сервиса [396].

На процесс *потребления* наукоемких услуг влияет так называемый «социально-технологический парадокс»: одновременное проявление позитивных и негативных ожиданий заказчиков в части одних и тех же эффектов

(производительность труда, расширение рынков сбыта, оптимизация бизнес-процессов, инновационное развитие). При этом, как правило, потребитель стремится присутствовать (наблюдать, получать релевантную информацию и даже помогать подрядчику) в период оказания услуги. Возникает эффект «коопетиции» (co-opetiton) – одновременной кооперации и конкуренции участников сервисных процессов за право выбора наилучшего способа производства сервиса, что заставляет поставщиков непрерывно работать над качеством сервисных процессов [240, 476, 488]. В то же время, вовлечение потребителей в сервисный контур открывает бизнесу возможности для создания целых платформ, в которых происходит *быстрое* считывание новых предпочтений, *быстрая* разработка новых услуг, их *быстрое* тестирование, вывод на рынок, *быстрое* получение обратной связи и совершенствование конечного сервиса [466].

Особо активно наукоемкий сервис развивается там, где формируется пласт новых производственных технологий (НПТ) и соответствующих цифровых экосистем (таблица 2.5). В данных сегментах предъявляются новые требования к сервису как поддерживающей функции производственных и бизнес-процессов. Цифровая экосистема сама по себе не производит конкретный товар, она создается с целью упреждающего реагирования на «подрывные» события для минимизации негативных рыночных, социо-общественных или технологических рисков [430]. Для обеспечения эффективного функционирования новых производственных технологий вокруг них должна быть создана сеть адаптивных, самонастраиваемых сервисов, позволяющих не только в реальном времени отслеживать параметры состояния системы, но и прогнозировать её поведение в будущем.

Фундаментальное требование к поставщику наукоемкой услуги заключается в том, что *компетенции персонала сервисной структуры должны быть более диверсифицированными по отношению к традиционным производственным фирмам.* Ф. Гельпек [338] фиксирует, что кадры сервисного контура должны досконально понимать особенности функционирования НПТ на всех этапах их жизненного цикла. Такие технологии, как правило, требуют непрерывного человеко-машинного взаимодействия посредством специальных сервисных интерфейсов – фактически круглосуточного сопровождения процесса эксплуатации

сложных производственных систем и потребителей, использующих НПТ по целевому назначению.

Таблица 2.5 – Примеры НПТ и сопутствующих наукоемких сервисов (составлено автором)

Сегмент НПТ	**Традиционные техника и технологии**	**Новые техника и технология**	**Соответствующие виды наукоемкого сервиса**
Технологии организации и управления	Системно-инженерные подходы, LEAN	Интеллектуальное или облачное производство, цифровые предприятия	Сервисы хранения данных, кибербезопасности, цифровой консалтинг, управление знаниями
ИТ-системы управления жизненным циклом продукции	CAD, CAE, CAM / PDM	CAx для аддитивных технологий, M2M, облачные технологии	Сервисы пространственного моделирования сложных изделий; обслуживание интеллектуальных систем управления производством
Технологии для формо-образования изделий	Станкостроение	Аддитивное производство	Прототипирование 3D-моделей, стереолитография, селективное лазерное спекание
Технологии автоматизации	Реле, переключатели, сенсоры, силовая электроника	Промышленная робототехника	Компьютерные симуляторы, сервисные роботы, CNC machining
Передовые материалы	Металлы, пластик	Композитные материалы с программируемыми свойствами	Научно-аналитические сервисы тестирования материалов
Логистика	Выталкивающие и вытягивающие логистические системы	Мультиагентные логистические системы	Виртуальное планирование
Транспорт	Массовое производство транспортных средств на альтернативном топливе	Интеллектуальные электрифицированные транспортные системы	Адаптивное управление трафиком, умные парковки, сервисы, обеспечивающие транзакции между электротранспортом и энергорынком

Таким образом, наукоемкий сервис можно рассматривать с разных позиций. С одной стороны, это определенный *тип* сложных услуг (инженерно-технических, информационных, консультационных, образовательных, управленческих), имеющих уникальную ценность для заказчиков, производство которых требует привлечения высокопрофессиональных экспертов, обладающих передовыми знаниями в области технологического контекста, а также инфраструктуры, в том числе исследовательской, для непрерывной генерации и обновления этих знаний. С другой стороны, под наукоемким сервисом можно понимать специфический *вид деятельности*, главной отличительной особенностью которого является встроенность сервисных процессов в производственный контур, определяющая неоднородный состав субъектов сервисного рынка и необходимость постоянного взаимодействия в процессе производства услуг как подрядчика, так и заказчика.

«Водораздел» между традиционными и наукоемкими услугами выражается:

– в способе оказания услуг. Традиционные услуги реализуются одними и теми же средствами, инструментами, кадрами вне зависимости от сервисного субъекта. Для реализации наукоемких услуг требуется постоянный поиск новых методов, разработка кастомизированных решений, ротация команд, привлечение стороннего интеллектуального и машинного капитала;

– товарной ценности. Традиционные услуги обеспечивают комфортную, экономически эффективную эксплуатацию продукта или системы без существенных изменений их основных компонентов. Наукоемкие услуги обладают высокой инновационностью, принципиально меняют бизнес-модели и поведение рыночных субъектов, взаимодействующих в процессе разработки и реализации услуг;

– глубине аналитической поддержки процесса реализации услуги. Оказание услуг, как правило, растянуто во времени, и качество услуги не может быть полностью оценено до момента, пока услуга не предоставлена. Однако, за счет применения аналитических инструментов, программных и диагностических комплексов удаленного мониторинга, подрядчик может детально отслеживать этапы производства наукоемкой услуги, прогнозировать потенциальные риски и вносить соответствующие корректировки по ходу процесса.

2.3. Концептуальная модель наукоемкого сервиса в электроэнергетике

Сервис в электроэнергетике как вид промышленного сервиса можно определить как *межфункциональную деятельность, которая заключается в последовательном и непрерывном обеспечении надежного и бесперебойного функционирования электроэнергетической системы с целью экономически и энергетически эффективной эксплуатации ее элементов и создания условий для ценовой конкурентоспособности электроэнергии на рынке.* Общие методические рекомендации по организации сервисной деятельности в электроэнергетике были разработаны автором в [108].

Наука в настоящее время по-разному определяет структуру данной деятельности. Так, Л.Д. Гительман и Б.Е. Ратников включают в нее услуги по энергоснабжению и сервисы широкого спектра [65]. Первые охватывают деятельность поставщиков по передаче энергии по магистральным и распределительным электрическим и тепловым сетям, а также сбыту (торговле) энергоносителей. Ко вторым относятся разнообразные вспомогательные услуги в сферах генерации, передачи, сбыта и полезного использования энергии: ремонтное обслуживание, услуги по рационализации энергопотребления (повышению энергоэффективности), инжиниринг (технические решения и проекты в области модернизации), биллинг (измерения и расчеты).

Другие ученые рассматривают энергетические услуги в контексте *сервисного рынка*, являющегося одним из смежных по отношению к основным конкурентным рынкам, функционирующим в отрасли: оптовому и розничному рынкам электроэнергии и мощности, системных услуг, производных финансовых инструментов [40, 234]. При этом в рамках данного единого сервисного рынка могут осуществляться научно-исследовательские, опытно-конструкторские, проектно-изыскательские, строительно-монтажные, пусконаладочные работы, техническое обслуживание и ремонт энергетических объектов, инжиниринг, консалтинг и прочие услуги.

Существует также мнение, согласно которому электроэнергетика *сама по себе выполняет функцию инфраструктурного сервиса*, обеспечивая устойчивое электроснабжение разных отраслей народного хозяйства и групп потребителей. Эта широкая трактовка выдвигает на первый план категорию «надежность» в качестве системообразующей для всей экономики энергетики. В частности, международный Институт исследований электроэнергетики выделяет пять категорий сервисов, предоставляемых энергосистемой:

– обеспечение доступа к электропитанию, предполагающее бесперебойные поставки электроэнергии в любое время и в объеме, необходимом клиенту;

– обеспечение пусковых токов – подача «мгновенной мощности», необходимой, например, для запуска больших электродвигателей;

– обеспечение стабильного качества (напряжения и частоты) электрического тока для бесперебойного и безопасного использования подключенного к энергосистеме оборудования;

– повышение экономической эффективности производства и использования электроэнергии за счет сбалансированного сочетания в работе энергосистемы генераторов с различными технико-экономическими характеристиками;

– передача электроэнергии потребителям на основе принципов свободного выбора поставщиков и минимизации монополизма отдельных участников, что в свою очередь обеспечивает связь между различными генерирующими и потребляющими элементами энергосистемы, способствует росту точности расчета стоимости электроэнергии, стимулирует появление просьюмеров [169].

Принципы организации сервиса в электроэнергетике во многом связаны с уникальными особенностями электроэнергетического производства.

1. *Совпадение во времени процессов производства и потребления электрической энергии (по крайней мере до тех пор, пока не будет решена проблема крупномасштабного аккумулирования электроэнергии для народнохозяйственных нужд).* Одновременность производства, передачи,

распределения и потребления электроэнергии является основной причиной четкого разграничения вопросов хозяйственного и оперативно-технологического (диспетчерского) управления в энергетических системах [65].

Эта особенность определяет фундаментальное свойство электроэнергии как товара. Электроэнергия является примером *услуги, интегрированной в товар*, то есть по существу *гибридным товаром*. Как известно, главной особенностью услуги является ее неосязаемый, невещественный характер: услугу невозможно увидеть, попробовать, изучить до момента ее потребления, а потребительские эффекты могут проявить себя в значительно удаленном пространстве и времени по отношению к месту и моменту ее оказания. Электроэнергия обладает рядом «физических» характеристик, такими как частота и напряжение, однако оценить качество данного товара мы можем только после его получения по степени воздействия электроэнергии (или его отсутствию) на электрооборудование, подключенное к электрической сети, определяемое соответствием номинальных характеристик электроэнергии фактическим [29]. Данное свойство мы будем считать *интегративной характеристикой электроэнергии.*

Одновременное проистекание процессов производства электроэнергии, ее потребления и последующего использования оказывается невозможным без корректной работы огромного количества электроэнергетических установок разной сложности. Любые, даже кратковременные нарушения надежности функционирования технических систем (особенно таких сложных, как энергетические) сопровождаются недовыпуском и снижением качества продукции и услуг, авариями основного и вспомогательного оборудования, простоем средств труда и рабочей силы, загрязнением окружающей среды [186, 232]. Поэтому *технический сервис*, осуществляемый как собственными силами энергокомпаний (так называемым хозяйственным способом), так и сторонними подрядчиками, привлекаемыми по модели аутсорсинга, является важнейшим элементом надежного функционирования систем электроэнергетики.

Технологическое единство производства и потребления электроэнергии предопределяет необходимость тесного экономического взаимодействия энергокомпаний и потребителей. Основными направлениями такого

взаимодействия являются: рационализация режимов энергопотребления и управление нагрузками; формирование взаимоприемлемых тарифов на энергию, в том числе дифференцированных; координация планов развития энергопотребляющих установок, генерирующих и транспортных мощностей национальной и региональных энергосистем; инвестиционная деятельность. Следовательно, актуализируются сервисы, которые можно отнести к *аналитическим и информационно-коммуникационным*.

2. *Непрерывный характер производственного процесса.* Эта особенность обуславливает высокий уровень автоматизации производства и управления технологическим процессом электроснабжения. Здесь, с одной стороны, очевидна особая, критическая роль человеческого фактора в электроэнергетике, в связи с чем *сервисы, связанные с подготовкой кадров,* формируют своеобразное ядро сервисной деятельности в электроэнергетике. С другой стороны, возникает необходимость в создании портфеля специальных *цифровых (удаленных) сервисов*, которые способны поддерживать отдельные параметры работы энергетического оборудования и процессы в режиме реального времени. В совокупности с растущей интеллектуализацией энергетики, в которой снижается роль собственно технологических промышленных процессов и растет роль цифровых систем управления и информационно-телекоммуникационных технологий, сервисная деятельность должна осуществляться на протяжении всего жизненного цикла объектов электроэнергетики (энергоустановок) [31].

3. *Сложность и особые условия работы энергетического оборудования.* Электроэнергетическое оборудование отличается конструктивной сложностью и большой металлоемкостью, что определяет высокую капиталоемкость объектов электроэнергетики. Весьма длительными могут быть сроки проектирования, строительства и монтажа электроэнергетических объектов.

В этом отношении следует подчеркнуть, что в качестве объекта сервисной деятельности в электроэнергетике следует рассматривать не столько основной товар – электроэнергию, сколько систему энергетического производства, позволяющую поставлять этот товар потребителю с необходимыми физическими параметрами [49]. Следует учесть, что, например, ремонтное производство в

энергетике всегда рассматривается как производственная система, затраты которой состоят из расходов, связанных с ремонтным обслуживанием, а *продукцией* является *готовность оборудования к работе.* В качестве другого примера можно рассмотреть такой вид сервиса, как монтаж оборудования, который, проистекая на финальной стадии предэксплуатационного периода, имеет главной целью выявление и устранение явных и частично скрытых дефектов изготовления и сборки оборудования для его нормального функционирования в производственной среде [238], также выполняя соответствуюшим образом косвенную роль поддержания оборудования в работе.

4. *Взаимодействие с окружающей средой.* Электроэнергетика относится к топливоемким отраслям народного хозяйства. Низкий КПД генерирования электроэнергии, непрерывный сброс огромного количества тепла в окружающую среду на ТЭС и АЭС и другие факторы (например, пролегание воздушных ЛЭП в жилых массивах) способствуют нарастанию экологической напряженности в районах производства и передачи электроэнергии. Эта особенность определяет высокую степень социальной ответственности электроэнергетических компаний и выводит на первый план среди управленческих функций вопросы, связанные с технологическим и инвестиционным обеспечением роста энергетической эффективности [75]. Решению этих вопросов во многом могут способствовать энергосервисные компании (ЭСКО), модель работы которых подробно рассмотрена в третьей главе диссертации.

В [108] автором была предпринята попытка выделения первостепенных и второстепенных сервисов, реализуемых в электроэнергетике. Так, к первостепенным видам сервиса относятся услуги, связанные с обеспечением полной готовности оборудования (производственной системы) к эксплуатации в течение жизненного цикла, включая обучение персонала, а также повышением эффективности энергоиспользования конечными потребителями: ремонт, реконструкция, модернизация и техническое обслуживание энергообъектов; диагностика и гарантийное обслуживание электроустановок; создание информационной инфраструктуры электроэнергетических систем; энергосбережению.

К второстепенным сервисным видам деятельности относится широкий спектр сезонных и различных мелких работ. Сезонными являются, например, строительно-отделочные работы, асфальтирование подъездов к трансформаторным подстанциям, выполнение благоустройства в зоне трансформаторных подстанций и распределительных пунктов [49]. К мелким работам можно отнести обслуживание устройств релейной защиты и автоматики (РЗА); обслуживание аккумуляторных батарей; типовые работы на энергообъектах (выкашивание травы, обрезка деревьев в зоне ЛЭП); зарисовку схем вводных устройств и пр.

Совершенно очевидно, однако, что каждый из видов первостепенных сервисов, и даже некоторые виды второстепенных могут отличаться друг от друга по уровню наукоемкости. Опираясь на исследование [366], можно продемонстрировать, что в зависимости от сложности сервиса и новизны задачи, которую данный сервис решает, следует разделять традиционный и наукоемкий сервис, то есть услуги, выполняемые традиционными (известными, стандартизированными способами) и услуги, реализация которых предполагает мощную интеллектуальную поддержку в виде новых знаний, прогрессивной техники и технологий, цифровых решений (рисунок 2.6).

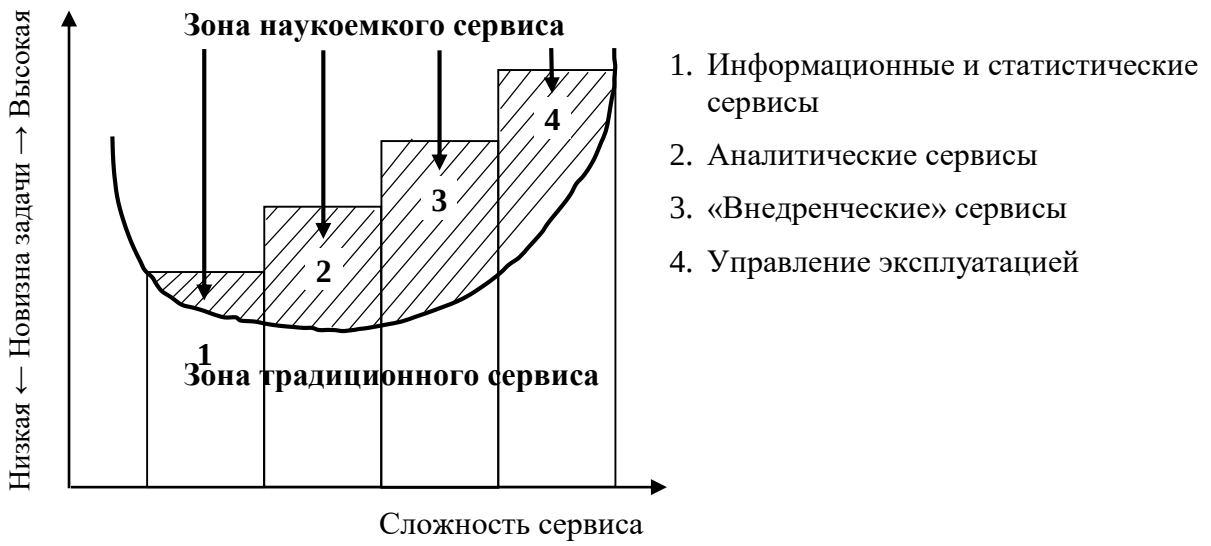


Рисунок 2.6 – Выделение зон традиционного и наукоемкого сервиса в электроэнергетике (составлено автором)

Повышение роли сервисного сектора в энергетике связано с рядом внутренних и внешних факторов. С одной стороны, мировой энергетический бизнес движется к структуре, при которой энергокомпании все в большей степени акцентируют свою деятельность на организации энергопроизводства, управлении активами и инвестиционными проектами нового строительства, реконструкции и модернизации энергообъектов. Большинство сопутствующих работ по технологическому поиску, прогнозированию рынков и поведения потребителей, инжинирингу, ремонтному обслуживанию сложного энергетического оборудования, логистике осуществляют сторонние сервисные компании.

Кроме того, в условиях перехода к новой энергетической парадигме далеко не все энергокомпании могут позволить себе иметь высококвалифицированный персонал и наукоемкое оборудование, предназначенные для выполнения технологичных работ. Использование услуг специализированных сервисных структур позволяет энергетическому бизнесу перенести на них риски недоиспользования персонала и специализированного оборудования. Такой подход дает возможность сервису сконцентрироваться на выполнении наиболее сложных операций и в полной мере использовать имеющийся персонал и собственные технические ноу-хау.

Приведем некоторые примеры из мировой энергетической практики, демонстрирующие возрастающую важность наукоемкого сервиса для развития электроэнергетики, энергетических рынков и взаимодействия с потребителями [33, 85, 254, 290, 478].

Немецкая энерготрейдинговая компания *Next Kraftwerke*, основанная в 2009 г., в настоящее время управляет виртуальной электростанцией мощностью 1 ГВт, которая объединяет 2400 установок (работающих на биогазе, биомассе, а также ТЭЦ). В основе – аналитическая платформа, позволяющая формировать оптимальные операционные графики генерирующих установок на основе мониторинга энергорынков в реальном времени, прогнозов цен на электроэнергию, метеосценариев.

Alliander (Нидерланды) пилотирует проекты балансировки спроса и потребления электроэнергии на местном уровне в режиме реального времени. В

партнерстве с CGI, поставщиком ИТ-решений, Alliander использует специальное программное обеспечение PowerMatcher в качестве основы для запатентованной технологии Realtime Energy eXchange (REX). Проекты предполагают внедрение интеллектуальных средств управления включением и выключением уличного освещения в оптимальные моменты времени в целях максимизации энергосбережения на 800 000 улиц в 14 муниципалитетах. На уровне частных домохозяйств REX позволяет запускать бытовые приборы в периоды, когда наблюдается профицит предложения при низкой тарифной ставке. Предполагается выход REX на рынок интеллектуального электротранспорта, учитывая потенциальные возможности использовать аккумуляторные батареи электромобилей в качестве своеобразного энергетического сервера.

PowerShop (Австралия) – интегратор энергетических решений, предлагающий потребителям возможность мониторинга данных розничного энергорынка и покупки электроэнергии в интернете через мобильные устройства и социальные сети. Компания анализирует энергетические предпочтения потребителей и предлагает наиболее экономичный пакет энергетических услуг. Используя смартфоны, клиенты могут контролировать потребление энергии в домашних условиях и выбирать источник закупки электричества – от крупных электростанций до объектов альтернативной энергетики.

Флагман среди наукоемких услуг *General Electric* (GE, США) – платформа для промышленной аналитики Predix, соединяющая оборудование, сенсоры и системы контроля для сбора и интерпретации данных из производственных систем. Predix – весьма гибкий продукт: помимо энергетики модификации платформы используются для диагностики железнодорожной инфраструктуры, облачной визуализации в сфере здравоохранения, неразрушающего контроля объектов нефтегазовых компаний. Predix – пример того, как крупной энергетической корпорации за счет уникального наукоемкого сервиса удалось создать не имеющую аналогов технологическую платформу, вовлекая в кооперацию участников из смежных рынков и, таким образом, обогащая собственную практику передовым опытом, знаниями и компетенциями. Таким

образом, GE позиционирует Predix в виде способа предложить своим внутренним подразделениям и клиентам сетевое взаимодействие как услугу.

В традиционной энергетике также появляются направления, где наукоемкий сервис становится жизненно необходим. В первую очередь, речь идет о новых принципах управления активами и организации технического обслуживания и ремонта (ТОиР) как основного, так и вспомогательного оборудования электростанций и электрических сетей. В модели наукоемкого сервиса для реализации ТОиР используется стратегия управления рисками и эффективностью, предполагающая ранжирование оборудования по приоритетам надежности, анализ состояния отдельных элементов и оборудования в целом, расчет риска его выхода из строя, установление потенциального экономического, экологического ущерба и технологических последствий.

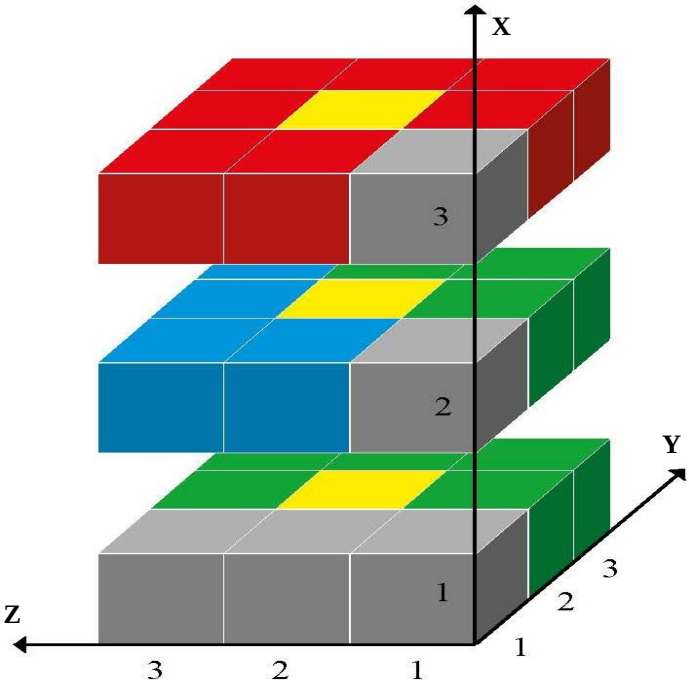
Технологическое воплощение процесса может быть описано следующим образом: на энергетическое оборудование в цехах накладываются RFID-метки, с помощью которых данные о состоянии агрегатов считываются рабочими в цеху с помощью портативных устройств, включая планшеты и смартфоны, а также поступают в общее хранилище данных в режиме реального времени. Далее, с помощью технологий больших данных (Big Data) делается анализ и прогноз износа оборудования в режиме реального времени, что позволяет своевременно устранять неисправности, сокращая потенциальный ущерб от вынужденного простоя агрегата во время ремонта. Для перехода на эту модель энергетическим компаниям приходится использовать современные средства диагностики и предиктивную аналитику.

Таким образом, отраслевая сервисная индустрия получает новый виток развития, а наукоемкий сервис, по существу, становится ключевым драйвером и центром ответственности энергетического прогресса; в его фокусе – задачи адаптации новых технологий, прежде всего цифровых, под предпочтительную рыночную конфигурацию. На наш взгляд, можно выделить три ключевые сферы применения наукоемкого сервиса в современной энергетике (таблица 2.6).

Таблица 2.6 – Примеры направлений наукоемкого сервиса в энергетике на различных этапах цепочки создания добавленной стоимости (составлено автором)

<table>
<tr><th rowspan="2">Сферы применения наукоемкого сервиса</th><th colspan="5">Этапы цепочки создания стоимости</th><th rowspan="2">Преимущества от использования наукоемких сервисов</th></tr>
<tr><th>Генерация (в том числе малая)</th><th>Пере-дача</th><th>Распре-деление</th><th>Сбыт</th><th>Конечное потребление</th></tr>
<tr><td rowspan="5">Управление жизненным циклом активов</td><td colspan="5">Дистанционный мониторинг параметров работы энергооборудования</td><td rowspan="5">• Повышение срока жизни активов
• Рост произво-дительности
• Оптимизация организационно-технических решений</td></tr>
<tr><td colspan="5">Интегрированное планирование природоохранных мероприятий</td></tr>
<tr><td colspan="3">Риск-ориентированное управление состоянием активов</td><td rowspan="3">Дивер-сифика-ция гене-раторов</td><td rowspan="3">Продление срока службы принима-ющих устройств</td></tr>
<tr><td colspan="3">Роботизация механических работ</td></tr>
<tr><td colspan="3">Интеллектуальное управление надежностью</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Оптимизация энергорынка и работа с потребителями</td><td>Виртуаль-ные электро-станции</td><td colspan="2">Хранение электроэнергии</td><td colspan="2">Управление кластерами электропотребляюще-го оборудования, свя-занного в единую сеть</td><td rowspan="3">• Агрегация спроса
• Рост системной гибкости
• Снижение потерь
• Управление цено-образованием в реальном времени
• Гипер-персонализация</td></tr>
<tr><td colspan="5">Платформы управления спросом и потреблением в реальном времени</td></tr>
<tr><td colspan="5">Умный учет</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Развитие орга-низационной гибкости субъектов энергорынка</td><td colspan="5">Подготовка кадров и команд для технологической модернизации</td><td rowspan="4">• Оперативное реагирование на внешние вызовы и угрозы
• Опережающее развитие компетенций</td></tr>
<tr><td colspan="5">Корпоративные системы и механизмы трансфера знаний и обмена передовым опытом</td></tr>
<tr><td colspan="5">Энергетический консалтинг, в том числе цифровой</td></tr>
<tr><td colspan="5">Исследования и разработки в партнерстве с университетами</td></tr>
</table>

Концептуальная модель наукоемкого сервиса в энергетике приведена на рисунке 2.7. Её смысл – продемонстрировать связанность различных видов наукоемких услуг и передать масштаб сервисной индустрии.



Условные обозначения

Ось X –	Оптимизация энергорынка и работа с потребителями
Ось Y –	Управление жизненным циклом активов
Ось Z –	Развитие организационной гибкости субъектов энергорынка

Серая зона - IT-сервисы

(1, 1, 1) (2, 1, 1) (3, 1, 1)	группа сервисов, обеспечивающих поддержку бизнес-процессов и работу потребителей с рынками энергии (приложения, программные продукты, статистические агрегаторы, базы данных)
(1, 1, 2)	внутреннее консультирование и R&D-сервисы
(1, 1, 3)	сервисы, формирующие IT-инфраструктуру компаний

Желтая зона – сервисы подготовки и наращивания компетенций кадров

Зеленая зона – сервисы, обеспечивающие внедрение новых принципов ремонта, технического обслуживания энергооборудования, реконструкции, модернизации, технического перевооружения энергообъектов

(1, 2, 1) роботизация отдельных операций и механических работ
(1, 3, 1) дистанционный мониторинг и анализ работы энергооборудования
(1, 2, 3) цифровые двойники
(1, 3, 2) оптимизация производственной логистики
(1, 3, 3) цифровая аналитика и умное планирование
(2, 2, 1) обслуживание умных приборов и зарядной инфраструктуры, в том числе в секторе электротранспорта
(2, 3, 1) энергосервисные контракты, нацеленные на управление энергосбережением
(2, 3, 2) комплексный инжиниринг с использованием EPCM и BOOT-схем

Синяя зона – сервисы управления спросом

(2, 1, 2) умный учет
(2, 1, 3) хранение электроэнергии
(2, 2, 3) виртуальные электростанции
(2, 3, 3) платформы управления спросом и потреблением в реальном времени

Красная зона – «институциональные» сервисы

(3, 1, 2) цифровые финансовые сервисы
(3, 2, 1) экспериментальные площадки для тестирования новых технологий
(3, 1, 3) кибербезопасность и хранение энергетических данных
(3, 3, 1) цифровой консалтинг
(3, 2, 3) отраслевой и межотраслевой трансфер знаний, включая механизмы мониторинга передовых научно-технических достижений
(3, 3, 2) интеллектуальное управление надежностью
(3, 3, 3) аналитические платформы балансировки спроса и предложения

Рисунок 2.7 – Концептуальная модель наукоемкого сервиса в электроэнергетике (разработано автором)

В качестве визуальной метафоры для представления модели выбран куб, разрезанный на слои по оси X, что позволяет выделить корпоративный, региональный и отраслевой сервисный контуры. Деление каждой оси по шкале от 1 до 3 произведено, чтобы показать степень сложности реализации тех или иных видов наукоемкого сервиса, а также для упрощения классификации отдельных групп сервиса по принципу системы координат.

Комплексная реализация такой модели весьма трудоемка. По существу, речь идет о построении на системных полицентрических принципах масштабной сервисной инфраструктуры, которая *синхронизирована* с технологическим базисом и *задает «правила игры»* разным стейкхолдерам энергорынка, привыкшим действовать по своим предпринимательским, юридическим, финансовым законам. Некоторые страны, например, США, Великобритания, Германия, Канада делают успешные шаги в направлении «системной сборки» рынка наукоемкого сервиса. Речь идет, как правило, о разработке единых для участников рынка технологических интерфейсов, необходимой инновационной и регуляторной среды, корпоративных и муниципальных инструментов поддержки отдельных проектов, что в той или иной мере приводит к сближению интересов энергокомпаний, подрядчиков и потребителей.

По мнению автора, работа по созданию искомой инфраструктуры должна вестись в следующих тесно взаимосвязанных направлениях, соответствующих измерениям предложенной концептуальной модели.

В части оптимизации энергорынка и работы с потребителями:

– стимулирование конкуренции между субъектами энергорынка, работающими на наиболее близких к потребителю этапах цепочки создания добавленной стоимости, в особенности между энергосервисными и энергосбытовыми компаниями;

– обеспечение доступа различных категорий потребителей (в частности, владельцев электромобилей) к цифровой инфраструктуре рынка для осуществления «торговых» операций в сети, предусматривающих двухстороннюю передачу электроэнергии;

– поощрение (в виде конкретных законодательных и финансовых механизмов) технологического предпринимательства, рассматриваемого в качестве драйвера отраслевого инновационного процесса;

– повышение гибкости тарифной политики и легитимизация динамического ценообразования для реализации программ управления спросом на энергию.

В рамках данного блока мероприятий следует отдельно выделить развитие правового поля, регулирующего массовое внедрение технологий интернета вещей и регламентирующего обработку «энергетических» данных потребителей [244, 258, 289]. Зачастую внешним игрокам телекоммуникационного рынка, способным взять на себя ответственность за реализацию данных услуг, доступ к требуемой информации значительно ограничивается или запрещается вовсе. Отчасти это связано с целью недопущения правонарушений в сфере кибербезопасности и несанкционированного доступа к данным, что для энергетики несопоставимо критично по сравнению с другими отраслями, учитывая приоритеты надежности и бесперебойности энергоснабжения. Но, вместе с этим, данный барьер блокирует развитие сервисных компаний, обеспечивающих наблюдаемость и управляемость рынка, в котором количество и разнородность субъектов, как производителей, так и потребителей энергии, резко возрастает.

В части управления жизненным циклом активов:

– создание совместных платформ энергокомпаний, предприятий энергомашиностроения и телекоммуникационного бизнеса, что позволит обеспечить переход на передовые формы ТОиР и интеллектуальное управление надежностью;

– развитие универсальной системы коммуникаций от бытовых энергетических сетей до центров диспетчерского управления верхнего уровня, основанной на единых моделях данных;

– внедрение прогрессивных технических стандартов, гармонизирующих развитие различных элементов энергетической системы – от сетей низкого напряжения до операторов всех секторов, от электростанций до конечных потребителей, от рынков до технологических процессов;

– переход к моделям государственного регулирования, стимулирующим наращивание энергокомпаниями мягких сервисных активов (soft assets), нежели реализацию инвестиционных программ в части строительства основных фондов (hard assets).

В отношении данного мероприятия, имеющего риск показаться спорным, следует дать краткий комментарий. Цифровизация – крайне дорогой процесс (для

наглядности представим, сколько средств, включая оплату простоя оборудования, необходимо вложить, чтобы «обвязать» цифровыми датчиками котловое/турбинное оборудование электростанций или построить в городе сеть зарядных станций для электромобилей), в котором создание сопутствующей сервисной инфраструктуры влечет за собой высокие постоянные и переменные затраты. Поэтому большое количество энергокомпаний не готовы к переходу на сервисную бизнес-модель и по-прежнему строит свою экономику на максимизации продаж основного товара – электрической и тепловой энергии. Для некоторых видов наукоемкого сервиса, таких как EPC, EPCM, BOOT-схемы в инжиниринге [88], данный барьер не является ключевым, но, например, для реализации программ управления спросом в регионе или комплексных энергосервисных контрактов он становится крайне существенным.

В части развития организационной гибкости субъектов энергорынка:

– формирование методологии интегрированного управления новыми объектами энергетической системы – виртуальными электростанциями, цифровыми подстанциями, гибкими распределительными электрическими сетями, системами накопления энергии, сетями электроснабжения умных домов, интеллектуальной электротранспортной инфраструктурой;

– внедрение в энергокомпаниях и отраслевых структурах упреждающего управления, основанного на раннем обнаружении угроз и новых возможностей, применении средств предиктивной аналитики, принципов системной инженерии и agile-методик;

– выстраивание тесной кооперации энергетических компаний с университетами и наукой для проведения прорывных исследований, генерации и трансфера новых знаний, организации экспериментальных площадок для тестирования, вывода на рынок и коммерциализации инноваций;

– создание системы опережающей подготовки кадров и команд для технологической модернизации энергетики.

Последнее мероприятие, к сожалению, зачастую упускается из виду, как в теории, так и на практике. Между тем, твердая позиция автора заключается в том, что без наличия системы заблаговременного прогнозирования и формирования необходимых компетенций специалистов разговор о переходе к новой

энергетической парадигме и, в частности, к наукоемкому сервису как ее стержневому элементу, не имеет смысла.

В заключение данной главы подчеркнем, что предложенные теоретико-методологические конструкты и концептуальные разработки в целом развивают экономические аспекты теории постиндустриального общества, в рамках которой основополагающими работами являются труды социологов Д. Белла [251], Э. Тоффлера [471] и М. Кастельса [273] и экономистов П. Друкера [294] и В. Иноземцева [357]. Новый виток интереса к данной теории в мировой экономической науке обусловлен прежде всего тем, что в период радикальных преобразований именно наукоемкий сервис как специфический сегмент сферы услуг является центром сосредоточения новых знаний относительно перспективных производственных технологий, цифровых бизнес-моделей и форм экономического взаимодействия между субъектами инновационных рынков. С этих позиций свои исследования проводят, например В. Шатревич [449], М. Гилберт [344], Я. Шварц и М. Дабич [455], Р. Хипп и Р. Фуке [346].

2.4. Выводы

1. Исследование генезиса понятия «сервис» позволило сделать вывод о том, что в мировой науке отсутствует единство мнений в отношении самой терминологии сервисной деятельности. В этой связи автором:

– конкретизирована трактовка и определены специфические особенности сервиса как экономической и управленческой категорий;

– доказана необходимость актуализации формулировок терминов «промышленный сервис», «сервис в электроэнергетике», «сервисный рынок», «удаленный сервис»;

– разработано морфологическое поле сервисов, которое интегрирует товарные и процессные характеристики сервиса и может применяться при создании портфеля услуг с максимальной добавленной ценностью для потребителей;

– выделен комплекс экономических показателей, позволяющих оценить эффективность деятельности поставщика услуг;

– обоснована необходимость введения понятия «наукоемкий сервис», выполняющего функцию отраслевого фасилитатора инноваций.

2. Непосредственно под наукоемким сервисом понимается *тип сложных услуг* (инженерно-технических, информационных, консультационных, образовательных, управленческих), производство которых требует привлечения высокопрофессиональных экспертов, обладающих передовыми знаниями в области технологического контекста, а также инновационной и исследовательской инфраструктуры, обеспечивающей непрерывную генерацию и обновление этих знаний. Кроме того, наукоемким сервисом является и специфический *вид деятельности.* В этом случае его отличительной особенностью становится встроенность сервисных процессов в производственный контур, что определяет неоднородный состав субъектов рынка и постоянное взаимодействие в процессе производства услуг подрядчиков и заказчиков.

3. К укрупненным направлениям применения наукоемкого сервиса в электроэнергетике относятся управление жизненным циклом активов, оптимизация энергорынка и работа с потребителем, развитие организационной гибкости субъектов энергорынка. В каждом из этих направлений формируется свой пакет сервисов, распределяемых по этапам отраслевой цепочки создания стоимости (генерация, передача, распределение, сбыт, конечное потребление) и выделенным ранее уровням технологической модернизации – отраслевому, региональному, локальному (корпоративному). Для целей систематизации многообразия появляющихся услуг автором разработана концептуальная 3D-модель наукоемкого сервиса. Реализация данной модели обеспечивается организационно-экономическими и административно-правовыми мероприятиями, к основным из которых относятся: стимулирование конкуренции между субъектами энергорынка, работающими на наиболее близких к потребителю этапах цепочки создания стоимости; развитие правового поля, регулирующего массовое внедрение технологий интернета вещей и регламентирующего обработку «энергетических» данных потребителей; создание совместных платформ энергокомпаний, предприятий энергомашиностроения и телекоммуникационного бизнеса; выстраивание тесной кооперации энергетических компаний с университетами и наукой для проведения прорывных исследований и опережающей подготовки кадров и команд.

ГЛАВА 3. МЕТОДОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ АРХИТЕКТУРЫ НАУКОЕМКИХ СЕРВИСНЫХ РЫНКОВ

3.1. Структурные и конъюнктурные факторы развития сервисных рынков

В результате реструктуризации электроэнергетики РФ в 2000-е годы в ее сервисном контуре образовалось, по разным оценкам, от 200 до 1000 предприятий, оказывающих научно-исследовательские, опытно-конструкторские, проектно-изыскательские, строительно-монтажные, пусконаладочные, ремонтные, энергосберегающие, инжиниринговые услуги [140].

Развитие бизнеса этих специализированных компаний могло пойти по трем направлениям: специализация на оказании услуг конкретным энергообъектам, специализация на узком профиле деятельности, слияние и поглощение для формирования крупных компаний – так называемых системных интеграторов. Например, услуги в области ТОиР должны были оказывать как ремонтные компании, так и производители энергооборудования, инжиниринговые компании широкого профиля и другие участники ремонтного рынка. Однако значительная часть ремонтных компаний оказалась аффилирована с производителями электроэнергии. Компетенции строительства, ремонтов, технического обслуживания уникальных объектов и сооружений остались сконцентрированы внутри «Русгидро», «Росэнергоатома», «Газпром энергохолдинга», ФСК ЕЭС и других крупных государственных или государственно-частных конгломератов.

В кризисный период 2008–2009 гг. участники рынка стремились оптимизировать издержки и повышать операционную эффективность, в основном за счет сокращения затрат на часть направлений деятельности и стандартизации отдельных работ, например проектных. Смена стратегии развития на стратегию выживания вынудила многие сервисные организации отказаться от значительной части объемов инвестиций в основные средства, планов инновационного развития и приобретения новых профильных активов. Спектр предлагаемых услуг при этом расширялся. Так, некоторые ремонтные предприятия начали выходить в сегмент услуг по строительству и повышению энергоэффективности объектов.

С 2009 г. начался разворот реформы. Новые компании и собственники вернулись к прежней системе производства и вертикальной интеграции. В 2009 г. одна из крупнейших частных тепловых компаний, «КЭС Холдинг», позднее преобразованная в ОАО «Т Плюс», создала собственный ремонтный холдинг «КЭС-энергостройсервис» (ныне «Энергоремонт плюс»). В 2013 г. в рамках «Интер РАО ЕЭС» на базе региональных ремонтно-сервисных активов, расположенных в Костромской, Омской, Калининградской, Московской областях, Пермском крае и республике Башкортостан, была создана компания «Кварц Групп» с филиальной структурой и единым центром управления. Рентабельность коммерческой деятельности энергоремонтных компаний при этом оставалась стабильно низкой – в среднем на уровне 3–4% [108].

В другом крайне важном для электроэнергетики сервисном рынке – инжиниринговом – в 2010-е годы преобладали скорее негативные тенденции. К 2016 г. рынок сократился более чем на 50% по сравнению с объемами начала «нулевых». Большинство независимых инжиниринговых компаний обанкротилось или существенно сократило деятельность (группа Е4, ИЦ «Энерго», «Технопромэкспорт», «Энергостройинвест-холдинг», ИСК «Союз сети», «Сибирьэнергоинжиниринг» и др.). К настоящему времени прекратили функционировать все специализированные компании, которые были образованы на базе государственной собственности РФ и объединяли научные, инженерно-проектные и пусконаладочные мощности – ОАО «Инженерный центр ЕЭС», ОАО «Инженерный центр энергетики Поволжья», ОАО «Инженерный центр энергетики Урала», ОАО «Северо-Западный энергетический инжиниринговый центр», ОАО «Сибирский энергетический научно-технический центр», ОАО «Южный инженерный центр энергетики». Устояли те, кто оказался в собственности финансово-промышленных групп, например ТЭК «Мосэнерго».

В результате к моменту начала масштабной цифровой трансформации сервисные рынки в электроэнергетике России не сформировались и не отвечают вызовам, стоящим перед отраслью. Они не могут обеспечивать эффективную поддержку процессов технологической модернизации, отличающихся высокой сложностью, значительными капиталовложениями, сжатыми сроками. По

существу, перед отраслью стоит стратегическая задача: в короткий срок создать уникальную индустрию наукоемкого сервиса, в которой производятся высокопрофессиональные услуги широкого спектра – от традиционных (таких как услуги ТОиР) до новых (например, услуги по цифровизации или управлению спросом на энергию). Принципиальное значение при этом имеет тот факт, что и традиционные, и новые услуги реализуются на передовой научно-технической базе и отличаются высокой знаниевой компонентой, придающей им особую ценность.

С учетом особенностей и задач современного этапа технологической модернизации и цифровизации отрасли, а также идентифицированного разнообразия направлений и типов наукоемких услуг, предлагается выделять пять основных рынков, формирующих сервисную индустрию электроэнергетики РФ, которые находятся на различных стадиях своего развития:

– *рынок услуг по цифровизации, упреждающему управлению и опережающему обучению,* представленный специализированными компаниями – интеграторами передовых технологических, информационно-коммуникационных решений, научно-технических и образовательных услуг. Рынок находится в стадии зарождения;

– *рынок проектов комплексного инжиниринга*, включающий организации, выполняющие как отдельно, так и в совокупности функции проектирования, консалтинга, строительства (генерального подряда) и ввода в эксплуатацию новых объектов либо реконструкции и технического перевооружения существующих;

– *рынок услуг технического обслуживания и ремонта (ТОиР),* представленный коммерческими организациями (дочерние зависимые общества энергокомпаний, независимые ремонтные предприятия и холдинги, подразделения отечественных и зарубежных производителей оборудования), а также внутренними структурами энергокомпаний, осуществляющими ремонт хозяйственным способом;

– *рынок услуг по энергоэффективности (включая решения по экологической эффективности)*, представленный в основном энергосервисными компаниями (ЭСКО) и другими организациями, реализующими энергосервис в

качестве дополнительного вида бизнеса (например энергосбытовыми и телекоммуникационными);

– *рынок услуг по регулированию спроса на электроэнергию и мощность,* который находится в стадии зарождения и в настоящее время имеет несформировавшуюся структуру. Регуляторами рынка являются Системный оператор и НП «Совет рынка»; исполнителями услуг – так называемые агрегаторы спроса на электроэнергию, функции которых могут выполнять независимые коммерческие структуры, электросетевые и энергосбытовые компании, ЭСКО; заказчики представлены в основном крупными предприятиями нефтегазохимической, металлургической, атомной промышленности.

Агрегированные характеристики данных рынков представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Характеристики сервисных рынков (разработано автором)

Сравнительный параметр	Тип рынка				
	Услуги по цифровизации, упреждающему управлению и опережающему обучению	Проекты комплексного инжиниринга	Услуги ТОиР	Услуги по энерго-эффективности	Услуги по регулированию спроса на электроэнергию и мощность
Форма конкуренции	Монополистическая конкуренция	Олигополия	Олигополия	Монополистическая конкуренция	Олигополия
Ключевые драйверы конкуренции	Национальные и корпоративные программы технологической модернизации и цифровой трансформации	Программы нового строительства и модернизации энергообъектов. Экспансия новых технологий. Наличие крупной энергокомпании, создающей спрос		Национальные и региональные программы в области энерго- и экологической эффективности. Программы модернизации электросетевого хозяйства. Потребность энергоемкой промышленности в снижении себестоимости и повышении экологичности производства	
Объем рынка, млрд руб.	660 (2020 г.)	120–140 (2018 г.)	300–350 (2019 г.)	16,5 (2020 г.), на пике – 44 (2018 г.)	0,66 (2020 г.)

Окончание таблицы 3.1

Сравнительный параметр	Тип рынка				
	Услуги по цифровизации, упреждающему управлению и опережающему обучению	Проекты развития и инжиниринга	Услуги ТОиР	Услуги по энерго-эффективности	Услуги по регулированию спроса на электроэнергию и мощность
Наличие профессиональных ассоциаций	Отсутствуют	Национальная ассоциация инжиниринговых компаний	Отсутствуют	Российская ассоциация энергосервисных компаний (РАЭСКО)	Отсутствуют
Государственное регулирование	Умеренное	Умеренное	Слабое	Умеренное	Высокое
Основные рыночные тенденции	Постепенный переход от концептуальных к инструментальным решениям в области цифровизации. Формирование прослойки отечественных игроков, прежде всего в IT-секторе	Укрупнение игроков в интегрированные ремонтно-инжиниринговые структуры. Сокращение количества независимых субъектов		Экспансия неклассических ЭСКО, монополизация заказа муниципалитетами, появление новых услуг для генерации	На данный момент можно судить только о постепенном росте динамики рынка

Гипотеза автора заключается в том, что данные рынки следует рассматривать как самостоятельные рынки различной природы, при этом функционирующие в рамках единой рыночной архитектуры, обеспечивающей их синхронное развитие. С целью разработки такой архитектуры, а также комплекса организационно-экономических и институциональных мер, стимулирующих эффективную работу рыночных субъектов, проанализируем ключевые структурные и конъюнктурные факторы, определяющие состояние и перспективы развития отдельных рынков сервисного контура. Подтверждение данной гипотезы дано в параграфе 3.2.

3.1.1. Услуги по цифровизации, упреждающему управлению и опережающему обучению

Под упреждающим управлением понимается комплекс научно-технических, организационных, экономических мер, осуществляемых на всех уровнях управления с целью заблаговременного предотвращения негативного воздействия на отрасль, организацию, бизнес-структуру внутренних и внешних факторов (включая турбулентность внешней среды и ресурсные ограничения), угрожающих финансовой устойчивости, функциональности и конкурентоспособности [52, 56].

Упреждающее управление направлено на заблаговременное противодействие вызовам и угрозам, генерируемым внешней нестабильностью, а также выявление вновь возникающих возможностей как результата мониторинга технологических трендов, наблюдения за слабыми сигналами и структурирования сложных приоритетов [71]. Целевую функцию упреждающего управления составляет подготовка менеджмента к неожиданным изменениям и планируемым инновациям (вперед на 5–10–15 лет), включая НИОКР, развитие человеческого капитала, внедрение гибких организационных структур, создание креативной корпоративной среды.

На отраслевом уровне модели упреждающего управления речь идет о государственной политике (стратегии), определяющей научно-техническое развитие данной отрасли, ее рынков; механизмы управления надежностью, безопасностью и экологичностью производства, методы регулирования слияний и поглощений, цен на продукцию (для монополистов). Основное отличие такой политики – ярко выраженный инновационный характер, а также вероятностная оценка и учет возможных угроз и ограничений.

На корпоративном уровне и уровне производственного объекта в фокусе находится стратегия комплексного обеспечения и наращивания функциональной результативности по всем аспектам деятельности с минимизацией зависимости от внешних факторов. Особое внимание уделяется качеству и эффективности использования ресурсов: оборудования, топлива и энергии, финансов и инвестиций, кадров. Эта работа ведется регулярно на основе непрерывного

мониторинга комплексного состояния активов с помощью цифровых технологий и тех достижений в научно-техническом прогрессе, которые следует инициировать для модернизации энергетического производства.

Адаптивная способность упреждающего управления направлена на регистрацию зарождающегося события, едва заметного на горизонте, выявление сценариев его развития, процедур самоорганизации и учета последствий для бизнеса от непринятия своевременных мер для предотвращения угроз и использования возможностей. Таким образом, в основе упреждающего управления – непрерывная работа со слабыми сигналами [12], для учета которых необходима отлаженная система наблюдения, чувствительная к предупреждающей информации, а также готовность менеджеров и персонала к переменам и принятию рискованных решений новых проблем [328]. Логика применения методики упреждающего управления в генерации и в электрических сетях продемонстрирована в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Применение методики упреждающего управления в энергокомпаниях [56, авт.]

Территориальная генерирующая компания	Электросетевая (распределительная) компания
Объект мониторинга	
энергомощностной баланс (спроса и предложения) в регионе (электроэнергетической системе)	ценовая политика регулятора
Сигнал об угрозе	
ожидаемые диспропорции в энергобалансе ввиду неопределенности спроса	ожидаемое ограничение цен на передачу электроэнергии (мощности)
Оценка последствий для энергокомпании	
снижение чистого приведенного дохода, млн. руб; сокращение будущей рентабельности активов, %.	
Показатели идентификации угрозы	
– оценка вероятности события, %; – величина дефицитности (избыточности) баланса, МВт;	– вероятность принятия решения регулятором, %;

Окончание таблицы 3.2

Территориальная генерирующая компания	Электросетевая (распределительная) компания
Показатели идентификации угрозы	
– время отдаленности события, лет; – продолжительность события (разбалансировки) – период времени до начала роста спроса или ввода новых энергомощностей согласно первоначальному плану, лет.	– относительное снижение цены (по сравнению с действующим методом регулирования), %; – период упреждения (время до ввода ограничений), мес. или лет; – продолжительность ограничения (оценка), лет.
Упреждающие решения (варианты)	
– разработка для потребителей программ управления спросом; – экстренный ввод энергоустановок малой мощности (создание распределенной генерации); – предложение незагруженных мощностей в качестве системного резерва технологическому оператору; – применение льготных тарифов для потребителей с задержками присоединения.	– организационно-технические мероприятия по снижению постоянной части издержек; – организационно-технические мероприятия по сокращению технических и коммерческих потерь в сетях; – управление нагрузкой потребителей с целью увеличения пропускной способности существующей электросети; – взаимодействие с потребителями по компенсации реактивной мощности (нагрузки); – создание установок малой генерации (требуется всестороннее технико-экономическое обоснование).

В отношении концепции упреждающего управления следует сделать два важных акцента:

1) его реализация невозможна без опережающего обучения специалистов. Эти тесно связанные друг с другом задачи становятся критически важными для успешного осуществления технологического прорыва. В то же время, если отдельные аспекты проблемы упреждающего управления в той или иной мере обсуждаются в науке (в основном, дискуссия ведется вокруг понятия «проактивный менеджмент» [421, 440]), то вопросы опережающего обучения практически выпадают из поля деятельности исследователей. Организации опережающего обучения как наукоемкого сервиса в электроэнергетике посвящена отдельная, шестая глава диссертации;

2) упреждающее управление как ответ на высокую динамику внешней среды представляет собой совершенно другое содержание и масштаб деятельности (задач) по сравнению с тем, чем приходилось заниматься руководителям раньше. Доминантой требований к менеджменту становятся предвидение и упреждение: прогнозирование будущего организации, изменений контекста, способность адаптировать системы к неожиданным изменениям в течение всего жизненного цикла, управлять их устойчивостью, эластичностью, гибкостью. Следовательно, инструментальной базой упреждающего управления становятся технологии цифровой природы: анализ больших данных, облачные вычисления, интернет вещей, умные среды, машинное обучение, самообучаемые роботы и другие.

Таким образом, услуги в области цифровизации, упреждающего управления и опережающего обучения являются взаимосвязанными, в связи с чем их целесообразно рассматривать в рамках единого сервисного рынка.

В условиях интенсивной технологической модернизации и цифрового энергетического перехода рынок данных услуг является сверхнаукоемким и, возможно, наиболее важным с позиции поддержки решения задач в только возникающих областях знаний. Этот рынок еще не сформирован, причем не только в России, но и глобально. В потенциале его основными субъектами являются:

– научно-исследовательские организации, осуществляющие НИР, тестирование и предмобилизационную фазу внедрения новейших энергетических, производственных, организационных технологий;

– аналитические центры, агрегирующие данные о тенденциях в электроэнергетике и смежных отраслях народного хозяйства и выполняющие на их основе долгосрочные прогнозы и форсайты развития отрасли и экономики;

– университеты и корпоративные образовательные структуры, призванные активизировать опережающую подготовку кадров, обладающие знаниями об отраслевых трендах и инновациях и междисциплинарными компетенциями для работы в условиях сверхдинамичного и неопределенного контекста;

– ведущие энергомашиностроительные концерны и промышленные конгломераты, в которых сосредоточен передовой опыт разработки ультрасовременного энергетического оборудования, использующего технологии Промышленной революции 4.0;

– IT-бизнес и телекоммуникационные компании, разрабатывающие информационные системы, программное обеспечение и интерфейсы для человеко-машинного взаимодействия и управления цифровыми объектами.

Ввиду отсутствия релевантных данных оценка емкости рынка крайне затруднительна. В отдельных источниках содержатся укрупненные (хотя и несколько противоречивые) прогнозы, свидетельствующие, что объем мирового рынка цифровых энергетических технологий к 2025 г. достигнет 64 млрд долл. (рисунок 3.1), при этом инвестиции самих энергетических компаний в цифровую инфраструктуру в 2016 г. уже оценивались на уровне 46 млрд долл. (рисунок 3.2).

Рисунок 3.1 – Прогноз динамики рынка цифровых технологий в энергетике [204]

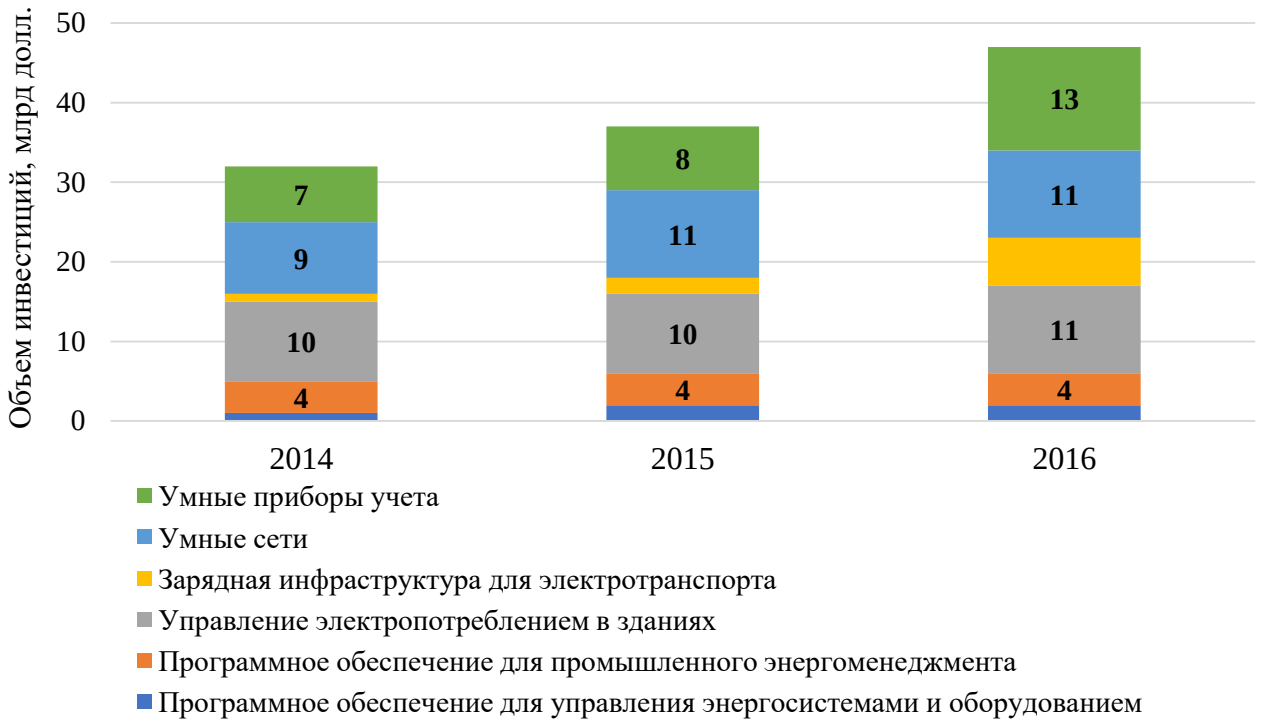


Рисунок 3.2 – Динамика глобальных инвестиций энергокомпаний в создание цифровой инфраструктуры и программного обеспечения [292]

Если предположить, что совокупный мировой рынок образовательных услуг по подготовке специалистов для топливно-энергетического комплекса составляет примерно 100 млрд долл. в год [337], а рынок консультационных услуг в области цифровой трансформации и стратегий приближается к 10 млрд долл. [291], то ежегодная совокупная потенциальная емкость мирового рынка по цифровизации, упреждающему управлению и опережающему обучению достигает 160 млрд долл. (почти 12 трлн руб.).

Что касается отечественного рынка, то здесь можно дать только оценку инвестиций энергокомпаний в цифровую трансформацию: так, по данным годовых отчетов наиболее крупных энергетических предприятий генерации и электросетевого комплекса, объем реализованных инвестиционных проектов был соразмерен 660 млрд руб.

Одним из крайне востребованных наукоемких сервисов, реализуемых на данном рынке, могут стать услуги по созданию стратегического интеллекта энергокомпаний [330]. Под стратегическим интеллектом автор подразумевает систематический, непрерывный процесс исследования трендов и рыночной среды

с использованием мощных аналитических систем, обеспечивающих производство знаний и цифровых инструментов для принятия долгосрочных решений и готовность организации к непредсказуемым вызовам будущего. В период цифровой трансформации именно стратегический интеллект выходит на первый план и становится одной из ключевых компетенций (рисунок 3.3). Постановка стратегического интеллекта требует внедрения специализированных систем менеджмента – упреждающего управления и готовности к освоению соответствующих компетенций.

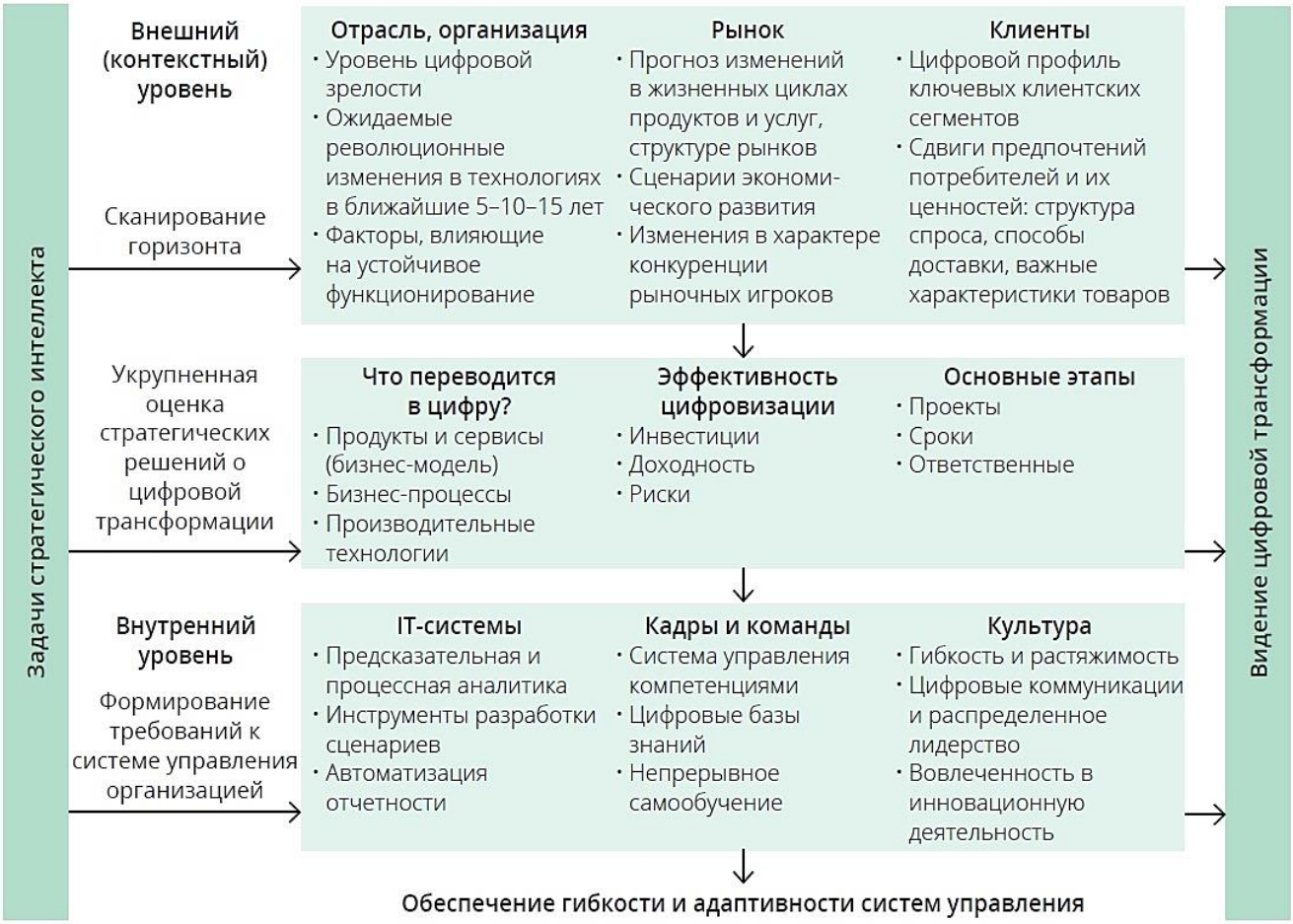


Рисунок 3.3 – Задачи стратегического интеллекта при цифровой трансформации (разработано автором)

Другими перспективными сервисами на данном рынке является внедрение в энергокомпаниях модели упреждающего управления с учетом слабых сигналов, формирование самообучающихся организаций. Исследованию их особенностей посвящен ряд публикаций автора [56, 316, 326, 327, 328].

3.1.2. Техническое обслуживание и ремонт энергооборудования

В советской энергетике система технического обслуживания и ремонта (ТОиР) объектов электроэнергетики развивалась под общим руководством Главэнергоремонта. На электростанциях и предприятиях электрических сетей поддержание исправности оборудования осуществлялось службами ТОиР – ремонтными подразделениями производственных цехов или цехами централизованного ремонта [208].

К производству работ по среднему и капитальному ремонту оборудования привлекались ремонтные предприятия энергосистем (ПРП), а также специализированные ремонтные предприятия трестов в системе Главэнергоремонта, общая численность персонала которых превышала 20 тыс. специалистов. Подрядные предприятия проводили особо сложные ремонтные работы и мероприятия по модернизации основного оборудования. На объектах электроэнергетики с малочисленным собственным ремонтным персоналом подрядным способом осуществлялся комплексный ремонт энергоустановок, включая их отдельные транспортабельные узлы и вспомогательное оборудование.

С середины 1990-х до начала 2000-х годов в отрасли происходило значительное сокращение работ по ТОиР, вызванное двумя основными причинами.

1. Распад СССР привел к сокращению промышленного производства, избытку мощности электростанций и значительному снижению выработки электроэнергии (рисунок 3.4).

2. Предприятия-владельцы (эксплуатанты) энергетического оборудования в стремлении поддерживать коммерчески выгодные объемы выработки и сокращать затраты на ремонт начали массово переводить ТОиР в аутсорсинг, аргументируя это переходом на новую стратегию ремонтов по техническому состоянию и нецелесообразностью осуществления закупок необходимых для этих целей средств диагностики. Стремление сократить затраты на ремонт привело к сокращению численности служб ТОиР объектов электроэнергетики вплоть до их полной ликвидации в расчете на привлечение подрядных предприятий.

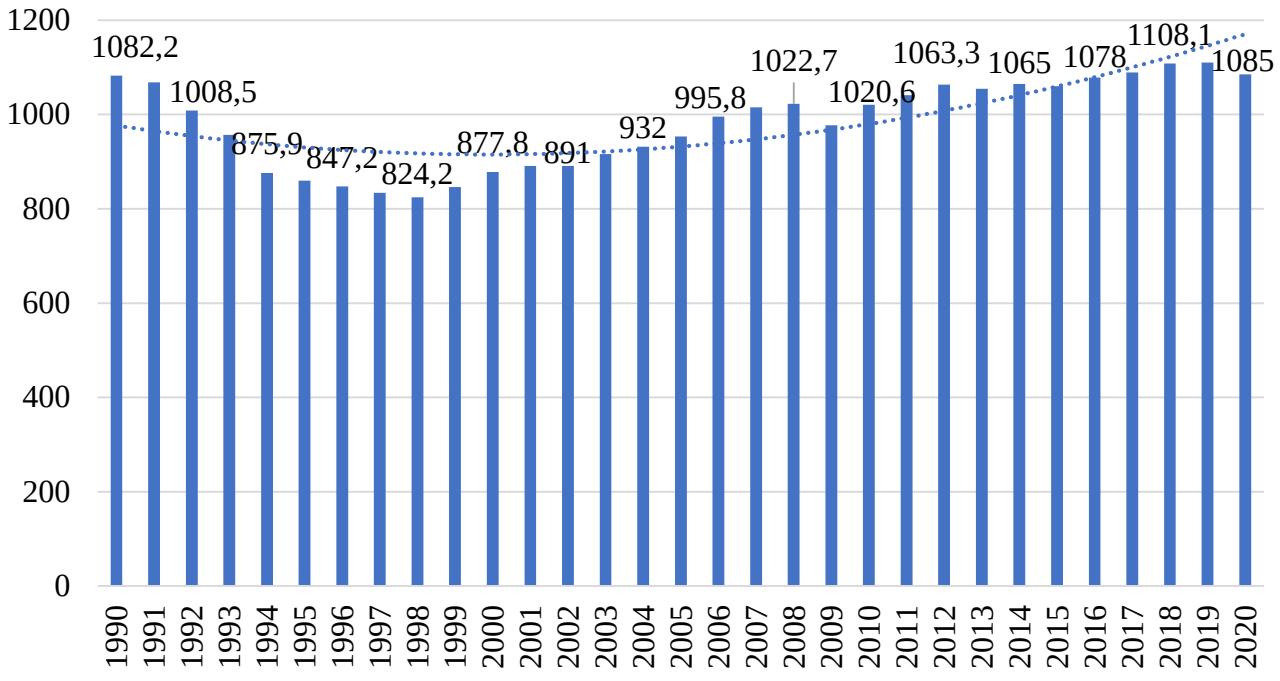


Рисунок 3.4 – Производство электроэнергии в России, млрд кВт·ч (составлено автором по данным Росстата)

Как правило, основными причинами, по которым компания обращается к внешнему подрядчику (аутсорсеру), являются сокращение расходов, улучшение качества работ, услуг, концентрация производства, увеличение гибкости компании [141, 215]. Часто провозглашаются и другие задачи: повышение внимания компании к ее основной деятельности, получение доступа к непрофильным ресурсам, ускорение положительных результатов от проведения реинжиниринга, реструктуризация организационных и проектных рисков. В период реформирования электроэнергетики в 2000-е гг. аутсорсинг хорошо вписывался в новую, прогрессивную модель хозяйствования. Убыточным энергетическим предприятиям было необходимо сокращать высокие накладные расходы, поэтому выгоды от вывода в аутсорсинг ряда видов деятельности, включая ТОиР, перевешивали недостатки (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Преимущества и недостатки хозяйственного способа и аутсорсинга для электроэнергетических предприятий (разработано автором).

	Преимущества	Недостатки
Хозяйственный способ	1. Сохранение и поддержание на необходимом уровне квалификации персонала 2. Высокая степень четкости и регламентированности проведения отдельных видов работ 3. Хорошо планируемая загрузка персонала 4. Невысокие бюрократические и административные издержки за счет оптимальной специализации и территориального расположения диагностических и ремонтных служб 5. Единство руководства у эксплуатационных и ремонтных служб 6. Оперативность при проведении работ вследствие отсутствии необходимости заключать договоры	1. Низкая мотивационная составляющая условий труда персонала 2. Высокая степень инерционности или невозможность оказания новых видов услуг 3. Высокие накладные расходы 4. Необходимость в постоянном поддержании необходимого (подчас довольно существенного) количества персонала ремонтных и диагностических служб 5. Отсутствие специалистов узкой специализации для выполнения специфических работ
Аутсорсинг	1. Сосредоточение ресурсов предприятия на основных или более приоритетных видах деятельности 2. Освобождение предприятия от приобретения и содержания оборудования, знаний, технологий, необходимых для передаваемых на аутсорсинг производств 3. Сокращение и контроль издержек производства предприятия 4. Привлечение дополнительных квалифицированных специалистов в отдельных непрофильных видах деятельности 5. Высокая гибкость и самостоятельность компании-аутсорсера 6. Разделение рисков 7. Высокая скорость информационного и технологического обмена 8. Высокая ответственность аутсорсера перед заказчиком	1. Отсутствие необходимой достоверной информации о возможных поставщиках услуг аутсорсинга 2. Отсутствие надежного и экономически обоснованного механизма внедрения аутсорсинга на предприятии 3. Низкая квалификация персонала с целью сокращения издержек 4. Снижение качества услуг, поставляемых конечному потребителю, как следствие – возрастание риска технологического ущерба и ущерба деловой репутации 5. Привязка к конкурсной системе выбора подрядчика 6. Длительность дополнительных согласований с заказчиком при выполнении незапланированных объемов, вызванных форс-мажорными обстоятельствами 7. Слабое выполнение норм охраны труда в части средств индивидуальной защиты и техники безопасности проведения работ

Аутсорсинг должен был помочь повышению конкуренции и активизировать реальные рыночные отношения в сфере ТОиР, что, в свою очередь, могло бы способствовать снижению издержек энергокомпаний. Проблема, порожденная аутсорсингом, заключалась в появлении фирм-однодневок, которые не заботились о качестве работ, квалификации персонала и гарантийных обязательствах, но демпинговали цены или вступали в ценовые сговоры для получения доступа к проведению работ на объектах. В результате затраты на обслуживание и ремонт не только не снизились, а, наоборот, в разы выросли.

Уместно заметить, что аналогичные изменения в тот период времени происходили и в нефтегазовой промышленности [67, 98, 100, 101, 122, 155]. Анализ состояния ремонтно-сервисного рынка в отечественной нефтегазовой индустрии, подтверждающий схожесть тенденций развития сервисной деятельности в двух смежных отраслях топливно-энергетического комплекса РФ проведен автором в [109].

Закономерно, что в начале 2010-х годов начался массовый возврат к хозяйственному способу выполнения ремонтов, который для многих энергокомпаний является приоритетным и по сей день. Особенно велика доля хозспособа в электрических сетях (рисунок 3.5). В тепловой генерации ремонты выполняются преимущественно подрядным способом, однако следует отметить, что подавляющая доля работ реализуется дочерними предприятиями, созданными на базе ремонтных подразделений отдельных станций.

Маятниковая ситуация в сфере энергоремонта привела к дефициту на рынке специализированных компетенций. В результате многочисленных процессов дробления и укрупнения ремонтных бизнесов к настоящему времени из предприятий бывших АО-энерго в том или ином виде сохранились лишь АО «Уралэнергоремонт» (Екатеринбург), АО «Сибэнергоремонт» (Новосибирск), ПКФ «Энергоремонт» (Иркутск), завод «Котлоочистка» (Москва) и «Востокэнергокотлоочистка» (Челябинск). Общая численность персонала этих организаций составляет примерно 1,5 тыс. человек. Практически исчезли предприятия специализированного ремонта, осуществлявшие, например, ремонт уникальных зданий и сооружений, работы по антикоррозионным покрытиям [24]. Из пяти таких организаций сохранились «Спецэнергоремонт» (Москва) и «Уралспецэнергоремонт» (Челябинск), остальные ПРП были либо расформированы, либо раздроблены на несколько юридических лиц, работающих в статусе независимых сервисных компаний межотраслевого профиля.

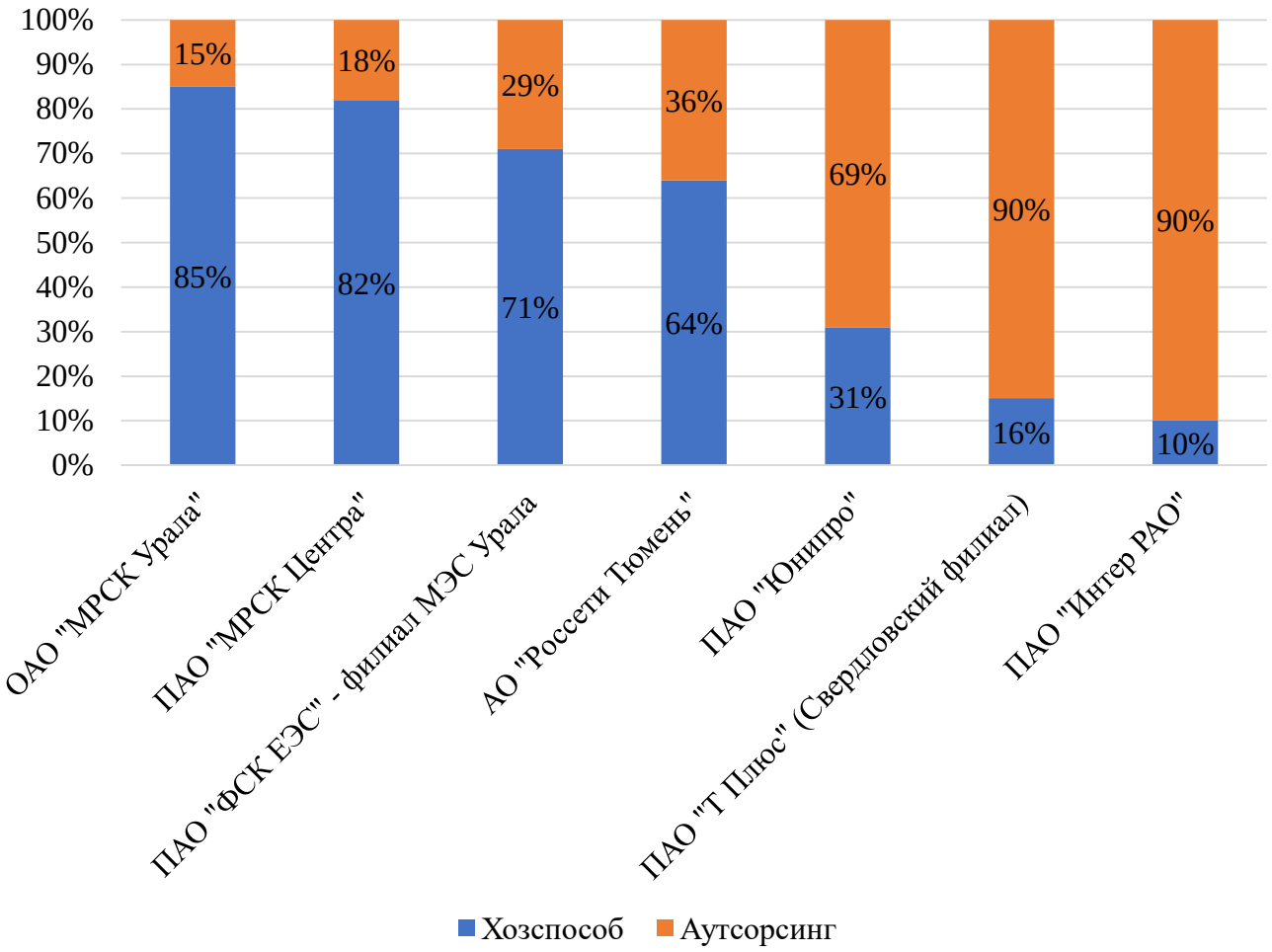


Рисунок 3.5 – Распределение объемов ремонтных работ между хозспособом и аутсорсингом в энергокомпаниях РФ в 2020 г. (составлено автором)

Негативная ситуация с дефицитом компетенций в сфере энергоремонта осложняется и в какой-то мере является причиной устойчивой тенденции к уменьшению затрат на поддержание в оптимальном состоянии производственных активов. Например, стоимость ремонта основных производственных фондов (ОПФ) тепловых электростанций в период с 2001 по 2016 гг. в ценах соответствующих лет увеличилась на 50,4% (рисунок 3.6). При этом величина инфляции за тот же период составила 160%. Это свидетельствует о том, что увеличение стоимости ремонта в ценах по годам анализируемого периода значительно отстает от темпов инфляции и, соответственно, приводит к сокращению располагаемых финансовых ресурсов на выполнение ремонтов ОПФ в необходимых объемах.

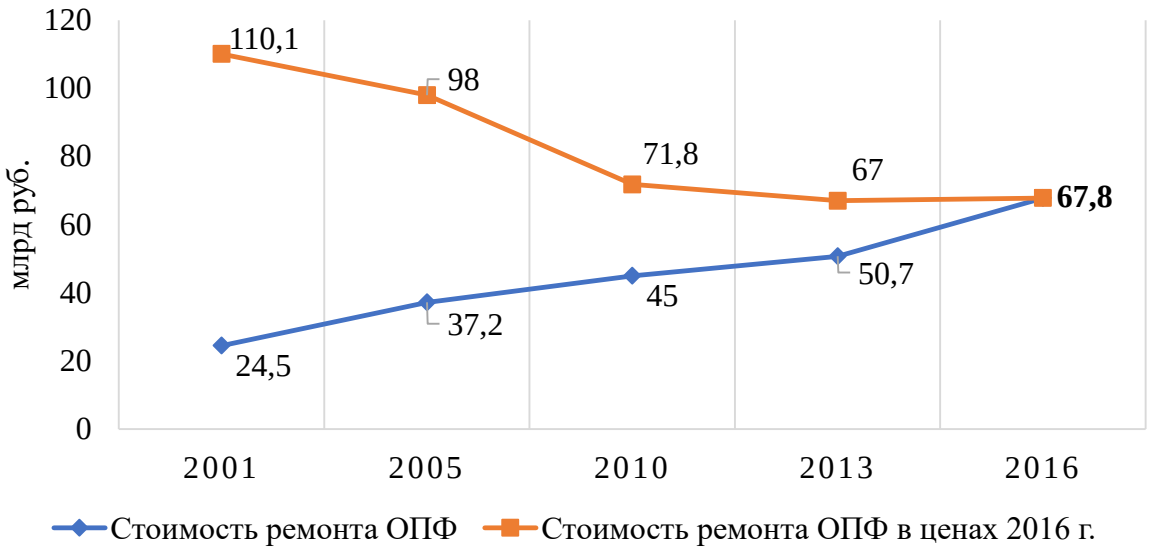


Рисунок 3.6 – Изменение стоимости ремонтов ОПФ по тепловой генерации [71]

К причинам выявленной негативной тенденции можно отнести сдерживание необходимого увеличения тарифов на энергию, производимое в течение длительного времени государственными органами; ежегодное увеличение стоимости газообразного и твердого топлива – основной статьи себестоимости выработки электрической и тепловой энергии; требования владельцев генерирующих компаний по обеспечению рентабельности производства энергии и соответствующей выплаты дивидендов [70].

Уменьшается не только стоимость ремонта, но и его физические объемы в соотношении с изменением установленной мощности электростанций ЕЭС России. Если установленная мощность ТЭС, ГЭС и АЭС с 2010 по 2020 гг. увеличилась на 14 %, демонстрируя относительно плавный рост на 1,5 % в год, то объемы ремонтов отличаются неравномерностью и характеризуются скорее отрицательной тенденцией (рисунок 3.7). При этом доля новых вводимых мощностей в течение данного периода в среднем составляет лишь 1,8 % в общем объеме установленной мощности и последние 6 лет имеет устойчивую отрицательную динамику. Таким образом, говорить, что снижение объемов ремонтов компенсируется значительными вводами нового оборудования, для которого ремонт не требуется, неправомерно.

Рисунок 3.7 – Сравнение динамики установленной мощности электростанций и объемов выполненных ремонтов (рассчитано автором по данным годовых отчетов Системного оператора о функционировании ЕЭС России)

Имеются проблемы и в части механизма ценообразования на ремонтные работы, что препятствует эффективным рыночным отношениям субъектов электроэнергетики с подрядными энергоремонтными организациями. Прейскурант оптовых цен на подрядные ремонтные работы не обновлялся многие годы [226]. Отсутствие рекомендуемых опорных цен в совокупности с конкурсной (тендерной) системой предприятия-исполнителя работ, в основу которой положен единственный критерий выбора – минимальная цена, – позволяет заказчикам требовать несправедливо низких цен за услуги ТОиР. При этом возникает эффект замкнутого круга: организация, выигравшая конкурс на работы по заниженной цене, зачастую остается без прибыли, что ограничивает ее дальнейшее развитие, лишает возможности увеличивать численность персонала для расширения производства, модернизировать собственную материально-техническую базу.

В этой связи необходимы изменения в построении рыночных отношений энергокомпаний с профессиональными ремонтными предприятиями: они должны выстраиваться на долгосрочной основе, а отбор подрядчиков следует производить по приоритетным неценовым критериям опыта работы и высокого уровня квалификации персонала, подтвержденного достоверной информацией.

Однако далеко не все энергоремонтные компании могут рассчитывать на подобные долгосрочные взаимодействия. Рассмотрим структуру российского рынка ТОиР, в составе субъектов которого можно выделить пять групп: 1) структурные подразделения энергетических предприятий; 2) дочерние ремонтные компании; 3) холдинговые компании, образованные путем интеграции ремонтно-сервисных активов; 4) независимые ремонтные фирмы; 5) производители энергооборудования, энергомашиностроительные предприятия или аффилированные с ними структуры. Эти субъекты имеют разную степень экономико-организационных связей с головными энергокомпаниями, которая является обратно пропорциональной риску оптимального соотношения «цена – качество» при осуществлении ремонтных работ. Так, по мнению владельца (эксплуатанта) энергоустановки и страховых организаций наилучшее качество сервиса и наибольший спектр квалифицированных услуг по адекватной стоимости может предоставить либо изготовитель, либо сервисная компания, аффилированная с изготовителем. Затем идет «независимая» авторизованная сервисная компания, далее – компании, так или иначе аффилированные с владельцами (эксплуатантами), и наконец – дочерние зависимые компании (рисунок 3.8).

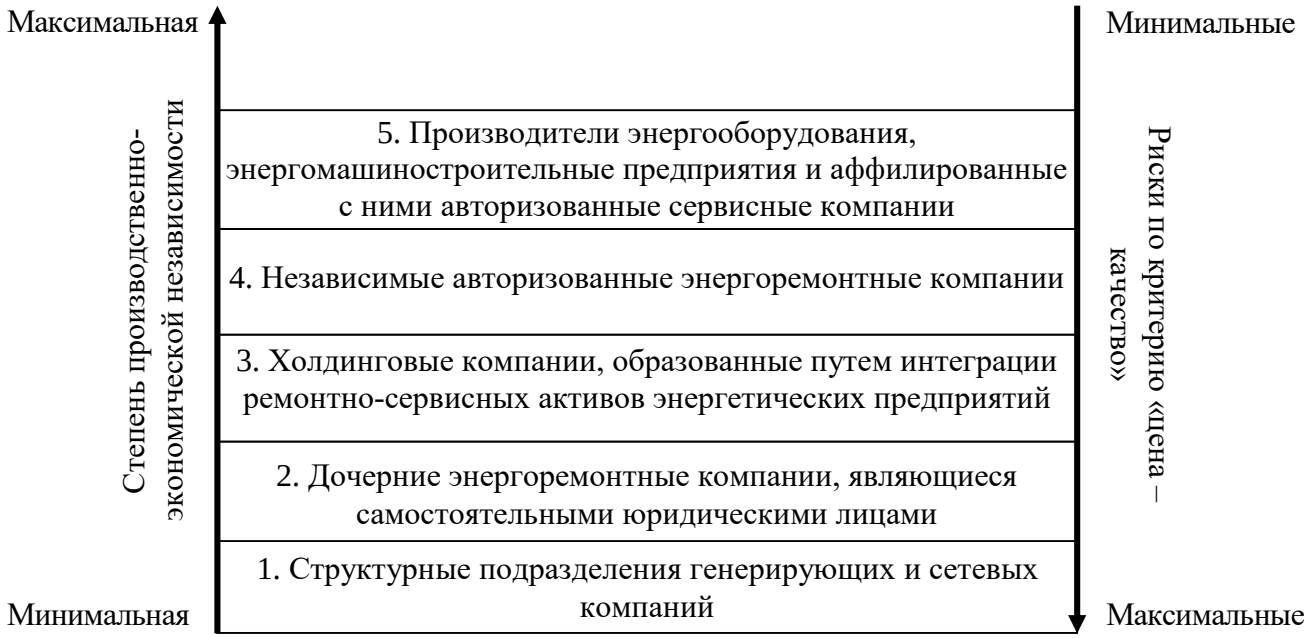


Рисунок 3.8 – Структура рынка ТОиР в электроэнергетике (составлено автором на основе [15, 27, 163])

Интересно, что если в начале 2010-х гг. рынок состоял преимущественно из субъектов второй группы и характеризовался весьма низкой для рынков промышленного сервиса рыночной концентрацией: индекс Херфиндаля-Хиршмана в 2011 г. был равен 787, что соответствует форме совершенной конкуренции (см. приложение Г), то на сегодняшний день, ввиду исчезновения многих специализированных ремонтных фирм, произошедшей консолидации ремонтных активов в ряде регионов и появления крупных конгломератов наподобие ООО «Кварц Групп» и АО «Энергоремонт Плюс» рынок функционирует скорее по модели олигополии.

Очевидно, что именно такие многопрофильные ремонтные холдинги, работающие на несколько не связанных между собой заказчиков, обладают наибольшей возможностью заключать долгосрочные контракты. Горизонт планирования работ в небольших компаниях зачастую ограничивается одним годом, что резко снижает возможности оптимизации ресурсов. В этом отношении у малых и средних игроков рынка ТОиР возможны три сценария сохранения своей рыночной устойчивости (таблица 3.4). Первый заключается в присоединении к более крупным предприятиям. При его реализации сервисная компания в лучшем случае выполняет низкорентабельные работы и балансирует «на грани выживания». Второй сценарий предполагает агрессивную продуктовую диверсификацию и развитие портфеля эксклюзивных услуг. Действуя по третьему сценарию, сервисное предприятие аккредитуется на заводах-изготовителях и получает статус официального дилера на территории конкретного региона.

Важным шагом в решении накопившихся проблем в структурном устройстве энергоремонта, взаимоотношениях энергетических предприятий с подрядчиками и поддержке независимых игроков рынка стало введение в действие в 2017 г. Правил организации технического обслуживания и ремонтов электроэнергетики [172]. Этот нормативный документ зафиксировал ряд процедурных и квалификационных требований к организации ТОиР энергообъектов (за исключением атомных электростанций). В качестве базовой стратегии ремонта документом установлена планово-предупредительная, при этом переход энергетических предприятий к другим стратегиям возможен при наличии в них локальных нормативных актов, разработанных в соответствии с Правилами.

Таблица 3.4 – Сценарии поведения мелких и средних игроков рынка ТОиР (разработано автором)

Сценарий	Преимущества сценария	Недостатки сценария
Присоединение к крупному энерго-ремонтному предприятию	– Снижение рисков недополучения заказов – Развитие технических компетенций	– Потеря финансовой самостоятельности – При «провале» сценария компания остается в зоне выживания
Аггресивная продуктовая диверсификация	– Развитие инновационных компетенций – При разработке эксклюзивной услуги – высокая вероятность монополизации рынка	– Высокая стоимость и длительный срок выхода на рынок
Аккредитация на заводах-изготовителях	– Даже при наличии в регионе аккредитованных на аналогичных заводах игроков обеспечивается гарантированный (хотя, возможно и небольшой) рынок сбыта – Интенсивное развитие предприятия в период аккредитации	– Высокая стоимость и длительный период аккредитации

Кроме того, субъект электроэнергетики должен располагать средствами технической диагностики и автоматизированными системами контроля (программно-аппаратными комплексами), обеспечивающими:

– процесс удаленного наблюдения и контроля за состоянием оборудования;

– диагностирование и прогнозирование изменения технического состояния на основе собранных ретроспективных и текущих оперативных данных, получаемых от информационно-коммуникационных систем, установленных на оборудовании.

Решение о ремонте по техническому состоянию должно приниматься индивидуально по каждой единице основного оборудования комиссией, состав которой определяется субъектом электроэнергетики с привлечением организаций-изготовителей оборудования и специальных аккредитованных экспертных организаций.

К важнейшим задачам современного этапа развития рынка ТОиР относятся:

– внедрение механизмов сертификации подрядных энергоремонтных предприятий и разработки их отраслевого электронного реестра;

– организация института экспертной поддержки ТОиР в удаленном режиме – оценки технического состояния оборудования при диагностике, дефектации в процессе ремонта, выборе технологии ремонта дефектных элементов и узлов и др.;

– создание динамической базы данных отказов оборудования с использованием технологий Big Data и распределенных реестров (block chain), предназначенной для интерактивного внутреннего пользования субъектов энергоремонтной деятельности;

– внедрение системы долгосрочного планирования ремонтных циклов на крупных ТЭС, АЭС, ГЭС – на 12–18 лет по основному оборудованию. При этом генподрядчик должен обеспечивать выполнение собственными силами не менее 60–70% объемов работ и нести финансовую ответственность за неисправности, возникшие в период между капитальными ремонтами по своей вине. Для соблюдения этого правила необходимо в короткий срок инициировать развитие института страхования рисков в сфере энергоремонта и энергосервиса;

– разработка единого отраслевого реестра нормативной базы по энергоремонту и системы оперативного доведения до энергетических и ремонтных предприятий документов отраслевого значения.

3.1.3. Комплексный инжиниринг энергообъектов

В российской практике термин «инжиниринг» связывают с организацией процессов создания пакета предпроектной и проектной документации, получения данных, отражающих результаты инженерных изысканий, и оформления актов, сопровождающих разрешительные и закупочные процедуры, связанные с работами по созданию (строительству) объекта. Это расхожее определение уточняет «Большой юридический словарь», описывая инжиниринг следующим образом: «…сфера деятельности по проработке вопросов создания объектов промышленности, инфраструктуры и др., прежде всего в форме предоставления на коммерческой основе различных инженерно-консультационных услуг. К

основным видам инжиниринга относятся услуги предпроектного, проектного, послепроектного характера, а также рекомендательные услуги по эксплуатации, управлению, реализации выпускаемой продукции» [201].

Согласно еще одному определению, данному Европейской экономической комиссией (ЕЭК) еще в 1980-е гг., инжиниринг – это особая деятельность, связанная со строительством и эксплуатацией предприятий и объектов инфраструктуры, совокупность проектных и практических работ и услуг, относящихся к инженерно-технической области и необходимых для возведения объекта и содействия его эксплуатации. Важно подчеркнуть, что в понимании ЕЭК инжиниринг находится на стыке между наукой и производством, формируя технологическую (в том числе техническую) базу производственной деятельности [158].

Среди услуг, предлагаемых инжиниринговыми фирмами, по определению американской Ассоциации инженеров гражданского строительства (ASCE), которая является «законодателем» современного инжиниринга, можно выделить восемь групп (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Виды инжиниринговых услуг в соответствии с классификацией ASCE [241].

№	Вид услуги	Характеристика
1	Прямые индивидуальные услуги	Услуги отдельных консультантов со специальными знаниями, в том числе помощь в подготовке юридических процедур, решение судебных вопросов, проработка инженерно-технических нюансов проекта
2	Предварительные технико-экономические исследования	Услуги, предшествующие утверждению проекта и включающие анализ условий и сопоставление возможных вариантов его реализации, в том числе влияние объекта на окружающую среду, эксплуатационные расходы, финансовые аспекты, в частности ожидаемый доход. Результаты служат основой для выводов и рекомендаций о целесообразности сооружения объекта.
3	Изучение потенциала планирования	Предварительные исследования, которые проводятся при создании генпланов или долгосрочных программ экономического развития регионов (городов) и анализируют различные сценарии влияния на проект внешних условий с позиции угроз и возможностей

Окончание таблицы 3.5

№	Вид услуги	Характеристика
4	Оценки и расчеты затрат	Услуги, включающие анализ капитальных, эксплуатационных и накладных расходов проекта, ставок кредитования, организационно-финансовых рисков
5	Финансовые консультации	Советы и финансовые рекомендации относительно источников финансирования проекта
6	Управление строительством	Интегрированное управление созданием и вводом объекта в эксплуатацию, включающее принятие технических, организационных, финансовых, экономических решений на различных стадиях жизненного цикла проекта
7	Инспектирование оборудования и материалов	Приемка оборудования на заводах фирм-продуцентов и испытание материалов, применяемых подрядчиком для сооружения объекта
8	Эксплуатационные услуги	Организация инжиниринговой компанией эксплуатации объекта на начальной стадии по завершении строительства

На основании классификаций ЕЭК и ASCE можно выделить четыре основные формы инжинирингового бизнеса [105]:

– *строительный инжиниринг,* предполагающий создание модели промышленного объекта и управление процессом ее воплощения – от инвестиционного замысла до ввода в эксплуатацию и подтверждения соответствия фактических параметров применяемых технологий расчетным характеристикам;

– *технологический (эксплуатационный) инжиниринг* – целенаправленная коррекция объекта (системы) в период эксплуатации согласно изменяющихся требований и условий его функционирования, подразумевающая организацию работы эксплуатационного персонала электростанций и предприятий электрических сетей, а также создание функциональных моделей, с помощью которых оценивается эффективность технологических процессов и состояние объектов;

– *консультационный инжиниринг,* включающий разработку рекомендаций специализированными организациями (включая консалтинговые компании и университеты) относительно концепции проекта, прогнозирования

рисков на различных стадиях его жизненного цикла, финансово-инвестиционных сценариев осуществления строительства (модернизации, реконструкции), повышения технико-экономической эффективности объекта.

Следует обозначить разницу между понятиями *«консультационный инжиниринг»* и *«энергетический консалтинг»*. Первый термин употребляется в контексте именно инжиниринговой деятельности и подразумевает интеллектуальное сопровождение проекта в рамках его жизненного цикла. Границы второго понятия намного шире. Энергетический консалтинг предполагает реализацию широкого спектра консультационных сервисов по вопросам функционирования предприятий, энергосистем и отрасли в целом. Заказчиками энергетического консалтинга могут являться отраслевые органы государственного регулирования, компании, оперирующие на ОРЭМ и рынке системных услуг, промышленные предприятия, совершенствующие собственный энергоменеджмент, регионы, разрабатывающие программы управления спросом на энергию или внедряющие прогрессивные технологические инновации.

Перспективные направления наукоемкого энергетического консалтинга рассмотрены автором в исследованиях [64, 321]; его бизнес-модель приведена в Приложении Д;

– *комплексный инжиниринг,* агрегирующий разные виды инжиниринговой деятельности и охватывающей работы по всему жизненному циклу проекта: разработку концепции, проектирование, подготовку планов строительства, включая стадию ТЭО, предоставление заказчику технологической информации, необходимой для строительства объекта и его последующей эксплуатации (включая трансфер производственного опыта, знаний и технологий, а также патентование), организацию проектного финансирования, поставку оборудования, строительно-монтажные и пуско-наладочные работы.

В последние 30 лет международная общественность уделяет все более пристальное внимание *экологическому инжинирингу*. Его предметом является моделирование природоохранных мероприятий, а также формулирование экологических требований к проектной документации и контроль их воплощения при возведении объектов. Задачи экологического инжиниринга исследованы автором в [107].

Отметим, что в России на волне импортозамещения в энергетике стал набирать популярность так называемый *реверс-инжиниринг* (реинжиниринг, обратный инжиниринг, зеркальный инжиниринг, обратная разработка) деталей и узлов зарубежных энергетических установок, который должен способствовать уменьшению роли зарубежных производителей при материальном обеспечении ТОиР. Практика реверс-инжиниринга означает исследование некоторого готового изделия (в том числе с помощью современных средств цифрового анализа и аддитивных технологий) и документации на него с целью понять принцип его работы, осуществить изменение или создать устройство, оборудование с аналогичными функциями без стремления к 100%-ному воспроизводству аналога [89, 341, 448]. Данный сегмент инжиниринга в нашей стране находится на самой начальной стадии развитии и пока, к сожалению, сводится к попыткам обычного копирования ряда образцов зарубежной техники, причем скорее в целях *повысить имидж* российской промышленности, нежели активизировать научно-исследовательскую компоненту в высокотехнологичных отраслях.

Совокупный рынок инжиниринговых услуг в сфере отечественной электроэнергетики по экспертной оценке составляет 100–120 млрд руб. [149]. Его крупнейшими игроками, по оценкам информационного агентства InfoLine, являются такие организации, как Инжиниринговый дивизион Госкорпорации «Росатом» (представленный в первую очередь ЗАО «Атомстройэкспорт»), АО «ССИ Инжиниринг», ОАО «Всероссийский теплотехнический институт», ООО «ГК «Сибирьэнергоинжиниринг», ООО «ВК «Технопромэкспорт», ООО «Кварц – Новые технологии», ОАО «Инженерный центр ЕЭС», ОАО «Фирма ОРГРЭС», ЗАО «Фирма ТЭПИНИЖИНИРИНГ», ООО «Велесстрой» и другие [160]. До недавнего времени заметными участниками рынка были ОАО «Группа Е4», Холдинг «Союз» и ОАО «Энергостройинвест-Холдинг», включавший ряд крупных региональных инжиниринговых компаний (например, ОАО «Инженерный центр энергетики Урала»). К сожалению, на сегодняшний день эти компании, обладавшие относительно высокой степенью организационно-экономической независимости от крупных энергетических предприятий страны, по ряду обстоятельств были вынуждены пройти через процедуры банкротства и ликвидированы.

Принимая во внимание оценки Минэнерго РФ по вводу 67 ГВт мощностей до 2035 г., заложенные в качестве ориентира в Энергетической стратегии 2035, а также учитывая стоимость 1 ГВт установленной мощности современной электростанции (около 40 млрд руб.), можно предположить, что рынок инжиниринговых услуг в стране в ближайшие 15–20 лет будет расти (по крайней мере, в секторе генерации), в стоимостном выражении – примерно до 2620 млрд руб. [5, 137]. При этом возникают вопросы обеспеченности рынка профессиональными компетенциями и игроками, способными выполнять реализацию проектов «под ключ» по адекватным ценам (то есть не завышенным вследствие своей аффилированности с различными субъектами энергорынка, имеющими недобросовестные коммерческие интересы).

К сожалению, в связи с фактическим отсутствием данных об объемах услуг, реализуемых инжиниринговыми компаниями, рассчитать индекс рыночной концентрации не представляется возможным. Можно лишь сделать предположение о форме конкуренции, превалирующей на рынке инжиниринга. К наиболее подходящим из известных форм относятся олигополия и монополистическая конкуренция, однако автор склонен сделать выбор в пользу олигополии, поскольку сегодня практически в каждом сегменте электроэнергетического производства (атомная энергетика, гидроэнергетика, тепловая генерация, электрические сети) существуют 2–3 компании, занимающие в совокупности подавляющую долю рынка; кроме того, на рынке существуют высокие барьеры входа, обусловленные необходимостью наличия уникальных компетенций, соответствующих стадиям жизненного цикла комплексного инжинирингового проекта.

К проблемам российского рынка энергетического инжиниринга можно отнести следующие.

1. Общая неопределенность в отношении инвестиционных программ развития энергетики, вызванная комплексом факторов: невозможностью четко идентифицировать направления развития промышленности, в особенности энергоемкой; неудовлетворительным состоянием методического обеспечения в части долгосрочного прогнозирования спроса на электроэнергию; снижением объема частных инвестиций в отрасли; неясными приоритетами программы ДПМ-2,

в которой пока не удается найти компромисс между двумя неоднозначными альтернативами – минимизацией затрат для потребителей, но за счет консервации ТЭС, обладающих высоким техническим уровнем (КИУМ), и глубокой модернизацией отрасли за счет неоправданно дорогостоящих проектов с относительно низкой технико-экономической эффективностью [114, 119].

2. *Дисбаланс мощностей субподрядных организаций*, возникающий вследствие дефицита узкоспециализированных инжиниринговых компетенций, а также стремления значительного количества игроков к участию только в крупных инфраструктурных проектах.

3. Господство *внеэкономических способов закупки* наиболее привлекательных инжиниринговых услуг заказчиками, в роли которых выступают мощные государственные и государственно-частные компании («ИНТЕР РАО ЕЭС», «Росатом», «Русгидро», «СУЭК» и др.).

4. *Рост стоимости работ* за счет привлечения кредитных средств и страхования выполняемых работ по проекту. При заключении договора комплексного инжиниринга заказчик зачастую стремится минимизировать риски, вследствие чего в договор вводятся условия по предоставлению банковских гарантий (например, на возврат авансовых платежей) либо серьезные штрафные санкции за срыв сроков сдачи объекта. Кроме того, инжиниринговая компания нередко испытывает дефицит собственных оборотных средств, что вынуждает ее обращаться к проектному финансированию с участием третьей стороны (кредитного учреждения). Это приводит к возникновению у инжиниринговой компании дополнительных издержек и увеличению стоимости работ.

5. *Нехватка и/или высокая стоимость основного энергетического оборудования.* Несмотря на все минусы плановой экономики, 30–40 лет назад советские заводы-изготовители не только обеспечивали 99% внутреннего спроса на энергомашиностроение, но и вполне успешно экспортировали продукцию (например, на рынки Восточной Европы) [269]. Сегодня только 30–35% используемого в электроэнергетике нового оборудования производится на отечественных предприятиях, 65–70% изготавливается за рубежом либо по весьма дорогим лицензиям зарубежных заводов. В условиях санкционного режима ситуация осложняется, во-первых, ограниченностью зарубежных альтернатив, во-

вторых, значительным удорожанием импортного оборудования ввиду сложных схем его доставки, в-третьих, резко возросшей в последние годы волатильностью валютных курсов. При этом цена оборудования в ряде инжиниринговых проектов может достигать 75% в структуре себестоимости всех работ [196]. Кроме того, инжиниринговые компании страны не имеют возможности влиять на цену предложения изготовителей основного энергетического оборудования, поскольку они принадлежат разным группам собственников и не имеют общих задач.

6. *Тотальный дефицит высококвалифицированных кадров*, проявляющийся на всех этапах инжиниринговой деятельности. По оценкам экспертов, дефицит проектировщиков составляет 50%, менеджеров проектов (в особенности владеющих цифровыми инструментами проектного руководства и гибкими методологиями) – 70%, специалистов в области СМР – 50% [74]. Университеты пока не готовы ответить на данный вызов, и профильных программ по инжинирингу в энергетике на рынке фактически нет; во многом это объясняется существенным междисциплинарным характером инжиниринга, требующим инженерно-экономических и инженерно-управленческих компетенций в сферах энергетики, строительства, финтеха и IT[3].

При этом единая отраслевая стратегия развития инжиниринга отсутствует.

В результате на данном этапе развития на отечественном рынке инжиниринга наблюдаются активные процессы слияний и поглощений, ведущих к укрупнению и консолидации инжиниринговых активов под эгидой наиболее крупных энергокомпаний страны, централизации в них управления и контроля за всеми финансовыми операциями. Но даже в такой модели, вроде бы имеющей характер комплексного инжиниринга и призванной максимально оптимизировать управление по технической и коммерческой составляющим, в проектах нового строительства, модернизации и реконструкции энергообъектов зачастую участвует такое количество подрядчиков, субподрядчиков, агентов и прочих акторов, что сроки ввода мощностей затягиваются, а механизм ценообразования на инжиниринговые услуги становится крайне непрозрачным. Типовая схема организации работ в подобных проектах приведена на рисунке 3.9.

---

[3] Пожалуй, единственная на рынке профильная программа – магистратура «Инжиниринг в электроэнергетике» НИУ «МЭИ», г. Москва, http://kafedra-ees.ru/Инжиниринг-в-электроэнергетике/

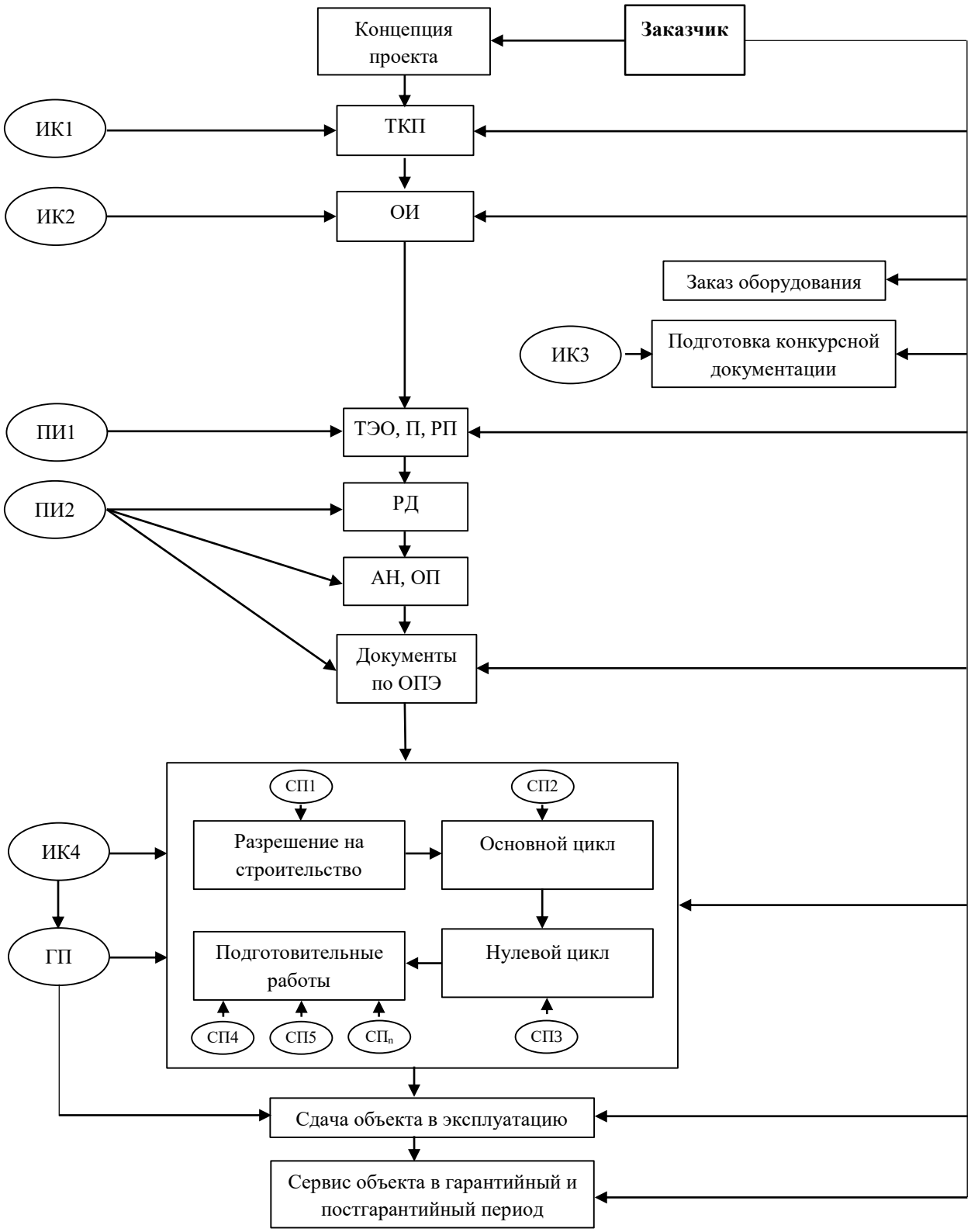


Рисунок 3.9 – Распределение ролей различных структур при реализации инжинирингового проекта (адаптировано автором по [149]).

Условные обозначения: ТКП – технико-коммерческое предложение, ОИ – обоснование инвестиций, ТЭО – технико-экономическое обоснование, П – проект, РП – рабочий проект, РД – рабочая документация, АН – авторский надзор, ОП – оперативное проектирование, ОПЭ – опытно-промышленная эксплуатация, ИК – инжиниринговая компания, ПИ – проектный институт, ГП – генподрядчик, СП – субподрядчик.

Одно из системных предложений, направленных на решение описанных проблем, которое нередко звучит в различных публикациях [149, 158] и в целом находит отклик у автора диссертации, заключается в создании национальных интегрированных производственно-инжиниринговых компаний по типу Siemens Energy или Alstom Power с резким усилением наукоемкой поддержки в ходе реализации проектов. Представляется, что такие компании, работающие по модели комплексного инжиниринга, могли бы быть организованы на базе *крупнейших энергомашиностроительных заводов РФ* (ПАО «Силовые машины», ОАО «ЗИО-Подольск», ОАО «Сатурн – Газовые турбины», НПО «Элсиб», ОАО «Технопромэкспорт»). Это могло бы способствовать повышению конкурентоспособности энергетического оборудования российского энергомашиностроения, существенному росту доли сервиса в финансовых результатах деятельности предприятий за счет появления реальных возможностей как ценовой, так и ценностной конкуренции, а также развитию широкого спектра компетенций собственно инжиниринговых компаний. Причем речь идет как о дефицитных специфических компетенциях отдельных специалистов и команд, так и о постановке внутри инжиниринговых компаний прогрессивных форм управления сложными проектами, основанных, например, на использовании методологий системной инженерии [92].

Данный вариант, распространенный в международной практике, при своих преимуществах имеет ряд минусов. Он активизирует конкуренцию между энергомашиностроительными предприятиями, которые будут позиционировать инжиниринг в качестве дополнительного ценностного предложения, позволяющего реализовывать проекты полного цикла, но на развитие рынка инжиниринговых сервисов его влияние будет опосредованным. Во-вторых, инжиниринговые компании рискуют попасть в ловушку, известную как «модель работы на единственного заказчика», когда возможности развития бизнеса определяются исключительно состоянием дел его основного бенефициара. Кроме того, инжиниринговым компаниям предстоит лоббировать интересы конкретных производителей, что автоматически запустит механизмы недобросовестной конкуренции, от которых энергетике наоборот необходимо избавляться как можно скорее.

Другой сценарий является более реалистичным, но предполагает определенное административное воздействие на игроков рынка. Его идею можно раскрыть в четырех ключевых положениях.

1. Создается специальный сертификационный орган, в обязанности которого входит определение статуса инжиниринговых компаний и ключевых параметров соответствия претендентов тому или иному статусу. Важно, чтобы данный орган обладал независимостью и состоял из компетентных представителей как непосредственно инжиниринга, так и смежных видов деятельности (энергетики, энергомашиностроения, образования, консалтинга, строительства, энергосервиса). В качестве аналога организационного устройства подобной структуры можно рассмотреть институт саморегулируемых организаций; применение же часто практикуемой в России модели, когда государство учреждает некий бюджетный комитет или агентство, регулирующее деятельность свободных рыночных субъектов, крайне нежелательно.

2. Присваиваемые статусы могут соответствовать общепринятой классификации инжиниринга, например, комплексный, строительный, консультационный, эксплуатационный, экологический. Компании могут одновременно иметь два и более статусов, реализуя на рынке услуги, например, консультационного и экологического инжиниринга. Однако к стратегическим, наиболее капиталоемким и сложным энергетическим проектам допускаются только комплексные инжиниринговые компании.

3. К организациям, претендующим на получение высшего статуса «комплексных инжиниринговых компаний», предъявляются жесткие требования по наличию научно-исследовательской, опытно-конструкторской, лабораторной базы, опыту реализации крупных энергетических проектов, партнерств с университетами (реализуемыми, например, в форме совместных программ высшего или дополнительного образования), проектными институтами, энергомашиностроением (здесь уместны варианты совместных предприятий или экспериментальных центров по тестированию и внедрению инноваций). В условиях насыщения технологической базы электроэнергетики цифровыми интеллектуальными решениями целесообразно предусмотреть оценку так называемой цифровой зрелости комплексных инжиниринговых компаний [426, 475].

4. Другие организации осуществляют свою деятельность в менее крупных, локальных проектах и, постепенно накапливая опыт и необходимые компетенции, могут претендовать на статус «комплексных инжиниринговых компаний» в будущем.

Данный сценарий не потребует масштабного передела инжинирингового рынка, систематизирует профили его участников, активизирует механизмы рыночной конкуренции, будет способствовать превращению энергетического инжиниринга в реальный наукоемкий сервис. Вместе с тем, крайне важно, чтобы инициатива воплощения этого сценария исходила от самих инжиниринговых компаний; в противном случае может оказаться, что никто из игроков не захочет брать на себя обязательства, возлагаемые на «комплексный инжиниринг». А, поскольку реализация инфраструктурных энергетических проектов не может быть сорвана, велик риск появления имитации комплексных инжиниринговых компаний, создаваемых по формальным признакам «на бумаге».

Другой недостаток заключается в необходимости появления сертификационного органа, что может привести к бюрократизации отраслевого регулирования. Здесь, правда, важно подчеркнуть, что данный орган формируется самими участниками рыночных отношений, которые не заинтересованы в дополнительном надзоре со стороны неких инспекционных структур. Если на начальной стадии своего функционирования он действительно выполняет задачи, которые можно отнести к бюрократическим (разработку процедур сертификации, определение критериев соответствия компаний различным статусам, уточнение условий отнесения проектов к инфраструктурным), то на последующих этапах его роль трансформируется в двух основных направлениях: во-первых, в части составления текущего и перспективного портрета рынка, фактической «оценки качества» инжиниринга и рейтингования инжиниринговых фирм, что по сути может использоваться ими как маркетинговый инструмент, и, во-вторых, в области организации научно-практических дискуссий по наиболее острым вопросам развития энергетического инжиниринга с привлечением профессионального и академического сообщества.

Вариант перехода от сегодняшнего состояния инжиниринга к целевой модели взаимодействия комплексной инжиниринговой компании и иных участников энергетического рынка приведен на рисунке 3.11.

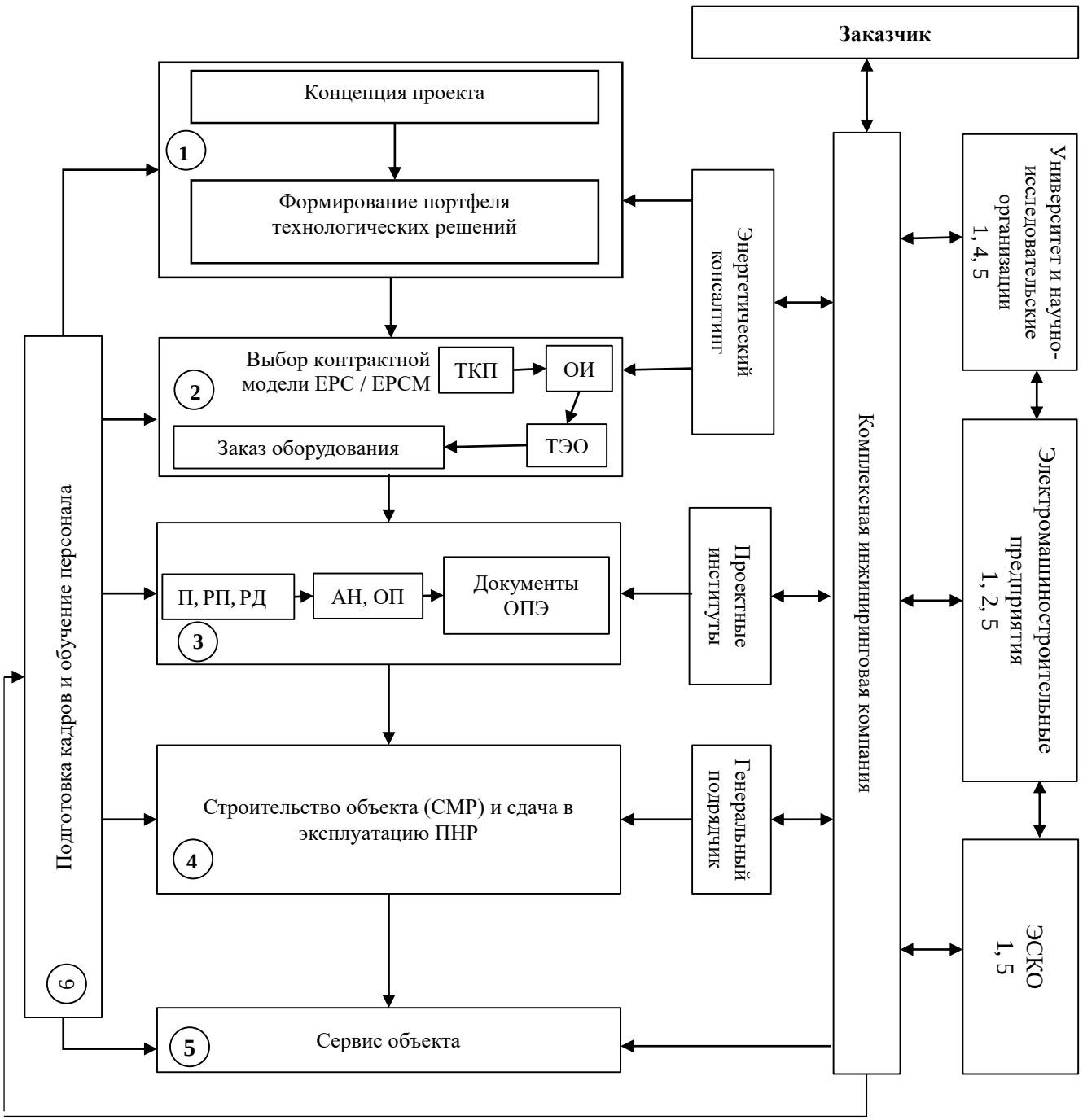


Рисунок 3.10 – Предлагаемая схема организации комплексного инжиниринга (разработано автором)

Условные обозначения: СМР – строительно-монтажные работы, ПНР – пуско-наладочные работы, ЭСКО – энергосервисная компания

В логике идеи, комплексная инжиниринговая компания агрегирует всю ответственность за выполнение проекта, привлекая для его отдельных стадий другие организации, обладающие профильными узкоспециализированными компетенциями. По сравнению с предыдущим рисунком, в предлагаемой схеме

существенно усилен первый блок работ, связанных с разработкой организационно-технологической концепции проекта; как видно из схемы, эта наиболее интеллектуалоемкая стадия, обычно отдаваемая на откуп заказчику, реализуется с помощью университетов, научно-исследовательских, консалтинговых, энергосервисных организаций, энергомашиностроения, а при необходимости – компаний IT-индустрии.

Появление и распространение комплексных инжиниринговых компаний должно привести к тому, что: а) заказчик освободится от не свойственных ему инжиниринговых функций; б) произойдет укрупнение инжиниринговых компаний с одновременным ростом их компетенций; в) повысится качество разработки и реализации проектов. На рынке расширится доля и диапазон предложений наукоемких сервисных продуктов, при этом конкурентное пространство вынуждены будут покинуть многочисленные псевдоинжиниринговые структуры, образованные для коррупционных схем.

3.1.4. Услуги в области энергоэффективности

Детальный анализ рынка услуг по энергоэффективности выполнен автором в монографии [110]. Приведем ниже основные выводы по данному анализу.

Большое количество ЭСКО образовалось на базе организаций, занимавшихся профессиональным проведением энергоаудитов и внедрением запатентованных технологий энергосбережения. В основном такие ЭСКО были ориентированы на проекты модернизации освещения, учета электрической и тепловой энергии, установку терморегуляторов, устройств переменной частоты, когенерацию (включая программы использования альтернативного топлива). Однако за прошедшее десятилетие спектр компаний, реализующих энергосервисные контракты, существенно расширился и в настоящее время можно выделить семь основных типов ЭСКО, работающих на российском рынке (таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Характеристики типов ЭСКО, работающих на рынке РФ (разработано автором)

№	Тип ЭСКО	Специфика бизнес-модели	Основные экономические эффекты для ЭСКО	Доля рынка в 2019 г., %	Примеры компаний
1	Компании – структурные подразделения и ДЗО энергетических холдингов, а также электросетевые и энергосбытовые компании	Реализация дополнительных услуг в нерегулируемых сферах деятельности с целью удержания старых и привлечения новых клиентов	Концентрическая диверсификация основного бизнеса. Повышение собственной энергоэффективности. Возмещение расходов на модернизацию активов за счет потребителя (из полученной экономии)	10	ООО «ЕЭС.Гарант», ПАО «Томскэнергосбыт», ПАО «МРСК Центра и Приволжья», ПАО «Пермэнергосбыт», АО «Петербургская сбытовая компания», ПАО «Саратовэнерго»
2	Компании, аффилированные с государственными учреждениями	Выход на рынок под конкретные специфические проекты, реализация которых предполагается, как правило, на объектах повышенной сложности (опасности)	Ускорение предмобилизационной и мобилизационной стадии проектов. Снижение финансовых рисков.	3	ГАУ «Агентство по ПЭИ ИК Саратовской области», ФГУП «Российские сети вещания и оповещения», ФКУ «Объединение исправительных учреждений УФСИН по Архангельской области»

Продолжение таблицы 3.6

№	Тип ЭСКО	Специфика бизнес-модели	Основные экономические эффекты для ЭСКО	Доля рынка в 2019 г., %	Примеры компаний
3	Независимые «классические» энергосервисные компании	Позиционирование в качестве специализированного профессиональных рыночных игроков, предоставляющих сервис под ключ – от энергоаудита до монтажа и пуско-наладки оборудования	Концентрация ресурсов на основном виде бизнеса. Свободное участие в конкурсных процедурах	10	ООО «Якутская энергосервисная компания», АО «ААА Инжиниринг», ООО «Рус-Тэк Энергоаудит», ООО «Профлэнд Групп», ООО «Первая энергосервисная компания»
4	Компании, занимающиеся гражданским или промышленным строительством	Продажа энергосервиса в качестве гибридного товара – гибкой пары к сложному оборудованию либо инженерно-коммуникационным сетям	Установление долгосрочных экономических отношений с заказчиком на основе реализации высокомаржинальных услуг	2	ОО «Мурстрой», ООО «Мегалит», ООО «Востокэнергосервис», ООО «Юнисфера»
5	Компании – производители энергоэффективного оборудования / дочерние компании производителей, в том числе зарубежных	Продажа энергосервиса в пакете с энергоэффективным оборудованием, например светодиодными системами освещения или приборами учета	Увеличение маржинальности услуг за счет включения их в комплексный договор поставки	52	ООО «Швабе-Москва», ООО «Хевел Энергосервис», ООО «ТД РИМ-РУС», ООО «Световые технологии ЭСКО», ООО «Инко-Энерго», ООО «Профэско»

Окончание таблицы 3.6

№	Тип ЭСКО	Специфика бизнес-модели	Основные экономические эффекты для ЭСКО	Доля рынка в 2019 г., %	Примеры компаний
6	Инжиниринговo-консультационные компании	Позиционирование в роли системных интеграторов, для которых энергосервис – не основной вид деятельности	Расширение объемов обслуживаемых активов	9	АО «Первая энергосервисная компания», ООО «КЭР-Генерация», ООО «Энсис технологии», ООО «Энергострой», ООО «Энерго-Проминвест»
7	Телекоммуни-кационные компании	Выход на рынок за счет пересечения инфраструктуры, подлежащей обслуживанию (например, опор ЛЭП) либо реализации комплексных проектов модернизации территории (муниципалитета, района)	Конгломератная диверсификация основного бизнеса. Быстрая экспансия в сегмент капиталоемких долгосрочных проектов за счет наличия собственных свободных средств	14	ПАО «Ростелеком», ПАО «Мегафон»

Интересно заметить, что в 2011 г. была создана так называемая «суперЭСКО» – ФГУП «Федеральная энергосервисная компания» (ФЭСКО). Она участвовала в проектах по снижению потерь электроэнергии в ОАО «МРСК Центра», внедрению автоматизированной системы коммерческого учета, регулирования и диспетчеризации энергопотребления для нужд ОАО «Ярославская сбытовая компания» и ОАО «Башкирэнерго», выполняла поставки энергоэффективного оборудования для ФСБ и ГУ ФСИН России, занималась модернизацией освещения для администраций ряда регионов РФ. Предполагалось, что одним из основных направлений деятельности ФЭСКО станет обеспечение экспертизы и финансирования проектов в области энергосбережения, которые будут реализовываться на региональном и муниципальном уровнях. Однако практическая деятельность организации показала ее низкую эффективность, не соответствующую заявленным целям и задачам. Как отмечается в [23], основной причиной неудачи данного амбициозного проекта стало отсутствие соответствующих компетентных кадров, что еще раз подтверждает приоритетную необходимость опережающей подготовки специалистов и команд для новых задач энергетической отрасли. С 2018 года ФЭСКО не функционирует, хотя и числится как действующее предприятие.

Теоретически можно было бы выделить еще один тип ЭСКО – компании, аффилированные с кредитно-финансовыми учреждениями, которые выходят на рынок, как правило, с позиции кредитора энергосберегающих мероприятий, предоставляющего заказчику возможность льготного и более быстрого доступа к проектному финансированию. На практике сегодня в России работает только одна подобная компания – ООО «Сберэнергодевелопмент», входящая в структуру ПАО «Сбер», однако информация по выполненным ей проектам в 2019–2020 гг. отсутствует. До недавнего времени к данной категории относилась компания ООО «ГПБ-Энергоэффект» (100%-ное дочернее общество Газпромбанка), но в 2018 г. предприятие обанкротилось. Поскольку компании, аффилированные с кредитно-финансовыми учреждениями, не вносят никакой вклад в объемы рынка, они не выделены как отдельный тип в классификационной таблице 3.6.

Укрупненные сегменты *основных заказчиков* энергосервиса представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Профили заказчиков услуг в области энергоэффективности (составлено автором)

№	Сегмент заказчиков услуг	Доля сегмента на рынке, %	Примечание
1	Организации, осуществляющие регулируемые виды деятельности	10–15	В том числе, предприятия коммунально-бытового сектора, например, электросетевые компании
2	Государственные и муниципальные заказчики, включая объекты социальной сферы (образовательные учреждения, организации здравоохранения, культуры, спорта)	55–75	Условия заключения и реализации энергосервисных контрактов определяются ФЗ-44 от 05.04.2013 «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд».
3	Собственники объектов жилищного фонда	15–20	В этот сегмент также входят организации, управляющие общей собственностью на таких объектах – УК, ТСЖ, ЖСК
4	Коммерческие организации	Не более 5%	–
5	Промышленные предприятия	Не более 5%	–

Что касается объемов рынка, то, по данным Единой информационной системы в сфере закупок (ЕИС) и Ассоциации энергосервисных компаний РФ РАЭСКО, объем рынка энергосервиса в стоимостном выражении за 2020 г. составил 16,5 млрд руб. в части выплачиваемой потребителями в пользу ЭСКО экономии, возникающей в результате проведения мероприятий по энергосбережению, что примерно в три раза меньше объема наиболее прибыльного 2018 г. (44 млрд руб.). Столь резкое снижение рынка объясняется как общим негативным инвестиционным фоном в отрасли, так и последствиями пандемии коронавируса, вынудившей заказчиков различных сегментов сокращать затраты. При этом объем экономии, выплачиваемой потребителями, остается постоянным и в среднем составляет порядка 80–90 %. Динамика рынка показана на рисунке 3.11.

Рисунок 3.11 – Динамика рынка энергосервиса в 2011–2020 гг.[4]

В целом рынок демонстрирует тенденцию к постепенному росту, однако в определяющей мере это обусловлено увеличением количества договоров на суммы, превышающие 100 млн руб. Один из крупнейших контрактов общей стоимостью более 1 млрд руб. – проект компании «ГПБ-Энергоэффект» по реконструкции двух котельных городского округа Домодедово, предполагающий увеличение суммарной установленной мощности с 1 Гкал/ч до 105 Гкал/ч.

В рассматриваемой ретроспективе диапазон стоимостей контрактов варьировался от 190 тыс. руб. до 4,4 млрд руб. В общем количестве действующих на данный момент энергосервисных контрактов преобладают контракты стоимостью от 4 до 30 млн руб. (58 %). Контрактов дороже 100 млн руб. в 2020 г. всего лишь 27, однако их общая стоимость составляет около 75 % объема всего рынка. Таким образом, можно говорить о тенденции роста средней стоимости энергосервисных контрактов.

[4] Построено автором по данным, приведенным в Государственных докладах Минэнерго России о состоянии энергосбережения и повышения энергетической эффективности в 2014–2018 гг., а также в публикациях [138, 146, 184]

Среди всех энергосервисных договоров преобладают среднесрочные, а именно: заключенные на 5–6 лет (40 %) и 7 лет (20 %). Постепенно формируется пул долгосрочных контрактов – в 2020 г. их доля составила 18 %, в то время как в 2017 г. – всего лишь не более 0,5 %. В этой связи можно говорить о присутствии относительной уверенности со стороны участников рынка и росте интереса к реализации потенциальных энергосервисных проектов. Кроме того, такая разбивка вполне коррелирует с большинством европейских стран (рисунок 3.12), если не учитывать, что в нашей стране пока что не реализуются контракты горизонтом более 15 лет [457].

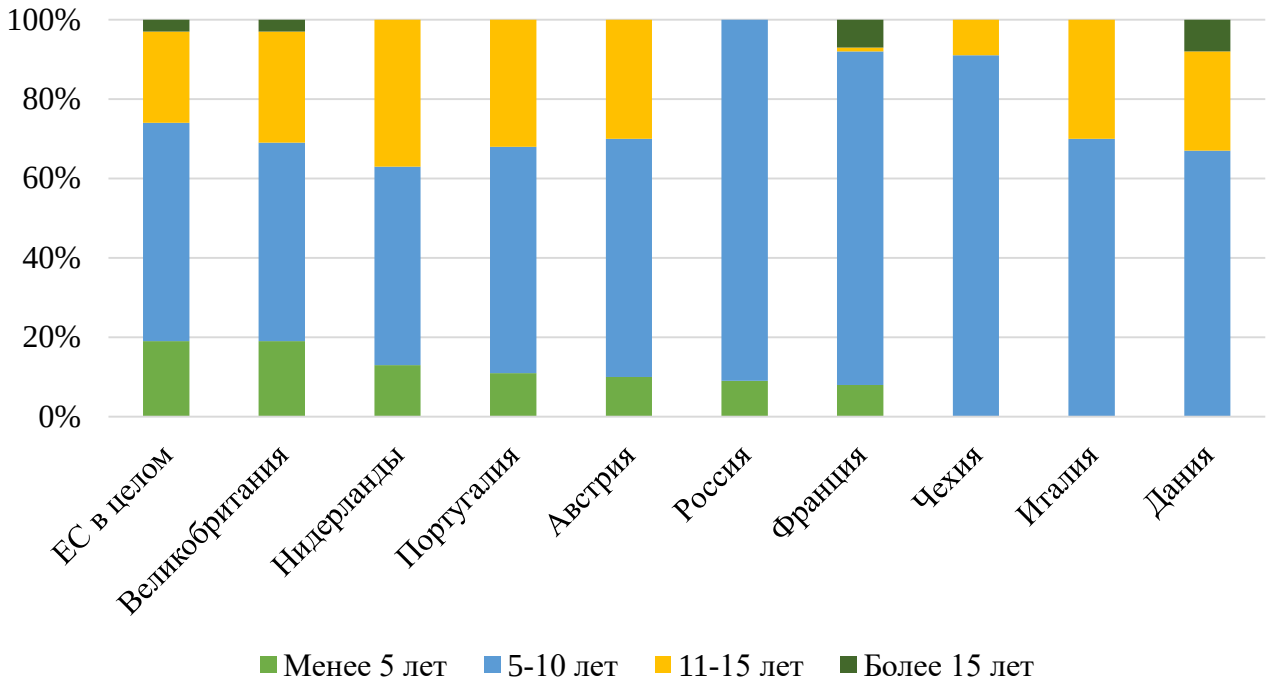


Рисунок 3.12 – Разбивка энергосервисных контрактов по сроку реализации в разрезе европейских стран (включая Россию) (составлено автором)

Лидирующими игроками отечественного рынка энергосервиса являются компании ООО «Швабе-Москва», ООО «Хевел Энергосервис», ПАО «Ростелеком», ООО «ЕЭС-Гарант» (таблица 3.8).

Таблица 3.8 – Наиболее крупные исполнители энергосервисных контрактов (составлено автором)

№	Организация	2019 г.		2020 г.	
		Кол-во контрактов, шт.	Общая стоимость, млн руб.	Кол-во контрактов, шт.	Общая стоимость, млн руб.
1	ООО «Швабе-Москва»	4	3 125,0	н/д	
2	ООО «Хевел Энергосервис»	2	2 649,6	2	2 753,3
3	ПАО «Ростелеком»	50	2 216,1	33	1 618,9
4	ООО «ЕЭС-Гарант»	65	376,0	78	625,6
5	ООО «Якутская энергосервисная компания»	16	585,0	21	686,5
6	ООО «Световые технологии ЭСКО»	13	56,9	19	291,3

Всего на рынке работает порядка 100 ЭСКО, зарегистрированных в 40 субъектах Российской Федерации [144], что в целом соответствует масштабу лидирующих рынков развивающихся стран (их сравнительные характеристики приведены в приложении Е). Динамика региональных энергосервисных рынков пока что не поддается никаким статистическим инструментам анализа, она абсолютно нестабильна. Среди изученных автором 60 субъектов РФ, в которых заключались энергосервисные контракты в 2013–2020 гг., только 7 являются относительно устойчивыми с инвестиционных позиций – Москва, Московская область, Республика Саха (Якутия), Воронежская область, Ленинградская область, Самарская область, Ульяновская область. В этих регионах объем инвестиций либо остается примерно одинаковым, либо линейно растет, что свидетельствует о последовательной работе региональных стейкхолдеров в части развития рынка. Остальные регионы демонстрируют каскадную динамику и очевидно, что они экстремально зависят от реализации отдельных локальных программ в области энергоэффективности, требующих быстрого освоения значительных инвестиций.

В то же время в некоторых регионах за период реализации государственной программы по повышению энергоэффективности вообще не была использована схема инвестирования в энергосбережение посредством энергосервисных контрактов. К таким регионам относятся Республика Коми, Вологодская область,

Псковская область, Республики Адыгея, Калмыкия, Кабардино-Балкария, Омская область, Приморский край, Амурская область, а также большинство автономных округов. Современную ситуацию на отечественном рынке энергосервиса блестяще отражает известный принцип Парето: 20 регионов РФ обеспечивают 80% доли рынка с совокупным объемом инвестиций порядка 4 млрд рублей.

По совокупной стоимости контрактов среди объектов энергосервиса преобладают операторы уличного освещения и объекты социальной, в первую очередь образовательной сферы – дошкольные общеобразовательные учреждения, школы, университеты, а также медицинские учреждения (рисунок 3.13). При этом по количественному признаку лидируют контракты по тепловой энергии – так, на их долю в 2020 г. приходилось более 60 % всех контрактов.

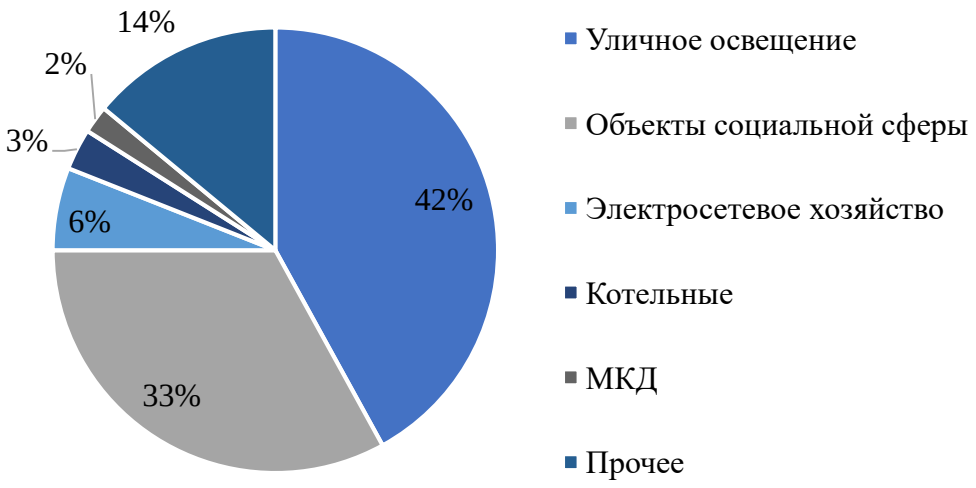


Рисунок 3.13 – Пообъектное распределение энергосервисных контрактов [156]

Наиболее емким и растущим сегментом на рынке услуг в области энергоэффективности в течение последних 5 лет является модернизация уличного освещения. Причем постепенно фокус смещается на проекты, предусматривающие не только замену ламп на энергосберегающие, но и комплексную интеллектуализацию городской осветительной инфраструктуры. В таких проектах, как правило, предполагается установка автоматизированных систем управления наружным освещением с функциями коммерческого учета электроэнергии и автоматической передачей данных на специальный сервер, модулей индивидуального управления, позволяющих дистанционно с центрального

диспетчерского пункта регулировать мощность световых приборов как индивидуально, так и группой по беспроводным каналам передачи данных, обеспечение мониторинга состояния светильников и оборудования распределительных шкафов. Таким образом, речь идет о создании «ячеистой» сети, необходимой для обмена информацией между устройствами умного города [131].

Еще один, очень важный тип работ для зарубежных энергосервисных рынков – контракты на замену и обновление парка приборов учета, в том числе с системами удаленного управления, – пока что занимают небольшую нишу. В этом отношении становится крайней актуальной проработка возможностей, в том числе законодательных, полноценного участия в отечественном рынке энергосервиса энергосбытовых и, в особенности, электросетевых компаний (территориальных сетевых организаций – ТСО).

Катализатором энергосервисной деятельности в области учета электроэнергии должны стать вступившие в силу с 01.07.2020 г. отдельные положения Федерального закона N 522-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с развитием систем учета электрической энергии (мощности) в Российской Федерации», подписанного 27.12.2018 г. [211]. Согласно п. 5 статьи 37 «…Коммерческий учет электрической энергии (мощности) на розничных рынках и в целях оказания коммунальных услуг по электроснабжению обеспечивают гарантирующие поставщики и сетевые организации с применением приборов учета электрической энергии…». Таким образом, обязанности обеспечения и эксплуатации приборов коммерческого учета электроэнергии полностью перекладывается с «плеч» потребителей на сетевую организацию и гарантирующего поставщика, что влечет за собой большие риски вандализма, сохранности и безнаказанного вмешательства в работу приборов учета. Но, в свою очередь, введение в действие этих положений должно способствовать обновлению приборного парка, ускорению цифровизации и интеллектуализации систем учета, что вынудит сетевые организации и гарантирующих поставщиков искать пути финансирования для исполнения указанных положений, в том числе с использованием инструментов энергосервисных контрактов.

Растет спрос на энергосервис в ЖКХ и социальной сфере, что связано, во-первых, с повышением доверия к этому механизму, во-вторых – с проблемами износа инфраструктуры. Жилищный сектор в России занимает второе место после обрабатывающей промышленности по величине конечного потребления энергии: более ¼ общего объема энергопотребления и около 45% потребления тепловой энергии в стране. Большая часть многоквартирных зданий характеризуется низкоэффективным энергопотреблением. Около 45% жилья, находящегося в эксплуатации в настоящее время, было построено до 1970 г.; примерно 40% всех многоквартирных домов имеют уровень износа более 30%. В этом отношении Минэнерго России видит перспективу в сочетании энергосервиса и капитального ремонта зданий с соответствующим разделением экономического эффекта.

Реализация энергосервисных контрактов в жилом секторе отягощается сложными схемами взаимодействия между большим количеством их участников: собственниками помещений, управляющими компаниями, органами муниципальной власти, ЭСКО, ТСО, энергосбытовыми компаниями, инжиниринговыми и строительными фирмами, поставщиками оборудования, финансовыми институтами, расчетными центрами. С целью решения данной проблемы Министерство строительства РФ совместно с Минэнерго разрабатывают инициативы по упрощению реализации перфоманс-контрактов в жилом секторе: принимать решение о заключении таких контрактов предлагается на общем собрании собственников простым большинством голосов. Требование законодательства о необходимости подписания энергосервисного договора каждым собственником помещений в отдельном многоквартирном доме может быть исключено [25, 139].

Координирующим органом рынка является созданная в 2014 г. Российская ассоциация энергосервисных компаний (РАЭСКО), в состав которой входят профессиональные энергосервисные компании, инфраструктурные организации, производители энергосберегающего оборудования, а также компании, инвестирующие в энергосбережение. По мнению автора, важными задачами РАЭСКО в ближайшей перспективе могли бы стать:

– обсуждение и продвижение в законодательном поле Федерального закона «Об энергосервисной деятельности», консолидирующего положения более чем 50 законодательных документов, которые в настоящее время регулируют сферу энергосервиса и нередко противоречат друг другу;

– решение вопросов привлечения международных источников финансирования, легитимных даже при санкционном режиме, а также обсуждение новых вариантов кредитных линий и субсидий для ЭСКО с местными финансовыми институтами;

– развитие культуры использования международных стандартов оценки не только энерго-, но и экологоэффективных проектов, набирающих популярность у ЭСКО в развитых странах и становящихся все более востребованными в РФ, в особенности в связи с инициативами по снижению углеводородного следа в энергетике и промышленности;

– активное включение в работу по подготовке кадров для работы в энергосервисном бизнесе, в том числе: разработка совместно с университетами, представителями энергетической, строительной, телекоммуникационной отраслей компетентностных профилей специалистов; апробация междисциплинарных образовательных программ высшего образования на стыке энергосервиса, инженерии, экономики и управления, права[5]; развитие программ переподготовки и повышения квалификация кадров через сеть региональных партнеров;

– запуск национальной платформы лучших практик энергосервиса с целевой ориентацией на прогнозирование технологического развития энергетики в разрезе энергоэффективности, комплексную аналитику энергопотребления с применением инструментов Big Data, реализацию пилотных проектов внедрения цифровых, энергетических решений. Такая платформа могла бы войти в портфель проектов Национальной технологической инициативы EnergyNet с перспективой интеграции с другими платформами, например с Евразийской технологической платформой «Энергетика и электрификация», созданной по инициативе Национального исследовательского университета МЭИ в начале 2019 г.

---

[5] На данный момент в РФ подготовка бакалавров и магистров для энергосервисных предприятий ведется только в Национальном исследовательском университете «Московский авиационный институт», на кафедре «Энергетический сервис и управление энергосбережением», https://mai.ru/education/imest/esue/

3.1.5. Управление спросом на электроэнергию и мощность

Особенности реализации концепции управления спросом на энергию в зарубежных странах, возможности ее применения в российских условиях подробно проанализированы автором в монографии [62], а также в публикациях [46, 61, 63, 322]. Следует подчеркнуть: несмотря на то, что базовые принципы управления спросом известны с 1970-х гг., *о рынке* услуг по регулированию спроса на электроэнергию и мощность стали говорить относительно недавно. Больше 40 лет программы управления спросом осуществлялись энергетическими компаниями совместно с муниципалитетами и крупными предприятиями *в качестве ответной меры* на инвестиционные ограничения и *отраслевого инструмента* реализации значительного потенциала энергосбережения в народном хозяйстве, являющегося эффективной альтернативой новым энергообъектам. Начиная с 2010-х гг. активное распространение, особенно в энергоемкой промышленности, получила такая форма управления спросом, как ценозависимое управление электропотреблением [77–80, 197], которая изначально так же представляла из себя *отраслевой, не рыночный механизм* повышения энергоэффективности экономики, кастомизируемый для потребителей за счет дифференциации тарифов на электроэнергию. Однако переход к цифровой энергетической парадигме позволяет ввести в контур управления спросом специализированных игроков и сформировать полноценный рынок соответствующих наукоемких услуг, предназначенных не только для оптовых, *но и розничных* потребителей, и базирующихся на новейших информационно-коммуникационных платформенных решениях, технологиях Интернета энергии и анализа больших данных. Речь идет о формирующемся в настоящее время институте агрегаторов спроса на электроэнергию, развиваемого под эгидой Системного оператора Единой энергетической системы России и Инфраструктурного центра EnergyNet [193]. Идея заключается в том, что агрегаторы управления спросом:

– проводят оценку возможностей изменения электропотребления у разных групп потребителей без ущерба для основной производственной деятельности;

– разрабатывают оптимальные алгоритмы участия в программах управления спросом, оснащают потребителей необходимыми системами автоматизации и цифровыми устройствами;

– выступают в роли сервис-агента на оптовом рынке, предоставляющего потребителям консультационную и организационно-методическую поддержку при взаимодействии с рыночной инфраструктурой и прохождением специальных процедур допуска к участию в программах управления спросом;

– предоставляют ресурсы совместного изменения нагрузки у групп потребителей в виде объединенного пула, несут ответственность за исполнение обязательств на рынке.

Таким образом, агрегаторы спроса проходят аукционный отбор по ценовым заявкам на свои услуги, охватывают определенное количество потребителей и продают Системному оператору по контракту высвобождаемые в результате рационализации графиков нагрузки этих потребителей энергию и мощность; который далее передает эти ресурсы на соответствующие рынки (включая рынок системных услуг). При этом предполагается, что Системный оператор будет устанавливать предельные цены на услуги агрегаторов.

Факторы, обуславливающие необходимость функционирования таких агрегаторов спроса, прежде всего в целях снижения нагрузки и повышения энергоэффективности в промышленности (основном заказчике услуг на первом этапе) приведены на рисунке 3.14.

Опыт стран-лидеров в области управления спросом демонстрирует, что экономически целесообразная потребность в соответствующих сервисах может достигать 10% от установленной мощности энергосистемы [265]. Например, в США на рынке PJM торгуются услуги demand response в 9–11% от мощности национальной энергосистемы. На основе этих данных предельно достижимый потенциал управления спросом для ЕЭС России по ценовым зонам можно оценить в 6–10 ГВт для первой ценовой зоны и 2–3 ГВт для второй, то есть суммарно – до 13 ГВт в год. Этот же вывод следует из анализа числа часов использования мощности в российской энергосистеме: до 7% мощности ЕЭС используется всего лишь 4% времени в году [216].

Рисунок 3.14 – Взаимосвязи факторов, актуализирующих управление спросом на электроэнергию в промышленности (разработано автором)

Реализация концепции управления спросом на энергию предполагает создание так называемых «виртуальных электростанций», позволяющих управлять собственным энергопотреблением в соответствии с необходимостью выполнения своих производственных планов по выпуску продукции или обеспечению энергией путем оптимизации своих затрат на покупку электроэнергии на внешних рынках; определять условия загрузки собственной генерации/накопителей электроэнергии для формирования заявки на участие в покупке/продаже электроэнергии на оптовом и розничном рынках; определять степень своего участия в оказании дополнительных услуг, заключающихся в предоставлении активных и реактивных мощностей для управления со стороны Системного оператора [188].

По существу, виртуальная электростанция – это структура, объединяющая в себе распределенные генераторы (ветроустановки, фотоэлектрические станции,

мини- и микроТЭЦ и др.), активных потребителей (бытовых, промышленных) и системы аккумулирования энергии (тепловые, электрические, механические и химические). Виртуальная электростанция фактически интегрирует в себе технические и технологические решения по управлению спросом и предложением распределённой генерацией энергии с помощью программно-аппаратных комплексов, включающих управление интеллектуальной микросетью, релейной защитой и автоматикой, качеством электроэнергии, гибким ценообразованием. Она обеспечивает эффективное управление спросом на электроэнергию и позволяет оптимизировать графики нагрузок потребителей, что способствует сглаживанию пиковых нагрузок и снижению цены на электроэнергию [199].

В целях управления спросом данный инструмент используется более, чем в 30 странах и применяется для самых разных секторов экономики. Так, в Словении с 2011 г. промышленные потребители и компания «ElectroLjubljana» используют возможности виртуальных электростанций для стабилизации работы энергосистемы и представления мощности балансирующему рынку. В зависимости от необходимости в пределах 15 минут осуществляется увеличение или снижение потребления на предприятии, включенном в виртуальную электростанцию, например, в цементной промышленности регулирование обеспечивается координацией технологических процессов подготовки сырья, сушки, помола клинкера.

В Южной Корее агрегатор спроса объединил в единую сеть более 120 гипермаркетов, рассредоточенных по всей стране. Система автоматизации позволяет контролировать и сокращать нагрузку на электрооборудование (освещение, морозильные камеры, кондиционеры). По сигналу от агрегатора автоматика выбирает приоритетных для отключения потребителей и производит сокращение электропотребления на необходимое количество киловатт. В ситуации, когда снижение электропотребления по запросу агрегатора невозможно, автоматика переключает потребителя на резервный генератор. Таким образом, система оптимизирует режимы электропитания исходя из ценовых сигналов на рынке. Итоговое снижение спроса в рамках проекта составило 8 МВт.

Во Франции агрегатор объединил в единую сеть 22 жилых дома с суммарным сокращением потребления около 5МВт. Вода на объектах нагревается с помощью электрических бойлеров. При получении запроса от потребителя на уменьшение электрической нагрузки, нагрев воды автоматически переключается от бойлера на газовый котел, что сокращает потребление электричества. Экономика проекта обусловлена более низкой ценой электроэнергии по сравнению с газом.

Следует подчеркнуть, что, если в развитых странах агрегаторами спроса могут выступать самые разные субъекты (энергетические предприятия, технологические компании или профильные IT-структуры – разработчики и операторы платформ для осуществления энергетических транзакций), в России на рынке доминируют энергосбытовые компании. Их доля по итогам первого полугодия 2021 г. составила более 75% (рисунок 3.15). При этом рынок характеризуется олигополистической формой конкуренции и умеренной концентрацией, о чем свидетельствует проведенный расчет индекса Херфиндаля-Хиршмана (приложение Г). В целом, это вполне естественная ситуация для рынка, который находится в самой начальной стадии формирования – первые отборы заявок на снижение спроса на электроэнергию начали регистрироваться Системным оператором в середине 2020 г.

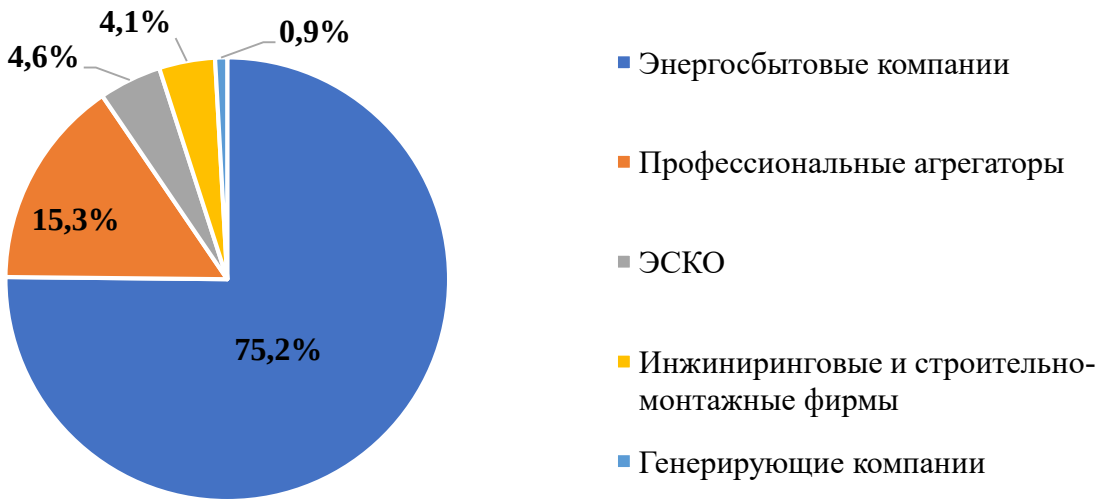


Рисунок 3.15 – Сегментация исполнителей услуг по регулированию спроса на электроэнергию и мощность (разработано автором)

Анализ предлагаемых к внедрению в РФ механизмов управления спросом, встраиваемого в структуру рынков энергии и мощности, показывает, что в целом концепция создания самостоятельного рынка агрегаторов спроса выглядит логически стройной и внутренне непротиворечивой. Вместе с тем, при ее реализации в перспективе нельзя исключить появление ряда проблем.

1. Стоимость услуг операторов – «агрегаторов» спроса, а также затраты на внедрение технически сложного цифрового информационно-управленческого комплекса могут в той или иной степени нивелировать экономический эффект от управления спросом для потребителей электроэнергии (мощности).

2. Серьезная проблема – создание определенного количества агрегаторов, которое позволило бы в результате конкурентного отбора минимизировать стоимость соответствующих услуг агрегаторов. В противном случае – монопольное положение эгрегаторов, повышенная цена на их услуги и негативное влияние на эффективность всего процесса.

3. В условиях низкого спроса на электроэнергию (как следствие экономической рецессии) у потребителей отсутствует мотивация к заключению договоров с агрегаторами. Демотиватором здесь является и отсутствие развитой конкурентной среды в потребительском секторе.

4. Управление спросом в средне- и долгосрочной перспективе должно рассматриваться в качестве важного драйвера экономического роста и повышения технологического уровня производства на основе электрификации. Между тем, экономический рост может оказывать неоднозначное влияние на мотивацию потребителей. Например, некоторые предприятия будут стремиться максимально загружать установленное оборудование в течение суток, ориентируясь не на ценовые сигналы системы управления спросом на электроэнергию, а на повышающийся спрос и цены на свою продукцию; не исключается также повышение интереса к созданию собственной генерации.

5. Внедрение в России концепции управления спросом предполагает «активизацию» потребителей [37, 231], то есть предоставление им опций самостоятельного управления объемами получаемой электроэнергии на основе баланса своих потребностей и возможностей энергосистемы. Просьюмеры воздействуют на рынки электроэнергии и системных услуг, а также сетевые

компании, играя важную роль в оптимизации текущих и перспективных режимов загрузки сетей и способствуя появлению эластичного спроса на сетевые услуги. При этом необходимо предусмотреть разнообразие доступных форм управления спросом, которое может иметь административный, оперативный или экономический характер [192]:

– *административное управление спросом*, подразумевающее ограничение подачи электроэнергии и отключение потребителей в аварийных ситуациях. Такая мера позволяет за счет прекращения электроснабжения некоторой доли потребителей не допустить отключения электротехнического оборудования устройствами защиты, предотвращающими его разрушение из-за перегрузок;

– *оперативное управление спросом*, предполагающее предоставление потребителям возможности дополнительных оплачиваемых услуг по обеспечению системной надежности и использованию рыночных механизмов для повышения качества функционирования энергетической инфраструктуры (энергохозяйства предприятия). К таким услугам, например, относятся услуги по нормированному первичному регулированию частоты, автоматическому вторичному регулированию частоты и перетоков активной мощности, регулированию реактивной мощности, развитию систем противоаварийного управления в ЕЭС;

– наконец, *экономическое управление спросом*, в рамках которого на рынке появляется новый легитимный субъект – покупатель с ценозависимым снижением потребления, являющийся участником оптового рынка электроэнергии/мощности и осуществляющий самостоятельное планирование и принятие на себя обязательств по обеспечению готовности к снижению определенного объема покупки электроэнергии по результатам конкурсного отбора мощности (КОМ).

Конечно, указанные проблемы носят вероятностный характер, но их проявление потребует внесение определённых корректив в механизм управления спросом на энергию (мощность). В частности, возможно будет целесообразным увеличение части эффекта от управления спросом, получаемого в электроэнергетике, для передачи потребителям в форме премии за рационализацию графика нагрузки, либо повышения скидки с цены (в размерах, приемлемых для энергокомпании).

3.2. Модель интегрированной рыночной архитектуры

Понятие «архитектура рынка» является малораспространенным в мировой науке. Тем не менее, анализ некоторых публикаций [255, 348, 446] позволяет определить архитектуру рынка как визуальное представление структуры различных сегментов, выполняемое с целью установления взаимосвязей и зависимости между ними как внутри рынка, так и с его рыночной периферией, к которой могут относиться другие смежные рынки, отрасли и виды деятельности. Модель архитектуры рынка позволяет понять, насколько он централизован (или децентрализован), каким образом в нем организованы информационные и логистические потоки, каков предполагаемый состав ключевых стейкхолдеров и ассортиментной матрицы рынка.

В основе формирования архитектуры сервисных рынков в электроэнергетике лежат следующие исходные положения.

1. Все обозначенные в параграфе 3.1 рынки выполняют *определенные целевые функции и требуют генерации новых знаний*, необходимых для своего функционирования (таблица 3.10). Содержание этих функций и необходимых знаний определяют *уровень их наукоемкости* относительно друг друга.

Так, в таблице 3.9 рынки проранжированы по уровню наукоемкости от 1 до 5, где 1 – рынок, отличающийся наивысшей наукоемкостью, 5 – рынок с наименее выраженной наукоемкостью. Наукоемкость в данном случае определяется: объемом и интенсивностью производства новых знаний, требуемых для разработки услуг; а также объемом и стоимостью инновационных технологий широкого спектра, которые требуются для выполнения целевых рыночных функций. Ранжирование осуществлялось с использованием метода парных сравнений, предложенного впервые Л. Терстоуном [467] и впоследствии адаптированного к решению широкого круга задач, связанных с поиском наилучших альтернативных решений [164]. Технология оценки рангов сервисных рынков, примененная к задачам диссертационного исследования, раскрыта автором в приложении Ж.

Таблица 3.9 – Задачи наукоемких сервисных рынков (разработано автором)

Ранг уровня наукоемкости сервиса	Профессионализация сервиса	Целевые функции сервиса	Примеры областей необходимых знаний
1	Цифровизация, упреждающее управление и опережающее обучение	Комплексная оценка состояния и готовности к цифровой трансформации электроэнергетики и смежных инфраструктур. Разработка дизайна цифровых электроэнергетических систем. Создание концептуальных, технологических и организационных решений в части умных энергетических производств и сред, функционирующих на базе технологий промышленного Интернета вещей, Интернета энергии, дополненной реальности, искусственного интеллекта, систем анализа больших данных. Разработка и внедрение систем упреждающего управления в энергокомпаниях, обеспечивающих гибкое реагирование на вызовы и угрозы внешней среды. Опережающая подготовка кадров и междисциплинарных команд	Принципы функционирования самоорганизующихся сложных систем, механизмы взаимодействия экономических агентов в интеллектуальных энергетических системах, методы формирования долгосрочных стратегических инсайтов, методы оценки экономической эффективности цифровой трансформации, содержание и модели формирования компетенций для энергетики будущего
2	Проекты комплексного инжиниринга	Создание, реконструкция и техническое перевооружение электроэнергетики на основе тестирования технологических альтернатив, разработки виртуальных копий (цифровых двойников) энергетических систем и объектов, позволяющих проводить многокритериальный анализ сценариев их поведения, управление жизненным циклом сложных сетевых проектов	Методы принятия решений в условиях повышенной неопределенности и рисков, методы и инструменты цифровой инженерии для создания и управления инфраструктурными объектами

Окончание таблицы 3.9

Ранг уровня наукоемкости сервиса	Профессионализация сервиса	Целевые функции сервиса	Примеры областей необходимых знаний
3	Техническое обслуживание и ремонт	Разработка систем управления состоянием оборудования в реальном времени. Комплексное управление надежностью и рисками возникновения аварийных ситуаций. Создание технологий роботизированной диагностики производственных активов	Методы прогнозирования появления дефектов оборудования и аварийных ситуаций, принципы синхронизации «аналоговых» и цифровых активов
4	Регулирование спроса на электроэнергию и мощность	Создание инфраструктуры, обеспечивающей прямые энергетические транзакции между потребителем и сетью, в том числе на основе концепции ценозависимого потребления электроэнергии и цифровых платформ в сегментах умного учета и электротранспорта	Механизмы создания и устойчивого функционирования платформенных энергорынков, принципы адаптации новых моделей рыночных отношений в национальной энергетике
5	Повышение энергоэффективности	Развитие бизнес-моделей и механизмов реализации энергосервисных контрактов в сегментах распределенной генерации и микросетей. Формирование производных финансовых инструментов энергосбережения («белые» и «зеленые» сертификаты)	Методы поиска и тестирования наилучших доступных технологий, методы оптимизации финансирования и организации работ по энергосервисным контрактам

Ранжирование типов рынков с позиции наукоемкости, идентификация выполняемых ими задач позволяют наилучшим образом определить требования к конфигурации рынка и разработать комплекс мероприятий, обеспечивающих развитие рынков как по отдельности, так и в совокупности в рамках единой системы.

2. *Конкуренция в бизнес-среде электроэнергетики.* Конкуренция эффективна в тех сферах деятельности, которые непосредственно влияют на формирование основных технико-экономических характеристик энергетического производства (включая, как генерирующий, так и сетевой комплексы). Это поставки оборудования, сооружение энергетических объектов, а также их техническое обслуживание в течение всего срока эксплуатации. Функции энергокомпаний-собственников энергообъектов сводятся к поддержанию номинальных производственно-технических показателей на основе выполнения установленных правил технической эксплуатации и обеспечению готовности оборудования к несению нагрузки. При этом влияние внутриорганизационных изменений на издержки производства имеет весьма ограниченное значение. Кардинальное повышение экономической эффективности возможно только в результате проведения реконструкции и технического перевооружения электростанций и электросетевых предприятий, для чего также привлекаются специализированные наукоемкие сервисные бизнес-структуры.

Таким образом, с целью повышения технико-экономической эффективности производства, а, следовательно, и рентабельности своего бизнеса энергокомпании вступают в экономические взаимоотношения с сервисными бизнес-структурами. Выбор поставщиков энергооборудования, инжиниринговоконсультационных, информационных, ремонтных услуг осуществляется на конкурсной основе. При этом в числе критериев отбора контрагента энергокомпания рассматривает ценовые предложения, сроки выполнения работ и, конечно, ожидаемое качество предоставленных услуг. Априорно оценка качества определяется путем всестороннего анализа сложившегося рыночного реноме данной бизнес-структуры. В этом отношении регулятор сервисных рынков должен обращать особое внимание на организацию текущего контроля

деятельности соответствующих организаций, в том числе используя процедуру лицензирования. В то же время, важно максимально способствовать развитию конкуренции в этой сфере, учитывая при этом возрастающие требования к профильной специализации сервисных компаний.

3. *Диверсификация бизнеса.* Создание дополнительных бизнесов, всегда повышает стоимость энергокомпании и ее коммерческую устойчивость. Например, генерирующие компании выходят на рынок системных (технологических) услуг и предлагают Системному оператору свои свободные мощности для использования в качестве аварийного и нагрузочного резервов (поддержание баланса активной мощности и уровня частоты в энергосистеме). Электросетевые компании устанавливают устройства для обеспечения баланса реактивной мощности и поддержания номинального напряжения тока, также продавая эту технологическую услугу. Перспективным направлением является внедрение установок когенерации в распределительных ТСО; последние реализуют электрическую и тепловую энергию через региональные энергосбытовые структуры. Также можно рассматривать объединение сетевого и сбытового бизнесов в рамках вертикально-интегрированных компаний.

Если диверсификация бизнеса увеличивает выручку (доход) компании, то применение новых бизнес-процессов в рамках данного исправления бизнеса приводит к снижению издержек. В этом отношении весьма эффективным примером является внедрение механизма управления спросом в региональных энергосистемах, как специфической формы взаимодействия энергетического, промышленного и сервисного бизнесов на основе баланса экономических интересов. В этом случае в энергокомпаниях сокращаются капитальные и текущие затраты, связанные с вводом новых мощностей, а в энергосистеме происходит выравнивание совмещенного графика нагрузки (за счет уменьшения дневных максимумов и заполнения ночного «провала»). Для реализации согласованных с потребителями программ управления спросом энергетическое предприятие может привлекать, как было показано в параграфе 3.1.5, специализированные сервисные структуры – агрегаторов спроса.

4. *Малая энергетика как объект наукоемкого сервиса*. Перспективы развития малой энергетики, а значит и соответствующей формы энергетического и сервисного бизнесов, связаны с формированием «малых» энергосистем, объединяющих все энергообъекты данного региона, которые в дальнейшем могут быть подключены на параллельную работу с основной («большой») энергосистемой. Для эксплуатации и развития установок малой энергетики создаются региональные вертикально-интегрированные компании; возможен также более радикальный вариант с образованием межрегиональных генерирующих компаний, причем даже со специализацией по типам малых электростанций. Эффективность обслуживания таких малых энергосистем, формируемых с использованием прогрессивных интеллектуальных цифровых решений, во многом зависит от мощностей сервисного контура, в котором решается широкий спектр задач – от обеспечения кибербезопасности до поиска вариантов наилучших с технико-экономической и экологической точек зрения эксплуатационных режимов.

Кроме вышеприведенных положений, в архитектуре рынка следует учесть ряд специфических характеристик сервисной деятельности в электроэнергетике, обусловленных технико-экономическими особенностями отрасли.

Во-первых, глубина специализации сервиса требует более высокого уровня его технической оснащенности по сравнению с основным энергетическим производством. Это, в свою очередь, означает, что качественный сервис не может обладать низкой стоимостью.

Во-вторых, организация сервиса во многом является производной от организации основного энергетического производства. Так, например, работы по техническому обслуживанию и ремонту планируются заранее и проводятся в строгом соответствии с графиком, согласованным с руководством электростанций и электросетевых предприятий. Подавляющее большинство ремонтных работ проводится в летний период, когда нагрузки могут быть снижены, а оборудование остановлено, в связи с чем сервис приобретает ярко выраженную сезонность. Эта сезонность естественным образом влияет на ценообразование, вынуждая энергоремонтные предприятия учитывать в итоговой стоимости работ время «простоя» персонала и оборудования.

В-третьих, сервис в электроэнергетике осуществляется по принципу комплексности: в общем случае сервисными организациями (подразделениями) выполняется большой объем работ, создающих условия для нормального функционирования энергетических компаний, что предъявляет требования к созданию необходимой сервисной инфраструктуры. Сервисные организации не только сами предоставляют высокотехнологичные услуги, но и нуждаются в дополнительной поддержке со стороны научных, исследовательских и опытно-конструкторских организаций. Особо остро данная проблема возникает в случае наукоемких услуг, позволяющих принципиальным образом повысить эффективность проводимых работ. Так, три крупнейшие международные сервисные компании “Schlumberger”, “Halliburton” и “BakerHughes”, работающие в ТЭК, в совокупности тратят ежегодно 1,5 млрд долларов на НИОКР [230, 435]. Кроме того, комплексный характер сервиса создает дополнительные возможности для автономизации данной деятельности путём создания профильных специализированных компаний (ПСК) с различным уровнем независимости по отношению к энергетическим предприятиям – заказчикам услуг [229].

В-четвертых, в большинстве развитых стран сервисная деятельность в электроэнергетике осуществляется в условиях жесткой конкуренции, причём конкурируют между собой не только сами поставщики услуг, но и другие организации, выполняющие заказы сервисных предприятий и находящиеся за пределами контура взаимоотношений энергокомпания – сервис. При этом при прочих равных условиях специализированный характер энергетического сервиса позволяет выстроить эффективную организационно-управленческую конструкцию, в которой между заказчиками услуг и субъектами сервисной деятельности возникают либо требуют создания различные пространственные взаимосвязи, отличающиеся полицентричностью (рисунок 3.16). Необходимость такой конструкции обусловлена существенным усложнением содержания отраслевой сервисной поддержки, требующей кооперации финансовых, интеллектуальных и организационных усилий для разработки новых технологий, проведения научных исследований, выпуска аппаратуры и программного обеспечения.

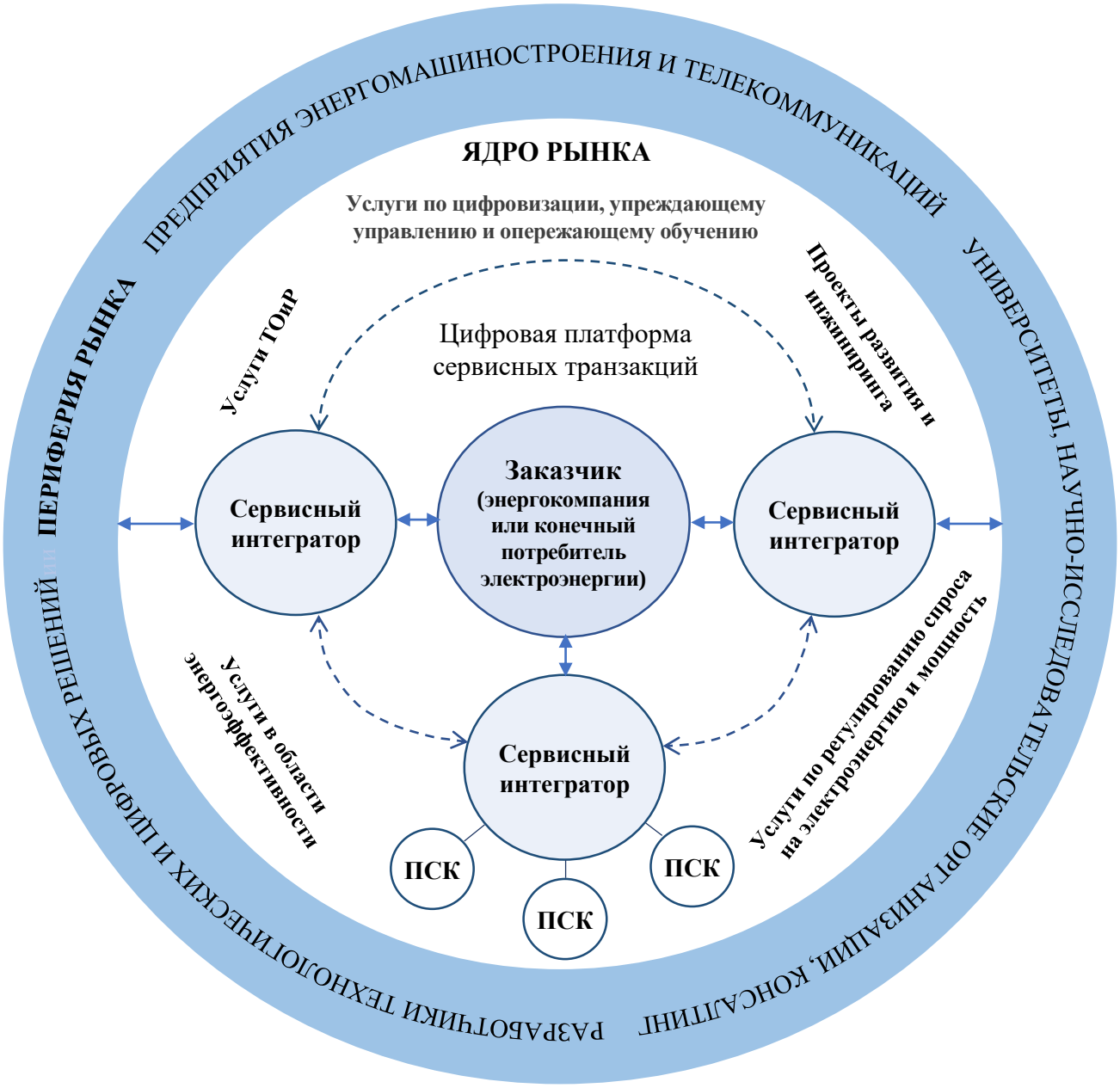


Рисунок 3.16 – Эталонная интегрированная архитектура сервисного рынка в электроэнергетике (разработано автором).

Таким образом, в архитектуре электроэнергетических сервисных рынков, отличающихся повышенной наукоемкостью, целесообразно выделить ядро, состоящее из пяти гетерогенных рынков с полицентрическими связями, и периферию. Периферию формируют IT-индустрия, телекоммуникационный сектор, энергомашиностроение, университеты и научно-исследовательские организации, которые снабжают рынки новейшими технологическими, информационно-коммуникационными решениями, интеллектуальными и аналитическими ресурсами, позволяя сервисным компаниям реализовывать свои

функции на передовой научно-технической базе и генерировать знания, технологии, инструменты для опережающего развития электроэнергетики и реализации программ технологической модернизации.

Предлагаемая архитектура соответствует теоретической концепции «центр – периферия», которая, являясь частью структуралистского подхода к экономике [306, 415], как правило, используется для обоснования закономерностей социально-экономического развития территориальных формаций различного масштаба – глобального, национального, регионального, локального [162]. Сегодня применение данной концепции становится все более распространенным в задачах анализа факторов концентрации промышленности, а также формирования полицентричных мультикомпонентных производственных структур и рыночных объединений [203, 339, 359].

Однако подобная «эталонная» модель вступает в противоречие с текущей ситуацией, сложившейся в России под влиянием экономических и рыночных факторов.

1. Сервис исторически не рассматривался как конкурентный высококвалифицированный вид деятельности. Например, классическая сфера сервиса ТОиР считалась, как правило, вспомогательной, генерирующей затраты, подлежащие минимизации и жесткому контролю. Особенно эта ситуация усугубилась в 1990-е годы, в период резкого снижения инвестиций в развитие отрасли. Массовый вывод ремонта в аутсорсинг в следующем десятилетии во многом был проявлением управленческого мейнстрима, нежели продуманной экономической стратегией, и не оправдал себя вследствие появления на рынке большого количества недобросовестных игроков. В результате на сегодняшний день и в генерации, и в электрических сетях большая доля объемов ТОиР выполняется хозяйственным способом, а модель внешнего подряда используется преимущественно для выполнения аварийных работ.

2. В большинстве регионов страны так же, как и 10–20 лет назад, обеспечение заказа во многом зависит от энергокомпании или муниципалитета, что является фактором роста аффилированности сервисных компаний с головным заказчиком, а на рынке формируются некорректные экономические установки, выражающиеся в непрозрачном ценообразовании, снижении качества услуг за

счет минимизации затрат на привлекаемый к проведению работ персонал и используемое оборудование, размывании ответственности за конечный результат между исполнителем и потребителем услуги.

3. Действующая в настоящее время система тендерных закупок использует по существу единственный критерий выбора поставщика – минимальную цену. Компетенции подрядчика, его портфолио, наличие технологической и инструментальной базы, позиции в специализированных рейтингах не учитываются.

В результате на сервисных рынках в электроэнергетике наблюдаются две противоположные тенденции. С одной стороны, допустимо говорить о сервисе как о сфере деятельности с большим экономическим потенциалом и относительно позитивной динамикой. С другой – сохраняются тенденции превалирования нерыночных факторов конкурентной борьбы (так называемой псевдоконкуренции), проявляющиеся даже на рынках, которые должны быть высококонкурентными по своей природе. Например, в сегменте энергосервисных контрактов все больше наблюдается экспансия компаний либо имеющих непосредственное отношение к энергетическим предприятиям, либо организаций с госучастием, которым легче получить доступ к выполнению муниципальных контрактов.

На наш взгляд, учитывая рост и многоаспектность роли сервисных рынков в модернизационных процессах и решении стратегических задач национальной энергетики, целесообразно обеспечить максимально синхронное и сбалансированное развитие данных рынков в рамках единой системы. Речь идет именно об увязывании в систему разных *рынков*, нежели объединения в единый рынок различных *сегментов*, поскольку:

1) с одной стороны, наблюдается мощная конвергенция перечисленных рынков, выражающаяся в освоении представителями различных рынков услуг, которые традиционно являлись прерогативой конкретных акторов на конкретных этапах отраслевой цепочки создания ценности. Например, ЭСКО, классически оперировавшие только в зоне конечного потребителя, сегодня активно взаимодействуют с генерацией, предлагая услуги, связанные с получением «зеленых» сертификатов, с электросетевыми компаниями в контексте проектов Smart Grid и микросетей и, что самое главное, тем самым реализуя частично функции инжиниринга и управления спросом (рисунок 3.17);

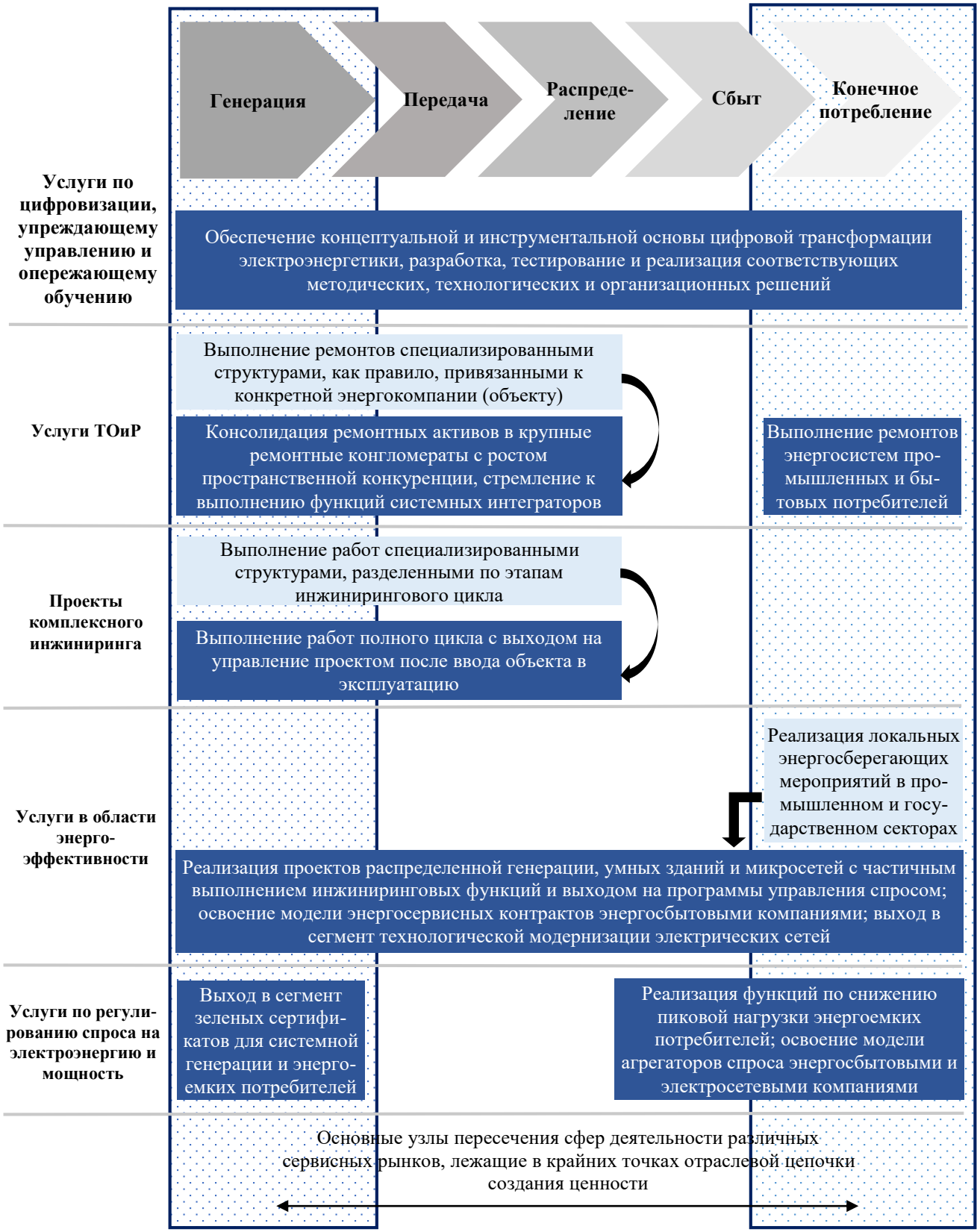


Рисунок 3.17 – Изменения в сферах влияния сервисных рынков в разрезе отраслевой цепочки создания ценности (разработано автором)

2) с другой – между рынками не всегда присутствуют сильные поперечные ценовые связи. Так, рост цен на рынке ТОиР с большой вероятностью увеличивает цены на рынках инжиниринга и услуг в области энергоэффективности; напротив, рост цен услуг ЭСКО не имеет очевидных последствий для «соседних рынков», поскольку именно ремонтная и инжиниринговая компоненты являются структурными элементами цены ЭСКО, а не наоборот, т. е. ЭСКО вправе назначить любую цену, определяемую условиями контракта. Другой пример: любые изменения цен на услуги агрегаторов практически не оказывает влияния на цены других рынков. Аналогичный характер взаимовлияния рынков наблюдается и при рассмотрении потенциальных изменений спроса.

Для подтверждения второго тезиса обратимся к широко известным в мире методам определения продуктовых границ рынков, применяющимся в практике антимонопольного регулирования различных стран, в том числе и в России: тесту гипотетического монополиста (ТГМ) и анализу ценовой эластичности услуг. Данные методы подробно описаны в [9, 152, 223] и сводятся к следующим алгоритмам.

1. ТГМ предполагает рассмотрение группы взаимозаменяемых товаров (сервисов), обращающихся в определенном регионе, и дальнейшее гипотетическое предположение о монополизации продаж данных товаров, вызывающее увеличение рыночных цен в пределах 5–10%. Если такой рост цен оказывается для «гипотетического монополиста» выгодным (то есть потребители не переключаются на другие товары), то считается, что границы товарного рынка определены. В противном случае наиболее близкие товары-заменители включаются в состав продуктовых границ товарного рынка, и процедура повторяется.

2. Метод анализа ценовой эластичности, базируется на предположении, что если рынки товаров A и B взаимосвязаны (находятся в одних границах), то будет наблюдаться следующая картина причин и следствий: рост цен на $A \rightarrow$ рост спроса на $B \rightarrow$ рост цен на B.

Оба метода предъявляют высокие требования к исходным данным для расчета с целью адекватного применения экономико-статистических инструментов оценки, которые в нашем случае отсутствуют в связи с фактически *абсолютной закрытостью коммерческих данных* сервисных предприятий.

Поэтому в рамках диссертации проведение ТГМ и анализа эластичностей цен проводится нами в форме *гипотетического эксперимента*, предполагающего обсуждение и выработку коллегиального мнения экспертов в количестве 13 человек, обладающих опытом работы на сервисных рынках и понимающих специфику реализации тех или иных наукоемких услуг. Состав экспертов: 3 чел. – руководители компаний, разрабатывающих цифровые и IT-решения для электроэнергетики, а также оказывающих консультационные услуги в области стратегического управления энергокомпаниями; 3 чел. – руководители энергоремонтных предприятий; 2 чел. – руководители ЭСКО и проектов в области повышения энергоэффективности для промышленности и муниципалитетов; 3 чел. – руководители инжиниринговых проектов, в т. ч. международных; 2 чел. – руководители проектов ценозависимого управления спросом.

Стандартным условием позитивного результата ТГМ является выполнение неравенства:

$$\varepsilon_{own} < \frac{1+t}{m+t} \tag{2}$$

где t – пороговое значение теста (10%), m – маржа прибыли, ε_{own} – собственная эластичность, с которой сталкивается гипотетический монополист:

$$\varepsilon_{own} = \frac{P}{Q} \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta P} \tag{3}$$

где P – цена, Q – спрос, ΔP – изменение цены, ΔQ – изменение спроса.

Маржинальность реализации различных энергетических услуг сильно дифференцирована, что обусловлено разницей в рыночных факторах, влияющих на ценообразование сервисных компаний, наличием (отсутствием) «регулирующих» условий (например, тендеров), расположением энергетических объектов и их принадлежностью (генерация, электрические сети), фондоемкостью услуг и так далее. В связи со столь сильной разницей в потенциальной маржинальности *проверка выполнения данного неравенства невозможна*.

Анализ ценовой эластичности состоит из двух частей. Вначале рассмотрим возможности взаимозаменяемости услуг, обращающихся на различных рынках. Логика проверки заключается в постановке вопроса: если на одни услуги

происходит рост цен на 10%, то будут ли эксперты переключаться на другой тип услуг, активизируя спрос в «смежном» сервисном сегменте? Консолидированное мнение экспертов приведено в таблице 3.10, где: 1 – услуги по цифровизации, упреждающему управлению и опережающему обучению, 2 – инжиниринговые услуги, 3 – услуги ТОиР, 4 – услуги по регулированию спроса на электроэнергию и мощность, 5 – услуги по энергоэффективности.

Таблица 3.10 – Проверка взаимозаменяемости услуг (разработано автором)

Тип услуг, на которые происходит увеличение цены на 10%	Вероятность, с которой эксперты гипотетически перейдут на другие услуги (заменители)				
	1	2	3	4	5
1		5%	0%	0%	0%
2	2%		5%	0%	2%
3	5%	0%		0%	5%
4	0%	0%	0%		5%
5	0%	10%	10%	5%	

Результаты проведения первой части анализа ценовой эластичности свидетельствуют о крайне низкой взаимозаменяемости услуг. Даже там, где присутствует вероятность обращения к поставщикам других типов услуг, взаимозаменяемость является лишь частичной. Например, по мнению экспертов, при дефиците предложения в части услуг по цифровизации, упреждающему управлению и опережающему обучению заказчик с минимальной вероятностью может обратиться к инжиниринговой компании как системному интегратору опыта выполнения сложных проектов, но лишь для получения консультационной помощи по вопросам формирования цифровой инфраструктуры бизнеса, систем управления и компетенций. Но о полноценном коммерческом взаимодействии по данным вопросам речь идти не будет.

Вторым шагом является оценка перекрестной чувствительности цен. Экспертам был задан вопрос: как повышение цен на 10% на один тип услуг повлияет на изменение цен на другие услуги? Предполагалось выставление качественных оценок: «влияние отсутствует», «незначительное», «умеренное», «существенное». Результаты оценки приведены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Проверка перекрестной ценовой чувствительности услуг (разработано автором)

Тип услуг, на которые происходит увеличение цены на 10%	Изменение цен на другие типы услуг				
	1	2	3	4	5
1		Незначительное	Незначительное	Влияние отсутствует	Незначительное
2	Влияние отсутствует		Незначительное	Влияние отсутствует	Незначительное
3	Влияние отсутствует	Незначительное		Влияние отсутствует	Незначительное
4	Влияние отсутствует	Влияние отсутствует	Влияние отсутствует		Незначительное
5	Влияние отсутствует	Незначительное	Влияние отсутствует	Влияние отсутствует	

Результаты проведения второй части анализа ценовой эластичности демонстрируют весьма низкую степень взаимного ценового отклика: более, чем в 50% проведенных перекрестных оценок каких-либо ценовых изменений экспертами не прогнозируется. Таким образом, следует констатировать: несмотря на то, что проведение гипотетического анализа ценовой эластичности различных услуг является *возможным*, его результаты указывают на *необходимость разграничения сервисных рынков* ввиду низкой взаимозаменяемости услуг и слабого ценового отклика при изменении спроса и цен.

В качестве финального этапа проверки рассмотрим *типовые графики эластичности спроса* на различных сервисных рынках. При сходстве графиков можно было бы утверждать о наличии комплекса единых причин ценовых флуктуаций, происходящих на различных рынках [272], однако, как видно из рисунка 3.18, эластичность на анализируемых рынках различается. Так, на рынках проектов комплексного инжиниринга и услуг по цифровизации, упреждающему управлению и опережающему обучению спрос является неэластичным, что обусловлено, с одной стороны, дефицитом предложения, с другой, ограниченностью спроса и вместе с тем «обязательностью» его реализации, обоснованной необходимостью выполнения общеотраслевых инвестиционных программ и национальных проектов цифровой трансформации энергетической инфраструктуры. В этой связи, изменения цен на соответствующие услуги фактически не приводят к изменению спроса (конечно, до определенного предела, при котором

рентабельность услуг становится отрицательной). Спрос на рынках услуг по регулированию спроса на электроэнергию и мощность и ТОиР, напротив, является эластичным, поскольку основными механизмами их приобретения являются ценовые аукционы и тендерные закупки, предполагающие, что в равноконкурентных для игроков рынка условиях вероятность доступа к большему объему сбыта даже при незначительном снижении цены повышается (и наоборот). Что касается рынка услуг по энергоэффективности, то здесь, скорее, следует говорить о приближении к единичной эластичности спроса, но при соблюдении условия, что спрос на энергосервисные контракты относительно равномерно распределен по различным заказчикам без привязки к отдельным группам (например, муниципалитетам, реализующим модернизацию осветительной инфраструктуры).

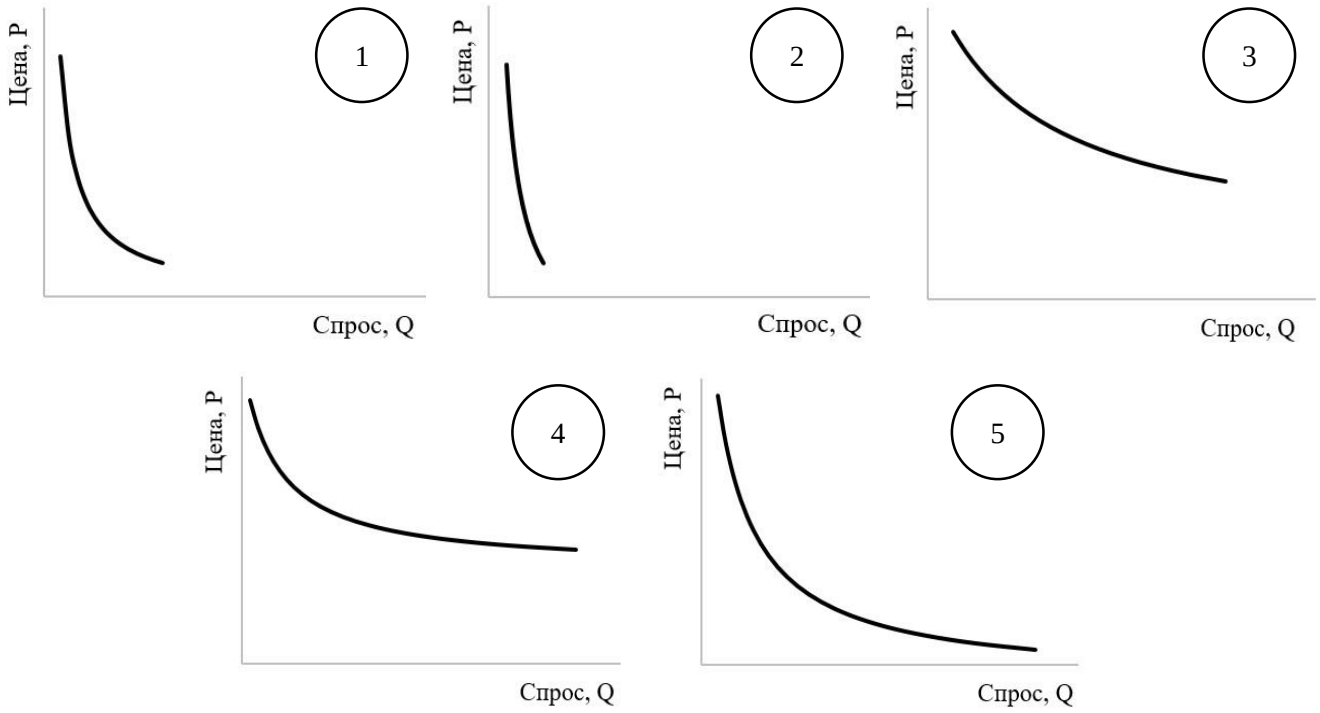


Рисунок 3.18 – Типовые графики эластичности спроса для сервисных рынков; номера рынков соответствуют принятым обозначениям в таблицах 3.10 и 3.11 (разработано автором)

Вышесказанное подтверждает, что объединять перечисленные рынки в один неправомерно, однако ввиду выявленного единства интересов и конъюнктурных пересечений целесообразно рассматривать их как единую систему.

3.3. Экономические взаимосвязи и институциональная поддержка энергосервиса

В процессе адаптации электроэнергетики к рыночным условиям в России реализован значительный комплекс мер, направленных на реформирование отрасли и создание нового «конкурентного» электроэнергетического рынка. При этом наряду с тем, что в процессе преобразований в отрасли сформированы и постепенно развиваются некоторые базовые условия рыночного предпринимательства, целый ряд институтов и механизмов пока не соответствуют характеристикам рынков с развитой конкуренцией и требуют дальнейшего совершенствования [124]. Приходится констатировать, что сервисные рынки в электроэнергетике относятся как раз к такой категории.

В то время как аспекты, связанные с регулированием вопросов надежности электроснабжения, являются достаточно раскрытыми, регулирование сервисной поддержки основных процессов испытывает дефицит нормативной базы. Отчасти это связано с тем, что, как уже было показано выше, энергетический сервис представляет собой гетерогенную совокупность рынков, функционирующих в различных моделях.

Например, отмечается, что в текущих условиях не сформирован инфраструктурный сервис по поддержке процессов согласованного и эффективного развития объектов электроэнергетических систем, принадлежащих множеству различных хозяйствующих субъектов [124]. В связи с этим возникает значительная неопределенность и несогласованность действий различных субъектов рынка по целому ряду важнейших вопросов, влияющих в конечном итоге на показатели надежности и эффективности электроэнергетики, в частности касающихся необходимых объемов резервов мощностей в генерации и в электрических сетях, вводов нового и выводов отработавшего генерирующего и электропередающего оборудования; потребности в инвестиционных средствах на новое строительство и реконструкцию объектов. Все это крайне негативно влияет не только на развитие рыночных отношений в электроэнергетике и ее сервисном контуре, но и на экономическую и энергетическую безопасность страны в целом [3, 117].

Другой задачей является восстановление инновационного цикла: фундаментальные исследования – прикладные исследования – опытно-конструкторские разработки – головные образцы – производство [181]. *Эта задача является критической для рынка комплексного инжиниринга.* Для преодоления указанных проблем требуется выявление критических технологий в электроэнергетике, государственное финансирование фундаментальной и прикладной науки в энергетической сфере, разработка справочников наилучших доступных технологий, развитие «умного партнерства» между энергокомпаниями, наукой, образованием, властью [324, 327]. Важнейшими мерами являются освобождение от налогообложения прибыли, направляемой на НИОКР, предоставление льготных налоговых условий компаниям энергетического сектора на первоначальный период освоения отечественных образцов новой техники и технологий, развитие стимулирующего налогообложения для производственных, инжиниринговых, проектных компаний, внедряющих передовые (инновационные) технологии в энергетике. Наряду с этим необходима реализация программ инновационного развития акционерных обществ с государственным участием, государственных корпораций и федеральных государственных унитарных предприятий. Целесообразна организация федеральных и региональных центров науки и высоких технологий в электроэнергетике и создание на базе частно-государственного партнерства полигонов для отработки образцов новой техники и технологий и кафедр для подготовки высококвалифицированных кадров.

Ключевой аспект ресурсно-инновационного развития и центральная задача инновационного процесса в электроэнергетике в целом – взаимодействие энергетических и промышленных предприятий. Требуется решение проблемы импортозамещения, так как в настоящее время в целом ряде сегментов российская энергетика сильно зависит от иностранных технологий, оборудования, комплектующих и материалов. Российская промышленность, включая совместные предприятия, действующие на нашей территории, обеспечивает потребности отрасли в оборудовании и материалах на 70–80%. Необходимо продолжить работу по организации на российских заводах лицензионного

производства продукции, которая не может быть создана российскими учеными и инженерами в ближайшее время. Доля импортных машин в объеме закупаемого оборудования может составить к 2025 г. не более 12%, к 2030 г. – не более 8%, а к 2035 г. снизится до 3–5%. Таким образом, отечественной промышленностью будет освоено до 95–97% номенклатуры изделий для электроэнергетики. Реализация этих амбициозных целей предполагает использование различных форм сотрудничества промышленности, государства и энергетики, включая совместные программы импортозамещения, развитие системы закупок оборудования и материалов энергокомпаниями на конкурсной основе, обеспечение поставки машиностроительных изделий высокой степени заводской готовности, организация системы высококвалифицированного сервиса оборудования его производителями в течение всего срока эксплуатации. Требуется государственная поддержка импорта ключевых комплексных технологий с обязательствами по их локализации, а также покупки зарубежных активов – технологических «доноров» (конечно в тех странах, где это возможно в текущих реалиях). Важнейшим направлением является развитие специализированных инжиниринговых компаний в сфере создания объектов ТЭК, функционирующих на базе принципиально новых технологических и цифровых решений.

Кроме того, для успешного выполнения федерального проекта «Внедрение наилучших доступных технологий» должна быть создана комплексная нормативная правовая база, регламентирующая переход на НДТ, разработаны мероприятия, направленные на реальное стимулирование производства отечественного оборудования, внедряемого в рамках использования НДТ, и создана новая отрасль – *экологическое машиностроение*, отлажены эффективные схемы финансирования НДТ путем ускоренного роста инвестиций в основной капитал, в том числе благодаря применению дополнительных стимулирующих мер поддержки [22, 182].

В части *рынка ТОиР* сверхважным направлением является развитие долгосрочных форм взаимодействия энергокомпаний и сервисных предприятий, обеспечивающих поддержку перехода к управлению энергообъектами и оборудованием по жизненному циклу. Как известно, сервисная компания,

страховые фирмы, изготовители зачастую находятся в статусе «необязательных» участников эксплуатационной деятельности. Их присутствие определяется решением владельца актива и зависит от принятой им стратегии управления активами, распределяющей риски ответственности за безопасность эксплуатации оборудования между различными субъектами [27, 38].

При продаже современного высокотехнологического оборудования производители указывают условия его применения по назначению и необходимые регламенты технического обслуживания и ремонта в эксплуатационной документации и в соответствующих контрактах различных форм. Известно, что наиболее популярными считаются долгосрочные контракты полного сервиса LTSA (Long Term Service Agreement) и технического обслуживания LTMA (Long Term Service Agreement). Однако, компания, эксплуатирующая изделие, как правило выбирает собственный способ сервисного обслуживания, который может отличаться от LTSA или LTMA. Обычно он согласовывается с компанией-производителем (в особенности в пределах срока действия гарантии) и является предметом договора, который должен соответствовать принятой в компании-владельце энергообъекта политике управления производственными активами. Тем не менее, можно выделить ряд аспектов, актуальных для всех участников эксплуатационной деятельности при организации сервиса энергоустановок. К ним относятся:

– разработки концепции оптимальной сервисной бизнес-модели, включая вопросы активизации отечественных сервисных центров в процессах технического обслуживания и ремонта, а также стимулирование отечественного производства генерирующего и трансформаторного оборудования средней и большой мощности на территории России;

– приобретение отечественными компаниями сервисных компетенций для ТОиР отечественного и иностранного оборудования;

– определение возможности непрерывного дистанционного мониторинга технического состояния и диагностики оборудования, в том числе в режиме реального времени;

– оптимизация сервиса на основе принципа «по техническому состоянию»;

– развитие производства комплектующих и запасных частей к импортным узлам;

– активное взаимодействие со страховыми компаниями: обязательное страхование гражданской ответственности в отношении опасных производственных объектов, добровольное страхование рисков владельцев (эксплуатантов) в отношении производственных страховых случаев.

К универсальным мерам, обеспечивающим развитие *рынка услуг в области энергоэффективности*, успешно адаптированным в зарубежных странах, относятся:

– стандартизация энергосервисных контрактов и их ключевых положений;

– развитие регламентов оценки экономической, энергетической и экологической эффективности энергосервисных контрактов наподобие протокола IPMVP, которые могли бы применяться не только для отдельных объектов, но и для сложных интеллектуальных электро- и теплоэнергетических систем, умных городов, интегрированных коммунальных инфраструктур (как было сказано выше, большая роль в этом вопросе отводится РАЭСКО);

– создание специальных систем аккредитации игроков рынка (подобно системе СРО в российской строительной отрасли, Американской ассоциации ЭСКО, Европейской комиссии по стандартизации);

– упрощение закупочных процедур, сопутствующих реализации энергосберегающих проектов, и включение в них критериев энергетической и экологической эффективности;

– внедрение умных систем сбора данных, позволяющих оперативно отслеживать достижение запланированных показателей по энергосбережению и при необходимости вносить корректировки в номенклатуру и календарные графики проектов. Особую актуальность данная мера имеет для проектов, оперирующих большим количеством точек учета (модернизация уличного освещения, снижение потерь в электрических сетях, управление спросом на энергию в регионе и пр.);

– выделение на местном уровне грантовой поддержки высокоэффективным проектам, гарантирующим снижение энергопотребления на 40 % и более либо апробирующим инновационные технологии и оборудование (такой опыт имеют Чехия и Латвия);

– внедрение практики демонстрационных энергосберегающих проектов, повышающих информированность общественности о политике энергосбережения и концепции энергосервиса, что приводит к росту доверия к ЭСКО среди потенциальных заказчиков.

Наиболее парадоксальным и сложно преодолимым барьером развития российского энергосервисного рынка является так называемая «закредитованность» ЭСКО. Проектные схемы финансирования перфоманс-контрактов зачастую предполагают, что ЭСКО сами выступают в роли кредиторов, при этом договорные обязательства могут выходить далеко за пределы их капитализации. Другими словами, ЭСКО вынуждены играть не характерную и часто невыполнимую роль банков. «Зачистка» банковского сектора, последовательно проводимая Центробанком РФ в последние годы, наряду с весьма неопределенными перспективами его функционирования, обусловленными геополитической ситуацией, могла бы стимулировать формирование новых банковских продуктов и поиск новых рынков, среди которых энергосервис является привлекательной нишей. Однако пока что условия кредитования перфоманс-контрактов характеризуются высокими процентными ставками и относительно короткими сроками кредитования.

Дополнительным обременением для ЭСКО в части получения кредитов коммерческих банков является существующая система налогообложения, которая способствует увеличению срока действия договора. ЭСКО приходится выплачивать НДС после подписания актов выполненных работ, а возврат инвестированных средств ЭСКО происходит в течение нескольких лет. Таким образом, ЭСКО необходимо увеличивать сумму кредита для уплаты НДС и, соответственно, увеличивается сумма выплат процентов по кредиту. По этим причинам банки считают энергосервисный бизнес крайне рискованным, а потому

отказывают мелким и средним компаниям в кредитовании энергосервисных договоров без 100 % страхования рисков [111].

В ряде исследований [146, 220] отмечается, что для упрощения процедуры кредитования ЭСКО целесообразно ввести в нормативно-правовую базу в сфере энергосбережения термин «субсидирование процентной ставки по энергосервисному договору» и увеличить срок предоставления кредита. Например, зачастую долевой контракт при ставке более 14 % становится нерентабельным, а при ориентации на быстрые сроки окупаемости проектов (1–2 года) из набора возможных средств выпадает колоссальное количество технических мероприятий, требующих с точки зрения экономической эффективности более длительного периода реализации. Кроме того, целесообразно повысить уровень гарантий для инвесторов за счет совершенствования способов расчета полученной экономии в рамках перфоманс-контракта, учета эффекта от сокращения эксплуатационных расходов, а также возможностей снятия существующих ограничений по использованию факторинговых операций при реализации энергосберегающих проектов в бюджетных организациях (ограничения по уступке прав требований по энергосервисным договорам) [69].

Также немаловажным для России является развитие специализированных для энергосервисного бизнеса мер налоговой поддержки, таких как ускоренная амортизация оборудования, установленного ЭСКО в рамках энергосервисных договоров (контрактов), налоговые каникулы, а также энергетические и экологические налоги. Без существенной государственной экономической поддержки, например в форме субсидий и налоговых льгот, энергосервисный бизнес становится нишевым.

В отношении развития *рынка услуг по регулированию спроса на электроэнергию и мощность*, предлагаемые организационно-экономические меры можно подразделить на предписывающие, ограничительные и поощрительные.

1. Энергокомпании в законодательном порядке обязуются разрабатывать и совместно с потребителями осуществлять программы управления спросом.

Соответствующий раздел должен быть включен в федеральное и региональное законодательства, регламентирующие вопросы регулирования энергокомпаний.

2. Заявка энергокомпании на новые тарифы, в которой их повышение превосходит темпы инфляции, должна рассматриваться регулирующими органами только при наличии согласованной с потребителями программы управления спросом на электрическую и тепловую энергию. В случае невыполнения программы за отчетный период заявка на новые тарифы автоматически блокируется.

3. Лицензия на сооружение генерирующих мощностей на новых площадках выдается энергокомпании при условии, что параллельно в народное хозяйство ею направляется на цели рационализации энергопотребления не менее определенной доли (например 30 %) капиталовложений в новое строительство. Исключение может быть сделано для возобновляемых источников энергии и высокоэффективных установок комбинированного производства.

4. Энергокомпания получает право применять по согласованию с потребителями специальные договорные тарифы, стимулирующие повышение эффективности энергоиспользования и рациональные режимы энергопотребления. При этом ей запрещается перераспределять издержки энергоснабжения между группами потребителей.

5. Органам регулирования следует устанавливать повышенную норму прибыли на капитал, вложенный энергокомпанией в рационализацию энергопотребления.

6. Энергокомпании разрешается вычитать из общей суммы исчисленного налога на прибыль определенную долю затрат на разработку программ управления спросом.

7. В случае, когда энергокомпания направила в потребительский сектор более 50 % всех инвестиций за отчетный период, рекомендуется либо целиком вычесть эти затраты из общей суммы исчисленного налога на прибыль, либо установить пониженную ставку налога.

Для поддержки реализации указанных мер целесообразным представляется создание региональных фондов энергоэффективности (энергосбережения), в

которых бы аккумулировались финансовые ресурсы оптовых и территориальных генерирующих компаний, а также средства, выделяемые Федеральной сетевой компанией [63]. Для этого следует ввести нормативы отчислений в указанные фонды от чистого дохода соответствующих компаний (складывающегося из амортизации и прибыли). Электросетевые компании-операторы получают право на использование средств региональных фондов в установленном порядке, таким образом расширяя инвестиционные возможности и пополняя бюджеты программ управления спросом.

Наконец, *для всех без исключения сервисных рынков* актуальным направлением государственного регулирования является развитие конкурентной бизнес-среды. Оно предполагает разработку процедуры лицензирования энергосервисных компаний, установление правил конкурентного отбора эффективных поставщиков соответствующих услуг (алгоритм и критерии), выработку рекомендаций в части организации управления объектами малой энергетики и методов стимулирования собственников.

Ключевой задачей становится разработка комплекса мер, стимулирующих синхронное развитие данных рынков с учетом необходимости обеспечить сочетание государственного, рыночного и, что весьма актуально при переходе к цифровой энергетической парадигме, платформенного регулирования (основная задача здесь – не допустить «зарегулированности» рынков, сохранив возможности для свободной конкуренции между участниками); рост наукоемкости сервисной деятельности и создание условий для тесного взаимодействия между ядром и периферией рынка, активизирующего обмен новейшими знаниями и технологиями для опережающего развития электроэнергетики. Система разработанных в диссертации мер представлена в таблице 3.12.

Следует отметить, что приведенные направления и инструменты в целом пока еще не нашли широкого применения в практике государственного регулирования, но, на наш взгляд, являются весьма важными для создания эффективной и развивающейся бизнес-среды в электроэнергетике.

Таблица 3.12 – Комплекс мер, обеспечивающих синхронное развитие сервисных рынков в электроэнергетике (разработано автором)

№	Направление мер	Достигаемые результаты	Ответственные органы
1	«Инвентаризация» организаций, работающих на сервисных рынках: включение энергосервиса в классификатор ОКВЭД и единый электронный реестр, сертификация и рейтингование сервисных компаний	Достижение максимально полного и объективного понимания сервисных мощностей и компетенций, учета экономических показателей деятельности субъектов рынка в выполненных проектах	Федеральная налоговая служба, Министерство энергетики, Федеральная служба государственной статистики
2	Создание ассоциации субъектов рынка по типу саморегулируемого консорциума – площадки, включающей субъектов заказчиков, ядра и периферии рынка для выработки решений отраслевых проблем	Оперативное реагирование на возникающие вызовы и угрозы на базе единого понимания проблем рынка, определение рамочных «правил игры» создание умных партнерств власть – бизнес – наука – образование, стимулирующих восстановление инновационного цикла	На начальном этапе – Министерство энергетики, далее ассоциация функционирует самостоятельно, консолидируя ответственность за принятые решения
3	Ревизия и развитие нормативно-правовой базы с позиции закрепления четкого представления о предметах, содержании, финансовых моделях, способах осуществления и результатах различных типов сервисных контрактов	Стандартизация показателей эффективности работы сервисных организаций, закрепление конкретных методик и инструментов определения эффективности энергосервиса, устранение дублирующих нормативов и подзаконных актов, совершенствование критериев закупочных процедур	Министерство энергетики, Министерство юстиции, Федеральное агентство по государственным резервам, ассоциации субъектов рынков
4	Государственная поддержка наукоемкого энергомашиностроения и отечественной IT-индустрии, включая грантовые проекты, инвестиционные и налоговые стимулы	Обеспечение доступа сервисных компаний к передовым информационно-технологическим решениям, активизация импортозамещения, отраслевых и межотраслевых НИОКР, развитие малых инновационных предприятий	Министерство промышленности и торговли, профильные региональные органы власти

Окончание таблицы 3.12

№	Направление мер	Достигаемые результаты	Ответственные органы
5	Повышение доступа к финансовым ресурсам субъектов рынка (создание линейки специальных кредитов, налоговых преференций, белых сертификатов), развитие институтов страхования рисков и создание экономических стимулов для потребителей к взаимодействию с энергосервисом	Активизация конкуренции в секторе малого и среднего энергосервисного предпринимательства, диверсификация и повышение качества услуг, повышение доли «длинных» проектов полного цикла в структуре услуг, рост объемов программ управления спросом в промышленном и коммерческом секторах	Министерство финансов, ассоциации субъектов рынков
6	Развитие цифровой инфраструктуры рынка и разработка единых правил доступа рыночных субъектов к цифровым платформам	Формирование необходимой аналитики и прогнозов для различных участников рынка, создание динамических баз данных для мониторинга энергопотребления и состояния оборудования, повышение технологичности и прозрачности сервисных и энергетических транзакций	Министерство энергетики, НП «Совет рынка», ассоциации субъектов рынков
7	Формирование требований к компетенциям, структуре, контенту и организации образовательных программ для подготовки специалистов для сервисных рынков	Повышение интеллектуального потенциала сервисного контура, формирование механизмов трансфера знаний и технологий между заказчиками, ядром и периферией рынков	Ассоциации субъектов рынков
8	Оказание технической поддержки промышленным предприятиям в демонстрации современных низкоуглеродных технологий в сфере энергетики и переходе к ним, включая переход на альтернативные виды топлива	Развитие рынков экологического инжиниринга и машиностроения, адаптация к современным требованиям рынка ТОиР и ЭСКО-индустрии, повышение экологической и энергетической безопасности государства	Министерство промышленности и торговли, министерство энергетики, министерство природных ресурсов и экологии

3.4. Выводы

1. Автором выделено пять основных рынков, формирующих сервисную индустрию электроэнергетики РФ, которые находятся на различных стадиях своего развития, отличаются различной наукоемкостью, целевыми функциями и областями необходимых знаний: рынок услуг по цифровизации, упреждающему управлению и опережающему обучению; рынок проектов комплексного инжиниринга; рынок услуг ТОиР; рынок услуг по энергоэффективности (включая решения по экологической эффективности); рынок услуг по регулированию спроса на электроэнергию и мощность. Развитие данных рынков характеризуется рядом противоречий. С одной стороны, на отдельных рынках наблюдается позитивная динамика в части роста объемов и доходов, отмечается появление новых игроков и увеличение конкуренции (в основном это касается новых для России рынков услуг по регулированию спроса на электроэнергию и мощность и услуг в области энергоэффективности). С другой, в большинстве сегментов превалируют нерыночные факторы экономического выбора поставщиков услуг, что происходит вследствие высокой зарегулированности рыночных отношений в сфере сервиса. Вместе с тем сервисные рынки демонстрируют конвергенцию, выражающуюся в освоении представителями различных рынков услуг, которые традиционно являлись прерогативой конкретных акторов на конкретных этапах отраслевой цепочки создания ценности. При этом между рынками отсутствуют прочные поперечные экономические связи – например, изменения в ценовой политике и конкуренции на одних рынках, как правило, не приводят к аналогичным изменениям на других. Это подтверждает, что объединять различные сервисные рынки в один неправомерно, однако, ввиду сходства интересов и конъюнктурных пересечений, целесообразно рассматривать процессы их развития в рамках единой системы.

2. Предложенная интегрированная архитектура электроэнергетических сервисных рынков включает ядро, состоящее из пяти гетерогенных рынков с полицентрическими связями, и периферию, формируемую IT-индустрией,

телекоммуникационным сектором, энергомашиностроением, университетами и научно-исследовательскими организациями, которые снабжают рынки новейшими технологическими, информационно-коммуникационными решениями, интеллектуальными и аналитическими ресурсами, позволяя сервисным компаниям реализовывать свои функции на передовой научно-технической базе. Комплекс мер, стимулирующих синхронное развитие сервисных рынков, нацелен на обеспечение сочетания государственного, рыночного и, что весьма актуально при переходе к цифровой энергетической парадигме, платформенного регулирования, создание условий для обмена новейшими знаниями и технологиями между ядром и периферией, а также ускоренное восполнение специализированных компетенций в инжиниринге, техническом обслуживании и ремонте сложных энергетических объектов – одной из главных проблем, препятствующих самостоятельному освоению сервисными компаниями передовых технологий и внедрению их в практику.

ГЛАВА 4. ПЛАТФОРМЕННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИМИ ОТНОШЕНИЯМИ ЭНЕРГОКОМПАНИЙ И СЕРВИСНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

4.1. Проблемы создания технологических платформ в промышленности

Распространение концепции технологических платформ тесно связано с ускорением инновационного развития во многих странах мира и обострением конкуренции на наукоемких рынках. Новая реальность подразумевает, что создание и внедрение прорывных инноваций в высокотехнологичных отраслях невозможно без тесного сотрудничества различных «агентов» – предприятий, университетов, научно-исследовательских центров; разработки эффективных механизмов трансфера знаний и технологий; создания стратегических альянсов, в том числе на уровне отраслей и государств.

Условно все трактовки понятия «технологическая платформа» соответствуют одному из двух подходов.

В первом подходе технологическая платформа представляет собой саморегулируемый консорциум (глобального или регионального масштаба), созданный для решения сверхсложных проблем, как правило, научно-технических. Данный подход получил распространение в конце 1990-х гг. в европейских странах, в которых платформы создавались под идею глобального технологического лидерства. Задачи, решаемые в рамках таких платформ, всегда уникальны и единичны в своем роде, отличаются новизной, нелинейностью, недостатком знаний, прежде всего междисциплинарных, практически полным отсутствием необходимой аналитики.

В качестве примера такой задачи можно привести интеллектуальные энергосистемы, в создании которых заинтересованы предприятия целого ряда смежных с энергетикой отраслей. Масштаб проблемы, ее организационно-техническая, экономическая, правовая специфика требует от энергокомпаний наращивания потенциала сотрудничества с партнерами из разных сфер деятельности (рисунок 4.1).

Рисунок 4.1 – Платформенно-сетевая структура отраслевого взаимодействия в процессе создания интеллектуальных энергосистем (адаптировано автором по [210])

Спустя десять лет по европейскому принципу было сформировано порядка тридцати технологических платформ в РФ. Типовая модель структуры отечественной технологической платформы приведена на рисунке 4.2. Главным отличием отечественной модели платформ в сравнении с европейской заключалось в их «функционале»: *обоснование* инвестиционных проектов, выделяемых государством на R&D, превалировало над реальной *коммерциализацией* прорывных инноваций, способствующих лидерству в конкретных технологических секторах. Кроме того, в России в отличие от Европы технологические платформы создавались по принципу «сверху вниз», то есть по инициативе и под контролем прежде всего крупных государственных корпораций. Таким образом, исходным драйвером к созданию платформ в России стало скорее «административное давление», а не рыночные вызовы.

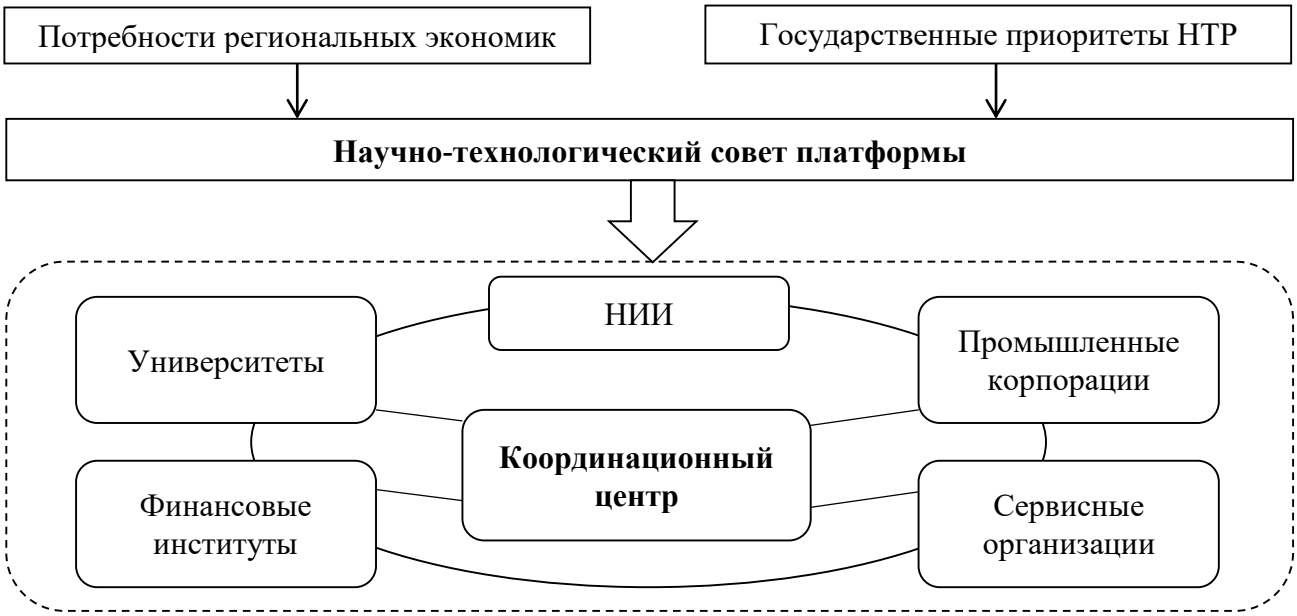


Рисунок 4.2 – Взаимодействие участников технологической платформы, построенной по принципу консорциума [90]

По данным Министерства экономического развития РФ, на начало 2018 г. функционировали 36 платформ, объединявших более 3500 участников, по 13 наиболее перспективным направлениям научно-технологического развития [153].

Этапы и принципы создания технологических платформ такого рода, их возможности и ограничения как национального (регионального) инструмента инновационного развития весьма подробно изложены в научной литературе [73, 129, 157, 189, 225], в том числе в ряде публикаций автора настоящей диссертации [59, 315, 331, 332].

Однако больший интерес в контексте целей исследования представляет так называемый *«продуктовый» или «рыночный» подход*, предлагающий рассматривать технологическую платформу в роли отправной точки формирования конкретным бизнесом собственной экосистемы (нового рыночного сегмента). Согласно этому подходу, крупная компания выступает провайдером технологий будущего, концентрируя вокруг себя множество более мелких фирм-подрядчиков, исследовательских центров, разнообразных технических и логистических сервисов, и, что самое главное, потребителей. Главный «товар» платформы – сервисы (реже – физические продукты), созданные на уникальной технологической архитектуре [72, 309].

Ключевая особенность таких платформ – тесная взаимосвязанность компаний-участников, процессов конкуренции и кооперации. Данные платформы, по аналогии с механизмом открытых инноваций, позволяют компании расширить границы своей операционной деятельности, диверсифицировать поток создания ценности за счет создания так называемых комплиментарных («гибридных») продуктов [94, 221].

В результате целью платформ становится формирование перспективных предпочтений большой группы потенциальных заказчиков. Такое опережающее воздействие дает базовой компании рыночную устойчивость на 5–10 лет вперед. Ценность технологической платформы возрастает, пока она привлекает все большее число клиентов и новых партнеров (предпринимателей, разработчиков, инвесторов и других бизнес-субъектов) за счет уникального гибридного предложения (рисунок 4.3).

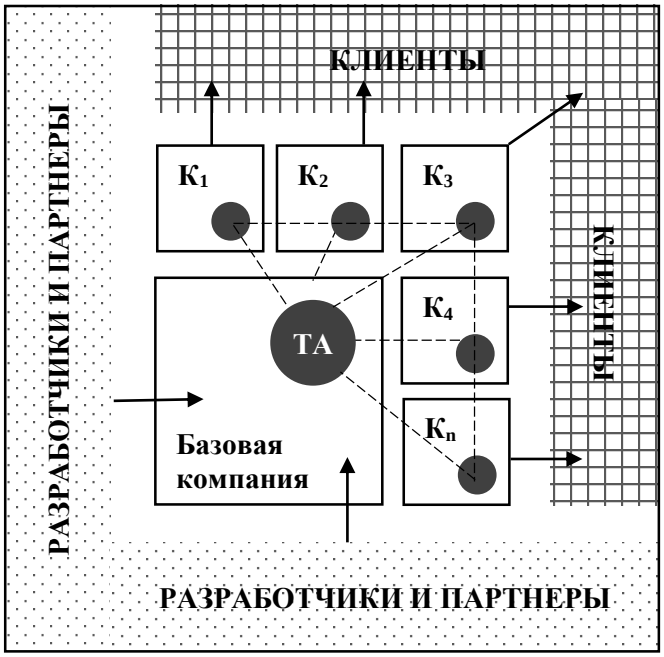


Рисунок 4.3 – Концептуальная модель технологической платформы, образующей инновационную экосистему, $К_1 \ldots К_n$ – бизнес-структуры базовой компании, предлагающие потребителям гибридные продукты, связанные единой технологической архитектурой (ТА) (разработано автором)

Таким образом, компания создает собственную рыночную экосистему, смысл которой – соединить вместе участников рыночных отношений (продавцов и клиентов), организовав для них доступ к использованию уникальной технологической архитектуры. По существу, в данном контексте экосистема – это особая модель рынка, которой присущи все его фундаментальные характеристики (товар, спрос, предложение, конкуренция); при этом неотъемлемым атрибутом данной модели является наличие базовой или ядерной технологии – системообразующего элемента рыночной инфраструктуры. Важно отметить, что на начальном этапе функционирования экосистемы другие «классические» элементы рыночной инфраструктуры (нормативно-правовая база, финансовые институты), как правило, отсутствуют, а в некоторых сегментах – вообще игнорируются [295, 298].

В рамках второго подхода технологическую платформу можно также определить как специфическую систему организации технических, информационных и интеллектуальных активов в цифровой среде. Использование платформы позволяет участникам совместно создавать потоки связанных продуктов и сервисов, обладающих уникальной потребительской ценностью, которую можно изменять в соответствии с предпочтениями заказчиков за счет быстрого добавления новых или устранения неактуальных продуктовых компонентов [425].

Важнейшим принципом конструирования необходимого набора активов является модульный подход, позволяющий выделить два типа активов – базовые и вариативные. Базовые активы обеспечивают создание уникальной технологической архитектуры продуктов – ключевого конкурентного преимущества компаний. Вариативные активы играют важную роль в производстве дополнительных (комплементарных) сервисов, а также выполняют поддерживающую функцию, обеспечивая устойчивость и работоспособность системы активов в целом.

Пионерами, построившими бизнес по типу платформ, являются компании, по существу не владеющие физическими активами, такие как Uber, Airbnb или Facebook. Однако, тенденция использования платформ в последние годы наметилась и в ряде тяжелых отраслей, таких как энергетика и машиностроение (таблица 4.1). Под отраслевой платформой понимается система

алгоритмизированных взаимоотношений участников отрасли, объединенных единой информационной средой, совокупностью цифровых данных. моделей, инструментов и технологий, приводящую к снижению транзакционных издержек и способствующую повышению эффективности квалифицированного управления отраслью, деятельностью субъектов отрасли и их взаимоотношениями [71].

Таблица 4.1 – Отрасли и сектора экономики с наивысшим потенциалом использования платформ, % [463].

Сектор экономики	Мир в целом	США	Китай	Индия	Япония	Велико-британия
Автомобильная / транспортная промышленность	13	13	18	14	13	16
Потребительские рынки и ритейл	11	13	14	9	7	8
Образование	8	13	8	5	13	5
Энергетика	8	5	6	14	0	10
Здравоохранение	12	11	11	6	17	11
Машиностроение	10	10	4	8	13	15
Медиа	14	18	11	6	13	18
Телекоммуникации	10	7	16	12	23	5

Примерами компаний, выстраивающих свой бизнес на основе платформенных инструментов, являются: в хай-тек производствах – концерны Boeing, Renault-Nissan, Caterpillar, Fiat; в энергетике и развитии инфраструктуры городов – Schneider Electric; в сфере финансов – платежные системы Visa и Master Card; в образовании – Houghton Mifflin Harcourt. Главной причиной интереса к платформам в промышленном секторе является усиливающийся запрос на кастомизацию. Предприятия, ранее ориентировавшиеся на выпуск стандартизированной (серийной) продукции, стремятся стать «производителями уникальных товаров» (original equipment manufacturer). В этом отношении уместно привести цитату А. Гауэра, выражающую идейный смысл создания платформ: «Все большее количество компаний хотят, чтобы их продукты и сервисы становились основой для разработки продуктов и сервисов других фирм» [310].

Таким образом, в логике платформенного строения крупная компания с помощью цифровых технологий объединяет вокруг себя разные «структуры». К ним относятся подрядчики, исследовательские центры, поставщики технических и логистических решений и, что самое главное – потребители. Главные «товары» платформы – уникальная технологическая архитектура и сервисы, созданные на ней [72, 309]. За счет них платформы становятся способны формировать перспективные предпочтения больших групп потенциальных клиентов, что обеспечивает рыночную устойчивость на 5–10 лет вперед. Ценность технологической платформы растет, пока она привлекает все большее число клиентов за счет уникального гибридного предложения. Вместе с этим увеличивается количество и разнообразие новых партнеров [259]. Организационная функция технологической платформы заключается в выполнении ею роли коммуникационной площадки, поддерживающей необходимое разнообразие взаимодействия и самоорганизацию ее субъектов с помощью информационно-коммуникативных технологий.

Вне зависимости от используемого подхода, любая платформа обладает рядом *отличительных характеристик*.

1. *Единая идеология и методология деятельности.* Для технологической платформы формируются цели и задачи, общие для всех участников инновационного процесса. Разные цели участников провоцируют снижение исследовательской фокусировки, рассогласованность в действиях, использование различной инструментальной базы, затрудняющей интерпретацию и консолидацию результатов работы.

2. *Распределенное лидерство, сетевая организация и саморегулируемость.* Технологическая платформа характеризуется отсутствием единого управляющего органа и множественностью центров управления. При этом участники платформы располагают уникальными активами (интеллектуальными, технологическими, материальными). Характер взаимодействия участников и специфические показатели производительности (например, такие как «текучесть участников» или «количество незавершенных взаимодействий») намного в большей степени влияют на инновационную эффективность платформы, нежели, например, наличие

современных производственных мощностей или регламентация процессов. Объединение стейкхолдеров платформы в устойчивую сеть определяет её некопируемость потенциальными конкурентами, при этом, чем больше пользователей работают с платформой, тем выше генерируемая ею ценность [299].

3. *Масштабируемость и открытость.* Структура платформы должна обеспечить возможность появления новых участников без существенных изменений её функциональных взаимосвязей. Любая платформа базируется на общем коммуникативном пространстве, при котором каждый её участник имеет доступ к любой информации и знаниям другого актора [76, 90, 422]. В этой связи одним из важных компонентов платформы является наличие специальных виртуальных интерфейсов.

4. *Рост капитализации.* Экономическая эффективность платформ обеспечивается за счет экономии масштаба, а именно:

– снижения затрат на разработку модификаций товаров (они перераспределяются между реципиентами платформы), что позволяет направлять больше ресурсов на увеличение объемов производства, а, следовательно, и доли рынка;

– ускоренной амортизации основных затрат в продуктовых семействах;

– гибкого использования дополнительных компетенций бизнеса (например, каналов распределения и технических сервисов) и за счет этого – быстрого темпа диверсификации бизнеса;

– повторного многократного использования технологической архитектуры в коммерческих целях;

– гиперсвязанностью продуктов и сервисов.

5. *Мощные горизонтальные связи между участниками платформы.* В технологических платформах поток создания потребительской ценности, как правило, соответствующий жизненному циклу товара, распределяется между бизнес-структурами в различных пропорциях. Уникальность и сложность разработок делают невозможным сосредоточение всех функций, включающих дизайн, производство компонентов, сборку, вывод товара на рынок, сервисную поддержку, в рамках деятельности одного рыночного субъекта, поэтому платформе

свойственна горизонтальная пространственная организация (рисунок 4.4). Таким образом, устойчивость экосистемы, на создание которой ориентирована платформа, зависит от координации взаимодействия всех её участников.

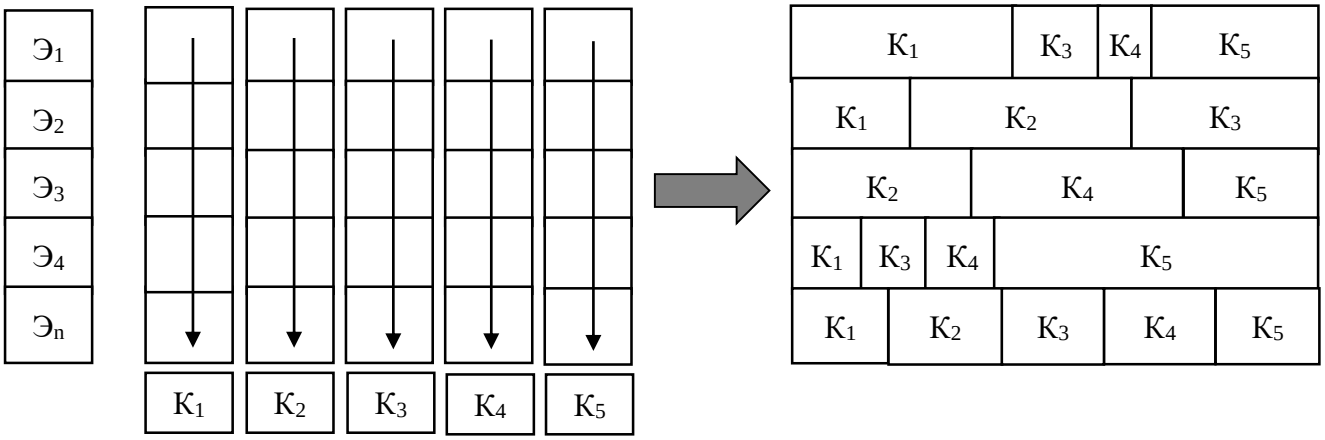


Рисунок 4.4 – Переход от вертикальной к горизонтальной организации взаимодействия участников платформы в процессе создания потребительской ценности; $К_1$ – $К_5$ – компании-участники платформы, $Э_1$ – $Э_n$ – этапы создания потребительской ценности (разработано автором)

В таблице 4.2 систематизированы основные принципы применения платформенных технологий в бизнесе.

Таблица 4.2 – Принципы функционирования технологических платформ (составлено автором).

Принцип	**Характеристика**
Единая идеология и методология	Согласованность действий при использовании общей инструментальной базы и стандартов
Распределенное лидерство	Множество центров принятия решений и сетевого взаимодействия
Масштабируемость и открытость	Привлечение новых участников за счет гибкой структуры платформы и общего коммуникативного пространства
Рост капитализации	Создается за счет эффекта масштаба, а также гиперсвязанности создаваемых на платформе продуктов и сервисов
Мощные горизонтальные связи между участниками	Распределение и координация субъектов платформы по всей цепочке создания ценности, совместная работа в исследовательских проектах

В обеспечении эффективного функционирования платформенных рынков, по мнению специалистов международной консалтинговой компании Accenture, ключевой функцией сервиса является предсказание потребительских предпочтений и организация доступа к заказчикам [10]. В Gartner придерживаются другой позиции: разнообразие сервисов является ключевым конкурентным преимуществом платформы и определяет степень гибкости ее архитектуры [379].

Создание технологической платформы обретает смысл только в том случае, если следующим шагом планируется образовать вокруг нее сообщество партнеров и потребителей – *цифровую экосистему*. Верно и обратное, цифровая экосистема может существовать только при наличии функционального ядра – платформы. Заметим, что экосистема образуется, когда «гравитационная» сила платформы достигает величины, достаточной для привлечения и удержания многочисленных членов сообщества.

В научной литературе цифровые экосистемы определяются как эволюционные самоорганизующиеся кросс-индустриальные системы независимых экономических субъектов, которые связаны цепочками добавленной стоимости и устроены аналогично природным экосистемам [393, 427]. Основное внимание в публикациях уделяется особенностям создания [470], бизнес-моделям и стратегиям цифровых экосистем [274, 310, 458], структуре и свойствам ее компонентов [279, 311] и взаимоотношениям между участниками [267, 354, 395, 469].

Более конкретная трактовка цифровых экосистем предложена в публикациях С. Мьюжа и А. Гауэра. Опираясь на их фундаментальные исследования, можно определить цифровую экосистему как сетевое сообщество множества экономических и интеллектуальных субъектов, сконцентрированных вокруг технологической платформы и находящихся в непрерывном процессе создания интеллектуальных или потребительских ценностей [60, 309, 310, 395]. Самоорганизация, интенсивный обмен идеями, знаниями, ресурсами с целью привлечения новых заказчиков, разработчиков, поставщиков и даже конкурентов обеспечивает приращение интеллектуальных и информационных активов экосистемы.

Подчеркнем, что понятия «технологическая платформа» и «цифровая экосистема», не конкурируют между собой, а дополняют друг друга. Платформы

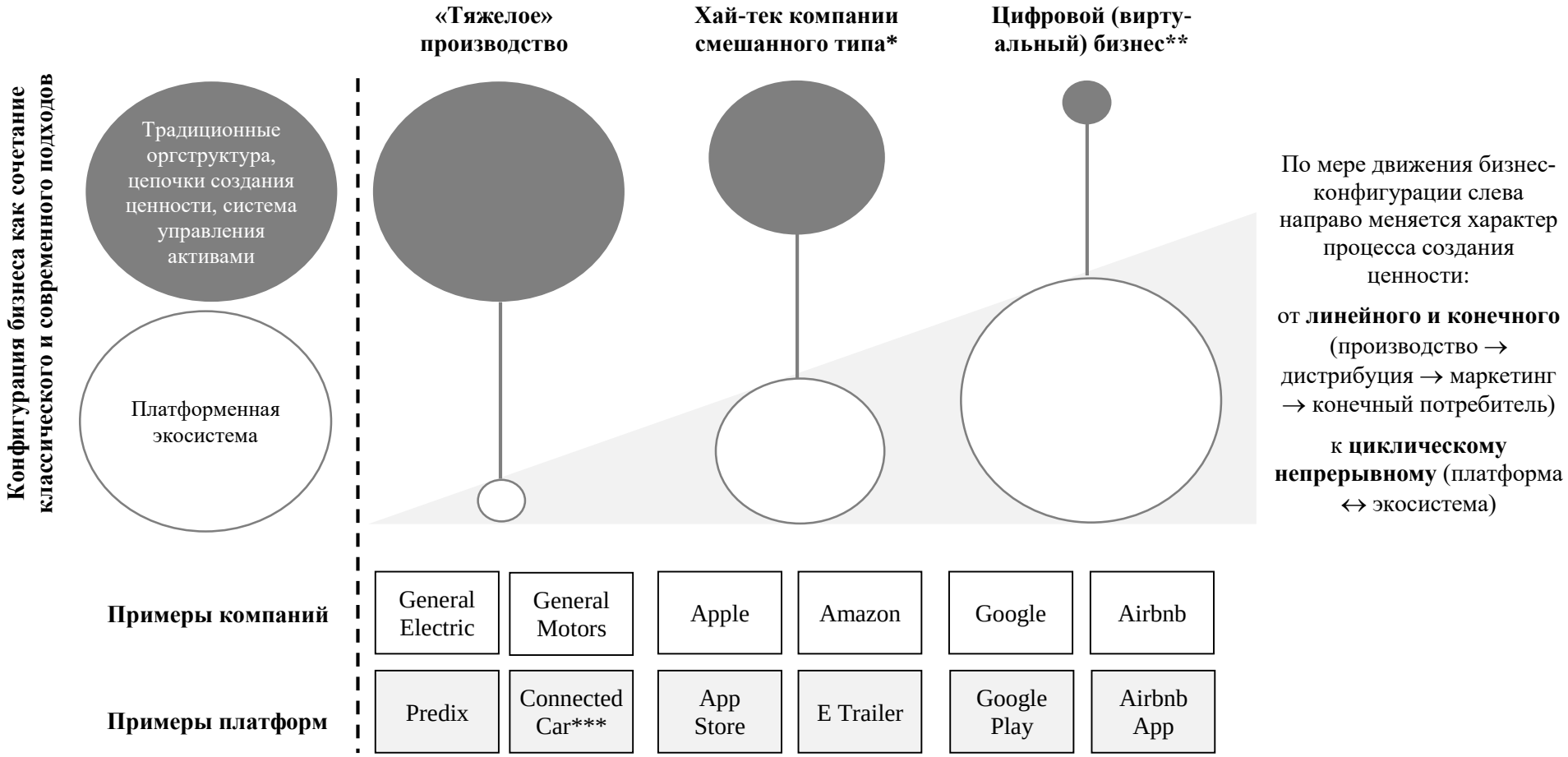
создаются для формирования уникальной экосистемы, где будут реализовываться новые технологии, продукты и сервисы, а пользователи и поставщики смогут взаимодействовать друг с другом напрямую, минуя посредников или других агентов [342]. При этом, лидерство за счет использования платформы может быть обусловлено двумя аспектами:

1) на ней создается диверсифицированный портфель наукоемких сервисов, обеспечивающих её масштабируемость и архитектурную гибкость [379];

2) в организационном дизайне бизнеса предусмотрена цепочка тесной кооперации с поставщиками новых знаний для быстрого отслеживания трендов – внешних угроз и возможностей.

Как отмечалось выше, в условиях цифровой экономики особо радикальные организационные трансформации происходят в традиционных отраслях промышленности, в которых ключевые конкурентные преимущества всегда были связаны с составом и производительностью основных фондов (рисунок 4.5). Стратегическим ответом на внешние вызовы становится повышение рыночной и корпоративной гибкости – доминантой новой организационной парадигмы бизнеса. Эта гибкость достигается в том числе за счет платформенного инструментария.

Предприятия полного жизненного цикла – так называемые системные интеграторы – активно переходят к модели бизнес-сетей. Практически ни одна компания, даже если речь идет о крупном конгломерате, не в состоянии выполнить все производственные процессы, чтобы предложить продукт или систему обслуживания продукта (PSS) независимо друг от друга. В этом отношении промышленные предприятия меняют операционную парадигму, частично превращая собственно производственный процесс в конечный сервис для заказчика, во многом с помощью интернета вещей, технологий анализа больших данных, облачных технологий производства [314, 487]. Платформа, как способ организации бизнеса в целом или отдельных бизнес-процессов, выполняет роль организующего начала или связующего звена, как бы цементируя различные подсистемы управления с помощью цифровых интерфейсов и модулей.



Примечания

* Имеются в виду компании, обладающие в равной степени мощной производственной базой и информационной инфраструктурой

** Компании, использующие бизнес-модель «облегченных активов» (asset-light model)

*** Connected Car (в пер. с англ. «подключенный автомобиль») – технологический концепт, согласно которому интеграция смартфонов, планшетов и операционной системы автомобилей позволяет получать доступ к веб-данным и, таким образом, использовать во время эксплуатации различные виртуальные сервисы в режиме реального времени (информация о пробках, навигация, поддержка call-центров, трансляция аудио- и видеоконтента)

Рисунок 4.5 – Технологические платформы в различных типах бизнеса (разработано автором)

Возникает научная проблема определения условий, при которых платформы действительно необходимы промышленному бизнесу. В общем случае создание корпоративных технологических платформ оправдано, когда компания стремится к достижению лидерства на основном и смежных рынках за счет реализации уникальных продуктов и сервисов для удовлетворения будущих запросов потребителей. Однако высокотехнологичные рынки нестабильны по своей природе, их игрокам трудно предугадать, как будет складываться конъюнктура; из-за этой неопределенности часто возникают разногласия между участниками платформ, что делает процесс разработки нового продукта длительным и дорогим.

К условным решениям, способствующим снижению данной определенности можно отнести следующие.

– компания постоянно аккумулирует, анализирует и учитывает объективную информацию о состоянии рынка;

– над созданием платформы работают междисциплинарные команды инженеров и менеджеров и другие специалисты необходимых профилей, внутри которых происходит ротация, увязанная с циклическими изменениями проекта;

– когда компания создает новую платформу, на рынке образуются пустоты и ниши, которые могут быть использованы конкурентами этой компании. Поэтому разработчики платформ на этапе проектирования должны изначально планировать заполнение появляющихся ниш с помощью производных продуктов;

– технологическая архитектура платформы должна способствовать быстрой разработке концептуальных решений, спецификаций, тестированию и выводу новых товаров на рынок. Здесь следует отметить, что чем более открытой является платформа, тем выше риск ее копирования (то есть её наиболее важных элементов – архитектуры и интерфейса) [143]. С другой стороны, закрытые платформы, будучи более юридически защищенными (поскольку политика платформы не предусматривает доступ к её интерфейсу третьим лицам), обладают менее гибкой архитектурой и производственной системой.

Однако в компаниях, работающих в отраслях критической инфраструктуры, – в энергетике, атомной и аэрокосмической промышленности, машиностроении,

транспорте – все намного сложнее. Эти компании зачастую представляют собой крупные вертикально-интегрированные корпорации, в которых бизнес-процессы подвержены тотальному контролю, решения принимаются централизованно, а главная стратегическая цель – удержать монополизм. Большое количество дополнительных факторов затрудняет переход к платформенной организации бизнеса – от выраженной технологической консервативности до исторических и структурных особенностей рынков.

Приведем примеры из электроэнергетики. В ней:

– *рынок электроэнергии и мощности* функционирует по определенному заданному алгоритму с жесткой зависимостью от довольно сложных технологических особенностей энергетического производства и режимных ограничений;

– *производственная программа* определяется режимом работы генерирующих и сетевых мощностей, специализацией электростанций в графике нагрузки энергосистемы и распоряжениями органов оперативно-диспетчерского управления;

– при рассмотрении вопросов *формирования затрат и цен* необходимо учитывать факторы, влияющие на КПД энергоустановок и технологические режимы работы электростанций в энергосистемах;

– *надежность энергоснабжения* имеет приоритет перед финансовой эффективностью, стандартизируется органами государственного управления и регулируется системным оператором при ведении текущих режимов;

– *в стратегическом управлении* главные инструменты менеджмента также весьма специфические: создание и поддержание стратегических резервов мощностей, маневренности генерации для снятия неопределенности графиков электрической нагрузки; техническая политика энергокомпаний в области обновления основного капитала; управление спросом и надежностью;

– *интеллектуализация энергетического производства* на базе Smart Grid существенно усложняет научно-техническую и инженерную компоненту и её влияние на эффективность и своевременность управленческих решений.

Конечно, беспрецедентно увеличилась и неопределенность внешней среды энергокомпаний, что находит отражение в вероятностном характере спроса на электроэнергию и мощность во времени и в региональном аспекте; нестабильности фондового рынка и неспособности банковской системы кредитовать электроэнергетику вследствие отсутствия «длинных денег»; постоянных изменениях правил регулирования тарифов и энергетических рынков; неустойчивости динамики внутренних цен на топливо; неопределенности ситуации на рынке энергомашиностроительной продукции и в отношении стоимости сооружения крупных энергообъектов.

В этой связи можно выделить три фундаментальные предпосылки создания технологических платформ в промышленности.

1. Приступать к созданию платформы целесообразно, только если компания имеет четкую идею и определилась с направлением прорыва. Высокая стоимость создания платформы, необходимость проведения зачастую масштабных организационных преобразований, коммерческие риски определяют, что «игра должна стоить свеч». При отсутствии уверенности в наличии уникальной масштабируемой идеи (новых продуктов, сервисов, технологических решений) и компетенций для её концептуального, технического и рыночного воплощения начинать работу по созданию платформы бессмысленно.

2. Даже, если идея детально проработана, подготовлены технико-экономические обоснования и выделены ресурсы на запуск инновационного процесса, следует уточнить, готова ли в целом компания к быстрому реагированию на внешние вызовы и какие инструменты обеспечения собственной организационной гибкости имеются в наличии.

3. Поскольку создание технологической платформы преследует цель формирования собственной экосистемы, в дизайне платформы должны быть предусмотрены механизмы кооперации и трансфера знаний. Заданное направление «прорыва» должно быть интересно не только самой компании – оно, безусловно, должно совпадать с целями партнеров по кооперации.

4.2. Особенности платформенных инструментов в электроэнергетике для реализации наукоемких услуг

«Платформенное мышление» в глобальной энергетике только зарождается. Первые отраслевые публикации по данной проблематике начали появляться в начале 2010-х гг. В качестве факторов, определяющих необходимость создания платформ в энергетике, отмечались тренды децентрализации, экспансии ВИЭ, «клиентоцентричности», интеграции энергетики с другими секторами городской инфраструктуры, появления просьюмеров – участников энергетических рынков, которые одновременно потребляют и производят электроэнергию [377]. Таким образом, платформы являлись реакцией электроэнергетики на нарастающее давление новых факторов и игроков, которые ранее игнорировались [206, 481].

В результате платформы востребованы в трех связанных сегментах, при этом они различаются ядерными технологиями, лежащими в основе их архитектуры (таблица 4.3). В первом сегменте основные изменения происходят в электросетевых и энергосбытовых компаниях, где радикально возрастает степень взаимодействия с конечными потребителями, системным оператором, структурами, осуществляющими диспетчерское управление, ЭСКО благодаря внедрению технологий умного учета. В сегменте «энергия как услуга» энергетические компании, в первую очередь энергосбытовые, переходят к модели продаж пакетов наукоемких сервисов (например создание персонализированного микроклимата или интегрированное управление коммунальной инфраструктурой), основанных на управлении электропотреблением за счет адаптивных информационно-коммуникационных технологий. Наконец, платформы развиваются в сфере электротранспорта, что требует появления новых рыночных агентов – независимых организаций или дочерних структур энергокомпаний, управляющих перетоками энергии между потребляющими устройствами и сетью. Таким образом, появление платформ трансформирует бизнес-модели энергетических и сервисных предприятий.

Таблица 4.3 – Примеры зарождающихся платформ в электроэнергетике (разработано автором)

Сегмент	Базовая технология	Ключевые участники	Группы пользователей
Умные электричес-кие сети	Smart grid и системы умного учета	– Системный оператор – Оператор диспетчерского управления – ЭСКО	Крупные производители электроэнергии Потребители электроэнергии
«Энергия как услуга»	Адаптивные информационно-телекоммуника-ционные системы	– ЭСКО – Специализированная телекоммуникационные компании – Центры обработки данных – Поставщики дополнительных наукоемких услуг (финансовых, торговых, консультационных)	Розничные поставщики или независимые производители электроэнергии Потребители электроэнергии
Электро-транспорт	Зарядная сеть, сопряженная с системами аккумулирования и накопления энергии	– Специализированная компания, обслуживающая зарядную сеть – Агрегатор управления спросом – Телекоммуникационная компания – Центр обработки данных	Розничные поставщики Оператор диспетчерского управления Потребители электроэнергии

Проследить специфику перехода от классического энергетического рынка к рынку, содержащему элементы платформ, можно на опыте финальной стадии либерализации электроэнергетики Великобритании (2000-е гг.). В этот период на 100% открытая рынку отрасль испытывала давление трех относительно новых факторов. Первый – ужесточение экологической политики. Так, Европейским союзом было директивно установлено, что к 2020 г. Королевство должно производить не менее 40% электроэнергии за счет ВИЭ, преимущественно ветра и солнца. Второй – динамичное развитие телекоммуникационных технологий, активно внедряемых в сферу ТОиР и радикально увеличивающих гибкость операционных процессов. Вполне естественно, что на базе современных ИТТ начали появляться «умные» сервисы. Используемые поначалу для внутренних целей энергокомпаний, они постепенно приобретали статус связывающего звена между контуром производства и потребления энергоресурсов. Кроме того,

высокими темпами росла роль «мелких» потребителей электроэнергии, начавших массовую установку микрогенерации и систем учета.

Традиционная «последовательная» организация электроэнергетики – от крупной генерации к сбыту электроэнергии – перестала отвечать новым вызовам. Росли противоречия в связке «электрические сети – энергосбыт». Территориальные сетевые компании отказывались взаимодействовать с потребителями, делавшими выбор в пользу малой генерации, в результате чего стремительно теряли доходы от услуг по технологическому присоединению. Энергосбыты, конкуренция между которыми основывалась преимущественно на ширине и качестве линейки «простых» сервисов, осознали слишком высокую зависимость от контура передачи и распределения – нахождение в конце производственной цепочки вкупе с низкой самостоятельностью приводило к высокому риску потери клиентов с новыми требованиями. Возникла потребность в создании прослойки рыночных агентов, ответственных в первую очередь за развитие инфраструктуры энергетического рынка с точки зрения актуальных запросов его потребителей.

В результате реформа электроэнергетики получила новый разворот. На уровне государства, энергокомпаний, в научных кругах началась (и продолжается до настоящего момента) дискуссия по поводу модернизации отраслевого дизайна по платформенному принципу (рисунок 4.6). Была частично создана платформа управления спросом и потреблением электроэнергии, координационные функции которой возлагались на Национальную сетевую компанию (НСК). Энергокомпании активизировали разработку новых программ управления спросом на энергию, в частности стали заключать с потребителями партисипативные контракты, позволявшие регулировать нагрузку фактически в онлайн-режиме. В работу также активно включились Национальная ассоциация энергосервисных компаний (NAESCO) и Ассоциация энергетических сервисов и технологий (ESTA), объединяющих порядка 100 предприятий. В перспективе планируется передать функции НСК на уровень регионов, в которых ведется работа над проектами виртуальных электростанций, формирующих самостоятельный контур малой генерации и микросетей.

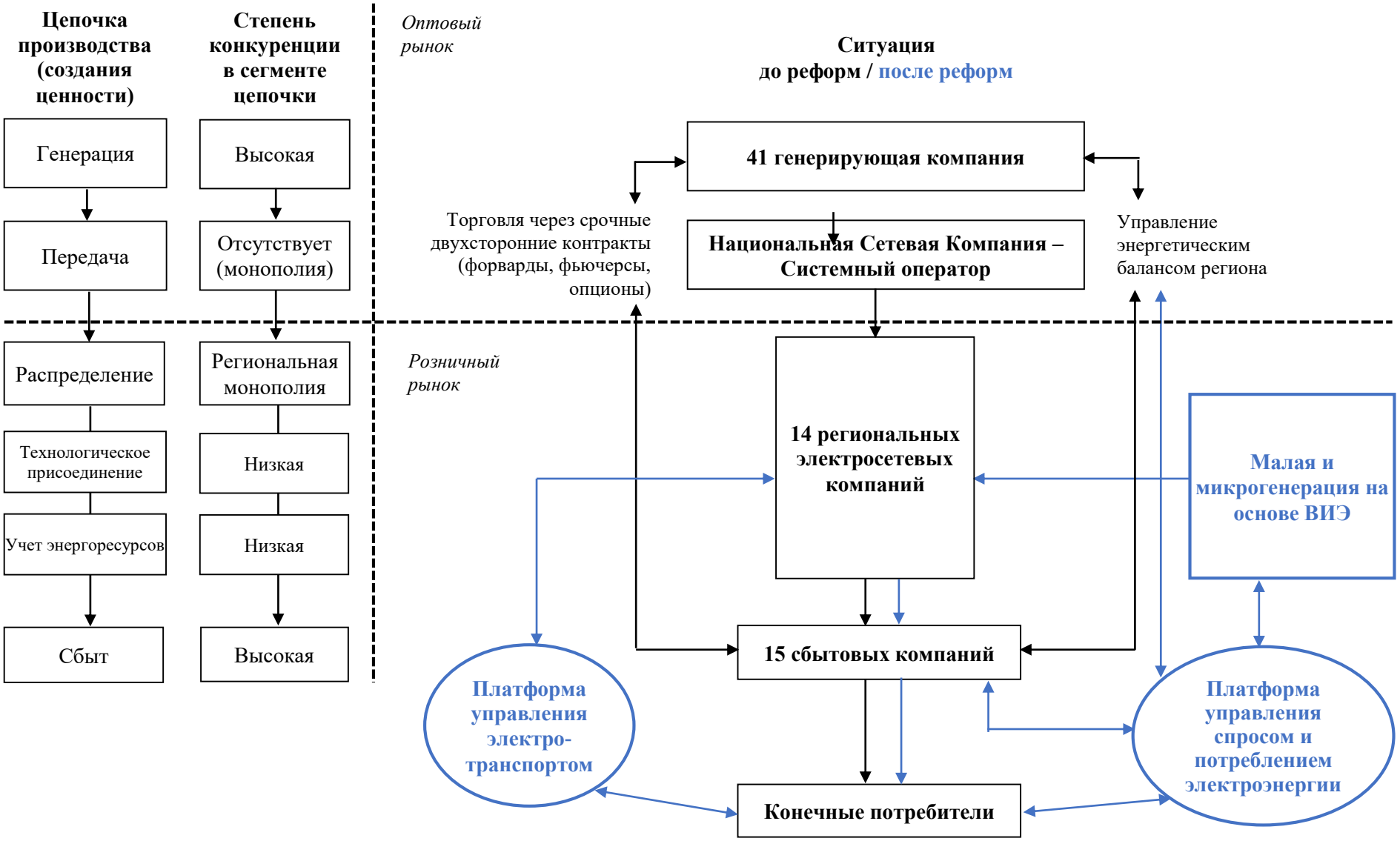


Рисунок 4.6 – Структура электроэнергетического рынка Великобритании и Уэльса в **2000-х гг.** и в **2010-х гг.** (адаптировано автором по [481])

В контексте платформы управления электротранспортом на конец 2017 г. создано около 30 операторов электрической сети, осуществляющих управление и сервисное обслуживание зарядных станций. Аккумулирование и анализ данных о технических и топологических параметрах состояния инфраструктуры осуществляет специальная регистрационная структура, основанная в 2011 г.

В России предпосылки формирования национальных энергетических платформ пока что связаны с рядом государственных инициатив в сфере развития микрогенерации, умных городов и проектов ценозависимого управления спросом на электроэнергию и мощность. Так, обсуждаются механизмы производства электроэнергии на ВИЭ частными домовладельцами (располагающими мощностью менее 15 кВт), которым планируется упростить требования доступа к сети в качестве продавца, а гарантирующим поставщикам конкретного региона вменяется обязанность покупать излишки электроэнергии, образующиеся у владельцев таких генерирующих объектов.

Предполагается, что доход, получаемый владельцем объекта микрогенерации в результате энергетических сделок не будет облагаться налогом. Правда в нашей стране микрогенерация пока не получила активное распространение; в качестве причин отмечаются сравнительно низкие регулируемые цены на электроэнергию для населения и нежелание электросетевых компаний, имеющих монопольную силу в сегменте передачи, развивать необходимую инфраструктуру микросетей, поскольку это может вызвать риски снижения надежности и прибыли.

В контексте управления микрогенерацией, микросетями и в целом распределенной энергетикой представляет интерес проект «А-Платформа», разработанный в 2019 г. в рамках Национальной технологической инициативы EnergyNet [148]. Платформа состоит из семи подсистем:

1) Интернета вещей, поддерживающего в реальном времени постоянное двустороннее взаимодействие с цифровыми сенсорами, актуаторами и контроллерами, подключенными к энергосистеме объекта;

2) формирования и актуализации онтологических моделей, информационных моделей и цифровых двойников энергетических объектов, обеспечивающих единое целостное и корректное цифровое представление объекта;

3) интеллектуального управления малыми энергетическими объектами, выполняющего всевозможные задачи анализа, прогнозирования, планирования, оптимизации, мониторинга;

4) проведения энергетических транзакций между заинтересованными сторонами платформы на базе смарт-контрактов и блокчейна;

5) управления электронными документами для информационного обмена между стейкхолдерами и с внешним окружением;

6) мониторинга состояния и диагностики компонентов платформы и приложений, непрерывно отслеживающих их корректное состояние в ходе исполнения;

7) информационной безопасности для предотвращения несанкционированного доступа к информации и злонамеренных воздействий на программное обеспечение.

При этом А-Платформа обладает модульной структурой и при необходимости может быть разделена на микросервисы, взаимодействующие между собой с использованием экономичных коммуникационных протоколов [151]. Интерфейс доступа к микросервисам публикуется через шлюз API для вызовов из приложений на базе платформы. Таким образом, для конечных пользователей за счет кастомизированных приложений платформа может быть масштабирована для решения широкого круга наукоемких задач: ценозависимого управления спросом на электроэнергию, управления виртуальными электростанциями, распределенными системами накопителей и активными энергетическими комплексами, диспетчеризации потребителей, участков и районов активной распределительной электросети и парка зарядных станций электротранспорта.

В свете возможностей, открывающихся в электроэнергетике за счет использования платформенных инструментов, кардинальные изменения ожидают тарифную составляющую. Если сейчас российский потребитель платит за электроэнергию и мощность, то в платформенной парадигме, вероятно, потребуется третий компонент – плата за доступ к цифровым сервисам. Естественно, эта составляющая отличается наибольшей гибкостью и зависит от платформы, которую предпочтет потребитель (при прочих равных условиях величина этой составляющей может быть равна нулю, но в зависимости от энергосбытовой компании (компании-оператора) данная величина может гибко меняться). Отдельные потребители могут объединяться в группы, тем самым диктуя поставщику энергоресурсов свои условия по тарификации. «Динамическое» ценообразование, в том числе в режиме реального времени, является способом привлечения частных и коммерческих потребителей, заинтересованных в управлении энергопотреблением, и побуждает их играть все более активную роль на рынке.

Данная тенденция обусловлена активным переходом энергокомпаний к бизнес-модели «энергия как услуга» (Energy-as-a-Service, EaaS). В логике данной модели компания продает не электричество или тепло, а пакет сервисов (создание персонализированного микроклимата в помещении, интегрированное управление коммунальной инфраструктурой домохозяйства, управление хранением энергии), которые действительно важны потребителям и используют энергоносители в качестве своей фундаментальной основы [479, 480]. Соглашения EaaS становятся все более распространенными в мире – к 2026 г. объем рынка предположительно составит 220 млрд долл. (рисунок 4.7).

Технологической базой бизнес-модели EaaS являются именно платформенные инструменты. Примеры соответствующих платформенных решений приведены автором в параграфе 4.3 диссертации.

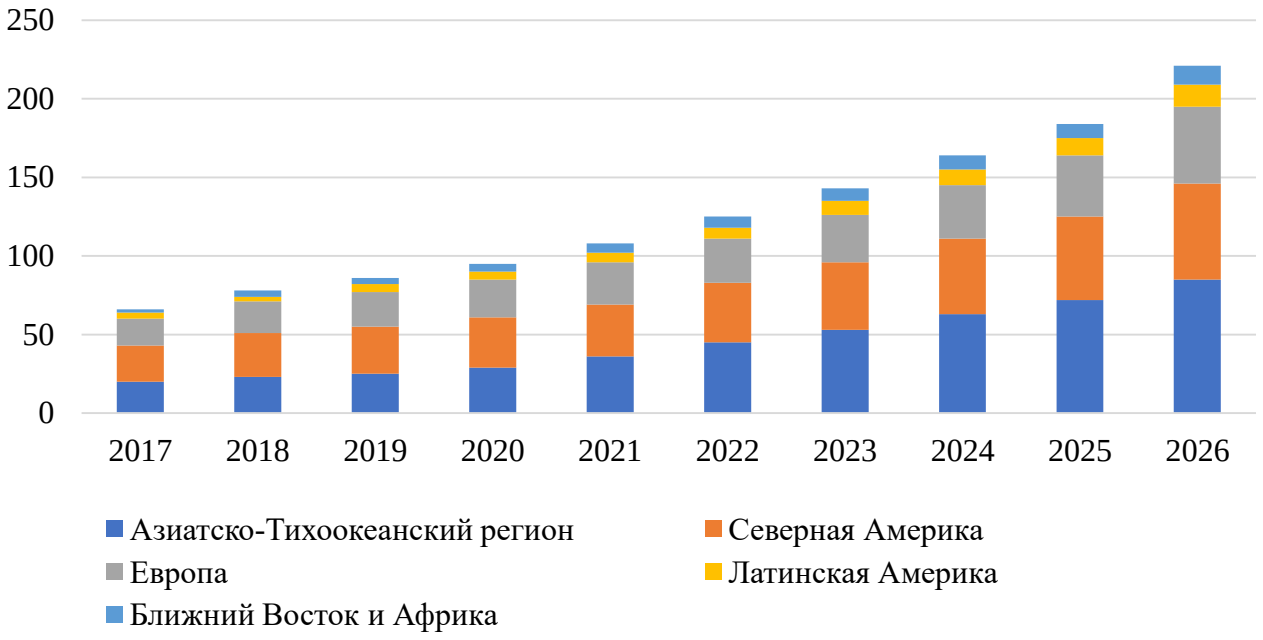


Рисунок 4.7 – Объем мирового рынка EaaS для организаций коммерческого и промышленного сектора, млрд долл. [236]

4.3. Организация экономического взаимодействия энергетических и сервисных предприятий на основе платформ

В литературе по платформам встречаются две противоречивые позиции относительно того, каким образом выстраиваются экономические отношения между участниками платформ [223].

Позиция 1. Платформы необходимо оценивать как участников нескольких односторонних рынков, то есть каждую сторону нужно рассматривать как взаимодействующую с платформой на отдельном рынке. При анализе эффектов для конкуренции считается, что любое действие, которое ухудшает положение пользователей на любом из этих рынков, например повышение платформой цены для одной из сторон, составляет достаточное основание для того, чтобы трактовать действия платформы как ухудшающие условия конкуренции.

Поскольку платформа оказывает услугу отдельно каждой из сторон, то логично рассматривать два отдельных рынка, на которых платформа

предоставляет сторонам информацию о возможности совершить транзакцию. Однако здесь возникает проблема нулевой цены. Ее суть заключается в том, что одна из групп пользователей может бесплатно подключаться к платформе и не платить за ее услуги. Подключение одной из сторон к платформе, по сути, субсидируется другой стороной. В данном случае многие инструменты анализа конкуренции не работают, поскольку невозможным становится трактовать прирост цены. При этом назначение нулевой или даже отрицательной цены может быть осознанной стратегией платформы, так как, например, бесплатное подключение пользователей на одной стороне создает положительные косвенные сетевые внешние эффекты (повышает ценность непосредственного контакта на платформе) для субсидирующей стороны. При прочих равных условиях, назначаемая платформой структура цен имеет нейтральный характер, а цена для одной из групп пользователей, присоединяющихся к платформе, зависит от того, какую цену платят пользователи из другой группы.

Позиция 2. Природа платформ – в установлении связей между сторонами, а, следовательно, для анализа границ товарного рынка необходимо рассматривать все стороны, подключающиеся к платформе, и косвенные сетевые эффекты. Ключевым параметром при анализе выступает наличие «эффекта переноса цен» при проведении транзакций: одна из сторон, подключающихся к платформе, может изменить цены и тем самым полностью перенести изменения в назначаемой платформой цене на контрагентов, с которыми она взаимодействует на платформе. Если данный эффект наблюдается, то для анализа конкуренции предпочтительнее исследовать отдельные рынки, где платформа назначает цены для каждой из рассматриваемых групп пользователей. Это связано с тем, что платформы, которые сталкиваются с эффектом переноса цен, не могут интернализировать возникающие косвенные эффекты через изменения в ценовой структуре, а значит многосторонний характер их бизнес-модели не играет роли при назначении цен.

Решать, рассматривать один многосторонний или несколько взаимосвязанных рынков, если не наблюдается эффект переноса цен, предлагается в зависимости от того, дает платформа осуществить транзакцию

между сторонами или нет. В этом отношении следует выделять нетранзакционные платформы с возможностью выбора (non-transaction matching platforms) и без такой возможности (non-transaction audience-providing platforms), а также транзакционные платформы (transaction platforms), которые могут проводить транзакцию между сторонами и получать плату как за присоединение, так и за пользование платформой.

Если пользователи платформы с обеих сторон подключаются к ней, чтобы найти пользователя с другой стороны, то следует говорить о том, что платформа предоставляет сервис подбора, а анализ конкуренции предпочтительно проводить в отношении одного многостороннего рынка.

Если хотя бы одна из групп пользователей подключается к платформе не для получения информации о возможности проведения транзакции, а для доступа к некоторому контенту, то говорят о рынках аудитории (audience markets) и рассматривают их как несколько связанных.

Обобщение вышеприведенных позиций приведена в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Обобщение позиций к анализу продуктовых границ рынков с платформами [268].

Показатель	Транзакционная платформа		Нетранзакционная платформа	
Эффект переноса цен	Нет	Да	Нет	Да
Услуги подбора	Да	Да	Да	Нет
Наличие косвенных внешних эффектов	+	+	+	+ / -
Предпочтительный анализ	Один многосторонний рынок	Несколько односторонних рынков	Один многосторонний рынок	Несколько связанных рынков

Таким образом, внедрение платформ увеличивает разнообразие форм экономического взаимодействия заказчиков и поставщиков услуг на основе возникающих прямых или косвенных сетевых экономических эффектов [87, 174].

Прямые эффекты главным образом связаны с коммуникационными возможностями платформ, выражающимися в обеспечении непрерывного роста числа пользователей и совершаемых ими транзакций за счет уникальной

ценности, которую предоставляет платформа. Как правило, такой ценностью является доступ к эксклюзивным приложениям, аналитике или технологической архитектуре, предназначенной для производства новых сервисов. При этом вход на платформу может быть как платным, так и бесплатным для одной или всех сторон-участников. Экономическая логика платформенной бизнес-модели описывается следующей логической последовательностью: *рост числа новых пользователей → рост спроса на реализуемые сервисы → увеличение цены на реализуемые сервисы → рост выручки и прибыли*. Основными статьями затрат для владельца платформы при этом являются: 1) затраты на привлечение и поддержку клиентов; 2) капитальные и операционные затраты на разработку, создание, поддержание работоспособности и потенциальное расширение пропускной способности информационной инфраструктуры платформы; 3) сопутствующих затрат на подбор персонала, юридическое сопровождение и другие процессы, обусловленные организацией управления платформой. Величина второй составляющей – так называемых инфраструктурных затрат – является многокомпонентной, определяется технологической спецификой платформы и может зависеть, например, от затрат на извлечение данных, их трансформацию и последующую загрузку в data-центры, затрат на защиту данных, скорости отклика платформы на аналитические запросы [212], объема обрабатываемой информации, характера и способа связи в сети, структурно-функциональной архитектуры платформы [87].

Наличие платы за вход, как правило, компенсирует операционные затраты, но снижает темпы прироста числа пользователей платформы; в то же время наличие такого «регистрационного взноса» уменьшает количество неответственных или недобросовестных участников (производителей спама, киберзлоумышленников, «наблюдателей», не настроенных совершать экономические транзакции), что в конечном итоге способствует снижению удельных затрат на обслуживание пользователей.

Если платформа ориентируется исключительно на подбор заказчиков и поставщиков различных сервисов, то есть выступает в роли цифрового посредника

торговых операций, прямыми экономическими эффектами для владельца платформы могут являться также процент (комиссия) от совершения транзакций и оплата за размещение контента от спонсоров (рекламодателей).

Исходя из вышесказанного, в общем виде прямой экономический эффект $Э_{пл}$ от внедрения платформенных инструментов предлагается рассчитывать по формуле

$$Э_{пл} = \sum_{i=1}^{n} Q_i + \sum_{i=1}^{n} Q_i \cdot K_t + Fee \cdot N - З_и - З_к - З_с \quad (4)$$

где Q_i – финансовый результат i-й сделки по реализации сервиса, K_t – процент с совершения сделок на платформе, Fee – стоимость входа на платформу, N – количество пользователей платформы, $З_и$ – инфраструктурные затраты, $З_и$ – затраты на привлечение и поддержку клиентов, $З_с$ – сопутствующие затраты.

Данная формула применима для владельца платформы вне зависимости от того, является ли он одновременно производителем сервиса (выгодоприобретателем сделки) или же ориентирован только на подбор поставщиков и производителей услуг. Основная разница заключается в том, что во втором случае первое слагаемое будет равно нулю.

Для оценки прямого экономического эффекта у производителей и заказчиков сервисов, использующих платформу в качестве цифрового инструмента коммуникационного взаимодействия, следует использовать видоизмененные вариации (5) и (6) вышеприведенной формулы:

$$Э_{пл}^{производитель} = \sum_{i=1}^{n} Q_i + \Delta З_и + \Delta З_с - \sum_{i=1}^{n} Q_i \cdot K_t - Fee \quad (5)$$

где $\Delta З_и$ и $\Delta З_с$ – изменение величины инфраструктурных и сопутствующих затрат производителя в случаях самостоятельной реализации сервисов и с привлечением платформы;

$$Э_{пл}^{заказчик} = \Delta P + \Delta З_и + \Delta З_с - Fee \quad (6)$$

где ΔP – изменение (снижение) цены на услугу, предлагаемой платформой.

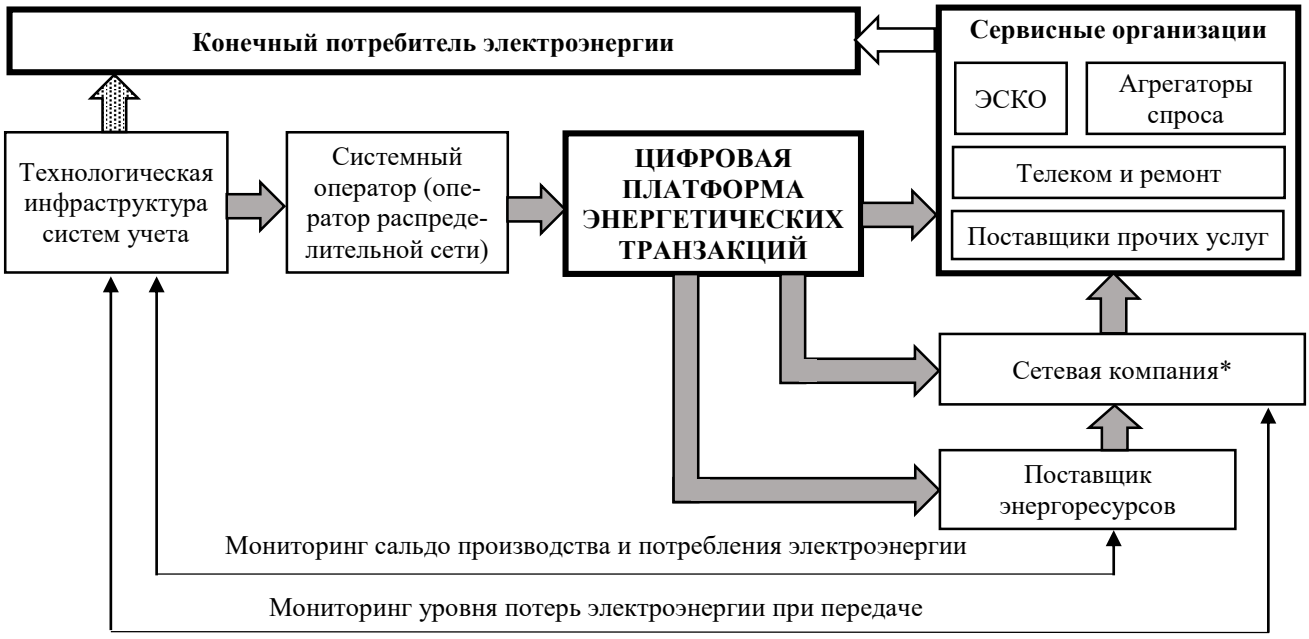
Отметим, что для заказчика сервисов важнейшую роль играют *косвенные экономические эффекты*, возникающие в ходе платформенного взаимодействия.

Они возникают в случае, когда с помощью платформы заказчик повышает эффективность отдельных процессов своей деятельности (снижает стоимость производства услуг, повышает производительность труда и управляемость операциями, уменьшает риски аварий, получает консультационную поддержку). Например, посредством платформенных инструментов может организовываться обмен знаниями и информацией между участниками либо обеспечиваться подключение к другим объектам на основе Интернета вещей с целью управления ими в реальном времени.

Подчеркнем, что прямой эффект генерируется на транзакционных платформах; платформы нетранзакционного типа обеспечивают только косвенный экономический эффект [315].

Рассмотрим направления применения платформ в электроэнергетике как перспективного наукоемкого сервиса и конкретизируем, как вследствие внедрения платформенных инструментов меняются формы экономического взаимодействия между энергетическими и сервисными компаниями.

Ускорение энергетических транзакций и повышение их прозрачности. В рамках данного направления цифровые *транзакционные платформы* позволяют привести взаимодействие различных участников энергоэкономических отношений практически к режиму реального времени, значительно увеличив при этом качество данных об энергопотреблении и соответствующих затратах. Например, на рисунке 4.8 показано, как цифровая платформа, встроенная в систему управления региональным сбытом электроэнергии, обеспечивает, во-первых, популярное сегодня представление о клиентоцентричности, во-вторых, связывает в единую сеть не только всех классических участников энергетического рынка, но и поставщиков сервисов из различных сегментов, в-третьих, создает аналитическую базу для комплексного решения ряда актуальных для энергокомпаний проблем, связанных с технологическим процессом электроснабжения. Такие платформы могут быть реализованы через трехконтурную схему. Первый контур платформы устанавливается на стороне потребителя, второй – на стороне поставщика энергоносителя и третий – на стороне рынка, при этом все контуры связаны между собой через облачный сервис-ориентированный интерфейс [93, 452].



* Возможен вариант совмещения функций сетевой и сбытовой компании в рамках одного предприятия

Рисунок 4.8 – Модель взаимодействия энергокомпаний, потребителей и сервисных организаций в процессе передачи электроэнергии посредством платформенных инструментов (разработано автором)

Условные обозначения:

– «сырые» данные с приборов учета, поступающие в режиме реального времени. Валидация данных отсутствует;

– данные, предназначенные для биллинга, расчета баланса энергопотребления и сервисных операций. Возможна временная задержка в передаче данных в связи с затратами времени на их валидацию и финальную обработку;

– данные, предназначенные для биллинга и сервисных операций. Это наиболее точные данные, прошедшие этапы валидации, обработки и сравнительной интерпретации для формирования прогнозов и моделей электропотребления. Возможна временная задержка в передаче данных

Задачи, которые может решать такая платформа:

– информирование о текущем и ретроспективном потреблении и затратах на оплату путем построения онлайн-графиков нагрузок;

– оплата счетов за электроэнергию;

– рекомендации о вариантах возможной экономии в течение дня;

– организация распределения электромобилей по зарядным станциям на территории города, информирование о возможности использования электромобиля в качестве генератора в энергодефицитных районах;

– информирование об отключениях электроэнергии в домах заранее через уведомление в приложении;

– информирование об изменениях в энергосистеме: аварии, перегрузки, сбои, смены тарифов, монтажные работы, проверки счетчиков;

– рекомендации по энергоэффективному поведению.

Продемонстрируем экономический эффект, который может быть достигнут за счет внедрения аналога такой платформы, разрабатываемой в настоящее время независимой энергосбытовой компанией, основной территорией обслуживания которой является Москва и Московская область. Помимо услуг, связанных непосредственно с энергоснабжением, компания реализует сервисы установки АСКУЭ и энергоаудитов в различных регионах РФ, работая как с частными, так и с промышленными потребителями.

Предполагается, что платформа позволит:

1) увеличить количество физических лиц – абонентов компании благодаря приложению с кастомизированным интерфейсом, содержащим аналитическую информацию о ретроспективном и текущем объемах электропотребления (бесплатная услуга). В перспективе планируется интеграция на платформу решений, позволяющих управлять «умным домом» и обслуживать интеллектуальные системы учета и соответствующую энергетическую инфраструктуру (за отдельную «сервисную» плату), то есть перейти к бизнес-модели «энергия как услуга»;

2) повысить качество управления и оптимизации электропотребления у промышленных заказчиков за счет интеграции устанавливаемых систем АСКУЭ с платформой с выходом в перспективе на сервисы создания цифрового двойника системы энергоснабжения предприятий.

Компания является владельцем платформы и планирует самостоятельно проводить ее информационное и техническое обслуживание; функцию

разработки платформы реализует специализированная IT-компания. Единовременные (инфраструктурные) затраты $З_и$ на разработку оцениваются в 12 млн руб. и осуществляются в первый год, годовые операционные затраты (на привлечение и поддержку клиентов и обслуживание, $З_к + З_с$) составляют 2,4 млн руб. в первый год, 2,6 млн руб. во второй год.

В течение 2022–2023 г. компания планирует использовать платформу как маркетинговый инструмент и привлечь 1500 новых абонентов в первый год и 3500 – во второй, что даст возможность увеличить отпуск электроэнергии примерно на 31,2 млн кВт·ч и увеличить доход на 3,1 млн руб., исходя из расчетного уровня сбытовой надбавки 0,1 руб./кВт·ч. Кроме того, предполагается постановка на обслуживание около 100 домохозяйств с установленными системами «умный дом» (доход складывается из полученной абонентской платы за пользование платформой 0,5 млн руб. и выполнения сервисных работ в размере 5,5 млн руб.). Аналогично по промышленным потребителям: за два года планируется получить доход в размере 1,2 млн от абонентской платы за присоединение к платформе и порядка 10 млн руб. от выполнения сервисных работ по установке и обслуживанию АСКУЭ.

Таким образом, затраты на внедрение платформы за два года составят 17 млн руб., доход – 20,3 млн руб. Совокупный экономический эффект равен 3,3 млн руб.

Отметим, что в более крупных энергосбытовых компаниях – гарантирующих поставщиках, обслуживающих, например, территории городов с численностью населения более 1 млн жителей, экономический эффект от внедрения таких платформ существенно (в десятки раз) выше. Это обусловлено не только количеством абонентов, но и величиной сбытовой надбавки, которая для независимых энергосбытовых компаний, как правило, имеет меньшую величину.

В случае рассмотренной компании переход к платформенной бизнес-модели также усиливает ряд других прямых и косвенных экономических

эффектов, достигаемых посредством сервиса установки АСКУЭ: снижение затрат на текущий сбор и обработку данных об энергопотреблении по результатам расчетного периода для выполнения начислений, затрат на инспектирование параметров и обеспечение качества учета электропотребления, снижение коммерческих потерь и дебиторской задолженности, расширение функционала и повышение гибкости взаимодействия с потребителями с позиции понимания графиков их нагрузки и структуры платежей для выработки наиболее рациональных и экономически целесообразных тарифов на электроэнергию.

Управление спросом на энергию. Модель ценозависимого управления спросом, реализуемая с привлечением специфического института агрегаторов спроса, уже вступила в свою пилотную фазу. Однако для ее полноценного воплощения отсутствует необходимая технологическая инфраструктура, причем как национальная, так и, что особо важно, региональная. Цифровые *транзакционные* платформы на основе Интернета энергии, искусственного интеллекта и систем анализа больших данных, могут стать эффективным инфраструктурным решением. Причем если сегодня функции владельца и оператора такой платформы выполняет Системный оператор, то в перспективе его роль могла бы свестись к минимуму с предоставлением большей свободы транзакционных отношений непосредственно агрегатору спроса и заказчику услуги, которые самостоятельно с помощью платформы создают заявку на снижение нагрузки, в результате чего автоматически назначаются торги, выбирается подходящий по критериям агрегатор спроса, определяются технические условия выполнения данного «виртуального» контракта. Основные задачи при реализации этой модели связаны с решением вопросов допуска на платформу генераторов, агрегаторов спроса и потребителей, созданием адекватных пользовательских интерфейсов, назначением полномочий администратора платформы. Затраты на создание и функционирование платформы могут покрываться либо из надбавки, устанавливаемой Системным оператором на услуги управления спросом, либо из отчислений агрегаторов спроса из прибыли, процент которых устанавливается законодательно.

Управление активами. Применение *нетранзакционных* платформ позволяет перейти к прогрессивным риск-ориентированным стратегиям, предполагающим непрерывное наблюдение за состоянием оборудования и предсказание возможных отказов в различных узлах технических систем. При использовании технологических платформ в качестве наукоемкого решения, позволяющего энергетическим компаниям радикально пересмотреть принципы организации производства и взаимодействия с сервисными предприятиями и потребителями, основным риском является неопределенность в отношении правильного выбора активов, позволяющих разрабатывать в долгосрочной перспективе достаточный объем кастомизированных сервисов без привлечения большого объема дополнительных средств [243]. Идентификация набора активов, который позволит энергетическому предприятию функционировать по модели платформы, происходит уже на начальном этапе модернизации производственной системы. Именно поэтому резко актуализируется необходимость тесной связи между стратегией управления активами, корпоративной и продуктовой стратегиями. Данные вопросы исследованы автором в ряде публикаций [46, 56, 325].

В качестве примера использования платформ в целях управления активами в параграфе 5.3 диссертации рассмотрена платформа для роботизированной диагностики воздушных линий электропередачи «Канатаход». Платформа позволяет создать точную цифровую 3D-модель электросетевого объекта с информацией о состоянии каждого ключевого элемента – цифрового двойника, который, в свою очередь, даёт возможность эффективно управлять состоянием электросетевых активов, доступ к которым для персонала затруднен по техническим причинам. Апробация данного диагностического метода показала, что уровень выявления дефектов на ВЛ достигает 98%.

Другим примером является организация на базе платформ инструментов интеллектуальных сервисов ТОиР, работающих по принципу Интернета вещей [95]. В рамках традиционного подхода энергопредприятие осуществляет сбор и хранение информации о работе электромеханического оборудования (ЭМО) в специальной базе данных, в которой происходит их агрегирование. Система

обычно обладает функционалом расчетов косвенных параметров на основе данных технологических процессов, ретроспективном и текущем состоянии ЭМО, результатов диагностики. Новый подход предусматривает платформенную глобализацию различных данных, влияющих на жизненный цикл ЭМО. Система организует сбор и обработку статистических данных в реальном времени, повышая точность оценки состояния оборудования и его остаточного ресурса и вовлекая в процесс оценки удаленных пользователей. При применении платформенного подхода интеллектуальная система ТОиР приобретает ряд важных системных свойств:

– масштабируемость (способность к интеграции в другие системы);

– самообучаемость (способность к изменению коэффициентов настройки во время работы);

– адаптируемость (способность поддерживать функциональность в различных условиях эксплуатации);

– самоорганизация (способность сохранять работоспособность при вводе новых функций).

Организация трансфера знаний между энергокомпаниями и университетами. Платформы представляют собой самоорганизующиеся сетевые структуры, целью которых является производство новых знаний для решения отраслевых проблем будущего. В данном контексте наиболее востребованными являются *специализированные научно-образовательные нетранзакционные платформы*. Авторский опыт проектирования таких платформ подробно раскрыт в параграфе 6.2 диссертации.

Систематизация направлений, целевых пользователей, рыночных областей локализации платформ и возникающих экономических эффектов от использования платформенных инструментов приведена в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Направления и экономические эффекты от использования платформ в электроэнергетике

№	Направление	Целевые пользователи платформ	Сервисные рынки, в которых локализуются платформы	Примеры экономических эффектов	
				прямых	косвенных
1	Ускорение и повышение прозрачности энергетических транзакций	Сервисные компании, генерирующие, электросетевые, энергосбытовые предприятия, конечные потребители	Рынок услуг по цифровизации, упреждающему управлению и опережающему обучению, рынок услуг по регулированию спросом на энергию и мощность	Доход (процент) от энергетических транзакций, плата за вход (для поставщиков дополнительных сервисов)	Увеличение качества данных об энергопотреблении и соответствующих затратах, создание аналитической базы по технологическому процессу электроснабжения
2	Ценозависимое управление спросом на энергию	Сервисные компании (агрегаторы спроса), энергосбытовые компании, Системный оператор, конечные потребители	Рынок услуг по регулированию спросом на энергию и мощность, рынок услуг в области энергоэффективности	Увеличение продаж за счет роста заказчиков и сделок благодаря кастомизированным интерфейсам и контрактным схемам	Снижение себестоимости продукции заказчиков за счет роста энергоэффективности и управляемости энергопотребления
3	Управление активами	Сервисные компании, генерирующие, электросетевые предприятия, организации периферии сервисных рынков	Рынок проектов комплексного инжиниринга, рынок услуг ТОиР, рынок услуг в области энергоэффективности	–	Снижение рисков аварий и внештатных ситуаций, более точное прогнозирование объемов и стоимости предстоящих технических воздействий за счет роста наблюдаемости активов
4	Организация трансфера знаний между энергокомпаниями и университетами	Сервисные компании, энергети-ческие структуры всех областей деятельности, организации периферии сервисных рынков	Рынок услуг по цифровизации, упреждающему управлению и опережающему обучению	–	Заблаговременная выработка инновационных решений сложных проблем за счет генерации новых знаний и опережающей подготовки кадров

Подчеркнем, что практическая организация платформ в отрасли и конкретных энергетических предприятиях зачастую упирается в отсутствие соответствующих организационных механизмов. В этом отношении уместно привести цитату американского консультанта по стратегическому управлению в энергетике Ли Брайана, который в своем блоге отмечает: «Ирония наблюдений за энергетическими компаниями, которые бесконечно говорят об интеллектуальных сетях, интернете вещей, распределенной генерации, накопителях энергии и прочих передовых научно-технических достижениях, заключается в том, что эти предприятия строят свою работу на переписке по электронной почте, создании презентаций в PowerPoint и непрерывных совещаниях. Они хотят добиться успеха на гиперсвязанных рынках, но каждый шаг на пути к этой цели делается в противоположном направлении» [264]. Эксперт, таким образом, подчеркивает, что успех энергетических компаний зависит не столько от знаний технологического контекста, сколько от готовности эти технологии применять, а, следовательно, от наличия адекватного организационного порядка и систем, обеспечивающих гибкость.

4.4. Выводы

1. Технологические платформы создаются в промышленности в целях решения сверхсложных проблем, отличающихся новизной, нелинейностью, недостатком междисциплинарных знаний, отсутствием необходимой аналитики. Они могут функционировать как саморегулируемые консорциумы или как масштабируемые бизнес-экосистемы, производящие сервисы, гибко приспосабливающиеся к запросам рынка за счет уникальной технологической архитектуры. Использование платформ в рыночной деятельности хозяйствующих субъектов позволяет осуществлять прямые формы экономического взаимодействия между ними без привлечения дополнительных посредников и увеличения капитальных и операционных затрат на функционирование

инфраструктуры рынка. В электроэнергетике платформы становятся востребованными в следующих взаимосвязанных сегментах:

– в сегменте умных электрических сетей радикально возрастает интенсивность взаимодействия электросетевых и энергосбытовых компаний с конечными потребителями, системным оператором, структурами, осуществляющими диспетчерское управление, ЭСКО благодаря внедрению технологий умного учета;

– в сегменте «энергия как услуга» энергетические компании переходят к модели продаж пакетов наукоемких сервисов, основанных на управлении электропотреблением за счет адаптивных информационно-коммуникационных технологий;

– в сегменте электротранспорта появляются новые рыночные агенты – независимые организации или дочерние структуры энергокомпаний, управляющие перетоками энергии между потребляющими устройствами и сетью.

2. Автором обосновано, что для России актуальными являются четыре направления использования платформенных инструментов: ускорение и повышение прозрачности энергетических транзакций, ценозависимое управление спросом на энергию, управление активами, организация трансфера знаний между энергокомпаниями и университетами. В реализацию данных направлений вовлекаются все без исключения заказчики и поставщики наукоемкого сервиса, что в итоге приводит к смене бизнес-моделей как сервисных компаний, ориентирующихся на кастомизированные высокотехнологичные услуги, так и самих энергетических предприятий, логика экономического поведения которых изменяется в сторону увеличения доли сервисов в структуре товарного предложения, нежели максимизации продаж стандартного основного продукта (электроэнергии).

ГЛАВА 5. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ВНЕДРЕНИЯ ПРОГРЕССИВНЫХ СТРАТЕГИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА В ЭНЕРГОКОМПАНИЯХ

5.1 Авторский алгоритм выбора стратегии технического обслуживания и ремонта

Технологическая модернизация в электроэнергетике невозможна без изменений в организации одного из важнейших отраслевых направлений сервисной деятельности, демонстрирующего значительный рост наукоемкости – технического обслуживания и ремонта оборудования (ТОиР) в энергокомпаниях.

Стратегии ТОиР можно классифицировать в зависимости от стоимости проведения ремонтных работ, эксплуатационной готовности активов, пропорций механических и автоматизированных методов выполнения работ [171, 252, 438]. Наиболее типовой является классификация, в которой на одной «чаше весов» находится состояние оборудования, а на другой – его значимость с точки зрения влияния на надежность энергоснабжения потребителей (рисунок 5.1). И состояние, и значимость оборудования может определяться разными способами в зависимости от заданного уровня детализации и наличия соответствующих данных [26, 145]. К примеру, в тепловой генерации прогрессивным подходом является категоризация оборудования и определение для каждой из категорий требований к ТОиР на базе числа пусков и наработанных часов, которые учитываются раздельно. При этом интервалы техосблуживания зависят от того, какой критерий выполняется первым (пуски или эквивалентные часы). Например, практически для всех ГТУ General Electric расчетный интервал инспекций горячего тракта составляет 24000 ч рабочих / 1200 пусков, а главной инспекции – 48000 ч рабочих / 2400 пусков [176].

Для электросетевых активов значимость может определяться такими понятиями, как напряжение оборудования, количество запитанных от подстанций потребителей, а состояние – количеством аварий и объемом недоотпуска электроэнергии, вызванного внеплановыми отказами.

Рисунок 5.1 – Классификация стратегий ТОиР (адаптировано автором по [252])

Рассмотрим применение данных стратегий для электросетевых объектов.

Наиболее простой стратегией управления активами является *аварийная*, фактически не предусматривающая профилактики – оборудование эксплуатируется вплоть до поломки (выхода из строя) и затем принимается решение о его ремонте или замене. Данная стратегия чревата высокими издержками, значительно снижает надежность электроснабжения, потенциально нанося дополнительный экономический ущерб оператору сети. Она позволяет наиболее полно расходовать заложенный в оборудование ресурс, но приводит к частым длительным остановам технологических процессов, что вызывает риски большого ущерба и затрат на аварийно-восстановительный ремонт. Таким образом, аварийная стратегия подходит для ситуаций, когда рассматриваемое оборудование не играет критически важной роли, и его отказ не вызовет серьезных последствий. В распределительных сетях данный метод широко применяется, например, для кабелей типа MV-XLPE, для которых не существует возможности профилактического ремонта, а также для низковольтного оборудования.

Управление по нормативной периодичности предполагает, что осмотр оборудования и определенные работы по техобслуживанию проводятся в определенные временные интервалы, устанавливаемые производителем оборудования либо оператором сети. Данный метод подходит для случаев, когда элементы оборудования подвергается сношению, эрозии или коррозии, и когда свойства материалов изменяются из-за усталости. Для целей обслуживании сетей высокого и среднего напряжения стратегия сочетает приемлемую доступность и относительно высокие затраты.

Стратегия ТОиР по техническому состоянию применяется главным образом в сетях высокого и сверхвысокого напряжения, однако ряд энергокомпаний в настоящее время внедряют этот подход также для сетей среднего и низкого напряжения. Все работы по обслуживанию начинаются при достижении оборудованием определенных пороговых значений индексов текущего состояния. Применение данной стратегии приводит к высокой степени эксплуатационной готовности оборудования и умеренным затратам на ремонт и обслуживание [17].

Однако на практике организационные, финансовые и логистические ограничения требуют расстановки дополнительных приоритетов. Например, в сетях сверхвысокого напряжения главной задачей следует считать оценку целостности системы, графики работы электростанций и предотвращение «узких мест» пропускной способности электрических сетей. Поэтому наиболее прогрессивная стратегия ТОиР – *техническое обслуживание с целью обеспечения надёжности* – не только учитывает состояние отдельного оборудования (элементов системы), но также и воздействие на производительность энергосистемы региона в целом.

В основе третьей и четвертой стратегий – методы и средства интегрированной аппаратной диагностики, позволяющие определить состояние путем непрерывного или дискретного контроля за изменением параметров, влияющих на работоспособность оборудования. При достижении этими параметрами предельного (с точки зрения надежности) значения осуществляется

предупредительный ремонт. Такая стратегия эффективна при эксплуатации сложного оборудования, ремонт которого связан с большими затратами, позволяет более полно использовать технический ресурс электросетевой компании и обеспечить надежную работу оборудования при минимальных затратах.

В мировой и отечественной практике имеются и другие, более расширенные классификации стратегий ТОиР. Их обобщение позволяет выделить следующие типы стратегий технических воздействий на оборудование:

– эксплуатация до отказа (RTF – Run To Failure);

– планово-предупредительное обслуживание (PPM – Planned Preventive Maintenance);

– обслуживание по состоянию (CBM – Condition Based Maintenance);

– проактивное обслуживание (PM – Predictive Maintenance);

– обслуживание, ориентированное на надежность (RCM – Reliability Centered Maintenance);

– обслуживание, основанное на анализе рисков (RBM – Risk Based Maintenance).

Каждый вид стратегии применим для различных групп оборудования, сформированных по определенным признакам (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Характеристики расширенного перечня стратегий ТОиР (составлено автором на основе [247, 277, 278, 343, 394])

Вид стратегии	**Краткая характеристика**	**Требования к оборудованию**	**Примечание**
Эксплуатация до отказа (RTF)	Оборудование не ремонтируется до того момента, пока не происходит отказ или дефект. Решение о ремонте или замене оборудования принимается уже после внештатной ситуации	Оборудование не критично для объекта в целом и последствия от его отказа незначительны	Стоимость аварийного ремонта, как правило, выше стоимости планового

Окончание таблицы 5.1

Вид стратегии	Краткая характеристика	Требования к оборудованию	Примечание
Планово-предупредительное обслуживание (PPM)	ТОиР производится в плановом порядке с заданной периодичностью, которая определяется на основании опыта эксплуатации аналогичных видов оборудования и требований нормативных документов (инструкций, регламентов)	Может быть использовано для любого оборудования	Общепринятая в электроэнергетике практика
Обслуживание по состоянию (CBM)	Обслуживание оборудования по данным мониторинга его технического состояния. Может совмещаться с планово-предупредительным обслуживанием	Оборудование должно быть обеспечено системой постоянного технического диагностирования и/или системой экспертной оценки состояния	Планирование объемов и сроков ТОиР проводится на основе постоянного анализа состояния конструктивных элементов и агрегатов в целом
Проактивное обслуживание (PM)	Обслуживание на основе знаний и прогнозов о дефектах, которые считаются определяющими для обеспечения работоспособности агрегата в целом		В фокусе ТОиР – выбранные факторы воздействия и дефекты, контроль развития которых проводится постоянно
Обслуживание, ориентированное на надежность (RCM)	Проводится оценка вероятности и последствий отказа оборудования; наиболее критичное оборудования подлежит немедленному ремонту	Может быть использовано для любого оборудования, оснащенного цифровыми возможностями снятия данных о своем состоянии в реальном времени	Обслуживание, направленное на обеспечение максимальной работоспособности и безопасности эксплуатации
Обслуживание, основанное на анализе рисков (RBM)	Анализ уровня рисков, сопровождающих эксплуатацию оборудования (уровень важности оборудования, вероятность его выхода из строя), а также потенциальных экономических последствий, на основе которых принимается решение о конкретных технических воздействиях		Требует разработки технологического обеспечения и нормативной базы

В энергетике России сегодня наблюдается постепенный к RCM-обслуживанию – весьма распространенной за рубежом стратегии ТОиР, которую используют, как правило, в совокупности с политикой управления отказами. Эта политика может включать в себя действия по техническому обслуживанию, изменению правил эксплуатации, конструктивные доработки и другие меры, которые называют разовыми преобразованиями [275]. Стратегия RCM, таким образом, предполагает определение особенностей эксплуатации оборудования, выполняемых им функций, а также связанных с ними номинальных характеристик производительности; вариантов и причин возникновения функциональных отказов; значимости (тяжести) различных последствий отказов; мер, которые необходимо предпринимать для предупреждения отказов; эффективных способов обслуживания конкретного оборудования.

Однако наиболее прогрессивной является RBM-стратегия, которая предполагает формирование модели, одновременно учитывающей фактическое состояние данного актива, а также вероятность отказа и масштаб последствий, вызванных наступлением потенциальной аварийной ситуации [253]. Принятие решений в рамках RBM-стратегии математически описывается индексом риска [394, 434], представленным в формуле (7):

$$RI_a^y = PoF_a^y \cdot CI_a^y, \tag{7}$$

где RI_a^y – интегральный риск-индекс; PoF_a^y – вероятность отказа актива; CI_a^y – индекс критичности по активу; a – оцениваемый энергоактив; y – год оценки данного актива.

На практике подобный риск-ориентированный подход включает оценку совокупности гетерогенных по своей природе рисков: финансовых, экологических, репутационных, законодательных, рисков в области кибербезопасности. Оценка может проводиться относительно единицы оборудования и энергообъекта в целом, при этом состояние различных частей (например, бетона и стали, основного и вспомогательного оборудования) рассматривается в комплексе.

Тем не менее в настоящее время для основного оборудования как в генерации, так и в электрических сетях в России в основном применяется планово-

предупредительное обслуживание. При этом формирование объемов ремонта происходит следующим образом: составляется перечень типовых работ, которые должны быть выполнены при планируемом виде ремонта, к нему добавляются мероприятия, связанные с устранением выявленных при эксплуатации дефектов (при которых еще возможна и разрешена эксплуатация оборудования), а также мероприятия, связанные с планируемой реконструкцией или модернизацией. Однако в начале ремонта, как правило, выявляются дополнительные и требующие обязательного устранения дефекты, обнаружение которых возможно только на не работающем или разобранном оборудовании, что приводит к необходимости перераспределения ранее установленных экономических приоритетов.

Такая ситуация связана с тем, что эксплуатируемое оборудование проектировалось и было произведено более 30 лет назад, когда отсутствовали специальные требования по диагностике и контролю технического состояния. На современном оборудовании уже при проектировании предусматривается наличие систем мониторинга текущего технического состояния узлов и отдельных деталей с широкими возможностями по синхронизации этих систем с разнообразным программным обеспечением, устанавливаемым в оперативно-диспетчерском контуре энергокомпании.

Различия в экономических особенностях планово-предупредительного подхода (ППП) и риск-ориентированного управления (РОУ) продемонстрированы на рисунке 5.2. Если задан некоторый бюджет на предупредительные работы Б1, то при ППП и РОУ ущерб вследствие отказов составляет соответственно УП и УР. При этом УР < УП благодаря большей крутизне кривой ущерба при РОУ на начальном участке, обеспеченной благодаря ранжированию оборудования и работ по уровню риска и расходованию имеющегося объема ресурсов в первую очередь на предупреждение отказов с наибольшим риском. Тем самым, при заданном Б1 и при объеме работ Р1 обеспечивается минимум риска (УР). Если же при ППП оптимума не существует, а работы, предписанные регламентами, должны выполняться полностью, то при РОУ можно найти минимум суммарных издержек (ущерб от отказов + затраты на работы), оптимальный бюджет Б2 и объем работ Р2, соответствующий минимуму стоимости жизненного цикла оборудования.

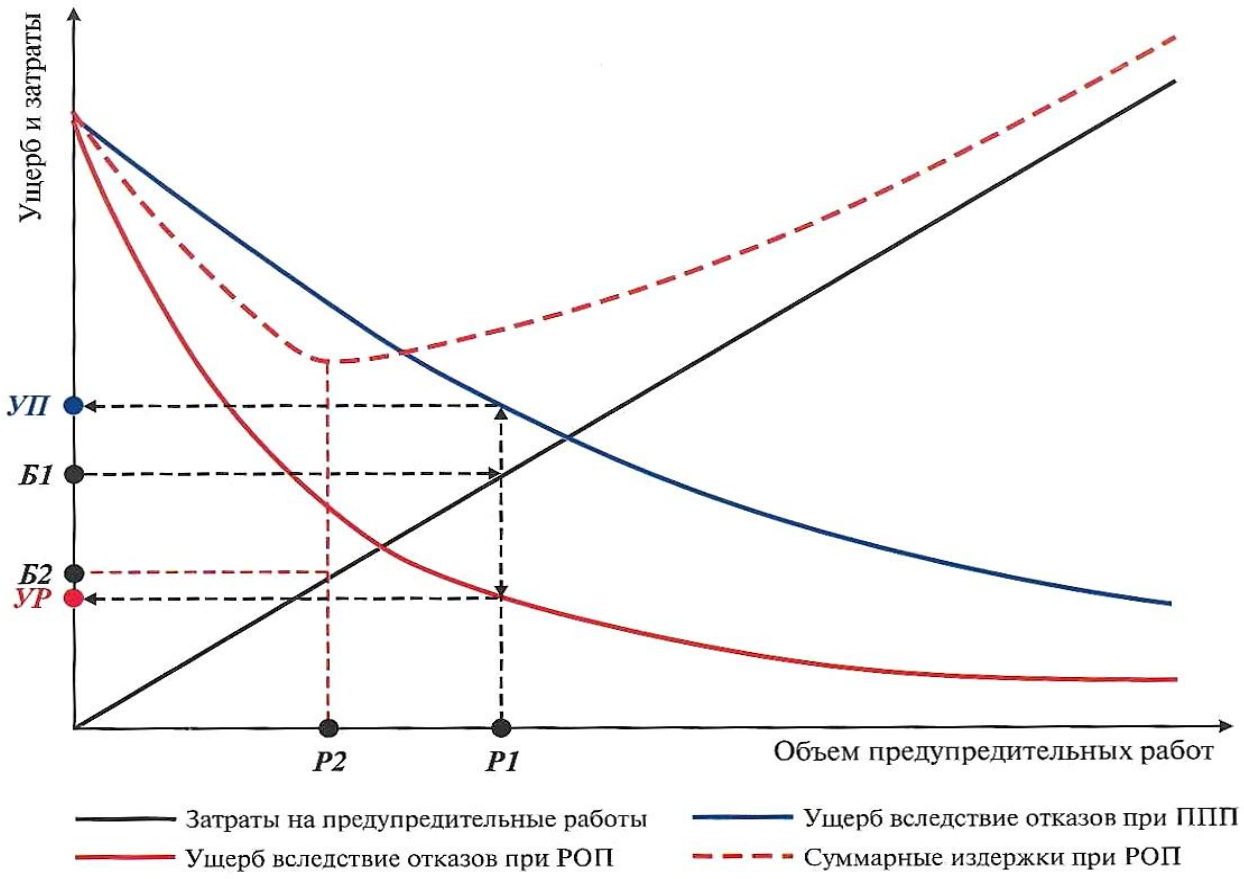


Рисунок 5.2 – Сравнение экономических особенностей планово-предупредительного ремонта и риск-ориентированных стратегией ТОиР [13]

Очевидно, что для перехода на прогрессивные стратегии ТОиР необходимо обладать современными комплексами мониторинга состояния энергетического оборудования, позволяющими осуществлять диагностику и прогнозирование аварийных ситуаций, а также, в идеале, роботизированные средства диагностики, которые в частности участвуют в проведении локальных ремонтов, снижающих нагрузку на персонал ремонтных бригад.

Кроме того, разработка и применение операционных моделей управления энергоактивами, применяющихся в риск-ориентированных стратегиях, во многом зависит от особенностей инвестиционного процесса энергокомпании, а также от ее готовности к изменениям [394, 468]. В контексте корректного выбора стратегии ТОиР можно выделить несколько моделей принятия инвестиционных решений относительно управления активами.

В модели «Grid Expansion» все решения об управлении энергетическими активами, в том числе капитальными и операционными затратами, принимаются на местах (например, в подразделениях капитального строительства или на уровне ремонтного блока) без предварительного планирования. Основой для принятия решений в рамках данной модели являются технические, а не экономические критерии, что может привести к «переобслуживанию» или слишком ранней замене оборудования. Данная модель преимущественно основана на стратегии PPM.

В модели «Performance-driven» решения принимаются специальной командой по управлению активами в энергокомпании на основе многолетней и многокритериальной технико-экономической оценки активов [394]. Данная модель основана на стратегии CBM и является более прогрессивной по сравнению с моделью «Grid Expansion». Ее недостаток – децентрализация информационных потоков, что замедляет принятие инженерно-управленческих решений.

Модель «TOTEX-oriented» предполагает интеграцию функций стратегического управления активами и их технического обслуживания в единую организационную систему, решающую широкий спектр задач по планированию и диспетчеризации работ по техническому обслуживанию и замене активов, управлению инжинирингом энергообъектов, капитальными и операционными затратами. Внедрение данной модели означает переход к риск-ориентированному управлению активами (стратегии RCM и RBM) и требует создания в энергокомпаниях подразделений с функциями риск-менеджмента и глобальной аналитики активов.

Наиболее передовая модель «Portfolio Management» интегрирует процессы операционного управления активами с долгосрочным планированием развития энергетической инфраструктуры (например, электросетевого хозяйства города). Модель жизнеспособна, если обеспечена сильная связь между процессами цифровизации, аналитикой данных о состоянии активов и сетевым моделированием, предполагающим использование стохастических и вероятностных моделей оценки рисков для перехода к обслуживанию активов на основе данных, поступающих в режиме реального времени. Ключевое звено модели – команда управления активами.

Содержательный анализ особенностей различных стратегий ТОиР позволяет разработать алгоритм выбора той или иной стратегии (рисунок 5.3).

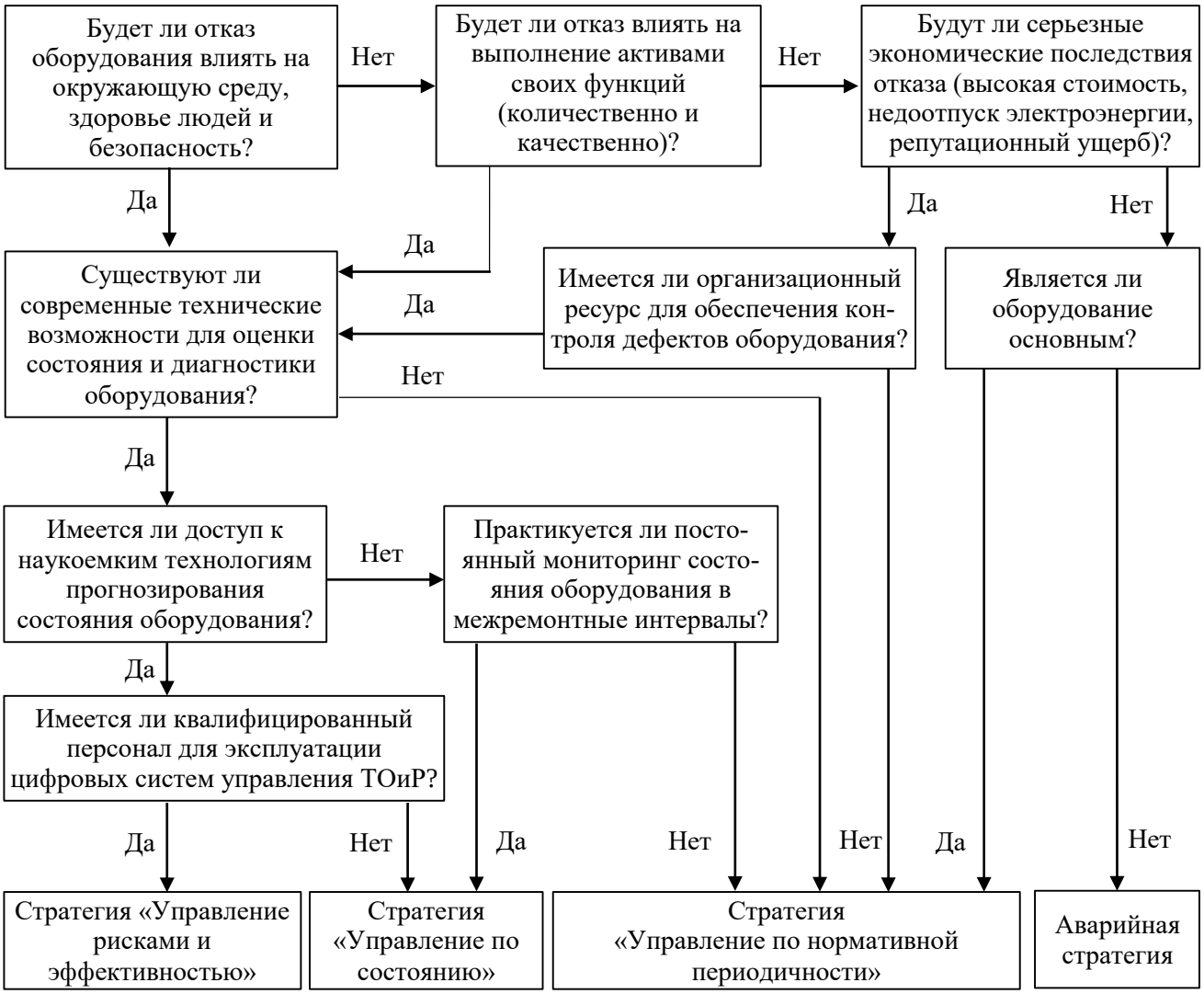


Рисунок 5.3 – Алгоритм выбора стратегий ТОиР (разработано автором)

Рассмотрим возможности применения данного алгоритма на примере производственного отделения «Челябинские городские электрические сети» филиала «МРСК Урала» – «Челябэнерго» (далее – ПО «ЧГЭС»). До недавнего времени модель организации ремонтов распределительного оборудования сети 0,4–10 кВ была построена на основе ряда положений, в большей или меньшей степени присущих большинству территориальных сетевых компаний РФ.

1. Строительство городских электрических сетей осуществляется одновременно с застройкой новых районов. Среднее время застройки нового

микрорайона – 2–4 года с последующим уплотнением. Это означает существенную зависимость реализации инвестпрограммы строительства новых объектов электрических сетей от состояния строительного рынка. В условиях нестабильной динамики строительного рынка существует не только риск снижения объемов ввода новых мощностей, но и постепенного уменьшения объема ремонтной программы, формируемой в частности через механизм амортизации.

2. Ремонтная программ сети 6/10 кВ ПО «ЧГЭС» преимущественно осуществляется по нормативной периодичности и по факту свершения аварий. Все трансформаторные подстанции (ТП), распределительные пункты (РП) стоят в многолетнем графике ремонтов с учётом нормативного интервала: текущий ремонт ТП – 1 раз в 5 лет, капитальный – 1 раз в 10 лет; текущий ремонт РП – 1 раз в 4 года, капитальный – 1 раз в 8 лет. При ремонте кабельных линий испытание головных кабелей производится 1 раз в год, остальных – 1 раз в 3 года. Традиционные испытания повышенным напряжением определяют места слабой изоляции и подвергают дополнительным нагрузкам «здоровые» участки[6].

3. В бюджете ремонтной программы ЧГЭС формально приоритет отдается плановым ремонтам. Например, на 2015 г. из 100% объема финансирования ремонтной программы 90% распределено на плановые ремонты, 10% – на аварийные. Однако из 90% планового бюджета почти 50% расходуется на ремонт кабельных линий. По факту бюджет на ремонт кабельных линий формируется на основе затрат прошлых лет. Ремонт кабельных линий (КЛ) проводится после их выхода из строя при коротком замыкании в 90% случаях, 10% – при испытаниях. Таким образом, ремонт кабельных линий – это ремонт по факту свершения аварии. Следовательно, в реальности ремонты в ЧГЭС примерно поровну выполняются планово-предупредительным и аварийным способами, при этом аварийная стратегия «приносит» 92% всего недоотпуска электроэнергии в сетях (рисунок 5.4). Но это в корне противоречит алгоритму выбора стратегий ТОиР, поскольку данную стратегию целесообразно применять только для вспомогательного оборудования.

---

[6] Данный метод признается многими специалистами разных стран как низкоэффективный.

Рисунок 5.4 – Количественные эффекты стратегий ТОиР, применяемых в ПО «ЧГЭС» (разработано автором)

Типовая *модель* ремонтов оборудования и элементов распределительной сети приведена на рисунке 5.5. В модели принято: ПС – центр питания 110/10 кВ, от 1 ПС запитано от 3 до 7 РП, от 1 РП запитано от 10 до 40 ТП.

В данной модели не учитывается:

– степень важности и топология элементов сети (ТП, РП, КЛ);

– прогнозное состояние элементов сети;

– риски, определяющие взаимосвязь между состоянием элемента сети, прогнозируемым ущербом от перерывов электроснабжения потребителей (штрафы, неустойки) и объёмом ремонтных работ.

Для решения обозначенных проблем предлагается рассматривать ремонтную программу относительно рисков и ограниченности ремонтного бюджета (рисунок 5.6). Модель предусматривает переход от выполнения ремонтов преимущественно в соответствии с аварийной и планово-предупредительной стратегией к ремонтам на основе стратегий «управление по состоянию» и «управление рисками». В соответствии с предложенной моделью распределительная сеть разбивается на 4 зоны, для каждой из которых устанавливаются приоритетные организационно-управленческие воздействия и мероприятия.

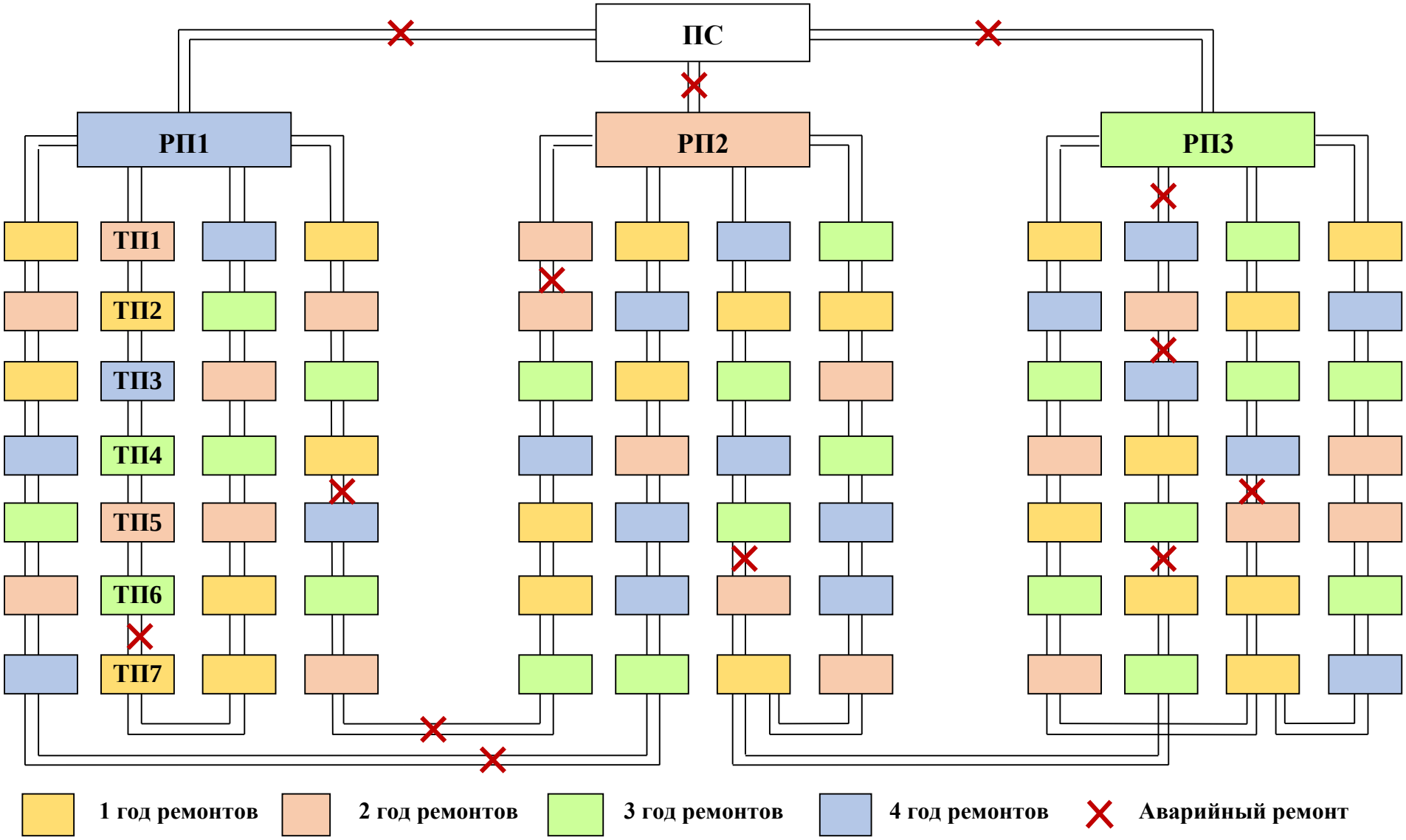


Рисунок 5.5 – Текущая модель организации ремонтов (разработано автором)

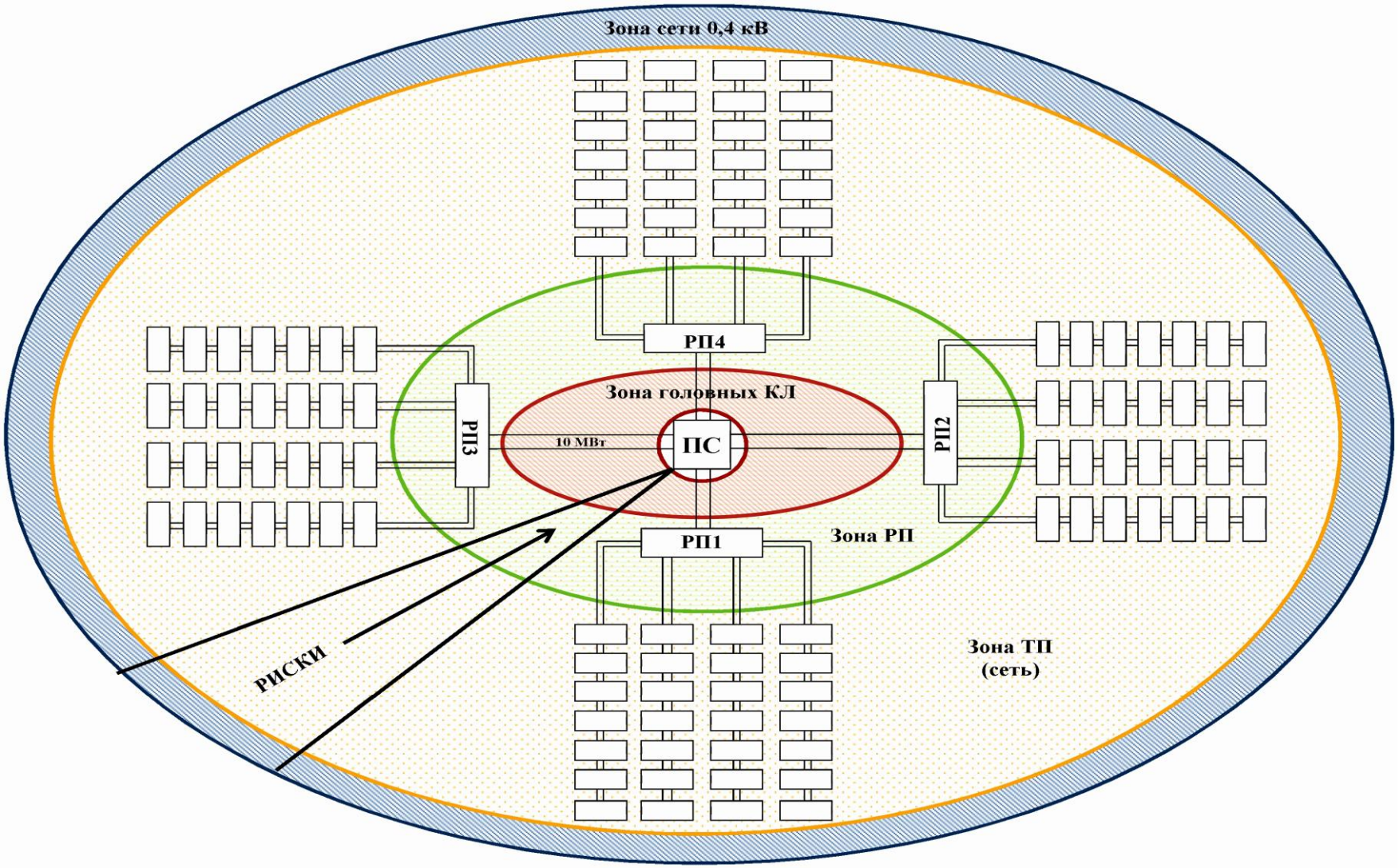


Рисунок 5.6 – Новая модель организации ремонтов (разработано автором)

Для красной зоны (головные КЛ) в первую очередь подлежат финансированию мероприятия по диагностике состояния кабельных линий. Диагностика проводится методом частичных разрядов. Производится определение «опасных» участков, оценка риска и стоимости ремонта. Срок проведения диагностики – 1 год. Приоритетная стратегия ТОиР – «Управление рисками и эффективностью».

Для зеленой зоны определяется состояние выключателей, приводов, релейной защиты, изоляции ячеек. Необходимо настроить ремонтную программу на 100%-ное восстановление эксплуатационных свойств коммутационных аппаратов, изоляции, РЗА (возможно предусмотреть уход от маслянных выключателей и аналоговых РЗА). Приоритетная стратегия ТОиР – «Управление по состоянию».

Для желтой зоны целесообразно отменить плановые работы, при этом комплексное техническое обслуживание ТП проводить при отключении в процессе выявления дефектов оперативным персоналом при плановых осмотрах. Это позволит уйти от высокого объема оперативных переключений, минимизировать объем планового обесточения потребителей, повысить ресурс коммутационных аппаратов, а также сократить ремонтный фонд на 30%. В желтой зоне возможно комбинирование стратегий «Управление по состоянию» и «Управление по нормативной периодичности».

Для синей зоны предлагается на первом этапе сохранить ремонты по выявленным дефектам, но в последующем переходить к более прогрессивным формам ТОиР.

Распределение бюджета ремонтной программы предлагается производить от красной зоны к синей.

Постепенная реализация предложенной модели организации ремонтов в ПО «ЧГЭС» позволила, начиная с 2016 г., сократить затраты на ТОиР (рисунок 5.7) и таким образом значительно снизить экономические риски недоотпуска электроэнергии потребителям, связанные с аварийными отключениями и перерывами в электроснабжении.

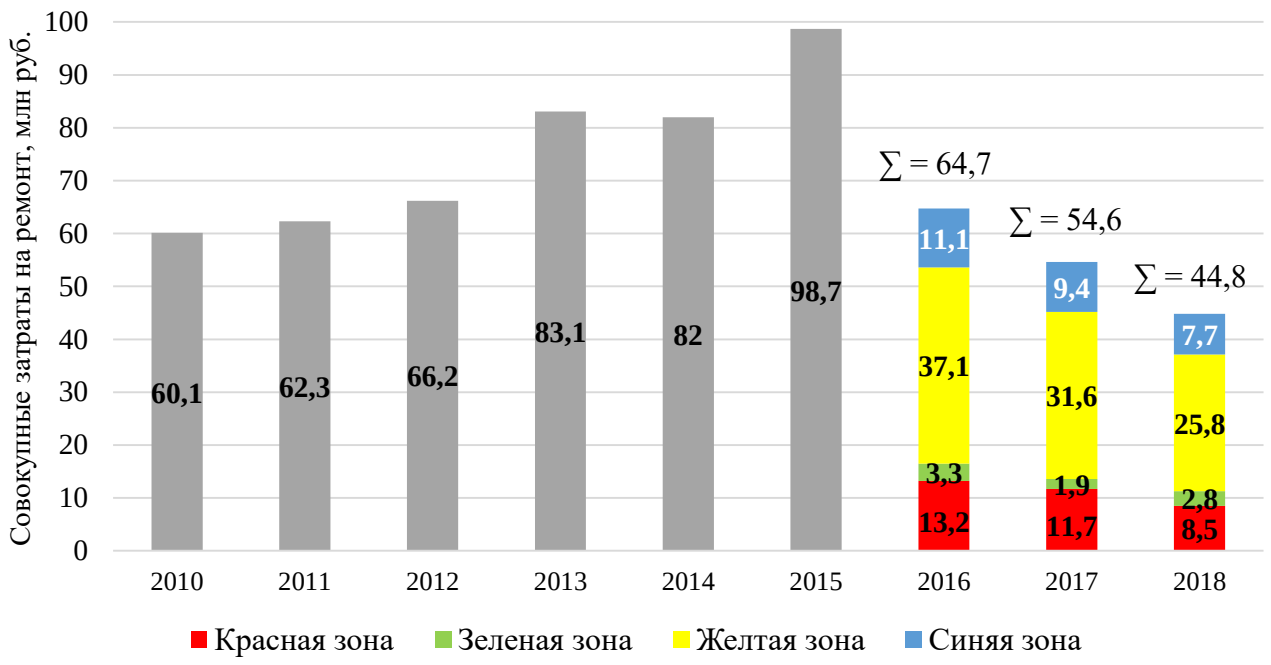


Рисунок 5.7 – Динамика затрат на ТОиР в ПО «ЧГЭС» (составлено автором)

Расчет экономического эффекта от внедрения в ПО «ЧГЭС» предложенной модели организации ТОиР в целом базируется на методиках, приведенных в [99, 165], и осуществляется по формуле:

$$Э^n = \Delta З_р + \Delta З_{во} + \Delta С_{нэ} - K^n, \quad (8)$$

где $Э^n$ – экономический эффект в год *n*,

$\Delta З_р$ – разность между затратами на плановый ремонт и техническое обслуживание в годы *n* и *n–1*, $\Delta З_р = З_р^n - З_р^{n-1}$;

$\Delta З_{во}$ – разность между затратами на аварийный ремонт, восстановление системы после сбоя и ликвидацию ущерба в годы *n* и *n–1*, $\Delta З_{во} = З_{во}^n - З_{во}^{n-1}$;

$\Delta С_{нэ}$ – разность между стоимостью недоотпуска электроэнергии конечным потребителям, возникшего в результате аварийных отключений в годы *n* и *n–1*, $\Delta С_{нэ} = С_{нэ}^n - С_{нэ}^{n-1}$;

K^n – затраты на оборудование для ТОиР, в том числе измерительные и диагностические комплексы в год *n*.

Результаты расчета приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Экономический эффект от внедрения авторской модели ТОиР (составлено автором)

Параметр	2015	2016	2017	2018	$Э^{2016}$	$Э^{2017}$	$Э^{2018}$	$Э^{2016–2018}$
Затраты на плановый ремонт и техническое обслуживание ($З_р$), млн руб.	**46.2**	**32.7**	**32.9**	**33.1**	**13.5**	**-0.2**	**-0.2**	**13,1**
в том числе								
красная зона	-	5.7	6.0	6.3	-	-0.3	-0.3	-0.6
желтая зона	-	20.0	20.4	20.6	-	-0.4	-0.2	-0.6
зеленая зона	-	1.2	1.3	1.5	-	-0.1	-0.2	-0.3
синяя зона	-	5.8	5.2	4.7	-	0.6	0.5	1.1
Затраты на аварийный ремонт, восстановление системы после сбоя и ликвидацию ущерба ($З_{во}$), млн руб.	**52.5**	**32.0**	**21.7**	**11.7**	**20.5**	**10.3**	**10.0**	**40.8**
в том числе								
красная зона	-	7.5	5.7	2.2	-	1.8	3.5	5.3
желтая зона	-	17.1	11.2	5.2	-	5.9	6.0	11.9
зеленая зона	-	2.1	0.6	1.3	-	1.5	-0.7	0.8
синяя зона	-	5.3	4.2	3.0	-	1.1	1.2	2.3
Стоимость недоотпуска электро-энергии конечным потребителям, возникшего в результате аварийных отключений ($С_{нэ}$), млн руб.	**22.6**	**19.1**	**18.0**	**16.8**	**3.5**	**1.1**	**1.2**	**5.8**
в том числе								
красная зона	9.4	8.0	7.4	6.9	1.4	0.6	0.5	2.5
желтая зона	1.7	1.1	1.0	0.8	0.6	0.1	0.2	0.9
зеленая зона	10.2	8.8	8.6	8.3	1.4	0.2	0.3	1.9
синяя зона	1.3	1.2	1.0	0.8	0.1	0.2	0.2	0.5
Затраты на оборудование для ТОиР, в том числе измерительные и диагнос-тические комплексы ($К$), млн руб.	**-**	**4.3**	**6.8**	**9.0**	**-**	**-**	**-**	**-20.1**
Итоговый экономический эффект, млн руб.					**33.2**	**4.4**	**2.0**	**39.6**

Совокупный экономический эффект за 2016–2018 гг. составил почти 40 млн руб. При этом удалось существенно уменьшить пропорцию аварийных ремонтов в общем объеме ремонтных работ – с 53% в 2015 г. до 26% в 2018 г. (рисунок 5.8).

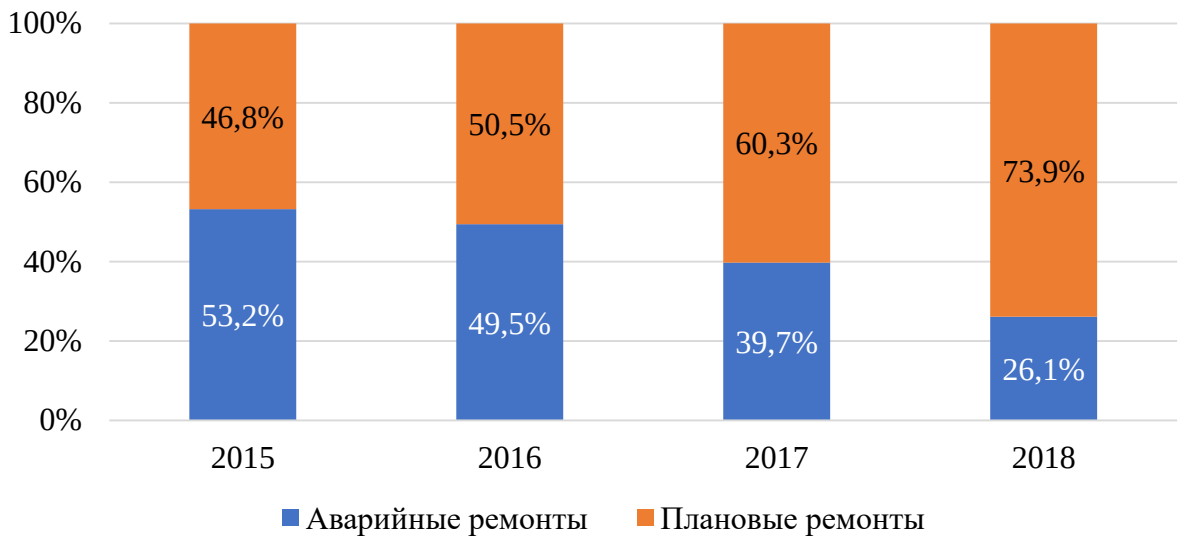


Рисунок 5.8 – Изменение стоимостных пропорций аварийных и плановых ремонтов в ПО «ЧГЭС» (составлено автором).

План перехода на новую модель организации ремонтов в ПО «ЧГЭС» включает следующие пункты.

1. Определение перечня оборудования для подготовки и диагностики (принцип от красной зоны к синей).

2. Определение технологии диагностики. К базовым технологиям относятся: метод частичных разрядов, тепловизионный контроль, пространственный 2D-мониторинг. Расширенный перечень диагностического инструментария оборудования более подробно раскрыт в параграфе 5.3 диссертации и включает в первую очередь технологии роботизированной диагностики активов.

3. Расчет стоимости диагностики на единицу оборудования.

4. Выделение бюджета на эксплуатационный приказ первого периода.

5. Уточнение списка оборудования и замена плана испытаний на план диагностики.

Поясним данный пункт подробнее. В настоящее время для обеспечения надежности КЛ 6–110 кВ применяется система планово-профилактических испытаний, которая заключается в подаче на кабель повышенного постоянного напряжения, в 4÷6 раз превышающего номинальное напряжение КЛ. Однако эти испытания пригодны для определения только сильно развитых дефектов и

повреждений в КЛ. Дефекты в КЛ на ранних стадиях развития, а также дефекты, обусловленные старением изоляции в результате длительного воздействия эксплуатационных факторов, при этих испытаниях выявляются малоэффективно. Затруднена и оценка фактического износа изоляции кабеля. Наконец, ежегодно при профилактических испытаниях повреждается примерно 600 кабелей 6–10 кВ, стоимость ремонта одной единицы которого составляет примерно 70 тыс. руб. Электросетевая компания несет при этом дополнительные затраты на проведение ремонтных и аварийно-восстановительных работ.

Использование испытания (испытание напряжением сверхнизкой частоты 0,1 Гц) и неразрушающих методов диагностики (методов измерения возвратного напряжения, тока релаксации, измерения и локализации частичных разрядов) позволяет:

– получать информацию о текущем состоянии изоляции, не травмируя ее;

– рационально и обоснованно планировать сроки проведения ремонтов и замены КЛ по их фактическому техническому состоянию;

– определять места развивающихся повреждений н дефектов в КЛ, в которых может произойти пробой изоляции.

6. Заключение договоров подряда на диагностику (КЛ 6/10 кВ) эксплуатационного приказа 1-го периода.

7. Получение данных по состоянию кабельной сети. Анализ и ранжирование технико-экономических рисков.

8. Подготовка эксплуатационного приказа следующего периода в соответствии со стратегией «Управление рисками и эффективностью».

5.2. Совершенствование применения индексного метода оценки состояния оборудования

Как было отмечено выше, переход к прогрессивным стратегиям ТОиР предполагает внедрение в электроэнергетике современных методов управления, основанных на непрерывном контроле технического состояния оборудования, данные о котором позволяют выделить ключевые технико-экономические

показатели, характеризующие энергетический объект, и принять решение о его дальнейшей эксплуатации. Для этих целей в энергокомпаниях РФ начинает применяться индексный метод оценки состояния оборудования (рисунок 5.9).

Рисунок 5.9 – Порядок расчета оценки технического состояния оборудования (адаптировано автором на основе [70, 71, 168])

Следует отметить, что индекс технического состояния оборудования представляется собой величину, обратную физическому износу, который оценивается по совокупности таких характеристик, как механический износ, степень коррозии, деформации, разрушения, усталости металлов, изменения физико-химических свойств. Для удобства работы с результатами оценки физического износа используется цветовая индикация, приведенная в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Цветовая индикация значений физического износа [171]

Диапазон значений физического износа	Уровень физического износа	Цветовая индикация	Вид технического воздействия
> 0,75	Критический	Красный	Эксплуатация недопустима. Требуется срочное воздействие на оборудование и / или объект
0,50 < и ≤ 0,75	Неудовлетворительный	Оранжевый	Дополнительное техническое обслуживание и ремонт, усиленный контроль технического состояния, техническое перевооружение
0,30 < и ≤ 0,50	Удовлетворительный	Желтый	Усиленный контроль технического состояния, капитальный ремонт, реконструкция
0,15 < и ≤ 0,30	Хороший	Зеленый	Плановое диагностирование
< 0,15	Очень хороший	Темно-зеленый	Плановое диагностирование

«Идеальная модель» принятия решения о виде технического воздействия на оборудование с использованием индексного метода выглядит следующим образом.

Выбранные параметры технического состояния оборудования анализируются в соответствии с принятыми правилами и алгоритмами. Далее проводится оценка динамики изменения значений параметров технического состояния за предыдущие периоды, на основании которой выполняется расчет времени достижения значениями параметров критических величин, при которых эксплуатация оборудования недопустима. Также с использованием существующей статистики отказов определяется вероятность отказа функционального узла и единицы оборудования. Методика расчета вероятности отказа определяется энергокомпанией самостоятельно в зависимости от специфики эксплуатируемого парка оборудования. Дополнительно производится расчет риска из-за отказа объекта оценки (функционального узла или единицы оборудования) как произведение вероятности отказа этого объекта оценки на ущерб, полученный из-за отказа этого объекта оценки.

Для оценки ущерба используются данные по стоимостям замены и восстановления функциональных узлов, эксплуатационным затратам, прогнозу недополученной прибыли из-за проведения непланового ремонта или технического обслуживания при отказе для разных вариантов развития событий (различных сроках технического воздействия).

Полученные результаты в виде индекса технического состояния после ранжирования в группах однотипного оборудования в совокупности с показателем вероятности возникновения значительных или критических дефектов и прекращения выполнения оборудованием его функций формируют иерархию приоритетов порядка воздействия. При этом в качестве исходных данных используются предварительный график и объемы регламентированных ремонтов, ограничения по проведению предусмотренных технических воздействий. Итогом проводимой работы является оптимизация результатов по определенной компанией стратегии (например, обеспечение максимальной надежности оборудования, обеспечение максимальной прибыли или минимизация стоимости жизненного цикла оборудования и период, в отношении которого выбрана такая стратегия) и принятой системой технического обслуживания и ремонта.

По результатам оптимизационных расчетов, которые носят итерационный характер, формируется программа технических воздействий на оборудование, содержащая сроки и виды технических воздействий по всем единицам эксплуатируемого оборудования. Такая программа должна содержать не только детальную проработку ближайшего периода планирования (как правило, это программа ремонтов оборудования следующего года), но и укрупненную программу на период 3–5 лет для формирования и корректировки бизнес-планов компании.

Казалось бы, эта вполне стройная логика должна существенно повысить эффективность процесса ТОиР, сделать его более управляемым и экономичным. На практике подобная модель встречает сопротивление. В первую очередь, проблемы связаны с накоплением и получением *адекватной информации о*

ретроспективном и фактическом состояниях оборудования и рисками искажения соответствующих данных.

Так, для успешного применения индекса технического состояния ряд обязательных условий должен быть обеспечен еще на стадии конструирования и изготовления оборудования. Например, в процессе эксплуатации газотурбинных установок (ГТУ) необходимо накапливать информацию трех категорий.

1. Информация, на основании которой рассчитываются показатели надежности и энергетической эффективности оборудования (основные пользователи – производитель, владелец, страховые компании, эксплуатант). Она представляет собой сведения о показателях качества и должна быть доступна производителю для расчета обобщенных данных по парку оборудования и совершенствования изделий. Обобщенная информация должна быть публичной и в обязательном порядке передаваться безвозмездно изготовителю оборудования.

2. Коммерческая информация о применении оборудования по назначению – это режимные параметры, необходимые операторам для работы на рынках (основные пользователи – эксплуатант, владелец ГТУ). Данная информация представляет собой коммерческую тайну и передается только коммерческим операторам рынков и контрагентам по соответствующим договорам.

3. Диагностическая информация, в том числе образующаяся в режиме реального времени, – информация для мониторинга технического состояния (основные пользователи – эксплуатант, сервисная компания, включая случаи, когда ее роль играет производитель, владелец, страховые компании). Информация принадлежит владельцу (эксплуатанту) и может представляться на основании того или иного режима конфиденциальности энергоремонтной компании, изготовителю оборудования, государственным надзорным органам, страховым компаниям согласно проводимой владельцем эксплуатационной политике.

Аналогичные виды информации целесообразно накапливать и в процессе эксплуатации электросетевого оборудования.

Таким образом, в целях повышения надежности оборудования и в том числе за счёт улучшения его сервиса, производитель должен внедрить у себя формализованную методологию и инструменты управления процессами контроля

качества и обеспечения высокого уровня надёжности серийной продукции. Например, штатные системы удаленного мониторинга, применяемые мировыми производителями газовых турбин, просчитывают число эквивалентных часов работы установки (или в случае альтернативного подхода число пусков и астрономических часов работы) и учитывают отклонения режимных параметров от номинальных получая всю информацию от автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) электростанции. Диагностическая информация передается в диагностический центр, который может принадлежать изготовителю ГТУ, ее владельцу (эксплуатанту) или независимой сервисной компании.

На генерирующем оборудования, для которого контроль технологических параметров осуществляется через АСУ ТП энергоблоков, основной эффект от применения индекса технического состояния лежит в области диагностирования посредством ввода дополнительного программного обеспечения в эти системы. Для старого оборудования, которое не связано с системой АСУ ТП энергоблока, возможно оснащение программируемыми контроллерами для первичной обработки данных и последующая передача данных в локальную сеть, в станционный или удаленный центр их обработки [260]. Однако для качественной «оцифровки» данных состояния турбогенераторов и сопутствующих систем обеспечения требуется установка датчиков, контролирующих десятки технологических параметров, которые устанавливаются в труднодоступных участках (например, на дне пазов сердечника статора, в подводящих маслопроводах, в газовых ловушках на сливных коллекторах дистиллята и так далее) [222]. Столь сложные в техническом плане работы могут быть проведены только при выводе оборудования в капитальный ремонт, сопряженном с его отключением. Кроме того, возникает отдельная задача установки информационных комплексов у диспетчерского персонала или у специалистов, отвечающих за управление производственными активами, их обучения и сервисного сопровождения программных продуктов. В этом отношении становится проблематичной оценка технико-экономической целесообразности

подобных мер, поскольку альтернативный вариант – установка нового оборудования, уже оснащенного цифровыми датчиками и легко синхронизируемого с различными классами информационно-коммуникационных систем, – может оказаться выгоднее в инвестиционно-экономическом аспекте и гораздо приемлемее в плане обеспечения надежности энергоснабжения.

Продемонстрируем варианты решения проблем, связанных с применением метода индекса оценки технического состояния, на примере Свердловского предприятия магистральных электрических сетей (филиала ПАО «ФСК ЕЭС»). В активы филиала входит 6 648 км линий электропередач напряжением 220–500 кВ, 32 электроподстанции 220–500 кВ, общая трансформаторная мощность 4 590 МВА. В зону обслуживания входит Свердловская и Курганская области с совокупным населением около 5,5 млн человек и территорией 270 тысяч км^2.

Процессы управления производственными активами в филиале подразделяются на основные, обеспечивающие и управляющие. К основным процессам относятся планирование технического обслуживания и ремонта, технического перевооружения и реконструкции активов, оценка эффективности выполнения работ. Управляющими процессами являются стратегическое планирование управления активами и система ключевых показателей эффективности (КПЭ), управление лимитами бюджетирования, управление информацией по активам и работам; обеспечивающими – управление ИТ-инфраструктурой компании и управление нормативной базой. Для выполнения задачи автоматизации процессов СУПА разработана и поддерживается в актуальном состоянии централизованная система нормативно-справочной информации, включающая в себя классификаторы и справочники нормативной информации.

Результатами оценки технического состояния активов является перечень производственных активов для включения в программы по техническому обслуживанию и ремонту и инвестиционную программу в части технического перевооружения и реконструкции. Управление разработкой проектов и программ

является подсистемой, на которой основывается планирование и оценка эффективности инвестиционных проектов.

Подсистема «Управление вложениями в активы» решает задачу эффективного распределения работ по активам в рамках имеющихся ограничений. Решение о воздействии на актив принимается после нахождения оптимального соотношения между затратами, соблюдением нормативных требований к активам, перспективами развития сети и рисками снижения надежности электроснабжения потребителей.

Подсистема «Управление информацией по активам» необходима для принятия управленческих решений на основании своевременной, полной и достоверной информации об их количественном и качественном состоянии.

В целях определения порядка расчета индекса технического состояния разработана соответствующая особенностям электросетевого хозяйства предприятия единая методологическая основа, включающая:

– методику оценки технического состояния оборудования, учитывающую действующие нормативно-технические и руководящие документы в целях интегральной оценки технического состояния активов и определения значения индексов для каждой единицы оборудования;

– методику оценки последствий отказа оборудования, учитывающую экономические, социальные, экологические, регуляторные риски с целью определения значений последствий отказа для каждой единицы оборудования;

– методику формирования производственной программы, учитывающую значения, определённые на основании двух предыдущих методик, и приоритезированный перечень оборудования.

Упрощенная процедура формирования оценки технического состояния оборудования ПАО «ФСК ЕЭС», приведенная на примере масляного выключателя, показана на рисунке 5.10. Для расчета, с одной стороны, используется оценка значимости фактического срока эксплуатации оборудования, с другой, оценка текущего состояния отдельных элементов выключателя, например, контактной системы, изоляции, коммутаторов.

Рисунок 5.10 – Пример формирования индекса оценки технического состояния оборудования [318, авт.]

Конечно, объективность расчета во многом зависит от того, какие веса присвоены каждому элементу оборудования. Поэтому на предварительной стадии оценки технического состояния большое внимание уделяется формированию экспертной группы, в которую входят наиболее квалифицированные инженеры, экономисты и менеджеры.

Для учета необходимых действий по обеспечению нормального функционирования актива в алгоритмах оценки технического состояния применено понятие «флаг». Флаг выступает в роли индикатора и показывает необходимость воздействия на актив. При расчете алгоритмов расчета индекса технического состояния применены флаги, определяющие вид воздействия на актив: техническое обслуживание, учащенный контроль, текущий ремонт, средний ремонт, капитальный ремонт, аварийный ремонт, замена, расчистка и расширение трасс линий электропередач [187]. Результаты расчета индекса технического состояния для однозначности трактования приведены к безразмерной величине от 0 до 100.

Практическое внедрение метода индекса технического состояния во многом зависит от формирования прогрессивной системы управления производственными активами (СУПА) и автоматизации производственных процессов. Так, в филиале «МЭС Урала» технической основой для СУПА в части планирования, бюджетирования и контроля стали АСУ на базе SAP ERP (рисунок 5.11).

Рисунок 5.11 – Модель процесса планирования ТОиР оборудования на базе SAP ERP [318, авт.].

На существующей стадии развития СУПА позволяет техническим руководителям обладать статистической информацией о составе производственных активов, их техническом состоянии, своевременности выполнения планов ремонта оборудования, затратах на выполнение ремонтной программы [44]. При этом общая оценка технического состояния активов предшествует составлению плана работ по ТОиР на каждую конкретную единицу оборудования. Затем происходит непосредственное создание заказов на выполнение работ по ТОиР с указанием физических объемов и их расшифровкой, а также определение фактических объемов работ на основании составленной ранее ведомости. Заказы на выполнение работ создаются через инструмент планирования, который позволяет

создавать заявки на технический объект (место возникновения затрат) в существующей структуре оборудования.

Следующим этапом обработки заказа является этап ввода плановых тарифных ставок и надбавок по категориям ремонтного персонала и расчёт плановой стоимости работ на основе смешно-нормативной базы.

Все созданные активные заказы консолидируются в рабочую версию плана, которая доступна пользователю в любой момент и с любого рабочего места, где установлен SAP. Так же пользователь может проверить ход исполнения плана с детализацией до конкретного присоединения. Данная версия плана проходит процедуру согласования и утверждения посредством автоматизированной системы корректировки, консолидации и анализа планов ТОиР.

Утверждённый план ТОиР является основным документом, по которому организуется ремонтная деятельность. В течение года по факту выполнения работы заказы закрываются в соответствии с фактическим актированием, после чего в автоматизированной системе управления ТОиР происходит отражение фактических физических объемов и соответствующих затрат на ремонт и техобслуживание.

Апробация в ПАО «ФСК ЕЭС» предложенной модели позволила достичь следующих положительных результатов:

– обеспечен единообразный порядок расчета потребностей в трудовых и материально-технических ресурсах, машинах и механизмах для проведения работ по ТОиР в соответствии с действующими в отрасли и компании нормативно-техническими документами;

– обеспечена полная прозрачность при формировании стоимости работ по ТОиР на всех уровнях иерархии (от предприятия до исполнительного аппарата компании), а также исключён риск завышения оценки стоимости работ;

– снижен объём документооборота по процессам согласования планов, подготовки и согласования отчетности о выполнении планов ТОиР;

– повышен уровень контроля за обоснованностью расходованиям средств;

– финансовые и технические формы филиалов, необходимые для согласования и корректировки бюджетов, формируются в автоматическом режиме.

Несмотря на ряд положительных результатов, достигнутых в процессе создания системы управления производственными активами в ПАО «ФСК ЕЭС», существует значительное количество проблемных вопросов, требующих уточнения или совершенствования методологии. Все эти вопросы представляются весьма перспективными с точки зрения дальнейших исследований по теме:

– разработка отраслевой научно-технической документации в области управления производственными активами, с учётом оценки технического состояния, вероятности и последствий отказов оборудования;

– интеграция различных ИТ-систем на различных иерархических уровнях (SCADA, ГИС, ОЖУР, OMS, DMS, AMI и другие);

– разработка цифровых моделей прогнозов и планирования, предназначенных для принятия и оценки сложных решений в отношении производства, процессов и проектирования (цифровые двойники, анализ больших массивов данных, искусственный интеллект, машинное обучение);

– повышение точности итоговых показателей, применяемых для выявления лучших практик (бенчмаркинг);

– внедрение алгоритмов формирования аварийного запаса и ускорения процессов закупки материально-технических ресурсов для обеспечения «срочности» ремонта по техническому состоянию.

Кроме того, следует отметить, что область применения методики ИТС в части сетевого оборудования ограничена установками и ЛЭП напряжением 35 кВ и выше. При этом более всего изношены сети напряжением 0,4–10 кВ (это продемонстрировал кейс ПО «ЧГЭС»). Таким образом, методика не охватывает как раз те активы, которым более всего требуется риск-ориентированное управление, а это до 90% общей протяженности сетей [13]. Именно поэтому в следующей главе диссертации особое внимание уделено совершенствованию ТОиР специфических «труднодоступных» активов, для которых общепринятые методики оценки технического состояния применимы далеко не всегда.

5.3. Управление активами энергокомпаний на базе технологий роботизированной диагностики

Для реализации стратегии управления активами на основе рисков требуется наличие современной инструментально-диагностической базы. В этой связи в энергетике набирают популярность роботизированные устройства, которые используются для интеллектуального мониторинга энергетических активов [317, 397]. Применение таких роботов освобождает оперативный персонал электросетевых предприятий от сложной работы по осмотру высоковольтных линий, зачастую расположенных в труднодоступных локациях, а также увеличивает выявляемость повреждений участков сети, многие из которых, как правило, имеют скрытый характер. Рассмотрим особенности применения таких устройств на примере технического обслуживания и ремонта высоковольтных электрических сетей.

На мировом рынке представлено несколько вариантов цифровых технологий диагностики ЛЭП и локального ремонта ВЛ.

Первый роботехнический проект *в Канаде* был создан в 1998 году. Прототип представлял из себя небольшого робота, который скалывал лед с ВЛ. Более поздняя версия была оборудована камерами и инфракрасными датчиками для осмотра работающих линий высокого напряжения. На данный момент колёсная платформа позволяет обеспечить подробный осмотр элементов воздушных линий, но требует установку робота с крана или вертолёта, что приводит к удорожанию работ и ограниченному масштабу мониторинга в реальном времени [245, 381].

В *Японии* в 2011 г. был представлен робот «Эквилибрист», который способен проводить одновременно диагностику расщепленных фазных проводов [300]. Оператор с экрана своего компьютера управляет роботом и осуществляет визуальный осмотр благодаря 8 камерам, позволяющим детально рассмотреть практически любой участок высоковольтной линии. В конструкции робота

присутствуют специальные лазерные датчики, которые позволяют найти места коррозии. Все полученные данные передаются по GPS-каналу.

Созданный в *Италии* робот Ilena изготовлен из нержавеющей стали и алюминия, имеет две конечности с колесами, позволяющими роботу передвигаться со скоростью 800 м/час [418]. Благодаря четырем камерам и нескольким датчикам робот может передавать информацию операторам на земле. Устройство управляется дистанционно с помощью пульта управления.

Следует отметить, что все перечисленные роботы (рисунок 5.12) перед выполнением диагностики при помощи подъёмных механизмов необходимо поднять наверх и установить при помощи электромонтёров на отключенную воздушную линию электропередачи.

а) б) в)

Рисунок 5.12 – Примеры роботов, используемых для диагностики ЛЭП:
а) робот LinaRanger (Канада), б) робот Expliner (Япония), в) робот Ilena (Италия)
(составлено автором)

Перспективной российской разработкой является проект «Канатоход», созданный в 2017 г. стартапом «Лаборатория будущего» [270]. Уникальностью робота является возможность проводить цифровую диагностику, техническое обслуживание и локальный ремонт элементов электросетевого оборудования без снятия напряжения с ЛЭП в автономном режиме.

Основными компонентами концепции по внедрению роботизированного комплекса «Канатоход» в промышленную эксплуатацию являются следующие.

1. Цифровая модель электрических сетей, обеспечивающая высокую детализацию и фиксирующая значения всех инструментально измеренных элементов линий электропередачи с учетом попадающих в охранную зону сторонних объектов и формированием статистики по всей необходимой информации в рамках жизненного цикла диагностической системы.

2. Цифровая бригада, осуществляющая весь комплекс работ по ТОиР, где необходимо непосредственное участие высококвалифицированного персонала.

3. Мобильная, автономная система, управляемая комплексом программных средств, которая непосредственно реализует весь спектр необходимых работ по диагностике, техническому обслуживанию и ремонту элементов электросетевого оборудования. Включает различные типы роботизированных устройств в местах их дислокации на узловых подстанциях.

4. Автоматизированная система сбора и обработки данных обеспечивает анализ полученной от диагностического комплекса данных, сравнивает их с предыдущими значениями, в динамике классифицирует отклонения, выдает прогноз ориентировочного времени проявления дефекта, который может привести к аварии, формирует программу воздействий на критические отклонения в элементах линий электропередачи.

5. Сервер, обеспечивающий хранение, архивацию, доступ к данным о состоянии всех элементов электрических сетей.

6. Цифровая диспетчерская служба, осуществляющая мониторинг состояния сети в режиме реального времени и дистанционно управляющая всем комплексом роботизированных систем по диагностике, техническому обслуживанию.

7. Блокчейн-платформа, обеспечивающая недискриминационный доступ ко всем потенциальным участникам рыночных отношений к актуальной и достоверной информации о техническом состоянии электрических сетей, а также инвестициях на диагностику, техническое обслуживание и капитальный ремонты активов электросетевого комплекса в целом.

На данный момент в технологии «Канатоход» участвует несколько тяжелых и лёгких платформ, которые выполняют различные миссии и могут использоваться для проведения:

– изыскания и построения цифрового двойника ЛЭП;

– мониторинга состояния сети и поэлементного прогнозирования развития отклонений;

– мелкого ремонта проводов и тросов (обработка жидкими составами, подтяжка болтовых соединений, тепловизионный контроль) при помощи роботизированных дронов;

– установки и снятия диагностических датчиков на провода, автоматического формирования дефектных ведомостей;

– проведения авторского надзора при строительстве и реконструкциях ВЛ.

Кроме того, ведется работа по адаптации на платформу других технических инструментов, позволяющих существенно расширить спектр работ по ТОиР ЛЭП с помощью «Канатохода» в части:

– локального ремонта провода при включенной ВЛ;

– монтажа и демонтажа индикаторов повреждения линии;

– установки виброгасителей;

– подтяжке контактных болтовых соединений на проводах и тросах;

– очистке поверхности изоляторов;

– замера переходного сопротивления на контактных и соединительных зажимах проводов;

– восстановления контактного соединения между грозозащитным тросом и заземлением опоры.

Технические характеристики некоторых платформ, входящих в состав «Канатохода», приведены в таблице 5.4.

За период разработки диагностического комплекса «Канатоход» с различными модификациями платформ были проведены полевые испытания на различных энергетических объектах по всему миру (таблица 5.5).

Таблица 5.4 – Технические характеристики платформ, используемых в роботе «Канатоход» [317, авт.]

Оборудование	Платформа «Паук»	Платформа «Стрекоза»
Габариты в рабочем состоянии	1500 x 1700 x 650 (мм)	1400 x 1600 x 700 (мм)
Габариты при транспортировке	900 x 900 x 550	700 x 550 x 550 (мм)
Снаряженная масса	До 11 кг	До 11,5 кг
Грузоподъемность	До 4 кг	До 4,5 кг
Аккумулятор (емкость батареи)	1 комплект (2 шт. x 22,2 В, 16000 мАч). Возможна установка 2 комплектов	
Параметры GPS и ГЛОНАСС	Чувствительность 160 дБ, точность позиционирования до 2,5 м	
Интерфейсы связи	Радио, GPS и ГЛОНАСС, Wi-Fi	
Параметры Wi-Fi	Частота 2412 – 2462 МГц, мощность 28 дБ, радиус действия до 50 км	
Параметры радиопередатчика	Частота 433 МГц FHSS, мощность 500 мВт, дальность до 1,5 км	
Время полёта при температуре 20°C	До 20 мин	
Дальность хода по ВЛ	До 5 км	
Допустимый наклон платформы при взлёте	До 30°	
Тяга при взлёте	Не менее 15 кг	Не менее 16 кг
Бортовой компьютер	есть	
Видео камера	Tarot Z30 Zoom 30x с разрешением Full HD 1920x1080	Tarot Z30 с разрешением Full HD 1920x1080
Рабочий диапазон атмосферного давления	от 730 до 790 мм. рт. ст.	
Рабочий диапазон относительной влажности воздуха	от 45 до 95 %	
Допустимая температура окружающей среды	от -28°C до + 42°C	
Максимальная скорость ветра	до 10 м/с	
Стереокамера	ZED	-
Тепловизор	-	Подвес Tarot с ИК-камерой FLIR Vue Pro 640
Лазерный сканер	-	Hokuyo UTM-30LX с подвесом
Магнитный сканер	-	Интрос МБ8-24

Таблица 5.5 – Список ВЛ, на которых проводились полевые испытания диагностического комплекса «Канатоход» [317, авт.]

№ п/п	Диспетчерское наименование ВЛ	Подразделение, страна	Год
1	ВЛ 220 кВ СУГРЭС – Южная	ФСК, Россия	2014
2	ВЛ 500 кВ Южная – Тагил	ФСК, Россия	2014
3	ВЛ 110 кВ Очаково – Мазилово	МОЭСК, Россия	2015, 2017
4	ВЛ 110 кВ НСТЭЦ – Сибирская	Россети Урал, Россия	2016
5	ВЛ 220 кВ Гумрак – Красноармейская	ФСК, Россия	2016
6	ВЛ 35 кВ Полевская – Верхняя Сысерть	Россети Урал, Россия	2017–2018
7	Учебный полигон Самара НИПИ нефть	Роснефть, Россия	2018
8	Учебный полигон DEWA г. Дубай	DEWA, ОАЭ	2018
9	Участок ВЛ 220 кВ Вьетнамской сетевой компании	EVN NPT, Вьетнам	2018
10	ВЛ 220 кВ СУГРЭС – Рябина	ФСК, Россия	2018

Наиболее показательным примером применения инструментальной диагностики является полевые испытания тяжелой платформы «Паук», которые проводились в августе 2018 г. При подготовке к проведению диагностической миссии в специальном симуляторе был создан участок линии электропередачи для отработки этапов проведения диагностики и отработки команд для робота (рисунки 5.13, 5.14). В ходе полевых испытаний проводилась проверка пригодности оборудования для диагностики и целесообразность его применения. На рисунке 5.15 представлен снимок, демонстрирующий работу сканера и стереокамеры.

Одновременно с лазерным сканированием была проверена работа магнитного сканера на фазном проводе, по результатам которого выявлены скрытые дефекты стального сердечника. Так, дефектограмма (рисунок 5.16) показывает, что наличие уменьшения сечения в стальном сердечнике фазного провода ведёт к снижению несущей способности провода, а это в свою очередь может привести к его обрыву при низких температурах окружающей среды, резких порывах ветра или образовании гололёдно-изморозевых отложениях на проводах. При перемещении платформы по фазному проводу с применением видеокамеры высокого разрешения проводится верховая ревизия на всей протяженности пролёта и выявляются дефекты, не видимые с земли. Пример таких дефектов представлен на рисунке 5.17.

Рисунок 5.13 – Отработка полёта платформы и стыковки её с проводом

Рисунок 5.14 – Отработка перемещения платформы по фазному проводу

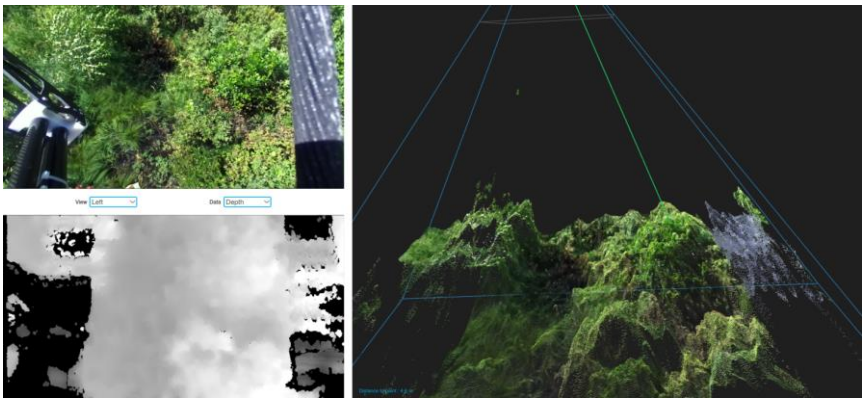


Рисунок 5.15 – Визуализация данных работы лазерного сканера

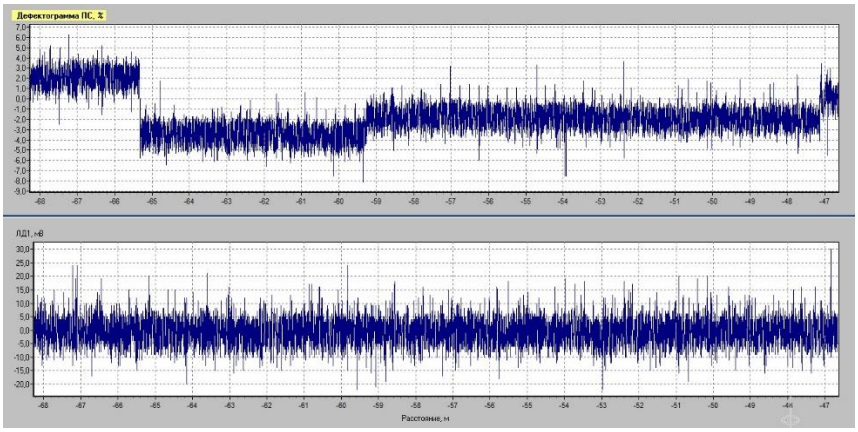


Рисунок 5.16 – Дефектограмма провода

Рисунок 5.17 – Обрыв жил верхнего повива провода

Применение камеры высокого разрешения позволяет выявить дефекты не только на проводе, но и на арматуре (например, неправильный монтаж гасителей вибрации). На рисунке 5.18 виброгаситель установлен на провод с большим перекосом, что может спровоцировать смятие алюминиевых жил верхнего повива и последующим пережогом провода. Кроме того, камера высокого разрешения способна зафиксировать зарождающиеся дефекты на элементах деревянных опор, как это наглядно можно увидеть на рисунке 5.19.

Рисунок 5.18 – Неправильный монтаж гасителя вибрации на провод

Рисунок 5.19 – Расщепление деревянной траверсы возле крепления поддерживающей гирлянды изоляторов

При работе платформы на исследуемом участке протяженностью 2,34 км, на котором расположено 12 опор, было выявлено 112 нарушений и дефектов, не соответствующих нормативно-техническим требованиям по безопасной эксплуатации воздушных линий электропередач. При этом необходимо упомянуть, что в листе осмотра электромонтёров указано всего 3 замечания по этому участку. Основными причинами их низкой производительности является высокое количество скрытых дефектов ЛЭП, не доступных для обзора «с земли», проблемы технической оснащенности ремонтного персонала биноклями высокой оптической мощности, а также низкий мотивационный фактор, что приводит к довольно поверхностному отношению электромонтеров к выполнению своих функций. В то же время платформа даже с неполным набором специальных

приборов и оборудования позволила объективно показать реальное состояние участка ЛЭП и доказало преимущество роботизированной диагностики перед «ручными» осмотрами планово-предупредительной модели ТОиР.

Одним из важных результатов работы комплекса «Канатоход» является цифровой двойник [383] и 3D-модель ЛЭП с информацией о состоянии каждого ключевого элемента, обеспечивающая актуальность данных о техническом состоянии оборудования и возможность управлять им с учётом различных рисков и при изменчивой погоде, что особенно актуально для России и ряда стран со сложными климатическими условиями.

Для определения экономической эффективности технологии был осуществлен расчет трех сценариев модернизации и технического обслуживания воздушных линий электропередачи в производственном отделении «Западные электрические сети» ОАО «Россети Урал» – крупнейшей электросетевой компании РФ. Сценарии просчитывались в десятилетнем горизонте.

Первый сценарий предполагал полное техническое перевооружение и реконструкцию ВЛ 35–110 кВ. С технической точки зрения вариант полного планового технического перевооружения основного оборудования является наиболее предпочтительным, но при этом с экономической точки зрения он самый затратный. С учетом большой протяженности ВЛ, находящихся на балансе производственного отделения (1600 км), и высокого износа ЛЭП (40%), на техперевооружение предстоит направлять ежегодно порядка 1 млрд руб.

Сценарий применения смешанной модели ремонта (как планово-предупредительного, так и планово-диагностического) выглядит менее затратным и нацелен на последовательную замену элементов основного оборудования (опоры, изоляторы, провод, грозозащитный трос). Его суть заключается в том, что по каждому типу электросетевых активов берётся часть элементов основного оборудования, отработавших свой нормативный срок службы, и равными долями производится замена на протяжении 10 лет. Однако, данный сценарий показал свою неэффективность в связи с нехваткой оперативного персонала в ремонтных бригадах.

В основе третьего сценария лежит проведение комплексной инструментальной диагностики с применение роботизированного комплекса и

замена только тех элементов, которые могут привести к дефекту оборудования и, как следствие, аварийному отключению линии электропередач. Другими словами – капитальный ремонт по техническому состоянию оборудования. При этом необходимо понимать, что основной упор делается на комплексную инструментальную диагностику оборудования и полный анализ полученных результатов. Во всем процессе диагностики исключается влияние человеческого фактора, который может исказить результаты.

Для «чистоты эксперимента» реализацию проекта по инструментальной диагностике с применением роботизированных систем в первый год предполагается передать работы лицензированному предприятию по договору на аутсорсинг. В затраты входят: построение цифрового двойника 3D-модели, занесение полученных результатов в SAP ERP, занесение дефектов в электронный журнал, планирование работ на следующий отчётный период по замене отбракованных элементов, которые могут привести к технологическим нарушениям. В результате комплексной диагностики с использованием роботизированного комплекса будет получена реальная картина технического состояния линий электропередачи. В последующие годы стоимость услуги сокращается, так как построение цифровой 3D-модели не требуется. При этом существенно сокращаются затраты на аварийно-восстановительные работы.

Сравнение сценариев в десятилетнем горизонте их реализации (до 2030 г.) показано в таблице 5.6.

Конечно, первоначальные затраты на внедрение описываемого подходы довольно высокие, но ежегодное проведение инструментальной диагностики роботизированным комплексом позволит в дальнейшем сократить количество технологических нарушений на воздушных линиях электропередач, а высвободившиеся средства перенаправить на модернизацию устаревшего оборудования. Таким образом, систематическое применение комплекса роботизированной диагностики на линиях электропередач дает ряд преимуществ, позволяющих повысить надежность передачи электроэнергии (таблица 5.7).

Таблица 5.6 – Сравнительные характеристики различных сценариев обновления воздушных линий электропередачи на примере ПО «Западные электрические сети» «Россети Урал» (рассчитано автором)

Показатель	Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3	
	В первый год	В последующие годы	В первый год	В последующие годы	В первый год	В последующие годы
Затраты в год, тыс. руб.	1 084 942,86	1 083 129,21	268 163,58	268 163,58	158 197,67	111 260,88
Способ проведения диагностики	Силами электромонтёров	Силами электромонтёров	Силами электромонтёров	Силами электромонтёров	Роботизированным комплексом	Роботизированным комплексом
Выявление дефектов	10–30 %	10–30 %	10–30 %	10–30 %	90–98 %	90–98 %
Снижение аварийности в год	10%	30%	20%	40%	50%	90%

Таблица 5.7 – Преимущества перехода на роботизированную диагностику ВЛ (составлено автором)

№	Технические	Организационные	Экономические
1	Актуальное графическое отображение цифровой сети	Возможность непрерывного проведения диагностики в течение всего календарного года	Сокращение операционных расходов на диагностику линий и эффективное перераспределение бюджетного источника
2	Оперативное получение сведений о текущем техническом состоянии всех элементов основного оборудования	Полное исключение производственного травматизма и смертельных случаев при выполнении диагностики	Высвобождение средств, расходуемых на аварийные ремонты, на модернизацию оборудования электрических сетей
3	Проведение диагностики в труднодоступных местах, вне зависимости от времени года (болото, большие переходы, горная местность, глубокий снег, паводки)		Снижение затрат на содержание оперативных ремонтных бригад, минимизация фактора сезонности
4	Возможность точного выявления скрытых дефектов элементов ЛЭП	Планирование замены элементов по фактическому техническому состоянию	Возможность точного выявления скрытых дефектов элементов ЛЭП

Окончание таблицы 5.7

№	Технические	Организационные	Экономические
5	Полное соблюдение периодичности диагностики	Возможность раннего прогнозирования дефектов и их своевременного устранения	Полное соблюдение периодичности диагностики
6	Проведение диагностики без отключения воздушной лини, что позволяет выполнять диагностику без ограничения энергоснабжения потребителей		

Практическое использование роботизированной технологии следует осуществлять по схеме выделения приоритетов ТОиР, описанной в параграфе 5.1. Для ВЛ сперва необходимо выполнять диагностику на воздушных линиях, которые отключались за предыдущий период 3 и более раза, затем – диагностику ЛЭП, питающих ответственных потребителей и транзитных линий, наконец производить работы на остальных участках трасс.

Предложенный подход к инструментальной диагностике позволяет выявлять до 98% всех дефектов, что, в свою очередь, позволяет сократить в несколько раз количество технологических нарушений и повысить надежность энергоснабжения потребителей. В долгосрочной перспективе это позволит улучшить показатели SAIDI/SAIFI, повысить финансовую привлекательность для инвесторов, улучшить качество электроснабжения конечных потребителей.

5.4. Выводы

1. Систематизация теоретических положений в области организации технического обслуживания и ремонта и проведенный анализ практических проблем реализации ремонтных программ позволили разработать алгоритм выбора стратегии ТОиР, учитывающий наличие у сервисной компании современных технических средств, квалифицированного персонала, специфические характеристики энергообъектов, риски экономического и экологического ущерба вследствие потенциальных отказов оборудования. Реализация алгоритма предполагает зонирование энергетических активов по степени влияния их отказов на показатели надежности и бесперебойности электроснабжения. Распределение активов по зонам позволяет определить для

каждой из зон набор соответствующих технических воздействий, причем для наиболее критичных активов рекомендуется применять риск-ориентированные решения, в основе которых лежат методы непрерывного контроля за состоянием в реальном времени, позволяющие перейти к управлению активами по жизненному циклу. Апробация предложенного алгоритма на предприятии «Челябинские городские электрические сети» позволила сократить затраты на ремонт на 55%, с 98,7 млн руб. в 2015 г. до 44,8 млн руб. в 2018 г., и увеличить объем инвестиций, направляемых на капитальное строительство новых объектов, почти на 50 млн руб.

2. Исследование практик использования индексного метода оценки состояния оборудования, применяющегося в прогрессивных стратегиях ТОиР, показало, что наиболее серьезной проблемой его внедрения в энергокомпаниях является агрегация ретроспективных данных о состоянии оборудования, качество которой в значительной мере определяется человеческим фактором. Обосновано, что решение этой проблемы зависит от наличия формализованной методологии и инструментов управления процессами контроля качества и обеспечения высокого уровня надёжности оборудования на трехстороннем уровне: производителей, ремонтно-сервисных компаний и энергетических предприятий, интегрирующих данную методологию в стратегии управления активами. При этом предварительная стадия оценки технического состояния должна проходить с участием экспертных групп, включающих квалифицированных инженеров, экономистов, менеджеров. Управление состоянием труднодоступных энергетических активов предлагается осуществлять с использованием наукоемких роботизированных средств инструментальной диагностики, способных анализировать большие массивы данных, характеризующие параметры оборудования, прогнозировать его динамику и выполнять отдельные виды ремонтных работ. Так, использование в одном из производственных отделений ПАО «Россети Урал» робота «Канатаход», предназначенного для диагностики воздушных линий электропередачи, позволило повысить уровень выявления дефектов на ВЛ до 98% и обеспечить почти семикратное сокращение затрат на диагностику и обновление линий – до 160 млн руб. в год вместо 1 млрд руб.

ГЛАВА 6. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К КАДРОВОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАУКОЕМКОГО СЕРВИСА

6.1. Новые задачи, требующие освоения междисциплинарных компетенций

Определяющим фактором устойчивого развития и конкурентоспособности всех без исключения отраслей народного хозяйства является наличие квалифицированных специалистов и команд, способных к осмыслению возникших вызовов, умеющих исследовать, анализировать и интерпретировать происходящие изменения и предлагать упреждающие технологические, технико-экономические, организационные решения, нивелирующие риски внешней среды и закладывающие основу для стратегического лидерства предприятий и организаций. *Сервисы подготовки таких специалистов и команд приобретают инфраструктурное значение, тем более в такой системообразующей отрасли как электроэнергетика.*

Несмотря на решающую роль кадрового обеспечения для устойчивого развития и функционирования электроэнергетики, данная проблематика как в науке, так и в практической среде рассматривается весьма поверхностно. Как правило, декларируется необходимость активизации взаимодействия энергокомпаний и университетов и пересмотра содержания обучения инженеров (реже – экономистов и менеджеров) на основе идеи о переподготовке специалистов внутри энергетических предприятий в рамках корпоративного обучения либо о локальном совершенствовании отдельных модулей учебных программ высшего образования. Но системная подготовка кадров для сферы наукоемкого сервиса практически не ведется. Одним из исключений является кафедра «Энергетический сервис и управление энергосбережением» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», разработавшая совместно с международными предприятиями Covestro, Uponor, Siemens, Schneider Electric модель «стрелы энергоэффективных компетенций», охватывающей ключевые этапы жизненного цикла системы энергоменеджмента [66]. К сожалению, в модели не учтены прогрессивные тенденции в энергетическом сервисе, а компетенции формируются в рамках весьма традиционного подхода к подготовке энергоменеджеров.

Между тем кадровое обеспечение является одним из ключевых видов наукоемкого сервиса в электроэнергетике, «цементирующим» все остальные формы сервисной поддержки. В рамках настоящей диссертации подготовка кадров представляет исследовательский интерес по ряду причин.

1. Данный вид деятельности традиционно рассматривается под консервативным углом образовательных услуг третичного сектора экономики. На наш взгляд, подготовка кадров для энергокомпаний, в особенности находящихся на этапе технологической модернизации и цифровизации, – намного более многоаспектный процесс, выходящий за пределы собственно образования (хотя образовательная компонента, конечно, играет в нем ведущую роль).

2. Подготовка кадров как внешний сервис для энергокомпаний и других субъектов энергетического рынка *сам по себе требует внутренней сервисной поддержки* и, таким образом, является гибридным сервисным товаром.

3. Наукоемкий характер сервисов кадрового обеспечения определяется высокой знаниевой компонентой: для его реализации необходимо создать механизмы непрерывной исследовательской работы и генерации новых знаний о будущем, их трансфера в образовательный контент, системы аналитической поддержки мониторинга компетенций и внедрения проектных решений на практике.

Вышеизложенные тезисы определяют необходимость разработки новой образовательной парадигмы. В соответствии с объектом и предметом диссертационного исследования фокус автора направлен в первую очередь на управленческое образование, при этом в основе создаваемой парадигмы лежит следующее исходное положение.

Новое поколение менеджеров будет массово участвовать в прорывах при создании принципиально новых технологий, создании новых рынков, модернизации действующих производств. Основные изменения будут связаны со значительным повышением производительности труда на базе интеллектуальных систем, разнообразием экономических и маркетинговых инструментов работы с потребителями, с внедрением систем гарантирования безопасности, надежности, экологичности и энергоэффективности производства. В свою очередь, крупные технологические инновации инициируют глубокие организационные

преобразования, смену принципов сервисного сопровождения промышленных объектов, оптимизацию их жизненного цикла. Менеджерам предстоит решать качественно новые задачи: идентифицировать глобальные тренды, угрозы, новые возможности, организовывать быструю адаптацию коллектива к изменениям; проводить форсайт-исследования рынков технологий, капитала, услуг, компетенций; проектировать и управлять жизненным циклом интегрированных систем с инновационными инженерно-техническими, организационно-экономическими и социотехническими характеристиками; внедрять прогрессивные цифровые и IT-системы; находить оптимальные решения с учетом многофакторных рисков; управлять проектами с участием виртуальных команд и сетей экспертов, представляющих различные области знаний и практики [55].

Данное исходное положение выдвигает ряд требований к содержанию новой образовательной парадигмы.

1. *Метод обучения менеджеров становится приоритетом.* Деятельностное участие, междисциплинарная командная работа, моделирование ситуаций, исследования, проектирование являются неотъемлемыми элементами образования, в котором основной акцент делается не столько на приобретение знаний, сколько на их генерирование, обновление и использование. В этой связи в управленческом образовании резко возрастает роль науки; она, по существу, становится доминантой учебного процесса, особенно в магистратуре.

2. *Образовательные модели* фокусируются на приобретение обучающимися навыков профессионального поведения в условиях неопределенности, работы с огромными массивами информации, платформенного взаимодействия и сетевых коммуникаций; мониторинга зарождающихся производственных, телекоммуникационных, управленческих технологий – подрывных инноваций.

3. *Резко повышается актуальность приобретения менеджерами навыков к самообучению.* Приоритет отдается умениям непрерывно развивать собственную методологическую культуру, критическое мышление, держать в постоянном фокусе изменения контекста как в электроэнергетике, так и в смежных отраслях.

4. *Основополагающий принцип учебного процесса для менеджеров – применение междисциплинарного подхода, интегрирующего предметные знания в новое качество на стыке техники и технологии, экономики и финансов, экологии, права, менеджмента.*

При этом именно технологии в широком смысле – от целевых научных исследований и инжиниринговых разработок до внедрения инноваций – являются объектом концентрации междисциплинарных взаимосвязей [280, 400, 439]. Поэтому знание инженерных основ производства и научно-технических трендов – непременное условие возможности руководителя успешно выполнять свои функции. Следовательно, в управленческом образовании должны быть существенно усилены объем и содержание научно-технической, инженерно-технологической и технико-экономической подготовки, что позволит менеджеру освоить сложнейшие междисциплинарные связи техники, экономики, экологии, человеческого фактора [280, 333], увязать профессиональные знания с уникальными технико-технологическими особенностями, беспрецедентной ответственностью и функциями электроэнергетики в народном хозяйстве.

Указанные вопросы в силу своей сложности и значимости должны находить отражение во всех профильных учебных дисциплинах и в течение всего процесса обучения студентов, начиная с бакалавриата. В противном случае исключается возможность проследить ключевые технико-экономические связи, и студенты в итоге не получают системного знания [30, 42, 48].

Эмпирические данные, полученные на основании проведенных нами опросов (рисунок 6.1), акцентируют внимание на ряде элементов управленческой деятельности, приобретающих важное значение в энергетике при технологической модернизации. Так, по мнению экспертов, в образовательных программах подготовки менеджеров необходимо значительно больше уделять внимания инженерно-техническим вопросам отрасли и ее научно-техническим перспективам – до 20–22% общего объема учебной программы у бакалавров и магистров; готовности к инновационной деятельности – 12% у бакалавров и примерно столько же у магистров; методам самообучения – 15% у бакалавров и 11% у магистров [55].

Рисунок 6.1 – Удельный вес учебных дисциплин в программах подготовки бакалавров и магистров (составлено автором)

Сравнение этих «нормативных» значений с фактическими пропорциями, наблюдающимися в университетах РФ при подготовке, например, бакалавров менеджмента, показывает, что особенно в первые два года в учебных планах доминируют общеобразовательные дисциплины (до 50 %), имеющие опосредованное отношение к профессии. В то же время в западных университетах доля таких дисциплин намного ниже (5–10 %). Они также могут полностью отсутствовать или быть выведены в контур майноров – дисциплин по выбору.

Подробный анализ опыта ведущих университетов в реализации образовательных продуктов для менеджеров выполнен автором в работах [53–58, 316] и позволяет выявить их следующие особенности.

Ключевой тренд – управленческое образование становится все более «исследовательским» и ориентированным на прорывные научные разработки [242, 301, 307]. Так, выборка магистерских программ Кембриджского университета показывает, что из общего пула в 179 программ большая часть (86)

являются полностью исследовательскими, 67 из них на 50% содержат исследовательскую часть, и лишь 26 прикладные, хотя даже они содержат некоторые элементы НИР. В Оксфордском университете в рамках магистерской программы «Управление крупными программами и проектами» учебный процесс построен таким образом, что студенты работают в рамках очных занятий всего лишь 10 недель. Все остальное время посвящается научной и консалтинговой работе. При этом предлагаемая исследовательская повестка *фокусируется на прорывных технологиях индустрии будущего*.

Отмечается рост междисциплинарных программ для подготовки менеджеров, для реализации которых в университетах создаются специальные структуры. Примерами таких университетов являются университет Амстердама (Нидерланды), университет Техаса (США, Даллас), Оксфордский университет (Великобритания), университет Толедо (США), Токийский университет (Китай), университете Цинхуа (Китай). В учебном процессе при этом присутствуют как инженерные и управленческие дисциплины, но и гуманитарные, связанные, в частности, с вопросами дизайн-мышления, визуальной аналитики, когнитивных технологий.

Требования к междисциплинарным специалистам приводят к устойчивому снижению спроса на «чистых» менеджеров и инженеров. В результате происходит симбиоз *инженерного и управленческого образования*. Исследование Европейской комиссии, посвященное прогнозу структуры компетенций инженеров, работающих в области нано- и микроэлектроники [313] показало, что в образовательных программах магистратуры и PhD, существенное внимание должно быть уделено вопросам экономики и управления (не менее 20–25%) [297]. Такого же взгляда придерживаются и другие эксперты [50, 227, 307, 432].

На зарубежных рынках получается распространение концепция STEM (аббревиатура слов Science, Technology, Engineering, Education, рисунок 6.2) – формат междисциплинарного проблемного обучения, вовлекающего студентов в деятельность, связанную с дизайном технологических систем; открытые, кейс-ориентированные дискуссии по актуальным вопросам науки, технологий, социальной сферы; решение проблем конкретных отраслей и компаний на основе

применения фундаментальных знаний о природе и законов технологического развития; командную и индивидуальную работу по решению задач высокой неопределенности. Причем по мере усложнения объекта изучения и роста квалификации студентов пропорции STEM смещаются в сторону увеличения элементов «Technology» и «Engineering». Другими словами, чем сложнее обсуждаемые вопросы и квалифицированнее аудитория, тем меньше часов в учебном плане уделяется фундаментальным законам и методам, и больше — прикладным.

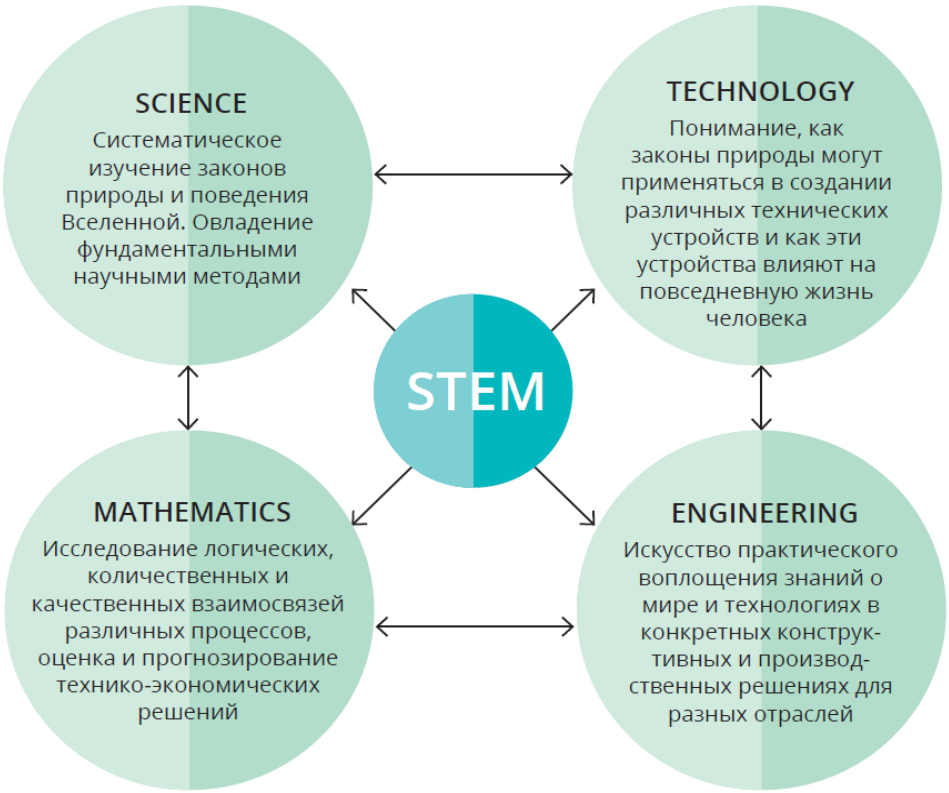


Рисунок 6.2 – Концепция STEM в образовании (составлено автором).

Таким образом, в современном представлении ведущих университетов управленческое образование ориентировано на передовые научно-технические достижения, демонстрацию передовых практик на стыке менеджмента и инженерии, гибкую организацию учебного процесса, вовлечение студентов в активную проектно-исследовательскую работу, построенную на принципах активных коммуникаций, командного творчества и междисциплинарности.

Новизна непрерывно возникающих задач, необходимость их осмысления и систематизации, учета требований многочисленных стейкхолдеров, частой

перестройки команд под изменяющиеся требования актуализирует те *междисциплинарные компетенции*, которые имеют решающее значение в достижении стратегических целей технологического прорыва [55]: *инженерно-управленческие*, *инженерно-экономические*, *компетенции управления цифровыми ресурсами и упреждающих действий* (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Междисциплинарные компетенции, формируемые в опережающем обучении (составлено автором)

Компетенции	Определение	Примеры
Инженерно-экономические	Способности использовать экономические знания при оценке эффективности создания и эксплуатации новых технологических систем	– Экономические модели опережающего развития бизнеса; – управление инвестициями в инженерии инноваций; – оценка затрат и прогнозирование результатов крупных проектов; – оценка рисков и эффективности использования ресурсов
Инженерно-управленческие	Способности организовывать активный инновационный процесс и соответствующую корпоративную культуру, совершенствовать внутренние и внешние коммуникации, определять приоритеты распределения ресурсов с учетом интересов стейкхолдеров	– Организация процессов технологической модернизации; – управление портфелями проектов; – поддержка технологического предпринимательства; – управление взаимодействием сотрудников, подрядчиков, разработчиков при решении сложных задач – организация сетевой кооперации и распределенного лидерства; – руководство реализацией стратегии цифровизации
Управления цифровыми ресурсами	Умение работать со сложными информационными системами, большими массивами данных и искусственным интеллектом, а также перестраивать бизнес-процессы и организационные системы на основе учета и использования возможностей облачных технологий, Интернета вещей и умных сред	– Внедрение в организациях цифровых инструментов дистанционного управления, технологий использования умных систем; – организация бизнес-процессов в виртуальной среде; – разработка концепции цифровизации производственных процессов

Окончание таблицы 6.1

Компетенции	Определение	Примеры
Упрежда-ющих действий	Способность предвидеть изменения многих разнородных факторов, событий и контекста, прогнозировать будущее организации и на основе этого вырабатывать решения для адаптации систем и бизнес-процессов к предполагаемым и непредсказуемым изменениям	– Создание систем раннего обнаружения угроз и возможностей; – концептуальное проектирование; – конструирование будущего компании; – разработка стратегий лидерства; – организация опережающего обучения; – подготовка междисциплинарных команд прорыва

Потребность в данных компетенциях остро ощущается уже при решении задач локальной технологической модернизации:

– разработке инвестиционных проектов с обоснованием технических и экономических нормативов, характеризующих её целевые результаты;

– технико-экономическом анализе применимости отдельных моделей новых энергетических установок и оборудования, различных поставщиков и форм сервиса в конкретных условиях данного предприятия;

– комплексной оценке внешних рисков (инвестиционных и технических) и способов их минимизации;

– отборе инноваций, которые можно получить от зарубежных партнеров и осуществление операций на соответствующих мировых рынках;

– аналитической работе с большими массивами информации различного предметного содержания.

Цели профессиональной подготовки менеджеров разных уровней и методы их подготовки с позиции междисциплинарного подхода естественным образом различаются между собой. Так, для менеджеров нижнего уровня наиболее важным является усвоение взаимосвязей между системами управления и умение решать нетиповые задачи. Для топ-менеджеров в приоритете – постановка комплексного видения будущего, развитие компетенций масштабных преобразований, управления человеческим капиталом, трансформации стратегических приоритетов (таблица 6.2).

Таблица 6.2 – Усиление междисциплинарного подхода при обучении менеджеров (составлено автором)

Цели профессиональной подготовки	Направления освоения междисциплинарности
Студенты управленческих специальностей. Овладение базовыми компетенциями, умение их применять в нестандартных ситуациях	– Понимание разнообразия технологий и формирование представления о комплексности содержания управленческой деятельности; – обобщающие доклады с использованием результатов НИР и информации из разных областей знаний; – стимулирование развития стоимостного мышления; – концептуальное проектирование; – деловые игры, командная работа.
Менеджеры нижнего уровня. Понимание управленческих задач и основных систем управления. Умение решать нетиповые задачи для своего уровня. Умение работать с людьми и малыми группами. Овладение основами стоимостного мышления	– Демонстрация многоаспектности и комплексности управленческих знаний (для выпускников инженерных специальностей); – обучение передовому опыту с разбором конкретных ситуаций; – деловые игры, стратегические сессии, командная работа.
Менеджеры среднего уровня. Умение решать нетиповые задачи для своего уровня, анализировать проблемные ситуации, формулировать и решать проблемы. Развитие системного мышления	– Целостное усвоение управленческих знаний; – обучение передовому опыту с разбором конкретных ситуаций; – концептуальное проектирование; – деловые игры, стратегические сессии, командная работа.
Топ-менеджеры. Умение интегрировать экономические, производственные, экологические, политические и культурные цели и решать сложные комплексные проблемы. Развитие способностей изменять видение, стратегию и приоритеты задач. Создавать и развивать точки роста и команды прорыва. Организовывать масштабные преобразования.	– Формирование видения будущего; – методы генерации идей; – поведение в экстремальных ситуациях; – развитие способности профессиональной рефлексии; – концептуальное проектирование; – деловые игры, стратегические сессии, командная работа.

6.2. Принципы и опыт создания системы опережающего обучения на основе партнерства науки, образования, бизнеса

Под *опережающим обучением* понимается организованный процесс формирования знаний и компетенций для решения будущих задач, соответствующих глобальным трендам и национальным программам развития [55–58]. Его цель – получение специалистами знаний для работы в условиях технических и организационно-экономических систем, создаваемых в обозримой перспективе и функционирующих во внешней среде, отличающейся повышенной турбулентностью.

Опережающее обучение в отличие от традиционного позволяет думать и действовать стратегически, используя широкий масштаб видения, и тем самым обеспечивать нейтрализацию кризисных явлений и устойчивое развитие бизнеса и отрасли в обозримой перспективе в направлении повышения инвестиционной привлекательности и конкурентоспособности на рынках.

1. Опережающее обучение невозможно, и это следует подчеркнуть особо, без интегрированной в образовательный процесс целевой *научно-исследовательской компоненты:* контекст-анализ, мониторинг научно-технических достижений, форсайт-прогноз структурных изменений в экономике.

2. Учебный материал насыщается научной информацией, методическими основами НИР и управления инновациями, прогрессивными практическими решениями в области инженерии и управления. По мнению как преподавателей, так и практикующих специалистов [53, 55, 56], в контент опережающего обучения должны быть включены курсы, посвященные основам системной инженерии и упреждающего управления, перспективным отраслевым технологиям, инструментам прогнозирования будущего и анализа больших данных, интеллектуализации производственных и городских инфраструктур, междисциплинарным взаимосвязям в бизнесе, наукоемкому сервису.

3. Опережающее обучение осуществляется в отдельном научно-учебном контуре и задает вектор знаний, нацеленный на создание нового облика отрасли

(компании), воплощающего передовые достижения научно-технического прогресса и организационно-экономические инновации. Важный акцент в опережающем обучении делается на механизмы, защищающие отрасль от внешних вызовов и угроз. В отличие от традиционной подготовки менеджеров, решающих рутинные (тактические) задачи, опережающее обучение ставит целью выпуск менеджеров нового типа: конструкторов-инноваторов с компетенциями концептуальных проектировщиков новых систем и их внедрения в действующее производство. Также важно подчеркнуть, что для разных категорий менеджеров необходимы различные пропорции опережающего и традиционного обучения.

Данные выводы подтверждаются эмпирическими данными, полученными автором в ходе опросов (рисунки 6.3, 6.4).

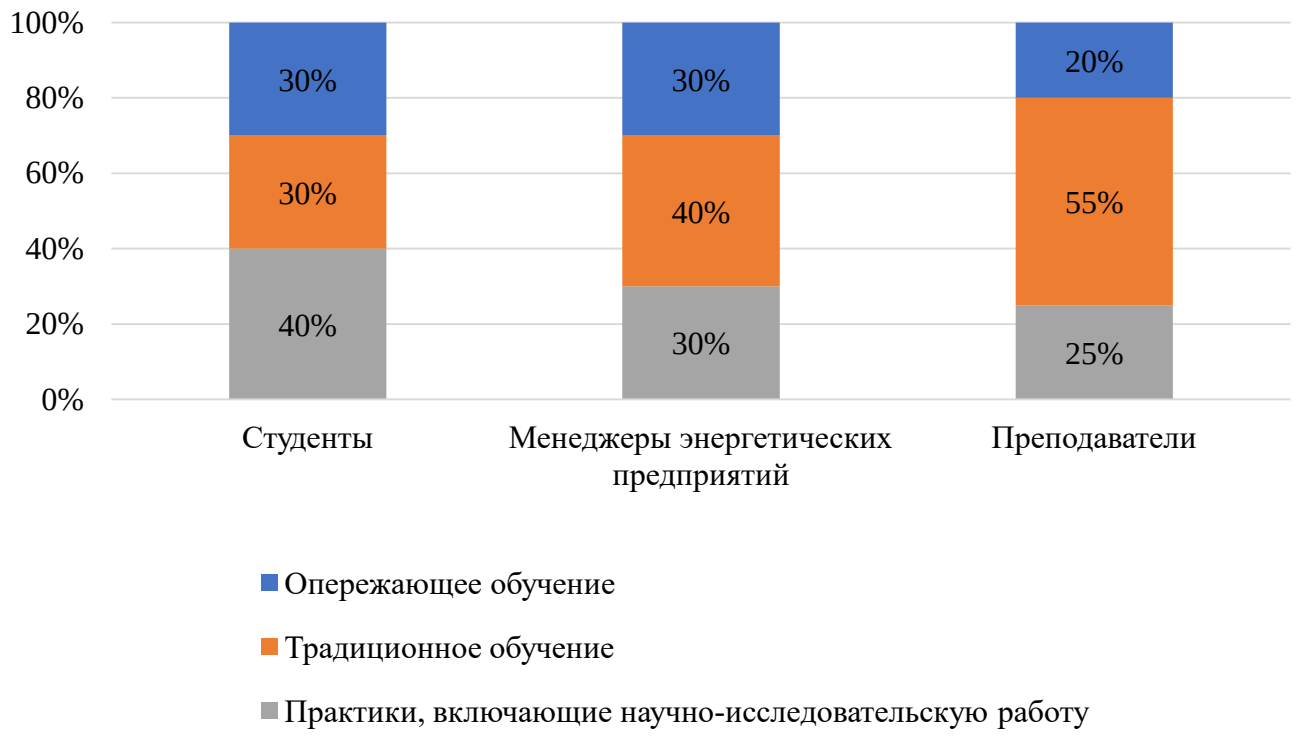


Рисунок 6.3 – Удельный вес опережающего обучения в общем объеме образовательных программ магистратуры (составлено автором)

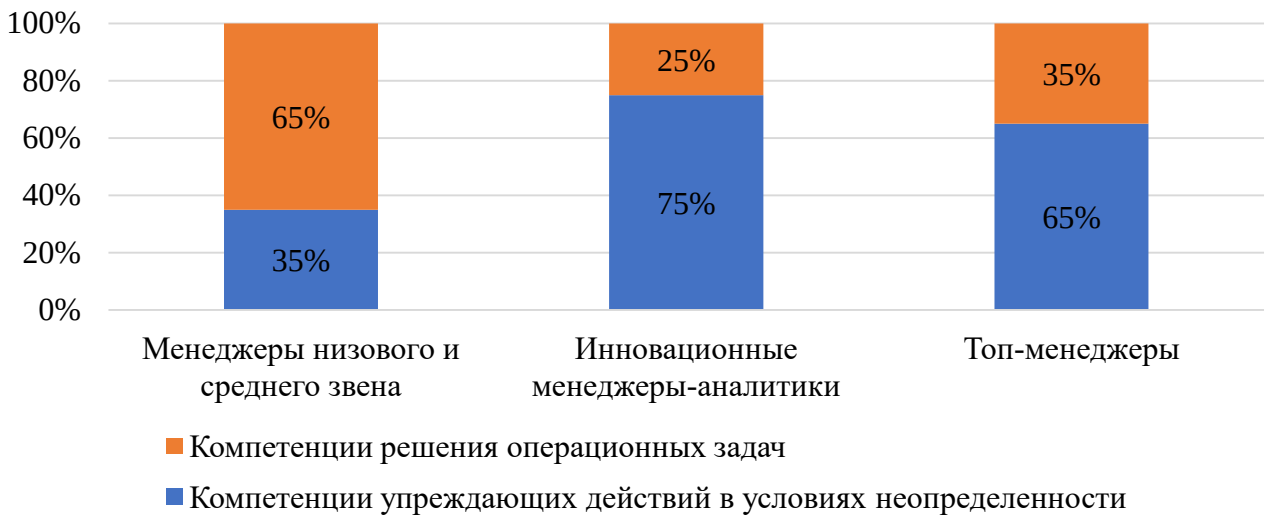


Рисунок 6.4 – Доля опережающего обучения в подготовке менеджеров разных категорий (составлено автором)

Следует отметить также и другие *особенности опережающего обучения*:

– насыщение учебного материала научной информацией, методическими основами НИР и управления инновациями, анализа прогрессивных решений в области инновационного управления;

– рассмотрение механизмов научно-технического взаимодействия с различными странами и компаниями в общем контексте глобализации бизнеса;

– использование новых принципов организации учебного процесса, нацеленных на активное участие студентов и слушателей в научных исследованиях, концептуальной и проектной деятельности.

Ключевыми объектами опережающего обучения являются следующие.

а) *Методология конструирования* сложных систем, насыщенных инновационными элементами.

Например, электроэнергетическая система с полной автоматизацией управления и регулирования вплоть до потребителя, обладающая структурной гибкостью к введению новых элементов, основанных на новейших информационных технологиях. Другим примером является оптовый рынок энергии и мощности с автоматической защитой от нарушений правил участниками рынка, с ценовыми механизмами, адекватными эффективности

генерирования, передачи и использования электроэнергии, с сильной мотивацией для привлечения инвестиций в новое строительство энергообъектов.

б) *Изменения отраслевого контекста,* прежде всего мировых трендов научно-технического прогресса и научных разработок.

Например: распределенная генерация; интеллектуальные электросети; безопасные АЭС; экономически конкурентоспособные ВИЭ; полимодельная концепция оптового и розничного рынков электроэнергии.

в) *Прогнозы ресурсных ограничений* и турбулентности внешней среды: кадры, топливо, технологии, финансовая и валютная волатильность и др.

г) *Методы упреждающего управления*, нейтрализующие турбулентность внешней среды, преодолевающие ресурсные и экологические ограничения и стабилизирующие конкурентоспособность (финансово-экономическую эффективность) бизнеса.

д) *Качество человеческого ресурса* и его готовность к изменениям.

е) *Развитие лидерства*, в котором наблюдается общий сдвиг от «выдающихся одиночек» к распределенному лидерству и коллективному разуму, способствующим достижению высоких результатов, а также повышается значимость визионерского подхода, базирующегося на глобальном мышлении и учете широкого контекста.

ж) *Междисциплинарная командная работа*, вовлекающая специалистов из разных предметных областей науки и практики в решение задач повышенной неопределенности и сложности, в том числе на основе средств виртуальных коммуникаций [316].

Еще раз подчеркнем, что опережающее обучение может быть организовано на самых разных уровнях образования (бакалавриат, магистратура, программы ДПО, MBA, PhD, DBA), но в разных пропорциях. Очевидно, что, чем выше квалификационный уровень программы, тем больше вопросов опережающего обучения в ней рассматривается.

Организация внедрения опережающего обучения. Уже на начальном этапе разработки концепции опережающего обучения было очевидно, что столь

крупное нововведение встретит сопротивление в университетах. Интерес представляют барьеры, на которые реформаторам образовательных моделей предстоит обратить внимание прежде всего. Для их выявления в ходе экспертного опроса респондентам было предложено в открытой форме указать один или несколько наиболее существенных барьеров, препятствующих внедрению опережающего обучения. Результаты ответов экспертов обобщены на рисунке 6.5.

Рисунок 6.5 – Факторы, препятствующие внедрению опережающего обучения (составлено автором)

Вполне естественно, что бюрократизм оказался самым критичным фактором, затрудняющим внедрение инноваций в университетах; эта особенность университетского устройства отмечается в качестве серьезного барьера нововведениям и в ряде научных публикаций (среди наиболее фундаментальных и оперирующих широкой выборкой университетов при изучении данной проблематики отметим [246, 367]). Однако, не менее важным становится вовлечение бизнеса в реализацию проектов опережающего обучения [302]. Более того, подчеркнем еще раз, что практическая потребность в опережающем образовании может быть удовлетворена только при внедрении в практику менеджмента упреждающего управления на базе цифровизации и механизма раннего обнаружения угроз и открывающихся возможностей. Данная организационная система сможет функционировать и развиваться при постоянном расширении, углублении и обновлении знаний о зарождающихся трендах глобальной среды, оценки потенциала их развития и реализации в прорывных инновациях.

Проблему быстрых качественных преобразований в учебном процессе не решить без культивирования в университете *точек роста, демонстрирующих образцы позитивного опыта*. В этом отношении весьма перспективными являются университетские структуры, специализирующиеся в области исследований и образования как целостного объекта.

Для примера приведем опыт научно-образовательного центра междисциплинарных исследований и образовательных проектов (НОЦ «ИНЖЭК») Уральского федерального университета (УрФУ). Фундаментальной основой, позволяющей системно решить проблему внедрения новой парадигмы управленческого образования, является научное направление «Упреждающее управление в динамично развивающихся отраслях и секторах экономики» с широкой исследовательской повесткой и внедренческой частью – мультипроектом «Новые лидеры для технологического прорыва» (рисунок 6.6). Уникальность мультипроекта заключается в организации умного партнерства науки, образования и бизнеса, базирующегося на общем для каждого субъекта интересе и цели – компетенции для упреждающих действий [55].

Рисунок 6.6 – Структура мультипроекта «Новые лидеры для технологического прорыва» (разработано автором)

Новая образовательная парадигма предусматривает приоритет метода обучения, формирующего гибкость профессионального мышления и поведения, освоения междисциплинарных связей, понимания контента, готовности к изменениям. С этой целью разработана *методология ИСКО* – интегрированная система консультирования опережающего обучения и преобразующих действий. Модель обучения в ИСКО предполагает, что обучающиеся активно обсуждают друг с другом и профессорами различные вопросы, делятся информацией, сотрудничают, вместе моделируют ситуации и постигают новые смыслы. В итоге учебные курсы воспринимаются как целостный практико-ориентированный комплекс, способствующий концептуальному воплощению и междисциплинарному решению реальных проблем. Методология ИСКО впервые представлена в [99] и далее усовершенствована в монографиях, опубликованных с участием автора [53, 56].

Реализация опережающего обучения требует организации непрерывного *трансфера знаний* между энергетическими предприятиями и университетами. Для этой цели предлагается использовать специфическую *научно-образовательную технологическую платформу (НОП).* Она представляет собой саморегулируемую форму взаимодействия сетевых субъектов, обеспечивающую непрерывное обновление знаний и компетенций, а также методов обучения на

основе новейших исследований, организационно-экономических и социо-гуманитарных инноваций. Основой создания концепции НОП послужили описанные в четвертой главе диссертации принципы организации технологических платформ.

Цель НОП – максимально быстрое внесение изменений в учебный процесс, создавая возможность для опережающего непрерывного образования специалистов в течение всего периода их трудовой деятельности (бакалавриат – ДПО – магистратура – аспирантура – докторантура). В числе требований, которые были положены в основу проектирования НОП:

– организация непрерывных исследований и быстрая передача научного результата (новых знаний) в учебный процесс;

– использование технологии «конвейера», организующей непрерывное наращивание компетенций, профессиональный и карьерный рост специалистов;

– обеспечение гибкости жизненного цикла образовательных продуктов и перехода между стадиями образования;

– применение сетевых технологий продвижения продуктов и сервисов на рынке за счет кастомизации и настройки на актуальные задачи пользователя;

– трансляция в сетевом пространстве научных и прикладных результатов для вовлечения экспертного сообщества в совместную инновационную деятельность [60].

Механизм функционирования платформы, обеспечивающий циркуляцию и воспроизводство новых знаний, соответствующих перспективным трендам и происходящим изменениям в глобальном, национальном и отраслевом контекстах, показан на рисунке 6.7. Их непрерывный мониторинг, анализ и изучение с позиции научного направления «Упреждающее управление в динамично развивающихся отраслях и секторах экономики» – стержневого элемента платформы – позволяет осуществлять перевод сгенерированных знаний в конкретные проектно-исследовательские задачи, для решения которых в свою очередь требуются востребованные рынком компетенции.

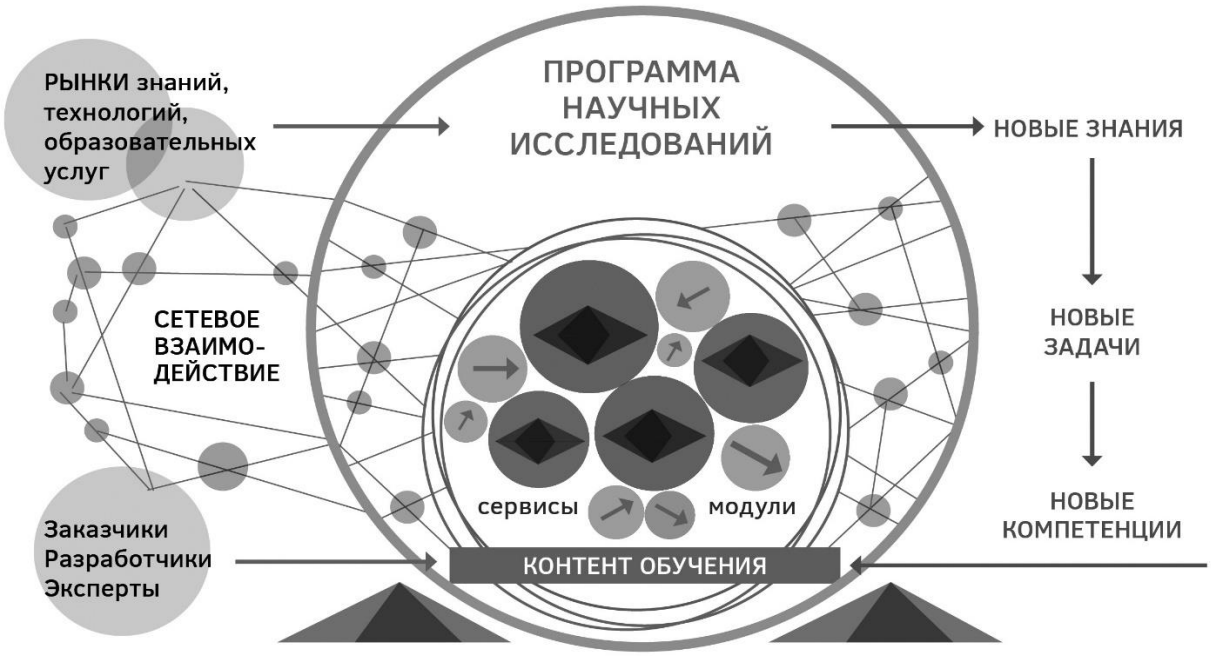


Рисунок 6.7 – Концептуальное представление механизма научно-образовательной платформы (разработано автором)

Основой для создания уникальных сервисов научно-образовательной платформы является база знаний, содержащая более 50 собственных учебников, 400 научных статей и монографий преподавателей НОЦ «ИНЖЭК» (в том числе автора настоящей диссертации), кейсы, профессиональный видеоконтент, задания для исследовательской работы, примеры проектов с интеллектуальных деловых игр, выполненных студентами. База знаний позволяет радикально перестроить процесс обучения за счет самостоятельного изучения теоретических вопросов и высвобождения времени для сосредоточения на проблемных вопросах и освоении междисциплинарных знаний и компетенций. Появляется возможность реализовать более прогрессивные пропорции учебного процесса: дискуссии по проблемам – 20%, исследования и аналитика – 25%, проектирование – 35%, демонстрация передового опыта – 20%.

Принципиально важным для опережающего обучения являются возможности быстрой переориентации учебного контента на новые реалии, минуя инерционные процессы и бюрократические процедуры учебной деятельности, то есть обеспечение гибкости образовательного процесса. С этой целью автором был обобщен опыт системной инженерии [293, 349, 358, 388, 477]. Так, в [293] сформулированы условия эффективного применения модульной методики при создании гибкой архитектуры сложных систем (таблица 6.3).

Таблица 6.3 – Условия реализации принципа гибкости в модульных системах (разработано автором).

Тип компонента модуля	Условия применения
Технические компоненты	– Каждый модуль спроектирован для выполнения определенного набора взаимосвязанных функций – Контроль и регулирование функций осуществляются локализованно внутри модуля – Модули можно быстро добавлять в систему и удалять из нее – Взаимодействия между модулями регламентированы правилами (стандартами) – При изменении стандартов все модули (встроенные в систему или находящиеся в резерве) приводят в соответствие с новыми стандартами
Документа-ция	– Формат всех документов, используемых для обмена информацией между участниками процесса, не допускает разночтений, одинаково трактуется составителями и исполнителями – При внесении изменений в документацию всех участников процесса информируют о них, а, при необходимости, обучают новым правилам
Персонал	– В качестве модулей могут рассматриваться как команды специалистов, так и отдельные сотрудники – Междисциплинарные команды составляют основу системы; каждая из команд несет ответственность за ту или иную ключевую функцию, определяющую результат деятельности системы – Все специалисты имеют высшую квалификацию в своей области. Состав специалистов определяется решаемыми задачами. Каждый член команды имеет хорошее представление о деятельности остальных и критериях оценки работы команды в целом – При пополнении команд новичками квалификация каждого нового члена проверяется и за ним на начальной стадии закрепляется наставник (для адаптации нового члена в команде и быстрого его встраивания в общий процесс) – Специалисты, действующие на уровне интеграции, должны видеть картину в целом, быстро выявлять возникающие проблемы и находить средства для их решения, изменять состав системы, вводя и выводя из нее модули, обеспечивать стандартное взаимодействие между модулями

Ряд изложенных в [293] рекомендаций был использован автором при проектировании модульной архитектуры опережающего обучения. В нем

отраслевой контекст, тренды рынков знаний, технологий, труда и, конечно, специфика задач развития энергетического бизнеса рассматриваются через призму научного направления. В свою очередь, появляются конкретные исследовательские проекты и темы, изменяющие и развивающие учебный контент. Например, программа магистратуры «Энергетический бизнес» (рисунок 6.8) как интегрированный образовательный продукт не содержит ни одного курса (модуля), который не соответствовал бы описанному выше научному направлению. При этом по каждому курсу формируется база знаний в виде статей, монографий, аналитики, эмпирики и подбираются методы обучения, радикально отличающиеся от традиционных.

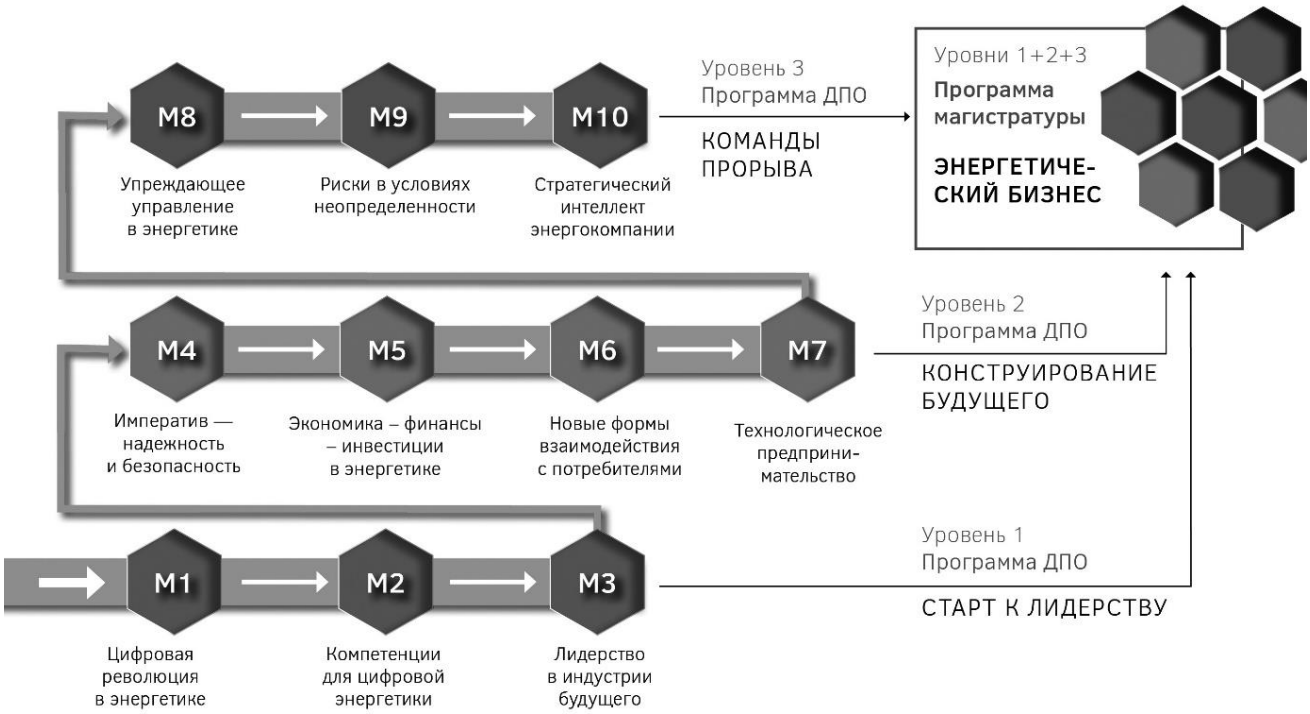


Рисунок 6.8 – Пример модульной архитектуры программы магистратуры, выполненной в логике конвейера (разработано автором)

Кроме того, в нашей практике каждый модуль может быть реализован на рынке как отдельный продукт; имеет мощную менторскую поддержку со стороны руководителей из бизнеса; встроен в определенную логику конвейера, обеспечивающего управляемый процесс непрерывного обучения и компетентностного роста.

Разработанная структура модуля («модули в модуле») значительно повышает гибкость архитектуры всей образовательной системы (рисунок 6.9). Появляется возможность корректировать содержание и пропорции контента и видов учебно-тренировочных мероприятий непосредственно в процессе обучения, быстро перестраивая его в зависимости от профильных интересов и предпочтений обучающихся [58].

Рисунок 6.9 – Устройство модуля (разработано автором)

Таким образом, рыночная привлекательность и масштабируемость технологии конвейера достигается за счет гибкости и быстроты перенастройки образовательного трека; экономии времени и финансовых средств на основе учета результатов, полученных на предыдущей «ступени»; возможности реализации модулей как самостоятельных продуктов; укомплектованности каждого модуля специализированными ресурсами из цифровой базы знаний [60].

Внедрение предложенной концепции опережающего обучения, формирующего базу новой парадигмы управленческого образования, в Уральском федеральном университете позволило [55, 56, 332]:

– разработать собственный образовательный стандарт УрФУ для подготовки магистров – менеджеров энергетики и высокотехнологичных отраслей, ввести ряд актуальных учебных модулей, придать большую гибкость образовательному процессу и связать в единую систему учебные курсы, исследовательскую и проектную деятельность;

– сформировать портфель междисциплинарных программ опережающего обучения, включающий программу бакалавриата «Менеджмент в энергетике и высокотехнологичных отраслях», сетевую программу магистратуры «Стратегическое управление в ТЭК» (совместно с НИУ «Высшая школа экономики» и Санкт-Петербургским политехническим университетом), проект магистерской программы «Глобальный энергетический бизнес», а также ряд специализированных корпоративных программ дополнительного профессионального образования (ДПО);

– создать сеть коммуникационных площадок, в которой НОЦ «ИНЖЭК» выступает в качестве координатора взаимодействия партнеров;

– организовать подготовку команд прорыва для технологической модернизации и организационных преобразований (проект уже реализован в крупнейшей частной энергокомпании РФ ПАО «Т Плюс», а также в УрФУ);

– приступить к внедрению в энергокомпаниях Уральского региона новой модели упреждающего управления (рисунок 6.10).

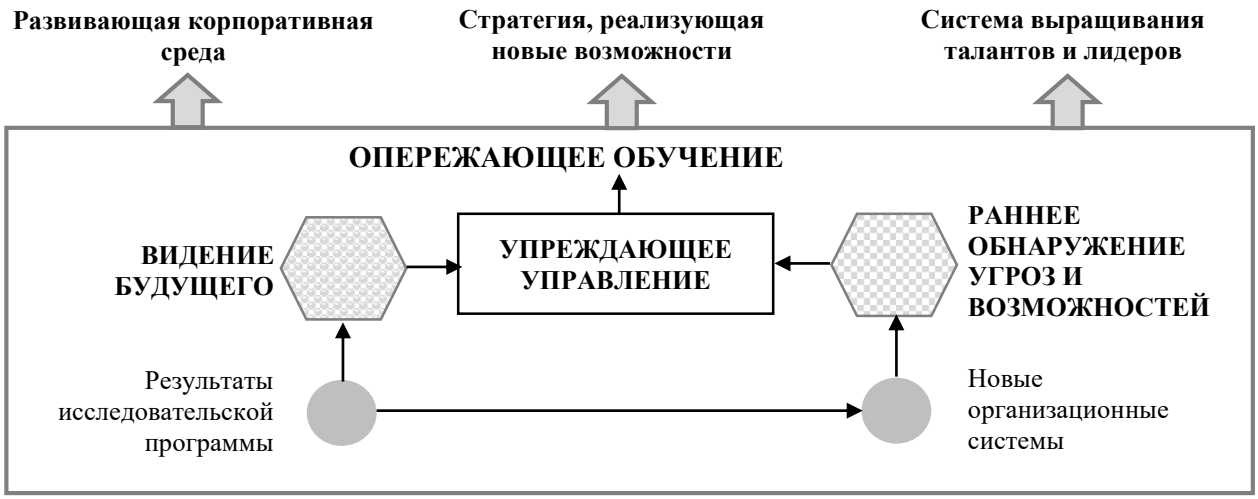


Рисунок 6.10 – Новая модель управления, предлагаемая к внедрению в энергокомпаниях [316, авт.]

Созданная при этом уникальная партнерская система создает синергию интеллектуальных ресурсов участников за счет:

– формирования повестки, отвечающей интересам совместной инновационной деятельности;

– непрерывного мониторинга новейших научно-технических достижений, отраслевых и надотраслевых технологий с позиции целесообразности их внедрения в конкретные практики;

– опережающего обучения, обеспечивающего новыми знаниями и компетенциями игроков, участвующих в конкуренции за будущее;

– эффективных коммуникаций в сложной среде, характеризующейся неопределенностью и постоянным приростом новых знаний;

– активизации инновационного процесса и его синхронизации с развитием человеческих ресурсов и наращиванием интеллектуального капитала всех субъектов партнерства.

Данной сложной системой невозможно управлять, используя традиционные инструменты; ее эволюция будет происходить только тогда, когда интересы каждого субъекта партнерства будут синхронизированы и станет использоваться единая методология сотрудничества (рисунок 6.11).

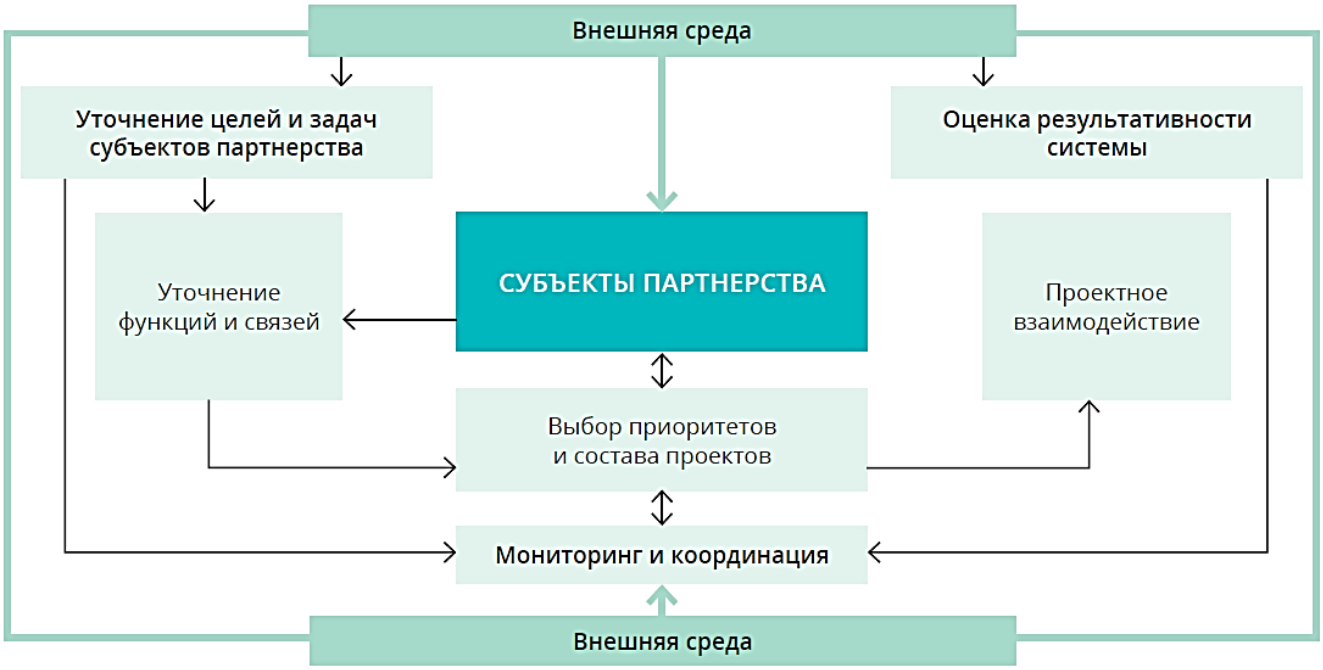


Рисунок 6.11 – Умное партнерство как система систем [43, 52]

6.3. Подготовка команд прорыва для радикальных преобразований

Определяющую роль в управлении развитием сложных организационно-технических систем (ОТС) критической инфраструктуры, к которым, несомненно, относятся энергетические производства, играют компетенции отдельных сотрудников (менеджеров, инженеров, аналитиков, специалистов по информационной безопасности), а также междисциплинарных команд – команд прорыва, активизирующих структурные изменения в ОТС, способствуя повышению их гибкости и надежности.

Под ОТС автором понимается сеть взаимодействующих групп специалистов разного профиля, которые могут входить в различные бизнес-структуры, но работающих на единую цель, как правило, связанную с обеспечением развития системы (бизнеса), освоением новых технических направлений и рынков, внедрением прорывных инноваций.

В то время, как в социотехнической системе основной задачей является одновременное достижение высоких *текущих* производственных показателей и качества работы сотрудников, в ОТС акценты смещаются в область обеспечения устойчивого *развития* системы на основе прогнозирования её *будущих* внутренних и внешних параметров (оргсвязи, управление развитием) [375]. Другим различием является взаимопроникновение организационной и технической подсистем в рамках ОТС – в случае с социотехническими системами каждая из подсистем, несмотря на их взаимозависимость, имеет достаточно четкие границы [248].

Особенностями сложной организационно-технической системы, помимо характеристик, присущих сложным системам в целом, являются:

1) активная роль в системе человеко-машинных комплексов, развиваемых в режиме технологического прорыва и позволяющих организовывать производство и сервис с использованием средств интеллектуальной интеграции процессов;

2) необходимость оптимизации жизненного цикла крупных проектов, зачастую меняющих структуру самой организации;

3) мультиагентное (сетевое) принятие решений по вопросам дальнейшего развития системы [268, 370, 451, 461].

По мере возрастания размеров систем, их сложности и влияния на окружающую среду повышаются требования к их безопасности, устойчивости функционирования в изменяющихся условиях. Ветвь системной инженерии, обеспечивающая разработку *эластичных* систем (Resilience engineering), использует средства, позволяющие избежать катастроф за счет упреждающих действий, повышения жизнеспособности системы (восстановления функциональности после сбоя) и ее адаптивности.

Активное обсуждение научным и инженерным сообществом проблем эластичности систем началось после публикации исследования [349]. В настоящее время различные сообщества рассматривают эластичность в широком контексте, объединяя для обсуждения такие области, как экология, социология, психология, менеджмент, инженерия. Принципы эластичных систем начинают использовать специалисты по управлению рисками и кибербезопасности [256, 257, 284]. В связи с распространенностью термина «эластичность» (resilience) в различных предметных областях, в диссертации используется общепринятое для системной инженерии определение: это *способность системы сохранять требуемую функциональность в неблагоприятных условиях* [456].

Научное и инженерное сообщества сходятся во мнениях при выделении признаков эластичных систем, которые обладают четырьмя отличительными свойствами: емкость (нагрузка, *capacity*), гибкость (*flexibility*), толерантность (допустимые отклонения, *tolerance*) и сплоченность (*cohesion*) [358, 485]. Емкость характеризует способность системы к выживанию в неблагоприятных условиях, гибкость – способность к адаптации при возникновении угроз, толерантность – способность избегать резкого снижения функциональности, а сплоченность – способность компонентов системы объединяться (действовать как единое целое) перед лицом угроз. Для того, чтобы создаваемая система обладала данными свойствами, на стадии ее проектирования требуется соблюдение ряда принципов, которые систематизированы в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Примеры принципов проектирования эластичных систем (составлено автором на основе [349, 384, 388, 412, 424])

Базовый принцип	**Пояснение**	**Поддерживающие принципы второго уровня**
Absorption (абсорбция, поглощение)	Система должна быть способна противостоять разрушающим воздействиям определенного характера и уровня	• Margin (запас прочности) – проектируемый уровень защиты должен превышать предполагаемый уровень разрушений • Hardening (жесткость) – система должна обладать достаточным сопротивлением деформации • Context spanning (расширенный контекст) – систему следует проектировать в расчете не только на максимальный уровень, но и на широкий спектр возможных разрушений • Limit degradation (предел деградации) – способность к абсорбции не должна позволять системе снижать функциональность в результате старения или плохого обслуживания
Restructuring (реструкту-рирование)	Система должна быть способна изменять свою структуру	• Authority escalation (эскалация власти) – полномочия управления в условиях кризиса должны повышаться в соответствии с серьезностью кризиса • Regroup (перегруппировка) – система должна изменять структуру, когда угроза становится реальной
Cross-scale interaction (взаимодействие между компонентами системы)	Каждый из компонентов системы должен быть способен к коммуникации, кооперации и сотрудничеству с любым другим компонентом	• Knowledge between nodes (знание компонентов системы друг о друге) – все компоненты системы должны знать, за что отвечает каждый из них • Human monitoring (мониторинг человека) – система должна понимать намерения оператора • Automated system monitoring (мониторинг автоматизированной системы) – человек должен понимать намерения автоматизированной системы • Intent awareness (внутренняя осведомленность) – Все узлы системы должны понимать намерения других узлов • Informed operator (информирование оператора) – человек должен получать информацию обо всех аспектах автоматизированной системы • Internode impediment (межузловые препятствия) – не должно быть административных или технических помех взаимодействию между узлами системы

Окончание таблицы 6.4

Базовый принцип	**Пояснение**	**Поддерживающие принципы второго уровня**
Drift correction (малые корректировки)	Когда система достигает границы эластичности, она должна быть способна производить небольшие корректирующие действия до, во время и после разрушающих ее событий	• Detection (обнаружение) – система должна быть способна обнаруживать приближающуюся угрозу • Corrective action (корректировки) – после обнаружения угрозы система должна быть способна выполнять корректирующие действия • Independent review (независимое рассмотрение) – система должна быть способна обнаруживать неисправность, которая может являться следствием прошлых разрушительных воздействий
Human in the loop (человек в контуре системы)	Человек всегда должен присутствовать в системе, когда возникает потребность в использовании человеческого мышления	•Automated function (автоматизация функций) – когда позволяют условия, предпочтительно, чтобы функции выполнял человек, а не система •Reduce Human Error (снижение человеческих ошибок) – следует использовать стандартные стратегии для снижения человеческого фактора •Human in Control (человек в контуре управления) – человек должен всегда иметь полномочия для принятия окончательных решений, за исключением тех случаев, когда условия этого не позволяют
Modularity (модульность)	Функциональность системы должна быть распределена между ее узлами так, что, если работа одного из них будет нарушена, то остальные продолжат функционировать	-
Neutral State (нейтральное состояние)	Люди, действующие в системе, могут приостановить ее работу, чтобы сделать обоснованное заключение и выбрать наилучший вариант действий	-

Однако для сложных ОТС, относящихся к системам критической инфраструктуры, недостаточно обеспечить только их эластичность. Способность системы функционировать в изменяющейся среде должна закладываться уже при проектировании и разработке. Из-за повышенных затрат и рисков снижения функциональности в части основной деятельности данное требование нерационально применять ко всей системе в целом, однако весьма целесообразно по отношению к отдельным компонентам структуры системы. К факторам внешней среды, требующим проектирования так называемых адаптивных систем (agile systems), относятся: непредсказуемость (capriciousness), неопределенность (uncertainty), риск (risk), разнообразие (variation), эволюционный характер развития (evolution). Набор перечисленных факторов «упаковывается» в аббревиатуру CURVE.

Паттерны архитектуры Agile-систем (Agile architecture pattern, AAP) включают три критических компонента: 1) список легко встраиваемых модулей, реализующих заданную функциональность, 2) пассивную инфраструктуру с минимальным, но достаточным набором правил и стандартов, обеспечивающих компоновку этих модулей и 3) активную инфраструктуру, обладающую специфическими свойствами, необходимыми для обеспечения изменения структуры системы при изготовлении и эксплуатации.

Приведем опыт автора в участии формирования междисциплинарных команд для проектов технологической модернизации сложной ОТС – Свердловского филиала ПАО «Т Плюс», крупной энергетической компании, в состав которой входят электростанции разных типов (конденсационные, ТЭЦ, ГЭС), ряд теплоснабжающих предприятий региона и собственный инженерно-технический центр. Установленная электрическая мощность компании составляет 1256 МВт, установленная тепловая мощность – 5886 Гкал/ч. Характер и масштаб деятельности компании позволяют отнести данный бизнес к системам критической инфраструктуры.

Логика задач, возникающих при технологической модернизации, продемонстрирована на рисунке 6.12. Содержание задач обусловливает необходимость повышения гибкости ОТС, что необходимо для ускорения модернизационных процессов и преодоления инерционности, свойственной

субъектам «большой» энергетики. В то же время для сохранения приоритетных требований по надежности и бесперебойности энерго- и теплоснабжения следует придать большую эластичность системе, например, в части способностей к реструктурированию и повышения взаимодействия между компонентами ОТС. При этом отдельные бизнес-направления компании, связанные с технологической модернизацией объектов тепловой генерации и сетей, подвержены влиянию факторов CURVE, характеристика которых приведена в таблице 6.5.

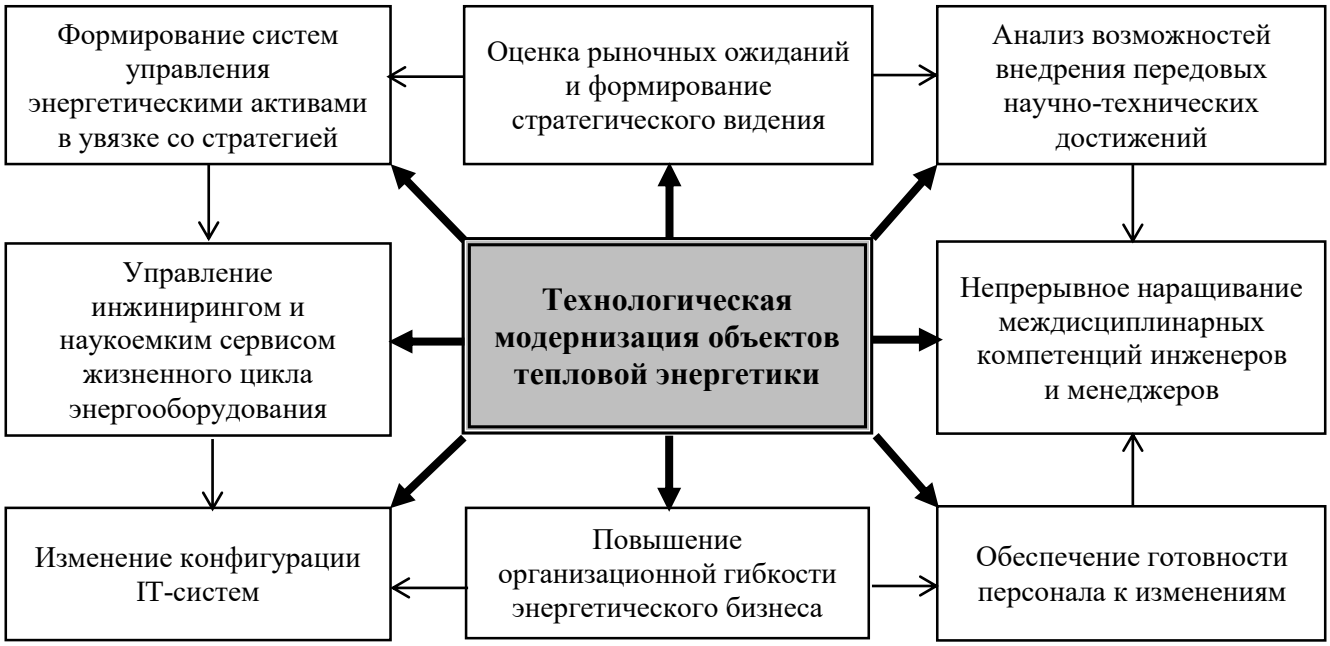


Рисунок 6.12 – Логика задач технологической модернизации сложной ОТС (разработано автором)

Для нейтрализации данных факторов было принято решение о создании в компании так называемых междисциплинарных команд прорыва, состоящих из специалистов различных предметных областей. Данная команда решает задачи, которые в рамках существующей парадигмы (внутреннего устройства компании) решить фактически невозможно, поэтому ее главная роль – изменение традиционного взгляда на системное развитие и процессы бизнеса. В то же время, члены команды остаются функционерами своих подразделений, развивая идеи вокруг своих непосредственных коллег. Появляются так называемые точки роста. Они не разрушают целостность всей системы, в то же время обеспечивая гибкость развития её отдельных компонентов.

Таблица 6.5 – CURVE-характеристики среды для рассматриваемой ОТС (разработано автором)

Фактор		Характеристика	
		Проактивные изменения	Реактивные изменения
C	Непредсказуемость (**C**apriciousness)	Применение новых технических решений дает неожиданные последствия; программы обучения и адаптации специалистов требуют ориентации на перспективу; взаимодействия с потенциальными клиентами, имеющими специфические требования к энергоснабжению, требуют изменений сложившейся практики	Программы повышения энергоэффективности, реализуемые потребителями; возможное развитие на территории особых экономических зон, объекты которых предъявляют нестандартные требования к энергоснабжению; уровень подготовки молодых специалистов отстает от требований, определяемых техническим развитием
U	Неопределенность (**U**ncertainty)	Неопределенность взаимодействия (поведения) оборудования и автоматики разных типов и производителей; диверсификация энергоносителей	Крупные потребители повышают и снижают потребление в зависимости от ситуации на рынке; развитие собственной генерации на предприятиях и малой генерации на территории
R	Риск (**R**isk)	Техническое развитие объектов (планы техперевооружения); ввод и выбытие мощностей; соглашения с учебными заведениями о подготовке кадров	Регулирование тарифов на электроэнергию и на газ; влияние климатических условий на потребление
V	Разнообразие (**V**ariation)	Испытание, доработка и использование на действующих объектах новых технических решений; разный уровень подготовки персонала	Наличие объектов с разными сроками эксплуатации, рабочими параметрами, комплектацией
E	Эволюционный характер развития (**E**volution)	Разработка и реализация стратегии развития компании (включая технический, социальный, экологический и др. аспекты)	Ввод новых объектов, оснащенных современным оборудованием; усовершенствование эксплуатируемых агрегатов в период капитального ремонта; естественный процесс прима, увольнения, перевода сотрудников

Модель подготовки команд прорыва зависит от характера организации, стратегических целей, особенностей рынка и отраслевых технологий, доступных ресурсов и большого количества других факторов. Так, по мнению экспертов консалтинговой компании «Артур Д. Литтл» (США), можно выделить четыре основополагающие модели команд прорыва (приложение И).

Процесс работы по формированию команды прорыва Свердловского филиала ПАО «Т Плюс», которая относится к третьей модели междисциплинарных команд, показан на рисунке 6.13. В основу процесса заложены представленные выше архитектурные паттерны, которые используются при создании и обеспечении функционирования agile-систем.

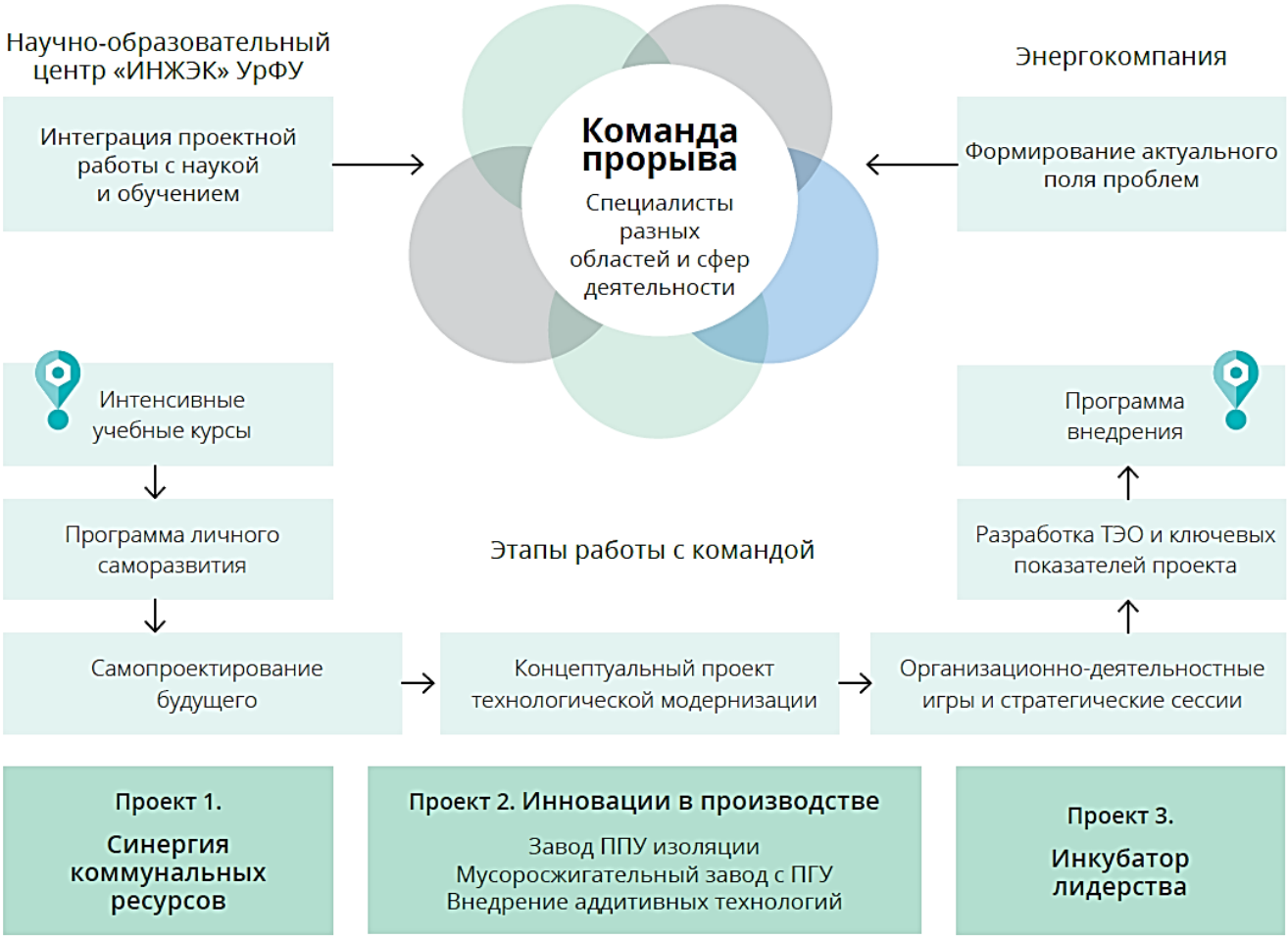


Рисунок 6.13 – Формирование команды прорыва энергокомпании (разработано автором)

В целом повышение гибкости (agility) в рассматриваемой ОТС было достигнуто за счет:

– вовлеченности руководства в обсуждение инициатив, значительной поддержки команд топ-менеджментом энергетической компании;

– тщательного отбора членов команды, прошедших ряд диагностических процедур, а также специальных процедур, активизирующих работу команды на различных стадиях;

– одновременной разработки как инженерно-технических, так и необходимых организационных решений, что позволило минимизировать риски преобразований в компании;

– активной модерацией работы команд консультантами научно-образовательного центра «ИНЖЭК» УрФУ, к числу которых относился и автор диссертации, что обеспечило целостное видение задач модернизации и конечного результата.

В приложении К приведен аттестационный проект команды прорыва Свердловского филиала ПАО «Т Плюс», который прошел защиту перед авторитетными экспертами – представителями академического сообщества, руководством филиала, сторонними экспертами из энергетической отрасли.

За счет вовлечения команд в активную деятельность по формированию стратегического видения бизнеса, разработку и тестирование соответствующих этому видению прогрессивных технико-экономических решений удалось в короткий срок (полтора года) предложить руководству компании три инновационных проекта, предполагающих освоение новых рынков, обновление и ввод в эксплуатацию новых основных фондов, изменение корпоративной культуры и подхода к развитию профессиональных компетенций сотрудников.

Экономический эффект подготовки команд прорыва предлагается разделять на прямой и косвенный. Прямой эффект исчисляется традиционным способом как разность между прибылью, полученной в результате внедрения разработанных проектов, и затратами на подготовку команды. Поскольку подготовка проводится без отрыва сотрудников от основной производственной деятельности, то в

затратной компоненте учитывается только стоимость работы консультантов и образовательных модулей, осваиваемых членами команды; «простоя» сотрудников в период их участия в командных мероприятиях не возникает.

Важно подчеркнуть, что вопросы непосредственного внедрения проектов не входят в задачу консультантов и относятся к сфере компетенций менеджмента энергокомпании; задачей консультантов является контроль оценки технико-экономических показателей проектов на этапе разработки и отбор для представления руководству тех из них, которые обладают максимальной величиной (например, по рентабельности или сроку окупаемости).

Затраты на подготовку команды прорыва Свердловского филиала ПАО «Т Плюс» составили 1,5 млн руб., при этом командой было разработано три проекта с горизонтом реализации 5 лет и совокупным экономическим эффектом в 500 млн руб.

Однако, не менее важным является и косвенный экономический эффект, выражающийся в появлении банка инновационных проектов, рационализаторских предложений, росте производительности труда за счет усиления командных взаимодействий между сотрудниками и подразделениями, снижении себестоимости основной продукции, обусловленной внедрением передовых научных технических достижений, но самое главное – в повышении готовности энергокомпании к изменениям, скорости реагирования на неожиданные события негативного характера и соответствующем сокращении затрат на их устранение.

Хотелось бы также подчеркнуть, что аналогичная работа по подготовке команд прорыва проводится с участием автора в Уральском федеральном университете, начиная с 2012 г. За это время в рамках проекта подготовлено более 70 человек. Данная технология позволила в короткий срок сфокусировать команды на знаниях опережающего характера и выполнить актуальные проекты стратегического значения: научно-инновационные центры и лаборатории («Циклотронный центр ядерной медицины», «Нефтехимия», «Лаборатория электромагнитной совместимости», «Уральский центр управления развитием

интеллектуальных электроэнергетических систем Smart Grid»); стратегии развития институтов; междисциплинарные программы магистратуры и ДПО, в том числе для иностранных студентов; инновационные образовательные среды, платформы и методы обучения. Кроме того, обращает на себя внимание ускоренный карьерный рост членов команд: в УрФУ более 50% прошедших обучение заняли руководящие должности в различных институтах и подразделениях; 5 человек подготовили кандидатские диссертации на базе выполненных проектов.

6.4. Выводы

1. Определяющим фактором устойчивого развития и конкурентоспособности всех без исключения отраслей народного хозяйства является наличие квалифицированных специалистов и команд, способных исследовать, анализировать, интерпретировать происходящие изменения и предлагать упреждающие технологические, технико-экономические, организационные решения, нивелирующие риски внешней среды и закладывающие основу для стратегического лидерства предприятий и организаций. Подготовка таких специалистов и команд приобретает инфраструктурное значение, тем более в такой системообразующей отрасли как электроэнергетика.
2. Кадровое обеспечение наукоемкого сервиса предлагается осуществлять на основе разработанной концепции опережающего обучения, предполагающей: фокусировку на стратегиях лидерства, принятие решений в условиях неопределенности, форсайт-исследованиях; непрерывный мониторинг перспективных технологических, социотехнических, организационно-экономических и природоохранных систем; глубокую интеграцию научной, образовательной и инновационной деятельности. В рамках предложенной концепции автором разработаны оригинальная научно-образовательная платформа опережающего обучения, ряд образовательных программ,

обладающих гибкой модульной архитектурой, технологии конвейера непрерывного наращивания компетенций и подготовки команд прорыва для реализации сложных проектов технологической модернизации и организационных преобразований. Внедрение опережающего обучения в программах бакалавриата и магистратуры по направлению «Менеджмент» Уральского федерального университета и программах дополнительного профессионального образования позволило реализовывать подготовку менеджеров для электроэнергетики с междисциплинарными компетенциями – инженерно-управленческими, инженерно-экономическими, управления цифровыми ресурсами и упреждающих действий, приобретающих критическую значимость при технологическом прорыве.

3. Реализация методологии опережающей подготовки кадров имеет значительный экономический эффект. Прямой эффект целесообразно оценивать, сравнивая величину прибыли, полученной в результате внедрения специалистами и командами инновационных проектов, и затратами на их подготовку. Так, командой прорыва Свердловского филиала ПАО «Т Плюс» были разработаны проекты с совокупным экономическим эффектом в 500 млн руб., при этом затраты на их подготовку составили 1,5 млн. руб. Однако зачастую даже более важным является косвенный эффект, нацеленный на формирование долгосрочного стратегического лидерства энергокомпании. Он выражается главным образом в повышении готовности предприятий к изменениям, скорости реагирования на неожиданные события негативного характера и соответствующем сокращении затрат на их устранение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее исследование посвящено проблеме организации наукоемкой сервисной деятельности в электроэнергетике, современное состояние которой характеризуется насыщением производства новейшими технологиями цифровой индустрии, усилением ее конвергенции с другими критическими инфраструктурами, появлением множества агрегированных интеллектуальных энергообъектов, требующих обеспечения функциональной совместимости, экспансией активных потребителей, влияющих на структуру и динамику спроса и предложения энергетических услуг.

Новизна задач, стоящих перед электроэнергетикой, лавинообразный каскад инноваций, сопровождающий процессы технологической модернизации, проблемы, связанные с высоким износом основных фондов, отставанием инжиниринга и энергомашиностроения от необходимого уровня, дефицитом кадров, расширяют и углубляют роль и содержание сервисной поддержки. В ней сочетаются традиционные и новые, наукоемкие бизнес-модели и формы обслуживания. Именно наукоемкий сервис выходит в электроэнергетике на первый план, обеспечивая отрасль новыми знаниями и решениями, позволяющими реагировать на вызовы беспрецедентно сложной и неопределенной внешней среды.

С учетом того, что энергосервис в настоящее время представлен гетерогенными рынками, отличающимися между собой формами конкуренции, динамикой, состоянием нормативно-правовой базы, в диссертации доказана необходимость создания интегрированной рыночной архитектуры, обеспечивающей их синхронное и при этом опережающее по отношению к электроэнергетике развитие. Для решения этой задачи определены целевые функции и новые области знаний сервисных рынков, проанализированы изменения в сферах их влияния в разрезе отраслевой цепочки создания ценности, разработан комплекс необходимых организационно-технических и институциональных мер, реализуемых на уровне государства и профессиональных ассоциаций рыночных субъектов.

Большой потенциал развития наукоемкого сервиса содержат платформенные инструменты, координирующие взаимодействие различных субъектов и процессов на единой методологической базе и цифровой инфраструктуре и связывающие в партнерские сети энергетические предприятия, сервисные организации с наукой и образованием, IT-бизнесом. В диссертации определены направления и эффекты от применения технологических платформ в электроэнергетике. Выявлено, что платформы целесообразно создавать для задач ускорения и повышения прозрачности энергетических транзакций, ценозависимого управления спросом на энергию и мощность, управления активами, организации трансфера знаний между энергокомпаниями, сервисными организациями и университетами. Внедрение платформ способствует изменению рыночного поведения энергокомпаний в первую очередь за счет их перехода к бизнес-модели сервисных контрактов, предполагающих реализацию пакетов наукоемких услуг с уникальной потребительской ценностью.

Рост наукоемкости происходит как в новых, так и традиционных для электроэнергетики сферах сервиса – техническом обслуживании и ремонте оборудования, инжиниринге, конкурентоспособность которых все больше зависит от способности предлагать заказчикам кастомизированные технологичные решения с поддержкой жизненного цикла проектов. При этом происходит переход к риск-ориентированным стратегиям, использующим оценку технического состояния объектов, ранжирование оборудования по приоритетам, роботизированные технологии диагностики активов. В диссертации предложен алгоритм выбора стратегии ТОиР и разработана модель организации ремонтов, предусматривающая зонирование производственных активов относительно рисков и ограниченности ремонтного бюджета, что позволяет наиболее оптимальным способом выбрать соответствующую стратегию и в результате значительно снизить экономические риски недоотпуска электроэнергии потребителям, связанные с аварийными отключениями и перерывами в электроснабжении. Апробация предложенного алгоритма в производственном отделении «Челябинские городские электрические сети» филиала ПАО «Россети

Урал» – «Челябэнерго» позволила за три года сократить затраты на ремонт на 55%, с 98,7 млн руб. в 2015 г. до 44,8 млн руб. в 2018 г., существенно снизить долю дорогостоящих аварийных ремонтов в общем объеме ремонтных работ и достичь экономического эффекта в объеме 40 млн руб. Другой рассмотренный в диссертации пример – использование роботизированного комплекса «Канатаход», предназначенного для диагностики воздушных линий электропередачи, – продемонстрировал, что уровень выявления дефектов на ВЛ достигает 98%, при этом обеспечивается почти семикратное сокращение затрат на диагностику и обновление линий – до 160 млн руб. в год вместо 1 млрд руб.

Кадровое обеспечение наукоемкого сервиса предлагается осуществлять на основе разработанной в диссертации концепции опережающего обучения, сфокусированной на непрерывном мониторинге перспективных технологических, социотехнических, организационно-экономических и природоохранных систем, стратегиях лидерства, принятии решений в условиях неопределенности, форсайт-исследованиях. Данная концепция основана на глубокой интеграции научной, образовательной и инновационной деятельности, что позволяет реализовывать подготовку специалистов с междисциплинарными компетенциями – инженерно-управленческими, инженерно-экономическими, управления цифровыми ресурсами и упреждающих действий, приобретающих критическую значимость при технологическом прорыве. Для реализации концепции разработаны и внедрены оригинальная научно-образовательная платформа опережающего обучения, ряд образовательных программ, обладающих гибкой модульной архитектурой, технологии конвейера непрерывного наращивания компетенций и подготовки команд прорыва для реализации сложных проектов модернизации и организационных преобразований, апробированная в одной из крупнейших теплогенерирующих компаний РФ – Свердловском филиале ПАО «Т Плюс». Затраты на подготовку команды прорыва составили 1,5 млн руб., при этом командой было разработано три проекта с горизонтом реализации 5 лет и совокупным экономическим эффектом в 500 млн руб.

Систематизация экономических эффектов, которые могут быть достигнуты в процессе реализации разработок, предложенных в диссертации, представлена в приложении Л. Результаты внедрения диссертационных разработок на конкретных предприятях подтверждаются соответствующими актами, приведенными в приложении М.

В логике дальнейших исследований автору представляется перспективным ряд научных направлений: методология разработки гибких производственных и организационных систем, обеспечивающих упреждающее реагирование на внешние вызовы и угрозы; инструментально-методическая база транзакционных сервисных платформ для взаимодействия производителей и активных потребителей энергетических услуг; межотраслевые механизмы стимулирования конкуренции в секторе наукоемкого энергосервиса; методология оценки экономической эффективности интеллектуальных энергетических систем; оценка влияния экологических нормативов на организацию сервиса сложного энергетического оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аванесова, Г. А. Историческая и современная практика, предпринимательство, менеджмент / Г. А. Аванесова. – М. : Аспект Пресс, 2006. – 320 с.

2. Агеев, А. И. Smart-коллапс в цифровой энергетике будущего: угрозы глобального обрушения информационных систем управления в условиях возможной самоорганизованной информационной блокады / А. И. Агеев, Е. П. Грабчак, Е. Л. Логинов // Энергетик. – 2010. – № 6. – С. 10–14.

3. Акбердина, В. В. Оценка угроз экономической безопасности регионального промышленного комплекса / В. В. Акбердина, О. П. Смирнова // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2020. – Т. 16. – № 11. – С. 2060–2085.

4. Акбердина, В. В. Трансформация промышленного комплекса России в условиях цифровизации экономики / В. В. Акбердина // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2018. – Т.19, № 3. – С. 82–99.

5. Александров, Ю. Д. Анализ рынка инжиниринговых услуг в электроэнергетике / Ю. Д. Александров // Вестник университета. – 2017. – № 4. – С. 113–116.

6. Аманжолова, Д. А. Введение в специальность : история сервиса : учебное пособие / Д. А. Аманжолова, В. Э. Багдасарян, В. Н. Горлов. – М. : Альфа-М : ИНФРА-М, 2007. – 384 с.

7. Амбражей, А. Индустрия 4.0 – зачем, чему и как учить. Введение в тему «Индустрия 4.0» с использованием SAP Connected Manufacturing. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://sapvod.edgesuite.net/rusapforummoscow/2015/pdfs/02_Ambrazhey_industry_4.0.pdf.

8. Аминов, Р. З. Тепловые и атомные электростанции: конкурентоспособность в новых экономических условиях / Р. З. Аминов, А. Ф. Шкрет, М. В. Гариевский // Теплоэнергетика. – 2017. – № 5. – С. 5–15.

9. Анализ товарных рынков в антимонопольном регулировании. Технологии и алгоритмы / под ред. Д. А. Алешина. М.: ФАС России; Маркет ДС, 2007. – 120 с.

10. Аналитический доклад «Подходы к формированию и запуску новых отраслей промышленности в контексте Национальной технологической инициативы, на примере сферы «Технологии и системы цифровой реальности и перспективные «человеко-компьютерные» интерфейсы (в части нейроэлектроники)». – Москва, 2015.

11. Андреев, В. М. Создание комплексных интегрированных систем энергоснабжения на базе инновационных технологий в условиях происходящих в мире процессов / В. М. Андреев, В. А. Баринов, С. Д. Варфоломеев, З. А. Годжаев, В. И. Гришин, А. А. Дьяконов, С. Я. Есяков, Ю. Ф. Лачуга, И. А. Каляев, К. А. Лунин, В. Ф. Матюхин, В. Я. Панченко, И. Я. Редько, Л. Ю. Рокецкий, А. С. Сигов, В. А. Стенников, А. Л. Шестаков, А. Ю. Цивадзе // Электричество. – 2020. – № 3. – С. 4–12.

12. Ансофф, И. Стратегическое управление / И. Ансофф. – М.: Экономика, 1989.

13. Антоненко, И. Н. Анализ риск-ориентированного подхода к управлению физическими активами / И. Н. Антоненко // Промышленная энергетика. – 2020. – № 10. – С. 57–63.

14. Арефьев, Н. В. Методика расчета окупаемости мини-ТЭС / Н. В. Арефьев, Е. Е. Можаев // Энергетик. – 2018. – № 3. – С. 11–13.

15. Афанасьев, В. Я. Анализ особенностей реструктуризации ремонтно-сервисных компаний в электроэнергетике / В. Я. Афанасьев, В. В. Зинаков // Российское предпринимательство. – 2006. – № 8. – С. 136–141.

16. Багиев, Г. Л. Маркетинг / Г. Л. Багиев, В. М. Тарасевич, Х. Анн. – М. : Экономика, 2001. – 718 с.

17. Байдакова, Н. В. Разработка алгоритма реализации ремонтной программы паровых котлов и турбин ТЭС по техническому состоянию энергетического оборудования / Н. В. Байдакова, А. В. Афонин, А. В. Благочиннов // Надежность и безопасность энергетики. – 2021. – Т. 14. – № 1. – С. 40–44.

18. Балашов, М. М. Импортозамещение в отрасли энергетического машиностроения / М. М. Балашов // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2020. – Т. 11. – № 2. – С. 182–195.

19. Баранов, Д. Н. Анализ динамики секторов экономики в структуре валовой добавленной стоимости / Д. Н. Баранов // Вестник Московского университета им. С. Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. – 2015. – № 3. – С. 8–15.

20. Батова, Н. Экономика совместного потребления: мыльный пузырь или экономика будущего / Н. Батова, И. Точицкая // BEROC Green Economy Policy Paper Series. – 2020. – P. 12. – Режим доступа: http://www.beroc.by/upload/iblock/69c/69ce569a8ae6513f26b7c599fb41df3c.pdf.

21. Башмаков, И. А. Поддержка систем интеллектуального учета потребления энергоресурсов в жилых зданиях / И. А. Башмаков // Энергосбережение. – 2015. – № 7. – С. 46–49.

22. Белик, И. С. Внедрение наилучших доступных технологий на транспорте как фактор повышения эколого-экономической безопасности / И. С. Белик, Т. Т. Аликберова, Е. Р. Магарил // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. – 2019. – Т. 18. – № 5. – С. 744–757.

23. Белые сертификаты: международный опыт применения и перспективы их использования в России // Энергетика и промышленность России. – 2015. – № 20(280).

24. Бескурников, В. С. Энергоремонт – это не игрушки, это серьезно / В. С. Бескурников // Энергетик. – 2019. – № 9. – С. 29–30.

25. Бородина, Т. Нет энергосервиса – нет инвестиций! [Электронный ресурс] / Т. Бородина // Эксперт-Сибирь. – 2016. – № 22–23. – Режим доступа: https://expert.ru/siberia/2016/22/net-energoservisa---net-investitsiji/.

26. Бродов, Ю. М. Ремонт и техническое обслуживание оборудования паротурбинных установок: справочник / Ю. М. Бродов, К. Э. Аронсон, Б. Е. Мурманский, М. А. Ниренштейн, А. Ю. Рябчиков, П. Н. Плотников. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2018. – 488 с.

27. Брусницын, А. Н. Организация сервисного обслуживания мощных газотурбинных установок в условиях России / А. Н. Брусницын, Л. К. Осика // Энергетик. – 2017. – № 10. – С.18–23.

28. Бугаева, Т. М. Комплексный подход к планированию развития энергетического комплекса мегаполиса (на примере Санкт-Петербурга) / Т. М. Бугаева, Л. Д. Хабачев // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. – 2013. – № 2. – С. 37–42.

29. Бурман, А. П. Современная электроэнергетика / А. П. Бурман, В. А. Строев. – М. : Издательство МЭИ, 2002. – 368 с.

30. Бушуев, В. В. Основные положения стратегического направления развития электросетевого комплекса России / В. В. Бушуев // Энергетик. – 2018. – № 6. – С. 12–14.

31. Бушуев, В. В. Перспективы инновационного развития российской электроэнергетики: есть ли будущее у смарт-технологий и «умных сетей». [Электронный ресурс] / В. В. Бушуев // Режим доступа: http://www.energystrategy.ru/press-c/source/19.10.11_B.htm.

32. Вавина, Е. Правительство утвердило программу модернизации старых ТЭС. Ведомости. [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: https://www.vedomosti.ru/business/articles/2019/01/24/792348-tes.

33. Вайл, П. Цифровая трансформация бизнеса. Изменение бизнес-модели для организации нового поколения / П. Вайл, С. Ворнер. – М. : Альпина Паблишер, 2017. – 257 с.

34. Варшавский, А. Е. Наукоемкие отрасли и высокие технологии: определение, показатели, техническая политика, удельный вес в структуре экономики России / А. Е. Варшавский // Экономическая наука современной России. – 2000. – № 2. – С. 61–83.

35. Веселов, Ф. В. Интеллектуальная энергосистема России как новый этап развития электроэнергетики в условиях цифровой экономики / Ф. В. Веселов, В. В. Дорофеев // Энергетическая политика. – 2018. – № 5. – С. 43–52.

36. Внедрение механизма привлечения инвестиций в модернизацию (реконструкцию) тепловых электростанций и увеличение сроков проведения конкурентного отбора мощности до начала поставки мощности. Министерство энергетики Российской Федерации, 2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://minenergo.gov.ru/sites/default/files/03/14/14224/1.2_Vnedrenie_mehanizma_privlech_investiciy_v_modernizaciyu_TES_2019_2.pdf.

37. Волкова, И. О. Трансформация электроэнергетики: тренды, модели, механизмы и практики управления / И. О. Волкова, Е. Д. Бурда, Е. В. Гаврикова, К. В. Суслов, А. В. Косыгина, М. В. Горгишели. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2020. – 354 с.

38. Воробьев, В. Сервисная бизнес-модель — новые конкурентные преимущества для производственных компаний [Электронный ресурс] / В. Воробьев. – Режим доступа: http://hbr-russia.ru/innovatsii/tekhnologii/a18573/?sphrase_id=15082.

39. Воропай, Н. И. Проблемы развития цифровой энергетики в России / Н. И. Воропай, М. В. Губко, С. П. Ковалев, Л. В. Массель, Д. А. Новиков, А. Н. Райков, С. М. Сендеров, В. А. Стенников // Проблемы управления. – 2019. – № 1. – С. 2–14.

40. Воротницкий, В. Э. О повышении эффективности электроэнергетики на основе развития механизмов конкурентного электроэнергетического рынка / В. Э. Воротницкий, В. В. Кузьмин // Энергетик. – 2016. – № 5.

41. Воротницкий, В. Э. О цифровизации в экономике и электроэнергетике / В. Э. Воротницкий // Энергетик. – 2019. – № 12. – С. 7–14.

42. Воротницкий, В. Э. Решение проблем электроэнергетики России должно быть системным, квалифицированным и клиенториентированным / В. Э. Воротницкий // Энергетик. – 2018. – № 6. – С. 14–21.

43. Гаврилова, Т. Б. Системная инженерия для менеджеров / Т. Б. Гаврилова, Л. Д. Гительман, М. В. Кожевников. – Москва: Экономика, 2017. – 192 с.

44. Гвоздев, Д. Внедрение и развитие системы управления производственными активами в группе компаний «Россети» / Д. Гвоздев // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2017. – № S3(6). – С. 2–9.

45. Гительман, Л. Д. Актуальные направления экологической повестки при развитии региональной энергетики / Л. Д. Гительман, Е. Р. Магарил, М. В. Кожевников // Зеленая экономика – стратегическое направление устойчивого развития регионов: материалы III Всерос. конгресса «Промышленная экология регионов» (3–4 апреля, 2018 г.) и международной дискуссионной площадки РосПромЭко, 2018 г. – Екатеринбург: УрГАХУ, 2018. – 118 с. – С. 83–87.

46. Гительман, Л. Д. Антикризисные решения для региональной энергетики / Л. Д. Гительман, Б. А. Бокарев, М. В. Кожевников, Т. Б. Гаврилова // Экономика региона. – 2015. – № 3. – С. 173–188.

47. Гительман, Л. Д. Инструменты устойчивого развития региональной энергетики / Л. Д. Гительман, В. В. Добродей, М. В. Кожевников // Экономика региона. – 2020. – Т. 16(4). – С. 1208–1223.

48. Гительман, Л. Д. Какие менеджеры нужны энергетике? / Л. Д. Гительман // Энергорынок. – 2014. – № 7–8.

49. Гительман, Л. Д. Концептуальные основы организации сервиса в электроэнергетике / Л. Д. Гительман, М. В. Кожевников // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. – 2011. – № 6. – С. 36–47.

50. Гительман, Л. Д. Междисциплинарный подход в формировании компетенций менеджеров для инновационной экономики / Л. Д. Гительман, Е. Р. Магарил, М. Я. Ходоровский // Экономика региона. – 2014. – №1(37). – С. 174–184.

51. Гительман, Л. Д. Менеджмент – твоя работа. Действуй на опережение! / Л. Д. Гительман. – М. : ИНФРА-М, 2011. – 543 с.

52. Гительман, Л. Д. Менеджмент, опережающий время. Прорыв к цифровой индустрии / Л.Д. Гительман. – М.: СОЛОН-Пресс, 2020. – 300 с.

53. Гительман, Л. Д. Менеджеры нового поколения: передовое управленческое образование / Л. Д. Гительман, А. П. Исаев, Т. Б. Гаврилова и др.; под общ. ред. Л. Д. Гительмана, А. П. Исаева. – М.: Экономика, 2014. – 168 с.

54. Гительман, Л. Д. Опережающее управленческое образование для индустрии будущего / Л. Д. Гительман, А. П. Исаев, М. В. Кожевников. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. – 114 с.

55. Гительман, Л. Д. Парадигма управленческого образования для технологического прорыва в экономике / Л. Д. Гительман, М. В. Кожевников // Экономика региона. – 2018. – Т. 14. – № 2. – С. 433–449. DOI: 10.17059/2018-2-8.

56. Гительман, Л. Д. Профессионалы в конкуренции за будущее. Опережающее обучение для лидерства в цифровой индустрии / Л. Д. Гительман и др.; под общ. ред. Л. Д. Гительмана, А. П. Исаева. — М. : Солон-пресс, 2021. — 304 с.

57. Гительман, Л. Д. Реформирование управленческого образования – условие устойчивого развития экономики / Л. Д. Гительман, А. П. Исаев, М. В. Кожевников // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2020. – Т. 11, № 2. – С. 116–131.

58. Гительман, Л. Д. Реформирование управленческого образования – условие устойчивого развития экономики / Л. Д. Гительман, А. П. Исаев, М. В. Кожевников // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2020. – Т. 11. – № 3. – С. 238–249.

59. Гительман, Л. Д. Технологическая платформа как инструмент преобразований научно-образовательной деятельности в университете / Л. Д. Гительман, Д. Г. Сандлер, М. В. Кожевников, В. С. Третьяков // Университетское управление: практика и анализ. – 2015. – № 6. – С. 31–42.

60. Гительман, Л. Д. Технология ускоренного трансфера знаний для опережающего обучения специалистов цифровой экономики / Л. Д. Гительман, М. В. Кожевников, О. Б. Рыжук // Экономика региона. – 2020. – Том 16, выпуск 2. – С. 435–448.

61. Гительман, Л. Д. Управление спросом на энергию в регионе / Л. Д. Гительман, Б. Е. Ратников, М. В. Кожевников // Экономика региона. – 2013. – № 2. – С. 71–78.

62. Гительман, Л. Д. Управление спросом на энергию. Уникальная инновация для российской электроэнергетики / Л. Д. Гительман, Б. Е. Ратников, М. В. Кожевников, Ю. П. Шевелев. – Москва : Экономика, 2013.

63. Гительман, Л. Д. Управление спросом на энергию: адаптация зарубежного опыта в России / Л. Д. Гительман, Б. Е. Ратников, М. В. Кожевников // Эффективное антикризисное управление. – 2013. – № 1. – С. 84–89.

64. Гительман, Л. Д. Управленческий консалтинг для технологической модернизации и индустрии будущего / Л. Д. Гительман, М. В. Кожевников // Экономика региона. – 2017. – Т. 13. – № 1. – С. 204–215.

65. Гительман, Л. Д. Экономика и бизнес в электроэнергетике / Л. Д. Гительман, Б.Е. Ратников. – Москва : Экономика, 2014. – 432 с.

66. Голов, Р. С. Подготовка энергоменеджеров для управления электрическими сетями / Р. С. Голов, В. Ю. Теплышев, А. В. Мыльник // Электрические станции. – 2017. – № 10. – С. 52–59.

67. Городилов, А. В. Стратегическая реструктуризация нефтесервисных компаний : автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. экон. наук : 08.00.05 / Городилов Андрей Владимирович. – Санкт Петербург, 2010. – 20 с.

68. ГОСТ Р 50646-2012. Национальный стандарт Российской Федерации. Услуги населению. Термины и определения. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200102288.

69. Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации в 2017 году. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://economy.gov.ru/wps/wcm/connect/c3ed5d11-7522-4313-9bb6-b6468557438a/energyefficiency2017.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=c3ed5d11-7522-4313-9bb6-b6468557438a.

70. Грабчак, Е. П. Организационно-экономический механизм управления технико-экономической эффективностью Единой энергетической системы России : автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. экон. наук : 08.00.05 / Грабчак Евгений Петрович. – Москва, 2018. – 28 с.

71. Грабчак, Е. П. Цифровая трансформация электроэнергетики. / Е. П. Грабчак. – Москва: РУСАЙНС, 2018. – 340 с.

72. Гумерова, Г. Открытые инновации и открытые технологические платформы / Г. Гумерова, Э. Шаймиева, А. Казимова // Инновации. – 2017. – № 5. – С. 42 – 48.

73. Густап, Н. Н. Европейские технологические платформы: понятие, история создания, характеристика / Н. Н. Густап // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321. – № 6. – С. 56 – 59.

74. Гущина, А. А. Современные проблемы инжиниринговых энергетических предприятий / А. А. Гущина // Российское предпринимательство. – 2012. – № 9. – С. 98–102.

75. Данилов, С. В. Способы управления инвестициями в деятельности по передаче электрической энергии: опыт России и Франции / С. В. Данилов. – М. : Экон-Информ, 2009. – 220 с.

76. Данилова, Е. А. Российская технологическая платформа как государственный инструмент политического позиционирования инновационного развития страны / Е. А. Данилова // Власть. – 2015. – № 1. – С. 17–22.

77. Дзюба, А. П. Перспективы управления спросом на энергоресурсы в регионах России / А. П. Дзюба, И. А. Соловьева // Экономика региона. – 2021. – Т. 17. – № 2. – С. 502–519.

78. Дзюба, А. П. Региональные аспекты ценозависимого управления затратами на электрическую мощность / А. П. Дзюба, И. А. Соловьёва // Экономика региона. – 2020. – Т. 16. – № 1. – С. 171–186.

79. Дзюба, А. П. Управление спросом на энергоресурсы промышленных предприятий: теория и методология : дисс. докт. экон. наук : 08.00.05 / Дзюба Анатолий Петрович. – Челябинск, 2020. – 542 с.

80. Дзюба, А. П. Ценозависимое электропотребление как инструмент управления рисками неплатежей за электроэнергию промышленных предприятий / А. П. Дзюба, И. А. Соловьева // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2019. – Т. 10. – № 1. – С. 8–19.

81. Дихтль, Е. Практический маркетинг / Е. Дихтль, Х. Хершген – М. : Инфра-М; Высшая школа, 1995. – 225 с.

82. Доклад Президиуму Госсовета РФ «О повышении энергоэффективности российской экономики» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://bib.convdocs.org/v16092/?download=file#7.

83. Домников, А. Ю. Управление развитием региональной электроэнергетики / А. Ю. Домников, Л. В. Домникова. – Екатеринбург: Изд-во УМЦ УПИ, 2019. – 358 с.

84. Домников, А. Ю. Управление развитием территориального энергогенерирующего комплекса / А. Ю. Домников, Л. В. Домникова. – Екатеринбург: Изд-во УМЦ УПИ, 2018. – 344 с.

85. Доэрти П., Человек + машина. Новые принципы работы в эпоху искусственного интеллекта / П. Доэрти, Д. Уилсон. – Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2019. – 297 с.

86. Дранаева, А. А. Проблемы модернизации электроэнергетики РФ / А. А. Дранаева, А. А. Русинов // Бизнес в законе. – 2012. – № 6. – С. 175–177.

87. Дятлов, С. А. Теоретические подходы к оценке сетевых эффектов / С. А. Дятлов // Современные технологии управления. – 2017. – № 4. – 7601.

88. Европейская школа инжиниринга. Контрактинг EPC и EPCM: пропасть различий. Часть 1 [Электронный ресурс] // Control Engineering Россия. – 2019. – № 3. – С. 1 – 7. – Режим доступа: https://controleng.ru/wp-content/uploads/CE_Web_EPCM_01.pdf.

89. Евстифеев, В. А. Механизм реверсивного инжиниринга как инновационный фактор формирования инвестиционной привлекательности предприятия в условиях локализации промышленного производства [Электронный ресурс] / В. А. Евстифеев // Научно-практический электронный журнал «Аллея науки». – 2019. – № 1. – Режим доступа: https://alley-science.ru/domains_data/files/01January2019/MEHANIZM%20REVERSIVNOGO%20INZhINIRINGA%20KAK%20INNOVACIONNYY%20FAKTOR%20FORMIROVANIYa%20INVESTICIONNOY%20PRIVLEKATELNOSTI%20PREDPRIYaTIYa%20.pdf

90. Елецкая, С. С. Формирование региональных технологических платформ по внедрению прорывных технологий с учетом принципов распределенного лидерства / С. С. Елецкая // Экономический анализ: теория и практика. – 2011. – № 26. – С. 28–32.

91. Ершова, И. В. Коллаборативные взаимодействия региональных машиностроительных предприятий как фактор стимулирования импортозамещения / И. В. Ершова, А. В. Сербулов, Е. В. Шефер // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2020. – Т. 14, № 4. – С. 74-83.

92. Ершова, И. В. Проект-аутсорсинг как форма научно-производственной кооперации промышленных предприятий / И. В. Ершова, А. В. Ершов, Я. Г. Бездежская // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2020. – Т. 14. – № 2. – С. 73–80.

93. Жилкина, Ю. В. Концепции интернета вещей как способ мотивации к энергосбережению / Ю. В. Жилкина // Электрические станции. – 2020. – № 2. – С. 23–26.

94. Жмыхов, А. Конкуренция платформ и экосистем: новые стратегические решения компаний / А. Жмыхов // Проблемы теории и практики управления. – 2015. – № 7. – С. 61–68.

95. Жуковский, Ю. Л. Управление программой технического обслуживания и ремонта электромеханического оборудования на основе интегрированной информационно-аналитической системы / Ю. Л. Жуковский, Н. И. Котелева // Промышленная энергетика. – 2017. – № 7. – С. 14–20.

96. Завьялов, П. С. Маркетинг в схемах, рисунках, таблицах / П. С. Завьялов. – М. : ИНФРА-М, 2004. – 496 с.

97. Зубакин, В. А. Государственное стимулирование трансформации электроэнергетики / В. А. Зубакин // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2019. – Т. 10. – № 4. – С. 320–329.

98. Зуев, А. Новые испытания для нефтесервиса / А. Зуев // ТЭК России. – 2015. – № 6. – С. 27–32.

99. Исаев, А. П. Профессионализация управленческой деятельности в промышленности: теория, методология, реализация : диссертация на соискание уч. степени доктора экон. наук : 08.00.05 / Исаев Александр Петрович. – Екатеринбург, 2011. – 394 с.

100. Исследование российского нефтесервисного рынка в 2016-2017 гг. [Электронный ресурс] // КПМГ. – Режим доступа: https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2017/11/ru-ru-oilfield-service-companies.pdf.

101. Источник технологий // Сибирская нефть. – 2013. – №7.

102. Караева, А. П. Показатели природоемкости производства энергии как инструмент оценки эффективности проектов в энергетике / А. П. Караева, Е. Р. Магарил // Journal of applied economic research. – 2020. – Т. 19. – № 2. – С. 166–179.

103. Карпов, М. В. Методика оценки ущерба от отказа электросетевого оборудования в системе управления производственными активами / М. В. Карпов // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». – 2018. – № 3. – С. 29–37.

104. Клейнер, Г. Б. Какая мезоэкономика нужна России? Региональный разрез в свете системной экономической теории / Г. Б. Клейнер // Вестник финансового университета. – 2014. – № 4. – С. 6–22.

105. Кожевников, М. В. Концептуальная модель организации российского инжиниринга в энергетике / М. В. Кожевников, А. А. Двинянинов // ЭКО. – 2022. – № 5. – С. 131–156.

106. Кожевников, М. В. Малое энергетическое машиностроение России в условиях импортозамещения / М. В. Кожевников, А. А. Двинянинов // ЭКО. – 2020. – № 5. – С. 99–120.

107. Кожевников, М. В. Роль экологического инжиниринга при переходе к циркулярной экономике / М. В. Кожевников, А. А. Двинянинов // Система управления экологической безопасностью: сборник трудов XIV международной научно-практической конференции (Екатеринбург, 20–21 мая 2020 г.). – Екатеринбург: УрФУ, 2020. – 350 с. – С. 14–20.

108. Кожевников, М. В. Формирование сервисного рынка в электроэнергетике: автореф. дис. канд. экон. наук : 08.00.05 / Кожевников Михаил Викторович. – Екатеринбург, 2013. – 23 с.

109. Кожевников, М. В. Экономические особенности организации нефтесервисного рынка / М. В. Кожевников // Новые вызовы новой науки: опыт теоретического и эмпирического анализа: сборник статей III Международной научно-практической конференции (9 сентября 2021 г.). – Петрозаводск: МЦНП «Новая наука», 2021. – 210 с. – С. 7–14.

110. Кожевников, М. В. Энергосервисные рынки / М. В. Кожевников. – Екатеринбург : Изд-во УМЦ УПИ, 2021. – 134 с.

111. Колесников, А. Н. Энергосервисный контракт: состояние на 2016 год / А. Н. Колесников // Энергосовет. – 2016. – № 2. – С. 42–53.

112. Кондратьева, О. Е. Внедрение систем непрерывного контроля выбросов как часть цифровой трансформации энергетических предприятий / О. Е. Кондратьева, П. В. Росляков, А. Ю. Недре, О. А. Локтионов // Энергетик. – 2020. – № 10. – С. 3–5.

113. Кононов, Д. Ю. Сравнение стоимости производства электроэнергии на зарубежных электростанциях / Д. Ю. Кононов, В. М. Евдокимова // Электрические станции. – 2017. – № 6. – С. 9–11.

114. Кононов, Ю. Д. Пути повышения обоснованности долгосрочных прогнозов развития ТЭК / Ю. Д. Кононов. – Новосибирск : Наука, 2015. – 147 с.

115. Котлер, Ф. Маркетинг менеджмент / Ф. Котлер. – Спб : Питер Ком, 1999. – 896 с.

116. Кравченко, Н. А. Развитие высокотехнологичного бизнеса в Сибири: проблемы и перспективы / Н. А. Кравченко, С. А. Кузнецова, А. Т. Юсупова, С. Р. Халимова, Н. П. Балдина // Регион: экономика и социология. – 2018. – № 2. – С. 168–193.

117. Криворотов, В. В. Повышение конкурентоспособности крупных производственных структур как основа обеспечения экономической безопасности государства / В. В. Криворотов, А. В. Калина, С. Е. Ерыпалов, Е. С. Голубкова // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. – 2019. – № 5. – С. 726–743.

118. Криворотов, В. В. Эколого-экономическая и энергетическая безопасность субъектов экономической деятельности / В. В. Криворотов, И. С. Белик, А. В. Калина, Е. Р. Магарил, С. Е. Ерыпалов, Н. В. Стародубец. – М.: ООО «Издательство «Юнити-Дана», 2019. – 276 с.

119. Кривошапка, И. ДПМ-2: приоритеты, механизмы и «лазейки» [Электронный ресурс] / И. Кривошапка // Энергетика и промышленность России. – 2020. – № 5. – Режим доступа: https://www.eprussia.ru/epr/385/3281806.htm.

120. Кривякин, К. С. Критерии определения наукоемкости производства / К. С. Кривякин // Организатор производства. – 2012. – Т. 53. – № 2. – С. 25–29.

121. Крутихин, Д. Л. Методика оценки эффективности функционирования служб технического обслуживания и ремонта оборудования на промышленном предприятии / Д. Л. Крутихин // Экономические науки. – 2011. – № 10. – С. 129–132.

122. Крюков, В. А. Особенности пространственного развития нефтегазового сервиса: глобальные тенденции и уроки для России / В. А. Крюков, А. Н. Токарев // Регион: экономика и социология. – 2017. – № 3. – С. 189–214.

123. Кузнецов, Н. В. Развитие методологии управления финансовым обеспечением электроэнергетических компаний : автореф. дис. на соискание ученой степени докт. экон. наук : 08.00.10 / Кузнецов Николай Владимирович. – М., 2016. – 52 с.

124. Кузьмин, В. В. О развитии электроэнергетического рынка: аспекты, связанные с надежностью электроснабжения / В. В. Кузьмин // Энергетик. – 2018. – № 6. – С. 47–55.

125. Куклин, А. А. Диагностика и механизмы повышения энергетической безопасности России / А. А. Куклин, А. Л. Мызин, П. А. Пыхов, М. М. Потанин // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2013. – № 10. – С. 134–149.

126. Кулибанова, В. В. Прикладной маркетинг / В. В. Кулибанова. – СПб. : Издательский дом «Нева»; М. : «ОЛМА-ПРЕСС Инвест», 2002. – 272 с.

127. Ланин, Д. Г. Тенденции развития и пути совершенствования процесса проектирования технически сложных объектов энергетики / Д. Г. Ланин, А. В. Красавин // Электрические станции. – 2020. – № 3. – С. 10–16.

128. Лоскутов, А. Б. От плана ГОЭЛРО к цифровизации электроэнергетического комплекса страны / А. Б. Лоскутов, А. Л. Куликов, П. В. Илюшин // Электричество. – 2020. – № 12. – С. 14–30.

129. Лукша, О. П. Европейские технологические платформы: возможности использования европейского опыта для создания нового инструмента содействия инновационному развитию российской экономики / О. П. Лукша // Инновации. – 2010. – № 9. – С. 34 – 41.

130. Львов, Д. С. Задачи экономической науки и формирование экономической политики государства / Д. С. Львов // Экономическая наука современной России. – 1999. – № 2. – С. 9–22.

131. Ляшук, В. Ф. Энергосервис как инструмент реализации проекта «Умный город» / В. Ф. Ляшук // Энергосовет. – 2018. – № 4. – С. 34–35.

132. Макаров, А. Ю. Цифровая экономика. Технологии меняют менеджмент. Практика внедрения и результаты / А. Ю. Макаров, А. А. Макаров. – М. : СОЛОН-Пресс, 2021. – 160 с.

133. Макаров, А. Ю. Цифровизация электрических сетей. Практический опыт. / А. Ю. Макаров. – Москва: Экономика, 2019. – 128 с.

134. Марченко, О. В. Влияние платы за выбросы диоксида углерода на конкурентоспособность электростанций в России и в некоторых странах Азии / О. В. Марченко, С. В. Соломин // Энергетик. – 2018. – № 9. – С. 27–30.

135. Массель, Л. В. Применение онтологического, когнитивного и событийного моделирования для анализа развития и последствий чрезвычайных ситуаций в энергетике / Л. В. Массель // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2010. – №2. – С. 34–43.

136. Мате, Э. Послепродажное обслуживание / Э. Мате. – М. : Прогресс, 1993. – 160 с.

137. Матюшок, В. М. Пути модернизации и инновационного развития энергетического машиностроения в России / В. М. Матюшок, В. С. Жуков // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2014. – № 18. – С. 17–29.

138. Мещерякова, Т. С. Потенциал реализации энергосервисного контракта / Т. С. Мещерякова, Д. Л. Нестеров // Энергосбережение. – 2018. – № 6. – С. 24–28.

139. Минстрой России упростит процедуру энергосервиса. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.minstroyrf.ru/press/minstroy-rossii-uprostit-protseduru-energoservisa/.

140. Митюшин, В. Рынок сервисных услуг в энергетическом секторе РФ так и не сформировался [Электронный ресурс] / В. Митюшин. – Режим доступа: https://www.vedomosti.ru/business/blogs/2020/05/31/831549-rinok-uslug.

141. Михайлов, Д. М. Аутсорсинг. Новая система организации бизнеса: учебное пособие / Д. М. Михайлов. – М. : КНОРУС, 2006. – 256 с.

142. Мокроносов, А. Г. Опыт и проблемы организации фирменного технического сервиса сложной и особо точной техники. Препринт / А. Г. Мокроносов, М. А. Анисимова. – Свердловск: УрО АН СССР, 1988. – 81 с.

143. Моррис, Ч. Архитектура выигрывает войну технологий / Ч. Моррис, Ч. Фергюсон // Управление высокотехнологичным бизнесом: Пер. с англ. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2007. – 129 – 161 с.

144. Мукумов, Р. Э. Развитие рынка энергосервиса в России. Состояние и перспективы / Р. Э. Мукумов, В. В. Андрианов, А. П. Захаров // Энергосовет. – 2012. – № 6(25).

145. Мурманский, Б. Е. Разработка, апробация и реализация методов повышения надежности и совершенствования системы ремонтов паротурбинных установок в условиях эксплуатации: автореферат на соискание уч. степени доктора техн. наук / Б. Е. Мурманский. – Екатеринбург, 2015. – 457 с.

146. Назарова, Л. Е. Анализ опыта применения энергосервисных контрактов России / Л. Е. Назарова // Дайджест-Финансы. – 2017. – Т. 22. – № 1. – С. 50–61.

147. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 05.08.2000 N 117-ФЗ, ред. от 29.12.2020 (с изм. и доп., вступ. в силу с 22.01.2021) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/cf1a9426ba878faee9824672bca283c1420a2b1e/.

148. Небера, А. А. Цифровая платформа для разработки систем интеллектуального управления децентрализованной распределенной энергетикой / А. А. Небера, А. Р. Вериго, Ф. С. Непша // Главный энергетик. – 2021. – № 5. – С. 18–25.

149. Неуймин, В. М. Как повысить потенциал отечественного энергомашиностроения / В. М. Неуймин // Энергетик. – 2018. – № 2. – С. 7–18.

150. Нормы технологического проектирования подстанции переменного тока с высшим напряжением 35–750 кВ (НТП ПС). СТО 565694700-29.240.10.248. Стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС», 2017.

151. Ньюмен, С. Создание микросервисов / С. Ньюмен. – СПб.: Питер, 2016. – 304 с.

152. Обзор «Конкурентное (антимонопольное) регулирование на цифровых рынках» / Евразийская экономическая комиссия [Электронный ресурс]. – Москва, 2020. – 115 с. – Режим доступа: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/caa/cpol/konkurentpol/Documents/Обзор.pdf.

153. Обзор «Российские технологические платформы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://nangs.org/docs/minekonomrazvitiya-rossii-obzor-rossijskie-tekhnologicheskie-platformy-ot-11-01-2018-g-pdf.

154. Обзор лучших международных практик по продвижению энергоэффективных приборов и инженерных систем через механизмы ЭСКО с учетом их применимости в Республике Армения и Киргизской Республике.

Аналитический отчет [Электронный ресурс]. – Москва, 2018. – 135 с. – Режим доступа: https://eaeueneff.org/wp-content/uploads/2018/12/Analiz-mezhdunarodnogo-opyta-energoservisnoj-deyatelnosti_etap-1_Final-2.pdf.

155. Обзор нефтесервисного рынка России – 2018. – Москва : Исследовательский центр компании «Делойт» в СНГ [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ru/Documents/energy-resources/Russian/oil-gas-russia-survey-2018.pdf.

156. Обзор российского рынка энергосервиса за 2017 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.escorussia.ru/media/catalog/2019/08/Краткий_обзор__рынка_энергосервиса_2017.pdf.

157. Оболенская, Л. В. Технологические платформы в российской версии: инновационный прорыв или повторение пройденного? / Л. В. Оболенская // Инновации. – 2012. – № 4. – С. 94 – 106.

158. Осика, Л. Современный инжиниринг: определение и предметная область / Л. Осика // Энергорынок. – 2010. – № 4.

159. Остервальдер, А. Построение бизнес-моделей: Настольная книга стратега и новатора / А. Остервальдер, И. Пинье. – М.: Альпина Паблишер, 2015. – 288 с.

160. Отраслевое исследование [Электронный ресурс] // Инжиниринг в электроэнергетике РФ. Тенденции 2014. Прогноз до 2020 г. – URL: https://infoline.spb.ru/upload/iblock/41a/41a38af90d84afa961a58456bd586597.pdf.

161. Паламарчук, С. И. Состояние и перспективы развития рынка электроэнергии в России / С. И. Паламарчук, В. А. Стенников // Энергетик. – 2018. – № 6. – С. 43–47.

162. Панасюк, М. В. Определение системы «центр – периферия» Республики Татарстан / М. В. Панасюк, А. В. Руденко // Экономический вестник Республики Татарстан. – 2006. – № 3. – С. 40–47.

163. Панков, Д. Перспективы развития конкурентного рынка энергоремонтных услуг / Д. Панков // Электроэнергия. – 2011. – № 1. – С. 58–60.

164. Панова, М. В. Метод парных сравнений при решении экологических задач переработки сточных осадков / М. В. Панова, К. А. Субботин, Л. М. Тыгер // Сервис в России и за рубежом. – 2014. – № 4. – С. 140–151.

165. Перминов, Э. М. К вопросу о структуре и управлении энергетики будущего / Э. М. Перминов, М. Г. Тягунов // Энергетик. – 2020. – № 1. – С. 33–43.

166. План мероприятий («дорожная карта») «Энерджинет» Национальной технологической инициативы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://nti2035.ru/markets/docs/DK_energynet.pdf.

167. Попов, А. Б. Осмотр и техническое обслуживание паропроводов и котлов-утилизаторов / А. Б. Попов // Энергетика за рубежом. – 2020. – № 1. – С. 9–23.

168. Постановление Правительства РФ от 19 декабря 2016 г. № 1401 «О комплексном определении показателей технико-экономического состояния объектов электроэнергетики, в том числе показателей физического износа и энергетической эффективности объектов электросетевого хозяйства, и об осуществлении мониторинга таких показателей». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71470850/.

169. Потребность в больших энергосистемах не снижается, а возрастает. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://so-ups.ru/fileadmin/files/company/smi/2020/eepir_2020_1_opad.pdf.

170. Приказ Министерства энергетики Российской Федерации от 19.02.2019 г. № 123 «Об утверждении методических указаний по расчету вероятности отказа функционального узла и единицы основного технологического оборудования и оценки последствий такого отказа» [Электронный ресурс] // Российская газета. – 2019. Режим доступа: https://rg.ru/2019/04/05/minenergo-prikaz123-site-dok.html.

171. Приказ Министерства энергетики Российской Федерации от 26 июля 2017 г. N 676 «Об утверждении методики оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ti-ees.ru/fileadmin/f/activity/laws/pr676_260717.pdf.

172. Приказ Минэнерго России (Министерства энергетики РФ) от 25 октября 2017 г. № 1013 "Об утверждении требований к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок "Правила организации технического обслуживания и ремонта объектов электроэнергетики".

173. Развитие рынка беспилотных летательных аппаратов. Ernst&Young [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/ru_ru/news/2020/05/ey_uav_survey_18052020-ver3.pdf.

174. Регулирование цифровых платформ – обеспечение конкуренции при сохранении стимулов для развития // Бюллетень о развитии конкуренции. – 2020. – № 32. – С. 4–19.

175. Репетюк, С. В. Электросетевой комплекс Российской Федерации: анализ состояния и организационная структура / С. В. Репетюк, Ю. В. Шеваль. – М.: Институт экономики естественных монополий РАНХиГС, 2020. – 37 с.

176. Реутов, Б. Ф. Парогазовый сектор российской энергетики: эффекты, проблемы и государственная политика / Б. Ф. Реутов, В. В. Нечаев, С. Ю. Савинова // Электрические станции. – 2017. – № 10. – С. 2–10.

177. Рогалев, Н. Экономические подходы к совершенствованию структуры рынка электроэнергии / Н. Рогалев, Е. Сухарева, Г. Ментел, Я. Брожина // Terra Economicus. – 2018. – Т. 16, № 2. – С. 140–149.

178. Романова, О. А. Приоритеты промышленной политики России в контексте вызовов четвертой промышленной революции. Часть 2 / О. А. Романова // Экономика региона. – 2018. – Т. 14. – № 3. – С. 806–819.

179. Романова, О. А. Промышленная политика в высокотехнологичном секторе экономики: институциональный аспект / О. А. Романова, В. В. Акбердина, Н. Ю. Бухвалов // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2016. – Т. 22, № 8. – С. 126–136.

180. Романова, О. А. Структурная модернизация индустриального региона как фактор устойчивого развития / О. А. Романова // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. – 2011. – № 4. – С. 56–63.

181. Романова, О. А. Формирование и развитие высокотехнологичного сектора в условиях новой индустриализации / О. А. Романова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2016. – Т. 10. – № 4. – С. 104–109.

182. Росляков, П. В. Нормативное и правовое регулирование внедрения наилучших доступных технологий в российской теплоэнергетике / П. В. Росляков, О. Е. Кондратьева, Д. О. Скобелев, Т. В. Гусева, A. Mikaelsson // Теплоэнергетика. – 2020. – № 10. – С. 58–67.

183. Российский рынок энергосервиса 2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.escorussia.ru/media/catalog/2021/07/Краткии_обзор.pdf.

184. Российский рынок энергосервисных услуг 2015. – Москва : РБК, 2015. – 123 с.

185. Рубцова, Н. В. Новые подходы к эффективности сервисной деятельности / Н. В. Рубцова // Сервис в России и за рубежом. – 2011. – № 3. – С. 240–250.

186. Руденко, Ю. Н. Надежность систем энергетики / Ю. Н. Руденко, И. А. Ушаков. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1989. – 328 с.

187. Рябинин, А. Об оценке технического состояния объектов электросетевого хозяйства с использованием алгоритмов расчета индекса технического состояния в ГК «Россети», ПАО «Кубаньэнерго» / А. Рябинин // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2017. – № S3(6). – С. 36–40.

188. Сальникова, Е. А. Формирование концепции активного потребителя в энергетике : дисс. на соиск. учен. степени канд. техн. наук : 08.00.05 / Сальникова Евгения Александровна. – Санкт-Петербург, 2014.

189. Санатов, Д. В. Повестка развития инновационной инфраструктуры в Российской Федерации / Д. В. Санатов // Инновации. – 2015. – № 9. – С. 26–33.

190. Сапаров, М. И. Экологические аспекты модернизации объектов генерации тепловой электроэнергетики / М. И. Сапаров, А. Г. Тумановский // Энергетик. – 2018. – № 6. – С. 25–29.

191. Семенов, В. М. Сервис промышленных товаров / В. М. Семенов, О. Е. Васильева. – М. : Центр экономики и маркетинга, 2001. – 208 с.

192. Сенчук, Д. А. Перспективы внедрения в России программ по управлению спросом на электроэнергию / Д. А. Сенчук, С. А. Цырук // Промышленная энергетика. – 2016. – № 10. – С. 30–36.

193. Сидорович, В. Управление спросом в электроэнергетике России: открывающиеся возможности [Электронный ресурс] / В. Сидорович, Б. Бокарев, И. Чаусов, М. Кулешов, С. Рычков, И. Бурдин. – 2019. – Режим доступа: https://www.digital-energy.ru/wp-content/uploads/2019/12/energynet-2019.pdf.

194. Синельников, А. А. Формирование стратегических планов устойчивого развития нефтегазовых компаний на основе интеграции экономических целей и технологических ресурсов : автореферат дисс. на соискание ученой степени докт. экон. наук : 08.00.05 / Синельников Александр Александрович. – М., 2016. – 48 с.

195. Советов, В. М. Основы функционирования систем сервиса / В. М. Советов, В. М. Артюшенко. – М. : Альфа-М : ИНФРА-М, 2010. – 624 с.

196. Соколвяк, Г. Инжиниринг на вырост / Г. Соколвяк // Экономика и ТЭК сегодня. – 2009. – № 10. – С. 60–61.

197. Соловьева, И. А. Ценозависимое управление затратами на электропотребление на промышленных предприятиях : дисс. на соискание уч. степени доктора экон. наук : 08.00.05 / Соловьева Ирина Александровна – Челябинск, 2017. – 445 с.

198. Стенников, В. А. Непродуманная цифровизация электроэнергетики может привести к угрозам энергетической безопасности России / В. А. Стенников, В. О. Головщиков // Энергетик. – 2019. – № 12. – С. 3–6.

199. Стенников, В. А. Централизованная и распределенная генерация – не альтернатива, а интеграция / В. А. Стенников, Н. И. Воропай. – URL: http://energystrategy.ru/projects/Energy_21/4-2.pdf.

200. Стертюков, К. Г. Проблемы внедрения новых технологий и технических средств с целью увеличения КПД в энергетической отрасли / К. Г. Стертюков, О. А. Стародубцева // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2018. – № 25. – С. 58–73.

201. Сухарев, А. Я. Большой юридический словарь / Под ред. А. Я. Сухарева. – М. : ИНФРА-М, 2003. – 858 с.

202. Сытников, В. Е. Высокотемпературные сверхпроводящие кабельные линии постоянного тока – шаг к умным электросетям / В. Е. Сытников, Т. В.Рябин, Д. В. Сорокин // Энергосбережение. – 2016. – № 7. – С. 42–47.

203. Тагаров, Б. Ж. Анализ теоретических подходов к факторам концентрации промышленности и населения в системе «центр – периферия» / Б. Ж. Тагаров // Экономика, предпринимательство и право. – 2020. – Том 10, № 2. – С. 471–486.

204. Текслер, А. Л. Цифровизация энергетики [Электронный ресурс] / А. Л. Текслер // – Режим доступа: https://digital.gov.ru/uploaded/files/tsifrovaya-energetika16x915.pdf.

205. Тихонов, А. В. Моделирование устройств FACTS при оценивании состояния современных ЭЭС: дисс. канд. техн. наук / А. В. Тихонов. – Иркутск, 2017. – 178 с.

206. Трачук, А. В. Состояние конкурентных отношений в реформированной электроэнергетике России / А. В. Трачук // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. Академика М.Ф. Решетнева. – 2010. – № 1. – С. 203–206.

207. Трачук, А. В. Технологии распределенной генерации: эмпирические оценки факторов применения / А. В. Трачук, Н. В. Линдер // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2018. – № 1. – С. 32–48.

208. Трунин, Е. С. Энергоремонт. Вчера – сегодня – завтра / Е. С. Трунин, В. В. Николаев // Энергетик. – 2019. – № 9. – С. 26 – 28.

209. Тугов, А. Н. Угольная электроэнергетика в России: состояние и перспективы / А. Н. Тугов, М. Н. Майданик // Электрические станции. – 2017. – № 12. – С. 2–9.

210. "Умные" решения для интеллектуальных энергосистем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.pwc.ru/en/energy-utilities-mining/publications/assets/smartgrid_rus.pdf.

211. Федеральный закон от 27.12.2018 N 522-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с развитием систем учета электрической энергии (мощности) в Российской Федерации».

212. Федин, Ф. О. Оценка эффективности применения интеллектуальных систем поддержки принятия решений в технологических процессах анализа больших данных / Ф. О. Федин, С. В. Чискидов, Е. Н. Павличева // Информационные ресурсы России. – 2019. – № 6. – С. 33–39.

213. Хабачев, Л. Д. Внедрение объектов малой энергетики как путь повышения эффективности региональных энергетических систем / Л. Д. Хабачев, У. И. Плоткина // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. – 2012. – № 2. – С. 13–18.

214. Хавронин, С. Б. Особенности развития наукоемкого бизнеса в странах Северной Европы : дисс. на соиск. учен. степени канд. экон. наук : 08.00.14 / Хавронин Сергей Борисович. – Москва, 2012. – 190 с.

215. Хейвуд, Дж. Б. Аутсорсинг: в поисках конкурентных преимуществ / Дж. Брайан. Хейвуд. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2002. – 176 с.

216. Хохлов А. Распределенная энергетика в России: потенциал развития / А. Хохлов, Ю. Мельников, Ф. Веселов, Д. Холкин, К. Дацко. – М.: Центр энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО, 2018. – 89 с.

217. Цифровая энергетика: новая парадигма функционирования и развития / под ред. Н.Д. Рогалева. – М.: Издательство МЭИ, 2019. – 300 с.

218. Цифровой переход в электроэнергетике России [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: https://www.csr.ru/uploads/2017/09/Doklad_energetika-Web.pdf.

219. Чуев, Д. Э. Современные тенденции развития мирового рынка нефтесервисных услуг : дисс. на соискание ученой степени канд. экон. наук : 08.00.14 / Чуев Дмитрий Эдуардович. – Москва, 2014. – 180 с.

220. Чуксина, Е. В. Практика реализации энергосервисных контрактов / Е. В. Чуксина // Академия энергетики. – 2011. – № 5. – С. 31–35.

221. Шанкар, В. Товар + услуга: правила сочетаемости / В. Шанкар, Л. Берри, Т. Доцел // Harvard Business Review. – 2010. – Апрель. – С. 87–92.

222. Шаров, Ю. В. Концепция online-диагностирования и мониторинга турбогенераторов с использованием компьютерных технологий в автоматизированных системах контроля / Ю. В. Шаров, В. В. Беляков, Ю. Д. Виницкий, О. С. Голоднова // Энергетика. – 2019. – № 6. – С. 15–22.

223. Шаститко, А. Е. Старый друг лучше новых двух? Подходы к исследованию рынков в условиях цифровой трансформации для применения антимонопольного законодательства / А. Е. Шаститко, О. А. Маркова // Вопросы экономики. – 2020. – № 6. – С. 37–55.

224. Шаткин, М. А. Трансформация собственности и власти в шеринговой экономике / М. А. Шаткин, Л. С. Яковлев // Социологические исследования. – 2020. – № 1. – С. 31–41.

225. Шелюбская, Н. В. Европейские технологические платформы – от «площадки» по выработке отраслевых исследовательских приоритетов до кластеров / Н. В. Шелюбская // Инновации. – 2012. – № 9. – С. 51 – 57.

226. Шкондин, А. Ф. Вопросы ремонта в теплоэнергетике / А. Ф. Шкондин // Энергетик. – 2020. – № 1. – С. 21–23.

227. Шматко, Н. А. Компетенции инженерных кадров: опыт сравнительного исследования в России и странах ЕС / Н. А. Шматко // Форсайт. – 2012. – Т. 6. – № 4. – С. 32–47.

228. Шраер, А. В. Высокотехнологичные услуги как ресурс инновационного развития энергетического комплекса / А. В. Шраер, Л. В. Хорева // Вестник Российской Академии естественных наук. – 2009. – № 6. – С. 20–22.

229. Шраер, А. В. Особенности сервисной деятельности в отраслях топливно-энергетического комплекса / А.В. Шраер // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2011. – № 9. – С. 45.

230. Шраер, А. В. Сервисные и высокотехнологичные услуги в топливно-энергетическом комплексе / А.В. Шраер // Проблемы современной экономики. – 2011. – № 13. – С. 312–315.

231. Шувалова, Д. Г. Активный потребитель в интеллектуальной энергетике / Д. Г. Шувалова, Е. А. Сальникова, И. О. Волкова // Академия энергетики. – 2011. – № 2. – С. 50–57.

232. Эдельман, В. И. Надежность технических систем: экономическая оценка / В. И. Эдельман. – М. : Экономика, 1988. – 151 с.

233. Эдельман, В. И. Российская энергетика: новый инвестиционный цикл / В. И. Эдельман // Энергетик. – 2019. – № 4. – С. 46–53.

234. Экономика и управление в современной электроэнергетике России: пособие для менеджеров электроэнергетических компаний / под редакцией А. Б. Чубайса. – М. : НП «КОНЦ ЕЭС», 2009. – 616 с.

235. Экономическая система современной России: пути и цели развития: монография / под ред. А. А. Пороховского (Электронное издание). – М.: Экономический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, 2015. – 896 с.

236. Энергоснабжение как услуга. – Deloitte, 2019. [Электронный ресурс]. – URL: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ru/Documents/energy-resources/Russian/energy-as-service-ru.pdf.

237. Юсуфов, Р. Блокчейн в электроэнергетике: ландшафт проектов и инвесторов. MINDSMITH [Электронный ресурс] / Р. Юсуфов, Е. Чаленко, А. Пердеро, Е. Кривошея // Центр энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО, 2019. – 44 с. – Режим доступа: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_RU_MINDSMITH_blockchain_investment_landscape2019.pdf.

238. Ящура, А. И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования. Справочник / А. И. Ящура. – М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2005. – 504 с.

239. Ahmad, T. Electrification design for modern housing scheme projects / T. Ahmad // The Electricity Journal. – 2020. – 33(5).

240. Allmendinger, G. Four Strategies for the Age of Smart Services / G. Allmendinger, R. Lombreglia // Harvard Business Review. – 2005. – 83. – P. 131–145.

241. American Society of Civil Engineers. Manual 45. Chapter 2 // Classification of Engineering Services. – 2003. – P. 9–17.

242. Anderson, L. (2017). Management Education in Turbulent Times / L. Anderson, K. Mason, P. Hibbert, C. Rivers // Journal of Management Education. – 2017. – 41(2). – P. 303–306. DOI: 10.1177/1052562916682208.

243. André, S. Modeling of transdisciplinary engineering assets using the design platform approach for improved customization ability / S. André, F. Elgh // Advanced Engineering Informatics. – 2018. – Vol. 38 – P. 277–290.

244. Annunziata, M. Powering the Future. Leading the digital transformation of the power industry / M. Annunziata, G. Bell. – 2015. URL: https://www.res4med.org/wp-content/uploads/2017/05/digital-energy-transformation-whitepaper.pdf.

245. Aracil, R. Robots for live-power lines: maintenance and inspection tasks / R. Aracil, E. Pinto, M. Ferre // IFAC Proceedings Volumes. – 2002. – 35(1). – P. 13–18.

246. Ávila, L. V. Barriers to innovation and sustainability at universities around the world / L. V. Ávila, W. L. Filho, L. Brandli, C. J. Macgregor, P. Molthan-Hill, P. G. Özuyar, R. M. Moreira // J. Clean. Prod. – 2017. – 164. – 1268–1278. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.07.025.

247. Baglee, D. Developing RCM Strategy for Wind Turbines Utilizing Online Condition E-Monitoring / D. Baglee, M. J. Knowles // Proceedings of the Sixth World Congress on Engineering Asset Management, Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2014. – P. 11-20.

248. Baxter, G. Socio-technical systems: From design methods to systems engineering / G. Baxte, I. Sommerville // Interacting with Computers. – 2011. – V. 23. – 1. – P. 4–17. – URL: https://doi.org/10.1016/j.intcom.2010.07.003.

249. Beaverstock, J. V. Servicing the Super-Rich: New Financial Elites and the Rise of the Private Wealth Management Retail Ecology/ J. V. Beaverstock, S. Hall, T. Wainwright // Regional Studies. – 2013. – Vol. 47(6). – P. 834–849. DOI: 10.1080/00343404.2011.587795.

250. Becker, M. Systemising Service Classifications / M. Becker, M. Bottcher, S. Klingner // International RESER Conference Proceedings. – 2011.

251. Bell, D. The Coming of Post-Industrial Society / D. Bell // A Venture in Social Forecasting. – New York: Basic Books, 1976. – 616 p.

252. Ben-Daya, M. Handbook of Maintenance Management and Engineering / M. Ben-Daya, S. Duffuaa, A. Raouf, J. Knezevic, I. Ait-Kadi. – London: Springer-Verlag, 2009 – 746 p.

253. Bertolini, M. Development of Risk-Based Inspection and Maintenance procedures for an oil refinery / M. Bertolini, M. Bevilacqua, F. E. Ciarapica, G. Giacchetta // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. – 2009. – 22. – P. 244–253.

254. Bessa, R. J. The role of an aggregator agent for EV in the electricity market, 7th Mediterranean Conference and Exhibition on Power Generation, Transmission / R.J. Bessa, M.A. Matos // Distribution and Energy Conversion (MedPower 2010), Agia Napa. – 2010. – P. 1-9.

255. Bhasin, H. What is Market Architecture? Concept, Importand and Needs [Электронный ресурс]. / H. Bhasin // – URL: https://www.marketing91.com/what-is-market-architecture/.

256. Bodeau, Deborah J. Cyber Resiliency Design Principles / Deborah J. Bodeau, Richard Graubart // Selective Use Throughout the Lifecycle and in Conjunction with Related Disciplines. – 2017. – URL: https://www.mitre.org/sites/default/files/publications/PR%2017-0103%20Cyber%20Resiliency%20Design%20Principles%20MTR17001.pdf.

257. Bodeau, Deborah J. Cyber Resiliency Engineering Framework / Deborah J. Bodeau, Richard Graubart. – 2011. – URL: https://www.mitre.org/sites/default/files/pdf/11_4436.pdf.

258. Booth, A. The digital utility: New opportunities and challenges / A. Booth, N. Mohr, P. Peters. – 2016. URL: https://www.mckinsey.com/industries/electric-power-and-natural-gas/our-insights/the-digital-utility-new-opportunities-and-challenges.

259. Bosch, J. From software product lines to software ecosystems / J. Bosch // Proceedings of the 13th International Software Product Line Conference. Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA. – 2009. – P. 111–119.

260. Boughton, N. Retrospective digitalization: Making the most of legacy equipment / N. Boughton // Power Engineering International. – 2018.

261. Brinkley, I. Defining the knowledge economy / I. Brinkley. – The Work Foundation, 2006. – URL: https://www.knowledge4all.com/Temp/Files/9219fc8b-7263-416d-b3dc-a7dca118761f.pdf.

262. Broughel, J. Technological Innovation and Economic Growth: A Brief Report on the Evidence. / J. Broughel, A. Thierer // Mercatus Research, Mercatus Center at George Mason University, Arlington, VA. – 2019. URL: https://www.mercatus.org/system/files/broughel-technological-innovation-mercatus-research-v1.pdf.

263. Browning, H. The Emergence of a Service Society: Demographic and Sociological Aspects of the Sectoral Transformation of the Labor Force in the USA / H. Browning, J. Singelmann // Springfield, VA: National Technical Information Service. – 1975.

264. Bryant, L. Can utility companies make the transition to energy platforms? / L. Bryant. – URL: https://postshift.com/can-utility-companies-make-the-transition-to-energy-platforms/.

265. Buchmann, M. Digital Platforms in the Energy Sector: Definition and First Applications / M. Buchmann. – URL: http://www.theenergycollective.com/enerquire/2410260/digital-platforms-energy-sector-definition-first-applications/

266. Buera, F. J. The Rise of the Service Economy / F. J. Buera, J. P. Kaboski // American Economic Review. – 2012. – 102(6). – P. 2540–69.

267. Burkard, C. Software Ecosystems / C. Burkard, T. Widjaja, P. Buxmann // Business & Information Systems Engineering. – 2012. – Vol. 4. – P. 41–44.

268. Burkov, V. M. Control Mechanisms for Organizational-Technical Systems: Problems of Integration and Decomposition / V. M. Burkov, N. A. Korgin, D. A. Novikov // IFAC-PapersOnLine. – 2016. - 49(32). – P. 1–6. DOI: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S240589631632852X.

269. Business Guide // Тематическое приложение к газете «Коммерсантъ». – 2011. – № 55. – С. 14.

270. CABLEWALKER official website. – URL: http://cablewalker.com/en/.

271. Cader, H. A. The Evolution of the Knowledge Economy / H. A. Cader // The Journal of Regional Analysis & Policy. – 2008. – Vol. 38. – No. 2. – P. 117–129.

272. Caldara, D. Oil Price Elasticities and Oil Price Fluctuations [Электронный ресурс] / D. Caldara, M. Cavallo, M. Iacoviello // – Режим доступа: https://www.federalreserve.gov/econresdata/ifdp/2016/files/ifdp1173.pdf.

273. Castells, M. The Information Age: Economy / M. Castells // Society and Culture, Vol. 1: The Rise of the Network Society. – Oxford, 1996; Vol. 2: The Power of Identity. Oxf" 1997; Vol. 3: End of Millenium. – Oxford, 1998.

274. Ceccagnoli, M. Cocreation of Value in a Platform Ecosystem: The Case of Enterprise Software/ M. Ceccagnoli, C. Forman, P. Huang, D. J. Wu // MIS Quarterly. – 2012. – Vol. 36. – № 1. – P. 263–290.

275. Centered Maintenance Guide for Facilities & Collateral Equipment. – NASA, 2000. – 348 p.

276. Chase, R. B. The Customer Contact Approach to Services: Theoretical Bases and Practical Extensions / R. B. Chase // Operations Research. – 1981. – No. 29(4). – P. 698–706.

277. Chebotareva, G. Individualization of risks diagnostics in assessment of investment potential of sectoral companies in developing countries / G. Chebotareva // International Journal of Sustainable Development and Planning. – 2018. – 13(6). – P. 851-859.

278. Cheng, Z. A framework for intelligent reliability centered maintenance analysis / Z. Cheng, X. Jia, P. Gao, S. Wu, J. Wang // Reliability Engineering and System Safety. – 2008. – 93. – P. 784–792.

279. Christensen, H. B. Analysis and design of software ecosystem architectures – Towards the 4S telemedicine ecosystem / H. B. Christensen, K. M. Hansen, M. Kyng, K. Manikas // Information and Software Technology. – 2014. – Vol. 56. – P. 1476–1492.

280. Chryssolouris, G. Manufacturing Systems: Skills & Competencies for the Future / G. Chryssolouris, D. Mavrikios, D. Mourtzis // Procedia CIRP. – 2013. – 7. – P. 17–24. DOI: 10.1016/j.procir.2013.05.004.

281. Chu, W. Recent Advances in Technology, Strategy and Application of Sustainable Energy Systems / W. Chu, F. Calise, N. Dui´c, P. A. Østergaard, M. Vicidomini, Q. Wang // Energies. – 2020. – Vol. 13. – P. 5229. DOI: 10.3390/en13195229.

282. Clark, C. The Conditions of Economic Progress / C. Clark. – London: Macmillan. – 1940. – 504 p.

283. Collier, D. A. A Service Positioning Matrix / D. A. Collier, S. M. Meyer // International Journal of Operations & Production Management. – 1998. – No. 18(12). – P. 1223–1244.

284. Connelly, Elizabeth B. Features of resilience / Elizabeth B. Connelly, Craig R. Allen, et al. // Environment Systems and Decisions. – 2017. – V. 37. – 1. – P. 46–50.

285. Cook, D. P. Service Typologies: A State of the Art Survey / D. P. Cook, C. H. Goh, C.H. Chung // Production and Operations Management. – 1999. – No. 8(3). – P. 318–338.

286. Cooper, P. Applying a services marketing orientation to the industrial services sector / P. Cooper, R. Jackson // Journal of Business & Industrial Marketing. – 1988. – Vol. 3. – P. 51–54.

287. Coping with the Energy Challenge. The IEC's role from 2010 to 2030. Smart electrification – The key to energy efficiency. White Paper. International Electrotechnical Commission. – 2010. URL: http://www.iec.ch/smartenergy/pdf/white_paper_lres.pdf.

288. Daniels, P. W. Manufacturing Services and Servicing Manufacturing: Knowledge-based Cities and Changing Forms of Production / P. W. Daniels, J. R. Bryson // Urban Studies. – 2002. – Vol. 39. – № 5–6. – P. 977–991.

289. Digital Economy: Global Trends and Practice of Russian business, [in Russian]. Analytical Report, National Research University «Higher School of Economics». – URL: https://imi.hse.ru/pr2017_1.

290. Digital Transformation of Industries. Electricity Industry. White Paper. – 2016. URL: https://www.accenture.com/t20170411T120540Z__w__/us-en/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/WEF/PDF/Accenture-Electricity-Industry.pdf.

291. Digital Transformation Strategy Consulting Market 2021 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.wboc.com/story/44225843/digital-transformation-strategy-consulting-market-2021-size-growth-rate-analysis-share-and-revenue-analysis-with-cagr-status-market-drivers-and.

292. Digitalization in Energy. Technology Report. – France: OECD/IEA, 2017. – 188 p.

293. Dove, R. Fundamental Principles for Agile Systems Engineering / R. Dove // Available online. – 2005. – URL: www.parshift.com/Files/PsiDocs/Rkd050324CserPaper.pdf.

294. Drucker, P. F. Post-Capitalist Society / P. F. Drucker. – New York: HarperCollins Publishers, 1993. – 240 p.

295. Edelman, B. Spontaneous Deregulation / B. Edelman, D. Geradin // Harvard Business Review. – 2016. – P. 80–87. URL: https://hbr.org/2016/04/spontaneous-deregulation.

296. Eichengreen, B. The two waves of service sector growth / B. Eichengreen, P. Gupta // Oxford Economic Papers. – 2013. – 65(1). – P. 96–123.

297. Engineering the future – a vision for the future of UK engineering. – URL: https://www.engc.org.uk/EngCDocuments/Internet/Website/Engineering%20the%20future%20-%20Manifesto.pdf.

298. Evans, D. S., Matchmakers: the new economics for multisided platforms / D. S. Evans, R. Schmalensee // Boston: Massachusetts: Harvard Business Review Press. – 2016. – P. 272.

299. Evans, P. S. The Rise of the Platform Enterprise / P. S. Evans, A. Gawer // A Global Survey. The Center for Global Enterprise. – 2016. – URL: https://www.thecge.net/app/uploads/2016/01/PDF-WEB-Platform-Survey_01_12.pdf.

300. EXPLINER – Inspection Robot for High-Voltage Transmission Lines. – URL: https://www.jsme.or.jp/jsme/uploads/2016/11/awardu12-4.pdf.

301. Ferguson, D. The Role of the University in the Innovation Ecosystem, and Implications for Science Cities and Science Parks: A Human Resource Development Approach / D. Ferguson, R. E. Fernández // WTR. – 2015. – 4. – P. 132–143. DOI: 10.7165/wtr2015.4.3.132.

302. Filippetti, A. University–industry linkages and academic engagements: Individual behaviours and firms' barriers / A. Filippetti, M. Savona // Introduction to the special section. J. Technol. Transf. – 2017. – 42. – P. 719–729. DOI:10.1007/s10961-017-9576-x.

303. Filippov, S. New Technological Revolution and Energy Requirements / S. Filippov // Foresight and STI Governance. – 2018. – 12(4). – P. 20–33.

304. Fisher, A. G. B. Primary, Secondary and Tertiary Production / A.G.B. Fisher // Economic Record. – 1939. – 15. – P. 24–38.

305. Francis, R. Organizing for breakthrough innovation. Structures for systematically developing and exploiting radical ideas / R. Francis, F. Härenstam, R. Eagar // Prism. — 2015. — No. 1. – P. 12–28.

306. Friedmann, J. Regional Development Policy: A Case Study of Venezuela / J. Friedmann. – Cambridge: MIT Press, 1966. – 279 p.

307. Fuchs, W. The New Global Responsibilities of Engineers Create Challenges for Engineering education / W. Fuchs // Journal of Education for Sustainable Development. – 2012. – No. 6. – P. 111–113.

308. Furrer, O. The dynamics and evolution of the service marketing literature: 1993–2003 / O. Furrer, P. Sollberger // Service Business. – 2007. – No. 1. – P. 93–117.

309. Gawer, A. Bridging differing perspectives on technological platforms: Toward an integrative framework / A. Gawer // Research Policy. – 2014. – 7(43). – P. 1239–1249.

310. Gawer, A. Platform Leadership: How Intel, Microsoft, and Cisco Drive Industry Innovation / A. Gawer, M. A. Cusumano // Harvard Business School Press: Boston. – 2002. – P. 305.

311. Ghazawneh, A. Henfridsson O. Balancing platform control and external contribution in third-party development: the boundary resources model / A. Ghazawneh // Information Systems Journal. – 2013. – Vol. 23. – № 2. – P. 173–192.

312. Ghazawneh, A. Paradigmatic analysis of digital application marketplaces / A. Ghazawneh, O. A. Henfridsson // Journal of Information Technology. – 2015. – Vol. 30. – № 3. – P. 198–208.

313. Gielen, G. Final overview of the expected competencies of future nano-electronics engineers / G. Gielen. – 2011. – URL: http://cordis.europa.eu/docs/projects/cnect/1/257051/080/deliverables/001-EurodotsD12.pdf.

314. Giret, A. An engineering framework for Service-Oriented Intelligent Manufacturing Systems / A. Giret, E. Garcia, V. Botti // Computers in Industry. – 2016. – № 81. – P. 116–127.

315. Gitelman, L. D. Adoption of technology platforms in the electric power industry: new opportunities / L. D. Gitelman, M. V. Kozhevnikov // WIT Transactions on Ecology and the Environment. – 2022. – Vol. 255. – P. 23–34.

316. Gitelman, L. D. Advance Management Education for Power-Engineering and Industry of the Future / L. D. Gitelman, M. V. Kozhevnikov, O. B. Ryzhuk // Sustainability. – 2019. – № 11(21). – P. 5930.

317. Gitelman, L. D. Asset management in grid companies using robotic fault diagnosis / L. D. Gitelman, M. V. Kozhevnikov, D. D. Kaplin // International Journal of Energy Production and Management. – 2019. – Vol. 4. – № 3. – P. 230–243.

318. Gitelman, L. D. Asset management of energy company based on risk-oriented strategy / L. D. Gitelman, M. V. Kozhevnikov, G. S. Chebotareva, O. A. Kaimanova // WIT Transactions on Ecology and the Environment. – 2020. – Vol. 246. – P. 125–135.

319. Gitelman, L. D. Electrification as a Development Driver for «Smart Cities» / L. D. Gitelman, M. V. Kozhevnikov // Economy of Region. – 2017. – 13(4). – P. 1199–1210.

320. Gitelman, L. D. Electrification in industrial revolution 4.0 / L. D. Gitelman, M. V. Kozhevnikov // WIT Transactions on Ecology and the Environment. – 2020. – No. 5(4). – P. 367–379.

321. Gitelman, L. D. Energy engineering and consulting: New challenges and reality / L. D. Gitelman, V. Silbermann, M. V. Kozhevnikov, A. Y. Makarov, D. G. Sandler // International Journal of Energy Production and Management. – 2020. – Vol. 5(3). – P. 272–284. DOI: 10.2495/EQ-V5-N3-272-284.

322. Gitelman, L. D. Fulfilling The Potential of Nuclear Power Industry Through Demand Side Management / L. D. Gitelman, L. M. Gitelman, M. V. Kozhevnikov // International Journal of Sustainable Development and Planning. – 2017. – Vol. 12. – No. 6. – P. 1043–1049.

323. Gitelman, L. D. General Concept for Preventing Energy Crises. In: Challenges and Solutions in the Russian Energy Sector / L. D. Gitelman, M. V. Kozhevnikov, T. B. Gavrilova; eds. Syngellakis S., Brebbia C. Springer: Cham, 2018. – 260 p. – P. 47–53.

324. Gitelman, L. D. Managers for Sustainable Electric Power Industry of Tomorrow / L. D. Gitelman, L. M. Gitelman, M. V. Kozhevnikov // International Journal of Sustainable Development and Planning. – 2018. – Vol. 13. – No. 2 – P. 307–315.

325. Gitelman, L. D. Managing Productive Assets of Energy Companies in Periods of Crisis. In: Challenges and Solutions in the Russian Energy Sector / L. D. Gitelman, M. V. Kozhevnikov, T. B. Gavrilova; eds. Syngellakis S., Brebbia C. Springer: Cham, 2018. – 260 p. – P. 55–61.

326. Gitelman, L. D. Methodologies for managing complex systems under uncertainty / L. D. Gitelman, T. B. Gavrilova, M. V. Kozhevnikov // WIT Transactions on Ecology and the Environment. – 2020. – Vol 241. – P. 91–103.

327. Gitelman, L. D. New leaders for technological breakthroughs in the energy industry / L. D. Gitelman, M. V. Kozhevnikov // WIT Transactions on Ecology and The Environment. – 2018. – Vol. 224. – P. 499–511.

328. Gitelman, L. D. Proactive management in the power industry: Tool support / L. D. Gitelman, T. B. Gavrilova, L. M. Gitelman, M. V. Kozhevnikov // International Journal of Sustainable Development and Planning. – 2017. – No. 12(8). – P. 1359–1369.

329. Gitelman, L. D. Rational Behavior of an Enterprise in the Energy Market in a Circular Economy / L. D. Gitelman, E. R. Magaril, M. V. Kozhevnikov, E.-C. Rada // Resources. – 2019. – № 8(2). – P. 73. DOI: 10.3390/resources8020073.

330. Gitelman, L. D. Strategic intelligence of an organization amid uncertainty / L. D. Gitelman, M. V. Kozhevnikov, G. S. Chebotareva // International Journal of Energy Production and Management. – 2021. – Vol. 6. – No. 3. – P. 294–305.

331. Gitelman, L. D. Technology Platforms as A Tool For Solving Complex Innovation Problems / L. D. Gitelman, M. V. Kozhevnikov, D. G. Sandler // International Journal of Design & Nature and Ecodynamics. – 2016. – 11(4). – P. 584–592.

332. Gitelman, L. D. University technology platform of anticipatory learning / L. D. Gitelman, D. G. Sandler, M. V. Kozhevnikov // Economy of Region. – 2016. – No. 1. – P. 257–266.

333. Gitelman, L.D. Complex Systems Management Competency For Technology Modernization / L. D. Gitelman, D. G. Sandler, T. B. Gavrilova, M. V. Kozhevnikov // International Journal of Design & Nature and Ecodynamics. – 2017. – Vol. 12. – No. 4 – P. 525–537. DOI: 10.2495/DNE-V12-N4-525-537.

334. Gitelman, L.D. Window of opportunity for sustainable energy / L.D. Gitelman, L.M. Gitelman, M.V. Kozhevnikov // International Journal of Energy Production and Management. – 2017. – No. 2(2). – P. 173–185.

335. Gitzel, R. Industrial Service as a Research Discipline. / R. Gitzel // ABB Corporate Research. – 2014. URL: https://emisa-journal.org/emisa/article/view/18.

336. Global and Russian Energy Outlook to 2040. – URL: https://ac.gov.ru/files/publication/a/2772.pdf.

337. Global Educational Services Industry (2020 to 2027) - Market Trends and Drivers [Электронный ресурс]. – URL: https://www.businesswire.com/news/home/20210115005463/en/Global-Educational-Services-Industry-2020-to-2027---Market-Trends-and-Drivers---ResearchAndMarkets.com.

338. Gölpek, F. Service sector and technological developments / F. Gölpek // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2015. – 181. – P. 125–130.

339. Gräbner, C. The emergence of core-periphery structures in the European Union: A complexity perspective / C. Gräbner, J. Hafele // ZOE Discussion Papers. – 2020. – No. 6.

340. Growth in Services. Fostering Employment, Productivity and Innovation, OECD. – 2005. URL: http://www.oecd.org/economy/34749412.pdf.

341. Guidance for the Use of Reverse-Engineering Techniques. Revision 1 to EPRI TR-107372 [Электронный ресурс] // Technical Report. – 2018. – URL: https://www.nucleonova.eu/pdf/EPRITR107372Rev1GuidancefortheuseofReserve-EngineeringTechniques_Nucleonova.pdf.

342. Hagiu, A. Multi-sided platforms / A. Hagiu, J. Wright // International Journal of Industrial Organization. – 2015. – Vol. 43(C). – P. 162–174.

343. Hastings, N. A. J. Physical asset management. With an introduction to ISO55000 / N. A. J. Hastings. – Springer: Berlin, 2015. – 43-57 p.

344. Hilbert, M. R. From industrial economics to digital economics: an introduction to the transition / M. R. Hilbert. – Santiago, Chile: United Nations Publication, 2001. – 133 p.

345. Hipp, C. Knowledge-intensive business services in the new mode of knowledge production / C. Hipp // AI & Society. – 1999. – Vol. 13. – P. 88–106. DOI: 10.1007/BF01205260.

346. Hippe, R. The knowledge economy in historical perspective / R. Hippe, R. Fouquet // World Economics. – 2018. – Vol. 18(1). – P. 75–107.

347. Hirschhorn, L. The Post-Industrial Economy: Labour, Skills and the New Mode of Production / L. Hirschhorn // The Service Industries Journal. – 1988. – Vol. 8. – No. 1. – P. 19–38. DOI: 10.1080/02642068800000003.

348. Hochberg, M. The Brazilian electricity market architecture: An analysis of instruments and misalignments / M. Hochberg, R. Poudineh // Utilities Policy. – 2021. – Vol. 72. – P. 101267.

349. Hollnagel, E. Resilience Engineering: Concepts and Precepts / E. Hollnagel, D. D. Woods, N. Leveson // Aldershot, UK: Ashgate Publishing Limited. – 2006. – P. 397.

350. Homburg, C. Fundamental Changes in Marketing Organization: The Movement toward a Customer-Focused Organizational Structure / C. Homburg, J. P. Workman, O. Jensen // Journal of the Academy of Marketing Science. – 2000. – Vol. 28. – № 4. – P. 459–478.

351. Homburg, C. Towards an Improved Understanding of Industrial Services: Quality Dimensions and Their Impact on Buyer-Seller Relationships / C. Homburg, B. Garbe // Journal of Business-to-Business Marketing. – 1999. – No. 6(2). – P. 39–71.

352. Huggins, R. The Growth of Knowledge-Intensive Business Services: Innovation, Markets and Networks / R. Huggins // European Planning Studies. – 2011. – Vol. 19(8). – P. 1459–1480.

353. Hyppönen, H. etc., Knowledge-Intensive Service Activities (KISA) in Health and Social Care Innovation Process: Towards Seamless care for older people in Kuopio Home Care. – URL: https://www.oecd.org/sti/inno/34745295.pdf.

354. Hyrynsalmi, S. Seppänen, Suominen A. Sources of value in application ecosystems / S. Hyrynsalmi, M. // Journal of Systems and Software. – 2014. – Vol. 96. – pp. 61–72.

355. Identifying Breakthrough Life Science Research Technologies. – URL: https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2014/09/19/identifying-breakthrough-life-science-research-technologies.

356. Illeris, S. The nature of services. In: The Handbook of Service Industries, eds. J.R. Bryson & P.W. Daniels. / S. Illeris. – Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing Limited. – 2007. – 512 p.

357. Inozemtsev, V. L. The Constitution of the Post-Economic State / V. L. Inozemtsev // Post-Industrial Theories and Post-Economic Trends in the Contemporary World. – London: Ashgate Publishers, 1998. – 454 p.

358. Jackson, S. Resilience Principles for Engineered Systems / S. Jackson, T. Ferris // Systems Engineering. – 2013. – 16(2). – P. 152-164.

359. Jin, L. Evolution and Mechanism of the “Core–Periphery” Relationship: Micro-Evidence from Cross-Regional Industrial Production Organization in a Fast-Developing Region in China / L. Jin, C. Wang, H. Zhang, Y. Ye, Z. Du, Y, Zhang // Sustainability. – 2020. – No. 12. – Paper 189.

360. Johnston, A. Regional Growth Dynamics in the Service Sector: The Determinants of Employment Change in UK Regions, 1971–2005 / A. Johnston, R. Huggins // Growth and Change. – 2018. – 49(1). – P. 71–96. DOI: 10.1111/grow.12221.

361. Kazemahvazi, S. The Breakthrough Factory. A concept for serial breakthrough innovation / S. Kazemahvazi, D. Roos, R. Eagar // Prism. — 2015. — No. 1. — P. 30–38.

362. Kellogg, D. L. Constructing an Empirically Derived Measure for Customer Contact / D. L. Kellogg, R. B. Chase // Management Science. – 1995. – No. 41(11). – P. 1734–1749.

363. Kendall, M. G. The Problem of m Rankings / M. G. Kendall, B. B. Smith // Annals of Mathematical Statistics. – 1939. – № 10. – P. 275–287.

364. Kenworthy, J. R. The eco-city: ten key transport and planning dimensions for sustainable city development / J. R. Kenworthy // Environment & Urbanization. – 2006. – 18. – P. 67–85.

365. Kindström, D. Development of industrial service offerings: a process framework / D. Kindström, C. Kowalkowski // Journal of service management. – 2009. – Vol. 20. – No. 2. – P. 156–172.

366. Kindström, D. Local and regional energy companies offering energy services: Key activities and implications for the business model / D. Kindström, M. Ottosson // Applied Energy. – 2016. – No. 171. – P. 491–500.

367. Kirkland, K. Overcoming the Barriers to Educational Innovation / K. Kirkland, D. Sutch // Available online. – 2009. – URL: https://www.nfer.ac.uk/publications/futl61/futl61.pdf.

368. Knowledge Intensive Services. Growing Queensland's knowledge intensive services sector through science, research and innovation. – 2015. URL: http://www.chiefscientist.qld.gov.au/images/documents/chiefscientist/pubs/reports-other/knowledge-intensive-services-report.pdf.

369. Knowledge-Based Industries (KBI). – URL: http://www23.statcan.gc.ca/imdb-bmdi/document/2514_D2_T9_V1-eng.pdf.

370. Kornakov, A. N. Model of complex organizational-technical system. / A. N. Kornakov // International Scientific Electronic Journal. – 2015. - 2(14). – P. 44-50. – URL: psejournal.wordpress.com/archive15/15-02/.

371. Kowalkowski, C. Servitization and deservitization: Overview, concepts, and definitions / C. Kowalkowski, H. Gebauer, B. Kamp, G. Parry // Industrial Marketing Management. – 2017. – Vol. 60 – P. 4–10.

372. Kox, H. Business services and the changing structure of European economic growth / H. Kox, L. Rubalcaba // CPB Memorandum. – 2007. – 183. URL: https://mpra.ub.uni-muenchen.de/3750/1/MPRA_paper_3750.pdf.

373. Kozhevnikov, M. V. A transition to knowledge-intensive service activities in power industry: A theoretical framework / M. V. Kozhevnikov // WIT Transactions on Ecology and the Environment. – 2019. – 222. – P. 13–25.

374. Kryukov, V. A. Features of spatial development of oil and gas service: global trends and lessons for Russia, [in Russian]. / V. A. Kryukov, A. N. Tokarev // Region: Economics and Sociology. – 2017. – 3. – P. 189–214.

375. Ladaniuk, A. The model of strategic management of organizational and technical systems, taking into account risk-based cognitive approach / A. Ladaniuk, T. Prokopenko, V. Reshetiuk // Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Agricultural and Forest Engineering. – 2014. – 63. – P. 97–104.

376. Lahti, T. A Definition and Theoretical Review of the Circular Economy, Value Creation, and Sustainable Business Models: Where Are We Now and Where Should Research Move in the Future? / T. Lahti, J. Wincent, V. Parida // Sustainability. – 2018. – Vol. 10. – Paper 2799. DOI: 10.3390/su10082799.

377. Lawrence, M. The Next Phase of the Energy Transformation: Platform Thinking. – URL: https://www.renewableenergyworld.com/articles/print/volume-21/issue-2/features/all-renewables/the-next-phase-of-the-energy-transformation-platform-thinking.html.

378. Lechtenbohmer, S. Decarbonising the energy intensive basic materials industry through electrification – Implications for future EU electricity demand / S. Lechtenbohmer, L. J. Nilsson, M. Ahman, C. Schneider // Energy. – 2016. – No. 115. – P. 1623–1631.

379. LeHong, H. Building a Digital Business Technology Platform / H. LeHong, C. Howard, D. Gaughan, D. Logan. – URL: http://www.gartner.com/binaries/content/assets/events/keywords/symposium/esc28/esc28_digitalbusiness.pdf.

380. Levelized Cost of Energy and Levelized Cost of Storage. – 2019. URL: https://www.lazard.com/perspective/lcoe2019.

381. LineScout. A Robot for Inspecting Live Transmission Lines. – URL: http://www.hydroquebec.com/innovation/en/pdf/2010G080-02A_LineScout.pdf.

382. Lovelock, C. H. Classifying Services to Gain Marketing Insights / C. H. Lovelock // Journal of Marketing. – 1983. – Vol. 47. – P. 9–20.

383. Macchi, M. Exploring the role of Digital Twin for Asset Lifecycle Management / M. Macchi, I. Roda, E. Negri, L. Fumagalli // IFAC-PapersOnLine. – 2018. – Vol. 51. – No. 11. – P. 790–795.

384. Madni, A. Towards a conceptual framework for resilience engineering / A. Madni, S. Jackson // Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Systems Journal. – 2009. – 3(2). – P. 181–191.

385. Maister, D. H. Managing The Professional Service Firm / D. H. Maister. – New York: Free Press, 1997. – 384 p.

386. Marsh, P. The New Industrial Revolution: Consumers, Globalization and the End of Mass Production / P. Marsh // New Haven: Yale University Press. – 2012.

387. Martinez-Fernandez, M. C. Knowledge-Intensive Service Activities (KISA) in Innovation of the Software Industry in Australia / M. C. Martinez-Fernandez, C. Soosay, V. V. Krishna, T. Turpin, M. Bjorkli. – 2005. URL: http://www.uws.edu.au/__data/assets/pdf_file/0014/33431/KISA_-_Innovation_of_the_Software_Industy_in_Australia.pdf.

388. Maxwell, J. Observations of the resilience architecture of the firefighting and emergency response infrastructure / J. Maxwell, R. Emerson // Insight. – 2009. – P. 45–46.

389. Michel, S. Why service recovery fails: Tensions among customer, employee, and process perspectives / S. Michel, D. Bowen, R. Johnston // Journal of Service Management. – 2009. – Vol. 20. – No. 3. – P. 253–273. DOI: 10.1108/09564230910964381.

390. Miles, I. Are services special? In Services and the knowledge-based economy, ed. / I. Miles, M. Boden // M. Boden and I. Miles, London: Routledge. – 2000. – P. 285.

391. Miles, I. D. Knowledge intensive business services: ambiguities and continuities / I. D. Miles, V. Belousova, N. Chichkanov // Foresight. – Vol. 20. – No. 1. – P. 1–26. DOI: 10.1108/FS-10-2017-0058.

392. Miozzo, M. Modularity and Innovation in knowledge-intensive business services: IT outsourcing in Germany and the UK, Research Policy / M. Miozzo, D. Grimshaw. – 2005. – 34(9). – P. 1419–1439.

393. Moore, J. F. Predators and prey: a new ecology of competition / J. F. Moore // Harvard Business Review. – 1993. – Vol. 71. – P. 75–83.

394. Moreira da Silva, M. Asset Management Transformation, in: Power and Gas Asset Management / M. Moreira da Silva // Lecture Notes in Energy, 72, Springer Nature: Cham. – 2020. – P. 89–118.

395. Muegge, S. Platforms, communities, and business ecosystems: Lessons learned about technology entrepreneurship in an interconnected world / S. Muegge // Technology Innovation Management Review. – 2013. – № 3(2). – P. 5–14.

396. Muller, E. The key dimensions of knowledge-intensive business services (KIBS) analysis: a decade of evolution / E. Muller, D. Doloreux // Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (ISI). – 2007. URL: https://www.econstor.eu/obitstream/10419/29335/1/610017543.pdf.

397. Murtazin, I. I. Development and application of methods of internal inspection of district heating networks / I. I. Murtazin, M. V. Kozhevnikov, E. M. Starikov // International Journal of Energy Production and Management. – 2021. – Vol. 6. – No. 1. – P. 56–70.

398. Nählinder, J. Innovation and Employment in Services / J. Nählinder // The case of Knowledge Intensive Business Services in Sweden. – 2005. URL: https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:20573/FULLTEXT01.pdf.

399. Nurcahyanto, Urmee T. Development of Energy Service Company (ESCO) Market to Promote Energy Efficiency Programmes in Developing Countries / Urmee T. Nurcahyanto // In Transition Towards 100% Renewable Energy. Springer: Cham, 2018. – 283–294 p.

400. Okhtilev, M. Yu. The concept of complex objects' proactive management: theoretical and technological basis / M. Yu. Okhtilev, N. G. Mustafin, V. Ye. Miller, B. V. Sokolov // Proceedings of high schools. Instrument making. – 2014. – 11(57). – P. 7–15.

401. Oliva, R. Managing the transition from products to services / R. Oliva, R. Kallenberg // International Journal of Service Industry Management. – 2003. – Vol. 14. – No. 2. – P. 160–172.

402. Orchestrating infrastructure for sustainable Smart Cities. White Paper. – 2014. URL: http://www.iec.ch/whitepaper/pdf/iecWP-smartcities-LR-en.pdf.

403. Ota, U. Proposal of Smart Storage for Ubiquitous Power Grid. / U. Ota, H. Taniguchi, T. Nakajima, K. M. Liyanage, J. Baba, A. Yokoyama // IEEJ Transactions on Power and Energy. – 2010. – 11(130). – P. 989–994.

404. Otsuka, A. Regional Energy Demand and Energy Efficiency in Japan. An Application of Economic Analysis / A. Otsuka. – Springer International Publishing, 2017. – 98 p.

405. Paloheimo, K.-S. Customer Oriented Industrial Services. / K.-S. Paloheimo, I. Miettinen, S. Brax. – URL: http://www.hcl.tkk.fi/docs/Customer_Oriented_Industrial_Services.pdf.

406. Paluch, S. Service Separation and Customer Satisfaction: Assessing the Service Separation/Customer Integration Paradox / S. Paluch, M. Blut // Journal of Service Research. – 2013. – № 16(3). – P. 415–427.

407. Panev, S. ESCO Market Report for Non-European Countries / S. Panev, N. Labanca, P. Bertoldi, T. Serrehno, C. Cahill, B. Boza-Kiss. – 2013. – URL: https://www.naesco.org/data/industryreports/ESCO%20Market%20Report%20for%20Non-European%20Countries%202013.pdf.

408. Papadis, E. Challenges in the decarbonization of the energy sector / E. Papadis, G. Tsatsaronis // Energy. – 2020. – Vol. 205. – Paper 118025. DOI: 10.1016/j.energy.2020.118025.

409. Parasuraman, A. A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research / A. Parasuraman, V. A. Zeithaml, L. L. Berry // Journal of Marketing. – 1985. – No. 49(4). – P. 41–50.

410. Patterns and Trends of Knowledge- and Technology-Intensive Industries. – URL: https://www.nsf.gov/statistics/2018/nsb20181/report/sections/industry-technology-and-the-global-marketplace/patterns-and-trends-of-knowledge--and-technology-intensive-industries.

411. Perrons, R. How innovation and R&D happen in the upstream oil & gas industry: Insights from a global survey / R. Perrons // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2014. – 124. – P. 301–312.

412. Perrow, C. Modular Power Grids / C. Perrow // In S. Jackson (Ed.). New Haven. – 2011.

413. Pino, G. Knowledge-intensive services and local development: An empirical analysis of networks, channels and customization processes / G. Pino, M. Capestro, G. Guido, C. Tomacelli, M. Abate // Local Economy. – 2016. – 31(3). – P. 359–376.

414. Power Market Study 2030. A new outlook for the energy industry. – URL: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/energy-resources/Deloitte-Power-Market-Study-2030-EN.pdf.

415. Prebisch, R. Towards a theory of change / R. Prebisch // CEPAL Review. – 1980. – No. 10. – P. 155–208.

416. Preissl, B. Research and Technology Organisations in the Service Economy. / B. Preissl // Developing Analytical Tools for Changing Innovation Patterns, in: Innovation, The European Journal of Social Science Research. – 2006. – 19(1). – P. 131-146.

417. Preissl, B. Service sector dynamics and service regulation / B. Preissl. – 2000. URL: http://www.tips.org.za/research-archive/trade-and-industry/trade-growth-dynamics/item/92-service-sector-dynamics-and-service-regulation.

418. Project T&D 2014. Transmission and distribution of the electric energy. – URL: http://www2.rse-web.it/progetti/progetto/649.

419. Quadrennial Technology Review. An Assessment of Energy Technologies and Research Opportunities. Chapter 4: Advancing Clean Electric Power Technologies. – 2015. – URL: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/03/f34/qtr-2015-chapter4.pdf.

420. Quinn, R.E. Becoming a master manager / R.E. Quinn, S.R. Faerman, M.P. Thompson, M.R. McGrath // A competency framework. – New York: Wiley. – 1990.

421. Ramos, J. M. Anticipatory Governance: Traditions and Trajectories for Strategic Design / J. M. Ramos // Journal of Futures Studies. – 2014. – Vol. 19. – No. 1. – P. 35–52.

422. Raunio, M. Open Innovation Platforms as a Knowledge Triangle Policy Tool – Evidence from Finland / M. Raunio, N. Nordling, M. Kautonen, P. Räsänen // Foresight and STI Governance. – 2018. – vol. 12. – no 2. – P. 62–76.

423. Rewoldt, St. Introduction to Marketing Management. / St. Rewoldt, J.D. Scott, M. Warshaw // Text & Cases. – Homewood, Illinois: Richard D. Irving Inc. – 1977.

424. Richards, M. G. Multi-Attribute Tradespace Exploration for Survivability / M. G. Richards // Unpublished Dissertation, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA. – 2009.

425. Robertson, D. Planning for Product Platforms / D. Robertson, K. Ulrich // Sloan Management Review. – 1998. – Vol. 39. – No. 4 – P. 19–31.

426. Roehrig, P. The End of the Beginning [Электронный ресурс] / P. Roehrig // Cognizant Report. – 2019. – URL: https://www.cognizant.com/digital-transformation-report.

427. Rothschild, M. Bionomics: Economy as Business Ecosystem. Beard Books / M. Rothschild. – 1990. – P 444.

428. Rowley, J. An Analysis of the E-service Literature: Towards a Research Agenda / J. Rowley // Internet Research. – 2006. – Vol. 16. – P. 339–359.

429. Rull, V. The most important application of science / V. Rull // EMBO Rep. – 2014. – 15(9). – P. 919–922. DOI: 10.15252/embr.201438848.

430. Rzevski, G. Complexity as the defining feature of the 21st century. / G. Rzevski // International Journal of Design & Nature and Ecodynamics. – 2015. – 10(3). – P. 191–198.

431. Salegna, G. An Integrative Approach for Classifying Services / G. Salegna, F. Fazel // The Journal of Global Business Management. – 2013. – Vol. 9. – No. 1. – P. 1–11.

432. Santandreu-Mascarell, C. Competencies and skills for future Industrial Engineers defined in Spanish degrees / C. Santandreu-Mascarell, L. Canós-Darós, C. Pons-Morera // Journal of Industrial Engineering and Management. – 2011. – № 4(1). – С. 13–30. DOI: 10.3926/jiem..v4n1.p13-30.

433. Sarkar, A. Financing energy efficiency in developing countries—lessons learned and remaining challenges / A. Sarkar, J. Singh // Energy Policy. – 2010. – № 38(10). – С. 5560–5571.

434. Scheu, M. N. A systematic Failure Mode Effects and Criticality Analysis for offshore wind turbine systems towards integrated condition based maintenance strategies / M. N. Scheu, L. Tremps, U. Smolka, A. Kolios, F. Brennan // Ocean Engineering, 176. – 2019. – P. 118–133.

435. Schlumberger: 2015 Annual Report. – Schlumberger Limited, 2016.

436. Schmenner, R. W. How Can Service Businesses Survive and Prosper / R. W. Schmenner // Sloan Management Review. – 1986. – No. 27(3). – P. 21–32.

437. Schmenner, R. W. Service Businesses and Productivity / R.W. Schmenner // Decision Sciences. – 2004. – No. 35(3). – P. 333–347.

438. Schneider J. Asset management techniques / J. Schneider, A. Gaul, C. Neumann, J. Hogräfer, W. Wellbow, M. Schwan, A. Schnettlek // International Journal of Electrical Power & Energy Systems. – 2006. – 28(9). – P. 643–654.

439. Schoemaker, P. J. H. Integrating Organizational Networks, Weak Signals, Strategic Radars and Scenario Planning / P. J. H. Schoemaker, G. S. Day, S. A. Snyder // Technological Forecasting & Social Change. – 2013. – 80. – P. 815–824. DOI: 10.1016/j.techfore.2012.10.020.

440. Schönmann, A. Proactive Management of Production Technologies: A Conceptual Framework / A. Schönmann, J. Greitemann, G. Reinhart // Procedia CIRP. – 2016. – Vol. 52. – P. 198–203.

441. Schwab, K. The Fourth Industrial Revolution / K. Schwab // New York: Crown Business. – 2017.

442. Science and technology on fast forward. – URL: https://undsci.berkeley.edu/article/_0_0/whathassciencedone_03.

443. Scientific Research & Technological Advancements: Risks & Benefits. – URL: https://study.com/academy/lesson/scientific-research-technological-advancements-risks-benefits.html.

444. Seba, T. Clean Disruption of Energy and Transportation: How Silicon Valley Will Make Oil, Nuclear, Natural Gas, Coal, Electric Utilities and Conventional Cars Obsolete by 2030 / T. Seba // California. – 2014. – P. 291.

445. Seba, T. Solar Trillions – 7 Market and Investment Opportunities in the Emerging Clean-Energy Economy / T. Seba // San Francisko. – 2009. – P. 294.

446. Seitz, P. IT-based Architecture for Power Market Oriented Optimization at Multiple Levels in Production Processes / P. Seitz, E. Abele, L. Bank, T. Bauernhansl, E. Colangelo, G. Fridgen, J. Schilp, P. Schott, J. Sedlmeir, N. Strobel, T. Weber // Procedia CIRP. – 2019. – Vol. 81. – P. 618–623.

447. Services and the Knowledge-Based Economy, eds. M. Boden & Miles I. Continuum: London, New York, 2000.

448. Shabani, B. Reverse engineering and additive technologies in circular economy / B. Shabani, V. Dukovski // Mechanical Engineering Scientific Journal. – 2018. – Vol. 36. – No. 2. – P. 123–129.

449. Shatrevich, V. Industrialisation factors in post-industrial society / V. Shatrevich, V. Strautmane // Journal of Entrepreneurship and Sustainability Issues. – 2015. – Vol. 3, No. 2. – P. 157–172.

450. Shi, X. Knowledge intensive business services and their impact on innovation in China / X. Shi, Y. Wu, D. Zhao // Service Business. – 2014. – 8(4). – P. 479–498.

451. Shrum, W. Reputational Status of Organizations in Technical Systems / W. Shrum, W. Robert // American Journal of Sociology. – 1988. – 4(93). – P. 882–912.

452. Silvast, A. Raab, C. Who ‘Uses’ Smart Grids? / A. Silvast, R. Williams, S. Hyysalo, K. Rommetveit // The Evolving Nature of User Representations in Layered Infrastructures. Sustainability. – 2018. – 10.

453. Spohrer, J. The Emergence of Service Science: Toward Systematic Service Innovations to Accelerate Co-Creation of Value / J. Spohrer, Maglio P.P. // Production and Operations Management. – 2008. – Vol. 17. – No. 3. – P. 238 – 246. DOI: 10.3401/poms.1080.0027.

454. Sultan, M. The Tertiary Sector Is Going to Dominate the World Economy / M. Sultan // Should We Worry? – URL: https://mpra.ub.uni-muenchen.de/14681/1/MPRA_paper_14681.pdf.

455. Švarc, J. Evolution of the Knowledge Economy: a Historical Perspective with an Application to the Case of Europe / J. Švarc, M. Dabić // Journal of the Knowledge Economy. – 2017. – Vol. 8(1). – P. 159–176.

456. Systems Engineering Handbook, a Guide for System Life Cycle Processes and Activities // INCOSE. San Diego, Wiley. – 2015.

457. Szomolányiová, J. Report on european energy efficiency services markets and quality [Электронный ресурс] / J. Szomolányiová, N. Keegan. – Режим доступа: https://qualitee.eu/wp-content/uploads/QualitEE_2-05_EuropeanReport-2018.pdf.

458. Tan, B. Leveraging Digital Business Ecosystems for Enterprise Agility: The Tri-Logic Development Strategy of Alibaba.com / B. Tan, S. L. Pan, X. Lu, L. Huang // ICIS 2009 Proceedings. – 2009. – P. 171.

459. Technological Breakthroughs for Scientific Progress (TECHBREAK). – URL: http://archives.esf.org/fileadmin/Public_documents/Publications/techbreak.pdf.

460. Technology Outlook 2025 – The 10 technology trends creating a new power reality. Arnhem: DNV GL, 2016. – 16 p.

461. Teslenko, P. A. Evolutionary development of organizational and technical systems [in Russian] / P. A. Teslenko // Eastern European Journal of Advanced Technology. – 2010. - 4(48). – P. 22–25.

462. The Bloomberg Innovation Index 2016. – URL: https://www.bloomberg.com/graphics/2015-innovative-countries/.

463. The Changing Landscape of Disruptive Technologies. Tech Disruptors Outpace the Competition // KPMG. – 2018. – URL: https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/pl/pdf/2018/06/pl-The-Changing-Landscape-of-Disruptive-Technologies-2018.pdf.

464. The digital economy, new business models and key features / In: Addressing the Tax Challenges of the Digital Economy. – Paris: OECD Publishing, 2014.

465. The Future of Electricity. New Technologies Transforming the Grid Edge. – URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Electricity_2017.pdf.

466. The New Zealand Sectors Report 2014. Knowledge-Intensive Services. – URL: http://www.mbie.govt.nz/info-services/sectors-industries/sectors-reports-series/pdf-image-library/knowledge-intensive-services-report/knowledge-intensive-services-report.pdf.

467. Thurstone, L. L. The Method of Paired Comparisons for Social Values / L. L. Thurstone // Journal of Abnormal and Social Psychology. – 1927. – Vol. 21. – P. 384–400.

468. Tiusanen, R. From-Design-to-Operations Risk Mitigation in Nordic Wind Energy Assets: A Systematic RAMS+I Management Model / R. Tiusanen, J. Jännes, J. P. Liyanage // Proceedings of the Sixth World Congress on Engineering Asset Management, Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2014. – P. 365-383.

469. Tiwana, A. Evolutionary Competition in Platform Ecosystems / A. Tiwana // Information Systems Research. – 2015. – Vol. 26. – № 2. – P. 266–281.

470. Tiwana, A. Platform Evolution: Coevolution of Platform Architecture, Governance, and Environmental Dynamics / A. Tiwana, B. Konsynski, A. A. Bush // Information Systems Research. – 2010. – Vol. 21. – № 4. – P. 675–687.

471. Toffler, A. The Third Wave / A. Toffler. – New York: William Morrow & Company, 1980.

472. Towards the Circular Economy. Economic and business rationale for an accelerated transition. – Ellen Macarthur Foundation. – 2013. – URL: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf.

473. Tschohl, J. Achieving Excellence Through Customer Service / J. Tschohl. – Minneapolis: Best Sellers Publishing, 2002. – 362 p.

474. Tucker, F. G. Creative Customer Service Management / F. G. Tucker // International Journal of Physical Distribution & Materials Management. – 1983. – Vol. 13. – No. 3. – P. 34–50. DOI: 10.1108/eb014559.

475. Van Brocklin, K. L. Digital Engineering Model Maturity [Электронный ресурс] / K. L. Van Brocklin – 2018. – URL: http://gvsets.ndia-mich.org/documents/SE/2018/Digital%20Engineering%20Model%20Maturity.pdf.

476. Vuori, E. K., Knowledge-intensive service organizations as agents in a business ecosystem / E. K. Vuori // Proceedings of ICSSSM '05. – 2005. – 2. – P. 908-912.

477. Walden, D. D. INCOSE Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities, 4th ed. / D. D. Walden, G. J. Roedler, K. J. Forsberg, R. D. Hamelin, T. M. Shortell // Wiley: Hoboken, NJ, USA. – 2015. – P. 304.

478. Weber, G. Knowledge Intensive Business Services (KIBS) in the Context of Changing Energy Economics in Germany / G. Weber, R. M. Mateescu, S. Lange, M. Rauch // Amfiteatru Economic. – 2016. – 18(41). – P. 89–103.

479. Wedekind, S. Energy as a Service: A Strategic Challenge and Key Opportunity for ESCOs [Электронный ресурс] / S. Wedekind. – URL: https://energycentral.com/o/Guidehouse/energy-service-strategic-challenge-and-key-opportunity-escos.

480. Wedekind, S. Energy Service Companies Face Increasing Pressure from Energy as a Service [Электронный ресурс] / S. Wedekind. – URL: https://guidehouseinsights.com/news-and-views/energy-service-companies-face-increasing-pressure-from-energy-as-a-service.

481. Weiller, C. M. Platform markets and energy services / C. M. Weiller, M. G. Pollitt // Working Paper. – 2013. – URL: https://www.eprg.group.cam.ac.uk/wp-content/uploads/2013/12/1334-PDF.pdf.

482. Weiss, J. The electrification accelerator: Understanding the implications of autonomous vehicles for electric utilities / J. Weiss, R. Hledik, R. Lueken, T. Lee, W. Gorman // The Electricity Journal. – 2017. – 30(10). – P. 50–57.

483. Windrum, P. Knowledge-intensive services and international competitiveness: a four country comparison / P. Windrum, M. Tomlinson // Technology Analysis & Strategic Management. – 1999. – Vol. 11. – No. 3. – P. 391–408. DOI: 10.1080/095373299107429.

484. Wong, P.-K. A Comparative Study of Innovation Behaviour in Singapore's KIBS and Manufacturing Firms / P.-K. Wong, Z.-L. He // The Service Industries Journal – 2005. – 25. – P. 23–42.

485. Woods, D. D. Essential Characteristics of Resilience / D. D. Woods, In Hollnagel, Erik, and Nancy Leveson, eds. // Resilience Engineering: Concepts and Precepts. Aldershot, UK: Ashgate Publishing Limited. – 2006.

486. World Energy Outlook 2019. – 2020. URL: https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019.

487. Wu, X. Intelligent Service Platform of Manufacturing Process and Tool Based on Data Warehouse / X. Wu, G. Feng, T. Wu // Procedia CIRP. – 2016. – № 56. – P. 338–343.

488. Wunderlich, N. V. High Tech and High Touch: A Framework for Understanding User Attitudes and Behaviors Related to Smart Interactive Services / N. V. Wunderlich, von F. Wangenheim, M. J. Bitner // Journal of Service Research. – 2012. – 11. – P. 1–18.

489. Zhu, Y. The Comparative Analysis of C2B and B2C / Y. Zhu // International Journal of Marketing Studies. – 2015. – Vol. 7. – No. 5. – P. 157–161.

490. Zwicky, F. Discovery, Invention, Research – Through the Morphological Approach. / F. Zwicky // Toronto: The Macmillian Company. – 1969.

Приложение А

Технологии, формирующие облик электроэнергетической системы будущего (систематизировано автором по [11, 14, 21, 71, 79, 112, 127, 128, 132, 133, 150, 167, 173, 193, 202, 205, 217, 218, 233, 237, 281, 414, 419, 465])

Сектор или сфера деятельности	**Примеры новых технологий**
Силовое энергетическое и электротехническое оборудование	
Производство электроэнергии	– Парогазовые и пылеугольные энергоблоки высокой эффективности (КПД порядка 60% и 50% соответственно) – Ветроустановки, в том числе ветропарки большой установленной мощности – Солнечные электростанции – Водородная энергетика – Установки распределенной генерации – Системы накопления и хранения энергии – Многофункциональные энергобиотехнологические комплексы – Умные здания с пассивным электропотреблением
Преобразования и трансформация энергии	–Подстанции нового поколения (закрытые, подземные, цифровые) –Тиристорные установки HVDC (мощностью до 9 ГВт на два полюса и напряжением до ± 800 кВ) –Транзисторные установки HVDC-Light (мощностью до 500 МВт и напряжением ± 200 кВ) –Сухие и твердотельные трансформаторы –Элегазовые необслуживаемые комплектные распределительные устройства
Передача электроэнергии	–Новые электропроводящие и электроизоляционные материалы –Кабельные линии постоянного тока с изоляцией из сшитого полиэтилена –Воздушные линии с высокотемпературными проводами повышенной нагрузочной способности –Силовые коммутационные аппараты с высоким коммутационным ресурсом и номинальными параметрами (напряжение до 1200 кВ, токи короткого замыкания – 80 кА на высоком напряжении и 200 кА на генераторном)

Продолжение приложения А

Сектор или сфера деятельности	**Примеры новых технологий**
Силовое энергетическое и электротехническое оборудование	
Передача электроэнергии	– Управляемые гибкие системы электропередачи (FACTS, VSC, UPFC) – Газоизолированные линии и трансформаторы – Кабели и токоограничивающие устройства на базе высокотемпературных сверхпроводников
Распределение электроэнергии	– Реклоузеры – Адаптивная релейная защита и автоматика – Автоматическая реконфигурация цифровых подстанций и сетей – Сети постоянного тока низкого и среднего напряжения – Интеграция в централизованную сеть электрозарядной инфраструктуры
Потребление электроэнергии	–Интеллектуальные бытовые приборы –Умные предприятия и города –Технологии V2G и V2B (Vehicle-to-grid и Vehicle-to-buildings – системы обмена электроэнергией между электротранспортом/зданиями и сетью) –Микроэнергосистемы –Интернет вещей и интернет энергии (IoT и IoE) –Частотно-регулируемый электропривод –Инверторы –Силовая электроника, управляющая реактивной мощностью
Технологии управления	
Режимное и противо-аварийное управление	–Автоматические переключения и самовосстанавливающиеся сети –Системы диспетчерского контроля и сбора данных SCADA –Оценка надежности ЭЭС в оперативном режиме –Динамическая оценка состояния ЭЭС по данным синхронных векторных измерений (WAMS) –Глобальная система защиты и противоаварийного управления (WAMPAC)
Мониторинг состояния оборудования	–Интеллектуальные устройства контроля и управления –Дроны и средства роботизированной диагностики –Портативное магнитное измерительное оборудование –Цифровые инструменты управления производственными активами –Цифровое картирование

Окончание приложения А

Сектор или сфера деятельности	**Примеры новых технологий**
Информационно-коммуникационные технологии	
Обработка и передача информации	–Распределенные вычисления и облачные технологии –Технологии анализа и обработки больших данных –Быстрые каналы связи –Унифицированные протоколы обмена данными –Интернет энергии –Технологии кибербезопасности (кроссплатформенные интеллектуальные электронные устройства, кодогенераторы, системы централизованной защиты участка электрической сети) –Цифровые системы непрерывного контроля выбросов –Центры обработки данных
Дизайн объектов и систем управления	–Новые технологии проектирования (3D, 4D) –Виртуальное моделирование и прототипирование, BIM-технологии –Автоматизация цифровых процессов –Цифровая стандартизация –Визуальная аналитика –Системы управления жизненным циклом объектов (PLM/PDM-системы, Product Lifecycle Management/Product Data Management) –Композитные материалы и технологии модификации поверхностей
Рынок	–Интеллектуальные АСКУЭ –Применение технологий распределенных реестров (блокчейн) –Смарт-контракты –Ценозависимое управление спросом –Агрегаторы спроса

Приложение Б

Сравнительный анализ различных парадигм экономического развития (разработано автором по [20, 51, 224, 261, 271, 329, 347, 376, 472])

Тип экономической парадигмы	Основная цель бизнеса	Основной товар на рынке	Основной фактор развития	Основное средство конкуренции
Индустриальная	Максимизация прибыли	Физические продукты и средства производства	Рост производственных активов	Уровень цен
Постиндустриальная	Максимизация прибыли и стоимости компании	Услуги производственного и непроизводственного назначения	Формирование новых потребностей за счет дифференциации товарного предложения	Качество и ассортимент услуг
Экономика знаний	Максимизация прибыли, стоимости компании, коммерциализация знаний	Поток инноваций	Доступ к мировым информационным ресурсам	Инновационная активность
Шеринговая экономика (экономика совместного потребления)	Максимизация прибыли за счет реализации товаров с неограниченной оборотоспособностью	Физические продукты и сервисы с максимально продолжительным жизненным циклом	Рост мобильности общества, стремление к снижению издержек владения дорогостоящими активами	Наличие собственных цифровых платформ / экосистем
Циркулярная экономика (экономика замкнутого цикла)	Максимизация прибыли за счет увеличения цикла полезного использования продукта или производственной системы	Товары / ресурсы, пригодные для восстановления и повторного использования	Повышение социальной и экологической ответственности бизнеса и потребителей	Комплексность решений – возможность их интеграции на уровнях энергетики, коммунального хозяйства, конечных потребителей
Цифровая экономика	Рыночное лидерство за счет радикального переосмысления бизнес-модели и перераспределения операционных издержек	Интеллектуальные технологии и сервисы для задач цифровизации	Цифровая трансформация экономик, отраслей, рынков	Доступ к новейшим знаниям, технологиям и научно-техническим достижениям

Приложение В

Анализ определений терминов «сервис», «наукоемкий сервис» и других понятий со схожей семантикой

Автор (источник)	Термин	Определение	Преимущества	Недостатки
Г.Л. Багиев [16]	Сервис	Подсистема маркетинговой деятельности предприятия, обеспечивающая комплекс услуг по сбыту и эксплуатации машин, оборудования, средств транспорта.	Сервис рассматривается как комплексная внутрифирменная функция.	Определение привязывает сервис к подсистеме маркетинга, существенно сужая его задачи и потенциал.
П.С. Завьялов [96]	Сервис	Система обеспечения, позволяющая покупателю (потребителю) выбрать оптимальный вариант приобретения и потребления технически сложного изделия, которое экономически выгодно эксплуатировать в течение разумно обусловленного срока, диктуемого интересами потребителя.	Определение подчеркивает потребительскую ориентацию сервиса и долгосрочный характер отношений «производитель – потребитель».	Термин рассматривает только сферы обращения и потребления физического продукта, оставляя без внимания сферу его производства.
Ф. Котлер [115]	Сервис	Любая деятельность, которую одна сторона может предложить другой, а также некоторое неосязаемое действие, не приводящее к владению чем-либо.	Формулировка отражает широкую сферу приложения сервисной деятельности.	Трактовка понятия «сервис» слишком абстрактная: далеко не каждая деятельность, которую одна сторона может предложить другой тождественна сервисной.
В.В. Кулибанова [126]	Сервис	Система обеспечения, позволяющая покупателю выбрать оптимальный вариант приобретения и потребления технически сложного изделия, а также экономически выгодно эксплуатировать его в течение разумно обусловленного срока, диктуемого интересами потребителя.	Определение достаточно полно отражает современную парадигму промышленного сервиса.	Потребительская ориентация формулировки упускает из виду экономический эффект сервисной деятельности для предприятия.

Продолжение приложения В

Автор (источник)	Термин	Определение	Преимущества	Недостатки
В.М. Семенов [191]	Сервис	Стратегический инструмент управления отношениями с потребителями, интегрированный в физический продукт в виде комплекса услуг, связанных с проектированием, производством, сбытом и многочисленными способами его эффективного использования, гибко приспосабливающийся к окружающим изменениям.	Формулировка полно отражает практически все аспекты, характеризующие промышленный сервис.	Направленность на потребителя упускает из виду важность сервиса для самого предприятия с точки зрения экономического эффекта.
Дж. Спорер [453]	Сервис	Действия, которые вызывают преобразование состояния объекта (людей, продукта, бизнеса, региона или страны) на взаимосогласованных условиях между поставщиком услуг и потребителем.	Определение отражает широкую сферу применения сервиса, связанную с обеспечением эффективного использования того или иного объекта.	В определении упущено понимание сервиса как экономической категории.
Х. Кокс [372]	Наукоемкий сервис	Комплексные инновационные услуги, основанные на интенсивном использовании интеллектуального капитала.	Подчеркивается инновационность и интеллектуалоемкость наукоемкого сервиса	Определение не учитывает научно-технический аспект производства наукоемких услуг

Продолжение приложения В

Автор (источник)	Термин	Определение	Преимущества	Недостатки
Й. Майлс [390]	Наукоемкий сервис	Высокопрофессиональные бизнес-услуги, реализуемые за счет использования новейших научно-технических достижений и высокого уровня инновационной культуры компании, который выражается в соответствующей организации бизнес-процессов, внутренних коммуникаций и взаимодействия с клиентами.	Определения отражает основные отличительные характеристики наукоемкого сервиса. Подчеркивается его сложность и высокая интеллектуалоемкость, что требует создания специальных партнерств и организация трансфера новых знаний и технологий между заказчиками и поставщиками наукоемких услуг	В определении не учитывается значение знаниевой компоненты для производства наукоемких услуг
П. Уиндрум [483]	Наукоемкий сервис	Услуги, базирующиеся на предоставлении экспертизы в конкретной технической или функциональной области. Для производства таких услуг либо специально разрабатываются, либо используются новейшие технологии, а также знания, которые, возможно, еще не существуют.		Определение сужает товарную ценность наукоемкого сервиса до «экспертизы», фактически превращая его в вид консультационных услуг
К. Хипп [345]	Наукоемкий сервис	Услуги, характеризующиеся высокой насыщенностью новыми знаниями, трансформируемыми в технологии либо информацию для клиентов; предоставляются преимущественно организациям, нежели частным лицам; требуют тесного взаимодействия поставщика и заказчика услуг в процессе их производства		Определение четко формулирует основную ценность наукоемкого сервиса для заказчика, однако остается непонятным, какое конкретное «товарное воплощение» могут иметь услуги для конечного заказчика

Продолжение приложения В

Автор (источник)	Термин	Определение	Преимущества	Недостатки
А.Г. Мокроносов, М.А. Анисимова [142]	Технический сервис	«К техническому сервису…относится подавляющая часть операций, связанных с… системой маркетинга: изучение потребностей в товарах и услугах, научные исследования и проектно-конструкторские работы, планирование объема производства, разработка системы сбыта товаров, предоставление услуг по оптимальному использованию приобретенных изделий»	Определение достаточно полно отражает современную парадигму сервиса промышленного предприятия как инструмента маркетинга	Определение не отражает специфики отношений «производитель – потребитель» в системе сервисного сопровождения продукта
ГОСТ Р 50646-2012 [68]	Обслуживание	Деятельность исполнителя услуги при непосредственном контакте с потребителем	Является расширительным толкованием термина «сервис» применительно ко всей сфере услуг	
Ф. Такер [474]	Сервисное обслуживание	Попытка дифференцировать свой продукт, обеспечить лояльность потребителей, повысить продажи и увеличить прибыль; самостоятельный бизнес-процесс в деятельности предприятия, целью которого являются рост продаж и повышение удовлетворенности потребителей, начиная с приема заказа и кончая доставкой продукции, а в некоторых случаях продолжая обслуживанием оборудования и другими видами технической поддержки	Определение подчеркивает как экономическую (потребительскую), так и процессную ориентацию сервиса. Утверждается влияние сервисной деятельности на экономические показатели деятельности предприятия. Учитывается длительный жизненный цикл сервиса	В определении заложена слишком тесная связь между физическим продуктом и сервисом: сервис становится производным товаром от физического продукта, что несколько сужает его экономический потенциал

Окончание приложения В

Автор (источник)	Термин	Определение	Преимущества	Недостатки
Э. Мате [136]	Смешанное обслуживание	Совокупность всевозможных комбинаций оказываемых услуг, которые соответствуют многочисленным способам использования оборудования в течение всего срока его эксплуатации	Подчеркивается сбалансированность усилий производителя, которые прилагаются с целью максимального увеличения ценности физического продукта, а также долгосрочный характер отношений «производитель – потребитель»	Термин не распространяет функции сервиса за пределы сферы потребления физического продукта, а именно на стадии проектирования, производства и сбыта
Е. Дихтль, Х. Хершген [81]	Техническое обслуживание	Восстановление функций агрегата; помощь при решении проблем с применением продукта; проверка совместимости товара с другими товарами или материалами; предоставление информации для сохранения или повышения производительности изделия	В самом термине заложена ограниченность толкования содержательной функции сервиса: не отражены функции, охватывающие процессы проектирования, производства и сбыта физического продукта	

Приложение Г

Расчет индексов рыночной концентрации сервисных рынков

Расчет производится для рынков услуг технического обслуживания и ремонта (ТОиР), услуг в области энергоэффективности, услуг по регулированию спроса на электроэнергию и мощность. Для рынка услуг по цифровизации, упреждающему управлению и опережающему обучению и рынка проектов развития и инжиниринга исходные данные отсутствуют.

Расчет производится по формуле

$$HHI = S_1^2 + S_2^2 + \cdots + S_n^2 ,$$

где S_1, S_2, S_n – рыночные доли компаний, определяемые как отношение объёма продаж конкретной компании к объёму всех продаж на рынке.

Рынок услуг ТОиР. В расчет включены крупнейшие профессиональные энергоремонтные компании РФ. Расчет проводится по данным 2011 г., которые были собраны автором в [108], и носит справочный характер. Итоговый индекс Херфиндаля-Хиршмана равен 787,05, что свидетельствует о весьма низкой рыночной концентрации и активном конкурентном фоне (таблица Г1).

Таблица Г1 – Расчет индекса Херфиндаля-Хиршмана для рынка услуг ТОиР

№	Организация	Выручка, тыс. руб.	Рыночная доля	Квадрат рыночной доли
1	ОАО "Северокавказская энергоремонтная компания"	3649479	17.49%	305.9001
2	ОАО "Самарское производственно-ремонтное предприятие"	3283723	15.74%	247.7476
3	ООО "Камэнергоремонт"	1241130	5.95%	35.4025
4	ОАО "Пермэнергоремонт"	1237232	5.93%	35.1649
5	ЗАО "Иркутскэнергоремонт"	1197725	5.74%	32.9476
6	ОАО ПРП "Омскэнергоремонт"	883234	4.23%	17.8929
7	ОАО "Челябэнергоремонт"	858862	4.12%	16.9744
8	ОАО "Оренбургэнергоремонт"	773467	3.71%	13.7641
9	ОАО "Белгородэнергоремонт"	706790	3.39%	11.4921
10	ОАО "Дальэнергоремонт"	682034	3.27%	10.6929

Окончание таблицы Г1

№	Организация	Выручка, тыс. руб.	Рыночная доля	Квадрат рыночной доли
11	ОАО "Уралэнергоремонт"	674982	3.24%	10.4976
12	ООО "ПермГРЭСэнергоремонт"	586136	2.81%	7.8961
13	ООО "Энергоремонт" (Уфа)	543870	2.61%	6.8121
14	ОАО "Кировэнергоремонт"	520899	2.50%	6.2500
15	ОАО "Хабаровская энерготехнологическая компания"	421960	2.02%	4.0804
16	ОАО "Чувашэнергоремонт"	421405	2.02%	4.0804
17	ОАО "Липецкэнергоремонт"	385069	1.85%	3.4225
18	ОАО "Якутская энергоремонтная компания"	375273	1.80%	3.2400
19	ОАО "Тулаэнергоремонт"	359080	1.72%	2.9584
20	ООО "КАТЭКэнергоремонт"	302625	1.45%	2.1025
21	ОАО "Краснодарэнергоремонт"	281679	1.35%	1.8225
22	ОАО "Смоленскэнергоремонт"	249675	1.20%	1.4400
23	ООО "Тюменьэнергоремонт"	205789	0.99%	0.9801
24	ОАО "Энергоремонт" (Москва)	205063	0.98%	0.9604
25	ЗАО "Псковэнергоремонт"	196295	0.94%	0.8836
26	ОАО "Курскэнергоспецремонт"	156847	0.75%	0.5625
27	ОАО "Воронежэнергоремонт"	151983	0.73%	0.5329
28	ЗАО "Тамбовэнергоспецремонт"	85818	0.41%	0.1681
29	ОАО "Камчатскэнергоремонт"	85323	0.41%	0.1681
30	ОАО "Сибэнергоремонт"	79870	0.38%	0.1444
31	ОАО "Ростовэнергоремонт"	55017	0.26%	0.0676
32	ОАО "Саратовэнергоспецремонт"	4876	0.02%	0.0004
Итого		20863210	100%	**787.0497**

Рынок услуг в области энергоэффективности. В расчет не включены компании, объем выполненных энергосервисных контрактов которыми составляет меньше 1 млн руб., а также, контракты, по которым не удалось установить итогового фактического исполнителя. Общий объем неучтенных контрактов составляет 40 млн руб. (0,2% рынка). Для расчета использованы данные 2019 г., представленные в [183], а также собранные автором в ходе опроса специалистов энергосервисных компаний.

Итоговый индекс Херфиндаля-Хиршмана равен 976,48, что свидетельствует о приближении рынка к умеренноконцентрированному (таблица Г2).

Таблица Г2 – Расчет индекса Херфиндаля-Хиршмана для рынка услуг в области энергоэффективности

№	Организация	Количество выполненных контрактов, шт.	Стоимость контрактов, млн руб.	Рыночная доля	Квадрат рыночной доли
1	ООО «Швабе-Москва»	4	3125	17.99%	323.6401
2	ООО «Хевел Энергосервис»	2	2650	15.26%	232.8676
3	ПАО «Ростелеком»	50	2216	12.76%	162.8176
4	ООО «ТД РИМ-РУС»	3	2013	11.59%	134.3281
5	ООО «Световые технологии ЭСКО»	16	1283	7.39%	54.6121
6	ООО «ЕЭС-Гарант»	67	863	4.97%	24.7009
7	ООО «Энсис Технологии»	1	730	4.20%	17.64
8	ООО «Якутская энергосервисная компания»	16	585	3.37%	11.3569
9	ООО «Профэско»	2	368	2.12%	4.4944
10	АО «ААА Инжиниринг»	7	195	1.12%	1.2544
11	ГАУ «Агентство по ПЭИ ИК Саратовской области»	54	188	1.08%	1.1664
12	ООО «Энергострой»	5	143	0.82%	0.6724
13	ПАО «Мегафон»	15	133	0.77%	0.5929
14	ПАО «МРСК Центра и Приволжья»	2	119	0.69%	0.4761
15	ООО «Энерго-Проминвест»	1	113	0.65%	0.4225
16	ООО «Рус-Тэк Энергоаудит»	6	112	0.64%	0.4096
17	АО «Первая Энергосервисная Компания»	12	103	0.59%	0.3481
18	АО «Центр энергоресурсосбережения и новых технологий РС (Я)»	3	103	0.59%	0.3481
19	ФГУП «Российские сети вещания и оповещения»	21	93	0.54%	0.2916
20	ПАО «Пермэнергосбыт»	3	91	0.52%	0.2704
21	ООО «Профлэд Групп»	41	90	0.52%	0.2704
22	ООО «Магеллан»	6	89	0.51%	0.2601
23	ООО «Инко-Энерго»	16	89	0.51%	0.2601
24	ООО «Профэско»	1	87	0.50%	0.25
25	ООО «ВЭСКК»	2	86	0.50%	0.25
26	АО «Петербургская сбытовая компания»	7	86	0.50%	0.25
27	ООО «Санта»	1	85	0.49%	0.2401
28	ИП Рудев Анатолий Владимирович	5	82	0.47%	0.2209
29	ООО «КлиматЭнергоСтрой»	4	69	0.40%	0.16
30	ООО «Стройэнергосервис»	24	68	0.39%	0.1521
31	ООО «НПП «Новая Энергия»	1	68	0.39%	0.1521

Продолжение таблицы Г2

№	Организация	Количество выполненных контрактов, шт.	Стоимость контрактов, млн руб.	Рыночная доля, %	Квадрат рыночной доли
32	АНО «Центр развития дизайна, городской среды и энергосбережения УР»	21	61	0.35%	0.1225
33	ООО «ОЭК»	1	54	0.31%	0.0961
34	ООО «Лэп-Сервис»	2	53	0.31%	0.0961
35	ООО «Мурстрой»	4	50	0.29%	0.0841
36	АО «Мосэнергосбыт»	1	49	0.28%	0.0784
37	ООО «Межрегиональный центр энергосервиса»	17	47	0.27%	0.0729
38	УМПП «Горэлектросеть» ЗАТО Александровск Мурманской области	1	47	0.27%	0.0729
39	ООО «Мегалит»	10	46	0.26%	0.0676
40	ООО «Востокэнергосервис»	3	38	0.22%	0.0484
41	ООО «Техэнерго»	13	35	0.20%	0.04
42	АО «Газпром Энергосбыт Тюмень»	31	35	0.20%	0.04
43	ООО «Теплоэнергосервис» (1)	11	34	0.20%	0.04
44	ООО «НПЛ «Энергоэффективные Системы и Технологии»	2	31	0.18%	0.0324
45	ООО «Эско Север»	4	30	0.17%	0.0289
46	ООО «Проектэнергомонтаж»	1	28	0.16%	0.0256
47	ООО «Кретус»	2	28	0.16%	0.0256
48	ООО «Арифметика света»	2	28	0.16%	0.0256
49	ООО «Энергосберегающие технологии»	2	28	0.16%	0.0256
50	ПАО «Саратовэнерго»	1	27	0.16%	0.0256
51	ООО «Уралтеплоприбор»	2	27	0.16%	0.0256
52	МУП «Жилкомсервис»	11	27	0.16%	0.0256
53	ООО «Сибэнко»	9	25	0.14%	0.0196
54	АО «Томская энергосбытовая компания»	3	23	0.13%	0.0169
55	ООО «ССГ»	1	23	0.13%	0.0169
56	АО «Янтарьэнерго»	1	21	0.12%	0.0144
57	ООО «КомтеС»	2	21	0.12%	0.0144
58	ООО «Энергоинвест» (1)	1	20	0.12%	0.0144
59	ООО «Эконекс-Энергосервис»	2	18	0.10%	0.01
60	ООО «РеМоНа»	1	17	0.10%	0.01
61	ООО «Азурегос»	2	17	0.10%	0.01
62	ООО «Альфаранг»	1	16	0.09%	0.0081

Продолжение таблицы Г2

№	Организация	Количество выполненных контрактов, шт.	Стоимость контрактов, млн руб.	Рыночная доля, %	Квадрат рыночной доли
63	ООО «Энергосервис-Югра»	3	16	0.09%	0.0081
64	ООО «Энергокачество»	1	14	0.08%	0.0064
65	ООО «Комплексное энергоразвитие - генерация»	1	13	0.07%	0.0049
66	ИП Аммосов Алексей Николаевич	1	13	0.07%	0.0049
67	ООО «Технологии энергоучета»	3	12	0.07%	0.0049
68	ООО «Рус-тэк инвест»	1	12	0.07%	0.0049
69	ООО «Автоматизированные Системы»	3	12	0.07%	0.0049
70	ООО «Передовые Энергетические Решения»	8	11	0.06%	0.0036
71	ООО «Сигма-Ст»	1	11	0.06%	0.0036
72	ООО «Дьулуур»	2	11	0.06%	0.0036
73	ООО «Первая энергосервисная компания»	2	11	0.06%	0.0036
74	ООО «Антарес с»	1	10	0.06%	0.0036
75	ООО «Рмк»	8	9	0.05%	0.0025
76	ООО «Энергосберегающие технологии» (ООО «ЭСТ»)	1	8	0.05%	0.0025
77	ФКУ «Объединение исправительных учреждений с особыми условиями хозяйственной деятельности № 2 УФСИН по Архангельской области»	4	8	0.05%	0.0025
78	АО «ВекСервис»	1	7	0.04%	0.0016
79	ООО «Петроградский центр энергосервиса»	1	6	0.03%	0.0009
80	ООО «Ибком»	1	5	0.03%	0.0009
81	ООО «Энергоинвест» (2)	1	5	0.03%	0.0009
82	МУП Петрозаводские энергетические системы	1	4	0.02%	0.0004
83	АО «Югорская территориальная энергетическая компания - Нижневартовский район»	5	4	0.02%	0.0004
84	ООО «Энергорешения»	14	4	0.02%	0.0004
85	ООО «Теплоэнерго-Инвест»	1	3	0.02%	0.0004
86	ООО «Техсервис»	2	3	0.02%	0.0004
87	ООО «Омская энергосбытовая компания»	1	3	0.02%	0.0004

Окончание таблицы Г2

№	Организация	Количество выполненных контрактов, шт.	Стоимость контрактов, млн руб.	Рыночная доля, %	Квадрат рыночной доли
88	ООО «ЭСК»	1	3	0.02%	0.0004
89	ООО «Юнисфера»	1	3	0.02%	0.0004
90	ИП Малых Тимофей Иванович	1	3	0.02%	0.0004
91	АО «Региональная энергетическая компания»	1	2	0.01%	0.0001
92	ООО «Инфоком»	1	2	0.01%	0.0001
93	ООО «Энергосервисная компания»	4	2	0.01%	0.0001
94	ООО «Проектный институт Башжилкоммунпроект»	1	2	0.01%	0.0001
95	ООО «Рус-Тэк Тепло»	2	2	0.01%	0.0001
96	ООО «Городские инженерные сети и системы»	1	2	0.01%	0.0001
97	АО «НПП «Радар ММС»	1	1	0.01%	0.0001
98	ООО Тепловодоприбор	1	1	0.01%	0.0001
99	ООО «Сорос-М»	3	1	0.01%	0.0001
100	ООО «с-Энергия»	1	1	0.01%	0.0001
Итого		650	17369	100.00%	**976.48**

Рынок услуг по регулированию спроса на электроэнергию и мощность. Расчет производится по данным пула заявок, поданных на отбор по оказанию услуг управления спросом в 1 полугодии 2021 г. В связи с тем, что данные представляют коммерческую тайну и не предназначены для публикации в открытом доступе, наименования игроков рынка не указываются. В расчет не включены компании (агрегаторы спроса), суммарный объем заявок которых за 1 полугодие 2021 г. составляет менее 100 тыс. руб. (0,06% рынка).

Итоговый индекс Херфиндаля-Хиршмана равен 1257, что свидетельствует об умеренной рыночной концентрации (таблица Г3).

Таблица Г3 – Расчет индекса Херфиндаля-Хиршмана для рынка услуг по регулированию спроса на электроэнергию и мощность

№	Организация	Объем выполненных услуг, тыс. руб.	Рыночная доля, %	Квадрат рыночной доли
1	ООО «Хxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx»	82931	22.70%	515.2900
2	ООО «Хxxxxxxxxxxxxxxx»	69794	19.11%	365.1921
3	ООО «XXXXXXXXXXXXX»	45726	12.52%	156.7504
4	АО «XXXX»	42496	11.63%	135.2569
5	ООО «Хxxxxxxxxxxxxx»	19228	5.26%	27.6676
6	АО «XXX»	12689	3.47%	12.0409
7	АО «XXX-Хxxxxxxxxx»	12550	3.44%	11.8336
8	ООО «Хxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx»	9911	2.71%	7.3441
9	ООО «XXX»	9127	2.50%	6.2500
10	АО «Хxxxxxxxxxxxx»	8092	2.22%	4.9284
11	АО «Хxxxxxx xxxxxxxxxx»	7203	1.97%	3.8809
12	ООО «XXXXXX- XXXXXXXXXXXX»	4697	1.29%	1.6641
13	АО «Хxxxxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxx»	4638	1.27%	1.6129
14	ООО «XX-Хxxxxxx»	4614	1.26%	1.5876
15	ПАО «Хxxxxxxxxxxxxx»	3829	1.05%	1.1025
16	ПАО «Хxxxxxxxx»	3224	0.88%	0.7744
17	АО «ХxxxХxxxxxxХxxx»	3001	0.82%	0.6724
18	ООО «XXX XXXX»	3000	0.82%	0.6724
19	ООО «XXX»	2412	0.66%	0.4356
20	ООО «ХxxxХxx-Хxxxxx»	2350	0.64%	0.4096
21	ООО «XXX-Хxxxxx»	2032	0.56%	0.3136
22	АО «XXXxX»	1998	0.55%	0.3025
23	ООО «XXX»	1809	0.50%	0.2500
24	ПАО «XXXX»	1800	0.49%	0.2401
25	АО «Хxxxxxxxxxxxxxxxxx»	1698	0.46%	0.2116
26	ООО «Хxxxxxxxxxxxxxxxxx»	1290	0.35%	0.1225
27	ООО «XXX»	843	0.23%	0.0529
28	ООО «XXX «Хxxxxxxx»	815	0.22%	0.0484
29	ПАО «Хxxxxxxxxxxxx»	474	0.13%	0.0169
30	ООО «XXXX»	348	0.10%	0.0100
31	АО «ХxxxХxxx»	305	0.08%	0.0064
32	ООО «Хxxxxxxxxxxxxxxxx»	137	0.04%	0.0016
33	ООО «Хxxxxxxxxx xxxxxxxxx»	124	0.03%	0.0009
34	ООО «XXXXX»	105	0.03%	0.0009
Итого		365290	100%	**1256.9447**

Приложение Д

Бизнес-модель наукоемкого энергетического консалтинга (разработано автором на основе [159])

Инфраструктура

Ключевые партнеры
- Производители электро- и теплоэнергии
- Электросетевые и энергосбытовые компании
- Производители энергетического оборудования
- Власть
- Университеты
- Научно-аналитические центры
- ЭСКО
- Технологические предприниматели

Ключевые виды деятельности
- Управление внедрением инноваций
- Управление проектами
- Гранты, подача на IDO
- Системная интеграция
- Создание сети знаний

Ключевые ресурсы
- Собственные средства
- Субконтракты и временный стафф
- Публичные или государственные инвестиции
- Бизнес-гранты
- Интеллектуальный капитал

Продукт

Предложение ценности
- Новые знания и рекомендации
- Сопутствующие продукты и сервисы
- Подготовка кадров
- Технологический и системный дизайн

Продукт

Управление клиентскими взаимодействиями
- Онлайн-сервисы
- Прямые контакты с клиентами
- Контакты с конечными потребителями энергетических услуг
- Ведение полного жизненного цикла проекта
- Гибкая контрактация и модульность

Ключевые сегменты
- См. в связке с ключевыми партнерами
- IDO (Int Devel Organis)

Каналы дистрибуции
- Трансфер знаний через аналитические отчеты, научные статьи, открытые экспертные панели, статистические агрегаторы, демонстрационные печатные материалы
- Веб-сайт
- Микро-франшизы

Финансовая модель

Структура затрат
- Низкие накладные расходы
- Субконтрактация человеческих ресурсов

Структура доходов
- Трансфер знаний
- IDO project tender
- System design & sizing
- Консультирование и проекты

Приложение Е

Характеристики энергосервисных рынков развивающихся стран

(систематизировано автором по [154, 399, 407, 433, 457])

Страна	Кол-во ЭСКО	Приоритетный сектор	Подавляющий тип контрактов	Драйверы развития	Основные сферы деятельности ЭСКО										
					Энерго-аудиты	Система энерго-менедж-мента	Новые производ-ственные технологии	Промыш-ленная автома-тизация	Осве-щение	HVAC[7]	Энерго-эффек-тивные здания	Моторы и дви-гатели	Малая гене-рация, ВИЭ	ВЭР и отходы	Обучение и обмен опытом
Южная Корея	250	Промышленный	н/д	Высокие тарифы на энергию, долгосрочное льготное кредитование, пакетирование пула проектов для получения грантов			+	+	+	+	+	+			
Индия	100	Промышленный	Гарантированные	Высокие тарифы на энергию, создание системы сертификации энергоменеджеров, внедрение стандартов измерения и верификации энергоэффективных проектов, коллаборация с международными финансовыми институтами					+	+	+				+
Индонезия	15	Промышленный	Гарантированные	Национальная стратегия энергосбережения, создание сети центров подготовки кадров в сфере энергосервиса, внедрение информационной платформы энергоэффективных проектов				+	+		+	+			+

[7] Системы отопления, вентиляции и кондиционирования. Сюда же отнесена деятельность по установке / модернизации систем охлаждения.

Продолжение приложения Е

Страна	Кол-во ЭСКО	Приоритетный сектор	Подавляющий тип контрактов	Драйверы развития	Основные сферы деятельности ЭСКО										
					Энерго-аудиты	Система энерго-менедж-мента	Новые производ-ственные технологии	Промыш-ленная автома-тизация	Осве-щение	HVAC	Энерго-эффек-тивные здания	Моторы и дви-гатели	Малая гене-рация, ВИЭ	ВЭР и отходы	Обучение и обмен опытом
Малайзия	50	Промышленный	Гарантированные	Высокие темпы роста промышленного производства, внедрение системы «зеленых сертификатов», субсидий на экологичные технологии, системы аккредитации энергоменеджеров,	+		+			+		+		+	
Филиппины	10	Промышленный	Chauffage	Рост энергопотребления, реализа-ция национальных программ энер-госбережения, финансовая поддер-жка международных организаций					+	+					
Таиланд	40	Промышленный	Гарантированные	Льготное кредитование, ускоренная амортизация энергоэффективной техники, вовлечение ЭСКО в программы управления спросом					+	+		+	+		
Вьетнам	10	Промышленный	Долевые	Гиперактивный рост потребления энергоресурсов, либерализация энергетики, налаженная практика демонстрационных проектов	+		+								+
Египет	н/д	Коммерческий	Прямые продажи отдельных услуг, без привязки к экономии энергии	Деятельность местных институтов (Ассоциация энергосервисного бизнеса, Региональный центр возобновляемой энергетики, Венчурная кредитная компания)	+		+		+						

Продолжение приложения Е

Страна	Кол-во ЭСКО	Приоритетный сектор	Подавляющий тип контрактов	Драйверы развития	Основные сферы деятельности ЭСКО										
					Энерго-аудиты	Система энерго-менедж-мента	Новые производ-ственные технологии	Промыш-ленная автома-тизация	Осве-щение	HVAC	Энерго-эффек-тивные здания	Моторы и дви-гатели	Малая гене-рация, ВИЭ	ВЭР и отходы	Обучение и обмен опытом
Иран	5	Промышленный	Долевые	Закон о снижении потребления энергии, финансовая поддержка ЮНИДО[8]	+	+	+		+					+	
Марокко	5	Государственный	Гарантированные	Рост энергопотребления, Закон об энергетической эффективности, поддержка Европейского банка реконструкции и развития	+				+						
Тунис	10	Промышленный	Гарантированные	Широкая линейка национальных программ правовой и финансовой поддержки энергосервиса	+				+				+		
ЮАР	50	Коммерческий, государственный, промышленный	Гарантированные	Реализация программ управления спросом на энергию, стандартизация перфоманс-контрактов					+	+	+				+
Мексика	15	Коммерческий, промышленный	Гарантированные	Улучшение законодательства в сфере закупок, пропаганда идей энергосбережения, привлечение ЭСКО к проектам технологической модернизации промышленности					+				+	+	

[8] ЮНИДО (UNIDO – United Nations Industrial Development Organization) – Организация Объединенных наций по промышленному развитию, http://www.unido.ru

Окончание приложения Е

Страна	Кол-во ЭСКО	Приоритетный сектор	Подавляющий тип контрактов	Драйверы развития	Основные сферы деятельности ЭСКО										
					Энерго-аудиты	Система энерго-менедж-мента	Новые производ-ственные технологии	Промыш-ленная автома-тизация	Осве-щение	HVAC	Энерго-эффек-тивные здания	Моторы и дви-гатели	Малая гене-рация, ВИЭ	ВЭР и отходы	Обучение и обмен опытом
Бразилия	50	Промышленный	Долевые	Создание Национального фонда энергосбережения, разнообразие международной финансовой поддержки, налаженная система сертификации ЭСКО	+	+	+								
Чили	20	Коммерческий, промышленный	Chauffage	Рост тарифов на энергию, поддержка Агентства энергоэффективности Чили, гранты Министерства энергетики на проекты в сфере ВИЭ		+	+		+	+			+		
Колумбия	10	Промышленный	Chauffage	Рост энергопотребления, высокие тарифы на энергию, сниженный НДС на услуги ЭСКО, финансовая поддержка международного Фонда чистых технологий		+	+	+					+		

Приложение Ж

Ранжирование уровней наукоемкости сервисных рынков

Ранжирование основано на применении метода парных сравнений, который был разработан Л. Терстоуном [467] и предполагает выполнение группой высококвалифицированных экспертов независимо друг от друга сравнительных процедур, призванных выявить, насколько один из сервисных рынков является более или менее наукоемким по отношению к другому.

Состав экспертов – 16 чел. Среди них:

– 3 чел. – руководители компаний, разрабатывающих цифровые и IT-решения для электроэнергетики, а также оказывающих консультационные услуги в области стратегического управления энергокомпаниями;

– 3 чел. – руководители энергоремонтных предприятий;

– 2 чел. – руководители ЭСКО и проектов в области повышения энергоэффективности для промышленности и муниципалитетов;

– 3 чел. – руководители инжиниринговых проектов, в т. ч. международных;

– 2 чел. – руководители проектов ценозависимого управления спросом;

– 3 чел. – руководители образовательных программ и проектов подготовки кадров для энергетических предприятий.

Эксперты характеризуются высокой квалификацией, опытом руководящей работы в сервисных структурах электроэнергетики более 5 лет, знанием технико-экономических особенностей организации, регулирования, рыночных отношений и конкуренции на сервисных рынках.

В качестве исходной информации экспертам было предложено ознакомиться с агрегированными характеристиками, структурой, целевыми функциями сервиса и областями новых знаний, требуемых для функционирования сервисных рынков в современных реалиях. Критериями наукоемкости рынков выступили объем затрат на НИОКР, наличие специфических требований к персоналу сервисных компаний, необходимость использования новейших научно-технических достижений и сотрудничества с научно-образовательными организациями при разработке и производстве услуг.

Для оценки уровня наукоемкости рынков каждый эксперт заполнил матрицу парных сравнений размером $n \times n$, где n – количество попарно сравниваемых рынков (n = 5). Рынки обозначены, как $M_1 \ldots M_5$, где: M_1 – рынок услуг по цифровизации, упреждающему управлению и опережающему обучению; M_2 – рынок проектов комплексного инжиниринга; M_3 – рынок услуг ТОиР; M_4 – рынок услуг в области энергоэффективности; M_5 – рынок услуг по регулированию спроса на электроэнергию и мощность.

Матрица заполняется по следующим правилам.

4. Элемент m_{ij} указывает, в какой степени по мнению эксперта i-й рынок является более наукоемким по сравнению с j-м. Степень «предпочтения» указывается в долях единицы.

5. Если i-й рынок является по уровню наукоемкости выше j-го, то $m_{ij} > 0{,}5$ (чем больше превосходство i-й альтернативы над j-й, тем m_{ij} ближе к единице).

6. Если i-й рынок уступает по уровню наукоемкости j-му, то $m_{ij} < 0{,}5$ (чем больше превосходство j-й альтернативы над i-й, тем m_{ij} ближе к нулю).

Матрицы парных сравнений, сформированные экспертами, представлены в таблице Ж1.

Таблица Ж1 – Матрицы парных сравнений

Эксперт 1					
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
M_1		0.5	0.6	0.4	0.5
M_2	0.5		0.6	0.7	0.6
M_3	0.4	0.4		0.5	0.5
M_4	0.6	0.3	0.5		0.5
M_5	0.5	0.4	0.5	0.5	

Эксперт 2					
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
M_1		0.6	0.7	0.7	0.7
M_2	0.4		0.6	0.7	0.8
M_3	0.3	0.4		0.7	0.8
M_4	0.3	0.3	0.3		0.7
M_5	0.3	0.2	0.2	0.3	

Эксперт 3					
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
M_1		0.4	0.5	0.6	0.6
M_2	0.6		0.6	0.7	0.7
M_3	0.5	0.4		0.7	0.8
M_4	0.4	0.3	0.3		0.4
M_5	0.4	0.3	0.2	0.6	

Эксперт 4					
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
M_1		0.6	0.7	0.8	0.9
M_2	0.4		0.6	0.8	0.9
M_3	0.3	0.4		0.7	0.8
M_4	0.2	0.2	0.3		0.6
M_5	0.1	0.1	0.2	0.4	

Окончание таблицы Ж1

Эксперт 5					
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
M_1		0.8	0.8	0.9	0.7
M_2	0.2		0.5	0.9	0.5
M_3	0.2	0.5		0.8	0.6
M_4	0.1	0.1	0.2		0.3
M_5	0.3	0.5	0.4	0.7	

Эксперт 6					
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
M_1		0.3	0.4	0.7	0.6
M_2	0.7		0.5	0.7	0.7
M_3	0.6	0.5		0.7	0.6
M_4	0.3	0.3	0.3		0.4
M_5	0.4	0.3	0.4	0.6	

Эксперт 7					
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
M_1		0.6	0.5	0.6	0.6
M_2	0.4		0.5	0.6	0.7
M_3	0.5	0.5		0.7	0.7
M_4	0.4	0.4	0.3		0.5
M_5	0.4	0.3	0.3	0.5	

Эксперт 8					
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
M_1		0.4	0.5	0.5	0.6
M_2	0.6		0.4	0.8	0.9
M_3	0.5	0.6		0.8	0.9
M_4	0.5	0.2	0.2		0.5
M_5	0.4	0.1	0.1	0.5	

Эксперт 9					
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
M_1		0.5	0.6	0.6	0.6
M_2	0.5		0.6	0.6	0.7
M_3	0.4	0.4		0.6	0.7
M_4	0.4	0.4	0.4		0.5
M_5	0.4	0.3	0.3	0.5	

Эксперт 10					
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
M_1		0.4	0.3	0.6	0.6
M_2	0.6		0.7	0.9	0.8
M_3	0.7	0.3		0.8	0.7
M_4	0.4	0.1	0.2		0.3
M_5	0.4	0.2	0.3	0.7	

Эксперт 11					
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
M_1		0.4	0.5	0.6	0.7
M_2	0.6		0.6	0.9	0.7
M_3	0.5	0.4		0.7	0.6
M_4	0.4	0.1	0.3		0.4
M_5	0.3	0.3	0.4	0.6	

Эксперт 12					
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
M_1		0.6	0.6	0.6	0.5
M_2	0.4		0.5	0.6	0.6
M_3	0.4	0.5		0.7	0.5
M_4	0.4	0.4	0.3		0.4
M_5	0.5	0.4	0.5	0.6	

Эксперт 13					
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
M_1		0.7	0.8	0.8	0.7
M_2	0.3		0.5	0.6	0.7
M_3	0.2	0.5		0.6	0.7
M_4	0.2	0.4	0.4		0.5
M_5	0.3	0.3	0.3	0.5	

Эксперт 14					
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
M_1		0.6	0.7	0.8	0.9
M_2	0.4		0.6	0.8	0.7
M_3	0.3	0.4		0.7	0.6
M_4	0.2	0.2	0.3		0.6
M_5	0.1	0.3	0.4	0.4	

Эксперт 15					
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
M_1		0.6	0.8	0.9	0.9
M_2	0.4		0.6	0.8	0.7
M_3	0.2	0.4		0.7	0.8
M_4	0.1	0.2	0.3		0.6
M_5	0.1	0.3	0.2	0.4	

Эксперт 16					
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
M_1		0.5	0.5	0.6	0.6
M_2	0.5		0.5	0.7	0.6
M_3	0.5	0.5		0.6	0.6
M_4	0.4	0.3	0.4		0.4
M_5	0.4	0.4	0.4	0.6	

Оценки предпочтения альтернатив (*Sat*) по мнению экспертов Э$_1$…Э$_{21}$ рассчитываются как сумма строк матриц для каждого эксперта:

$$S_i = \sum_{1}^{n} m_{in}, i = 1 \dots n.$$

Обобщенная оценка предпочтения C_i альтернативы конкретным экспертом определяется по формуле

$$C_i = \sum_{1}^{k} Sat_i, i = 1 \dots n,$$

где k – количество экспертов.

Оценки Sat_i и C_i приведены в таблице Ж2.

Таблица Ж2 – Оценки предпочтения альтернатив экспертами

Рынок	Оценки экспертов (Sat_i)																					C_i
	Э$_1$	Э$_2$	Э$_3$	Э$_4$	Э$_5$	Э$_6$	Э$_7$	Э$_8$	Э$_9$	Э$_{10}$	Э$_{11}$	Э$_{12}$	Э$_{13}$	Э$_{14}$	Э$_{15}$	Э$_{16}$	Э$_{17}$	Э$_{18}$	Э$_{19}$	Э$_{20}$	Э$_{21}$	
M_1	2	2.7	2.1	3	3.2	2	2.3	2	2.9	2.3	2.3	2.2	1.9	2.2	1.9	2.3	3	2.6	3.2	2.2	2.7	51.0
M_2	2.4	2.5	2.6	2.7	2.1	2.6	2.2	2.7	1.7	2.4	2.4	2.1	3	2.8	2.3	2.1	2.1	2.5	2.5	2.3	2.1	50.1
M_3	1.8	2.2	2.4	2.2	2.1	2.4	2.4	2.8	1.7	2.1	1.6	2.1	2.5	2.2	1.8	2.1	2	2.2	2.1	2.2	1.4	44.3
M_4	1.9	1.6	1.4	1.3	0.7	1.3	1.6	1.4	1.8	1.7	1.8	2.2	1	1.2	2	1.5	1.5	1.5	1.2	1.5	1.6	31.7
M_5	1.9	1	1.5	0.8	1.9	1.7	1.5	1.1	1.9	1.5	1.9	1.4	1.6	1.6	2	2	1.4	1.2	1	1.8	2.2	32.9

Веса альтернатив V_i рассчитываются по формуле

$$V_i = \frac{C_i}{\sum_1^n C_i}$$

Выстраивая полученные значения весов альтернатив в порядке убывания, можно проранжировать уровни наукоемкости рынков M_1…M_5 от 1 до 5, где 1 – рынок, отличающийся наивысшей наукоемкостью по мнению экспертов, 5 – рынок с наименее выраженной наукоемкостью (таблица Ж3).

Таблица Ж3 – Определение рангов уровней наукоемкости сервисных рынков

Рынок	Вес альтернативы, V_i	Итоговый ранг
M_1	0,251	1
M_2	0,246	2
M_3	0,220	3
M_5	0,146	4
M_4	0,138	5

Таким образом, наивысший уровень наукоемкости имеет рынок услуг по цифровизации, упреждающему управлению и опережающему обучению. Рынок услуг по энергоэффективности, напротив, обладает наименее выраженной наукоемкостью.

Далее проведена проверка степени согласованности мнений шестнадцати экспертов с использованием коэффициента конкордации Кенделла. Цель данного метода состоит в оценке степени субъективности полученных результатов качественной оценки уровней наукоемкости сервисных рынков. Для расчета коэффициента конкордации проранжируем оценки Sat_i каждого эксперта, приведенные в таблице Ж2, от 1 до 5, где 1 присваивается наименьшей оценке, выставленной экспертом $Э_i$ рынку M_i, 5 – наибольшей. Получив новые «зашифрованные» оценки экспертов, вычислим сумму этих оценок по каждому рынку, что далее дает возможность рассчитать квадраты отклонений всех оценок рангов каждого объекта экспертизы от среднего значения и сумму квадратов отклонений (таблица Ж4).

Таблица Ж4 – Расчет суммы квадратов отклонений всех оценок рангов каждого объекта экспертизы от среднего значения

	$Э_1$	$Э_2$	$Э_3$	$Э_4$	$Э_5$	$Э_6$	$Э_7$	$Э_8$	$Э_9$	$Э_{10}$	$Э_{11}$	$Э_{12}$	$Э_{13}$	$Э_{14}$	$Э_{15}$	$Э_{16}$	Сумма	Откло-нение	Квадрат откло-нения S
M_1	4	5	3	5	5	3	5	3	4	3	3	5	5	5	5	3	66	19,4	376,36
M_2	5	4	5	4	3	5	3	4	5	5	5	3	4	4	4	5	68	21,4	457,96
M_3	1	3	4	3	3	3	3	5	3	4	3	3	3	3	3	3	50	3,4	11,56
M_4	2	2	1	2	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	25	-21,6	466,56
M_5	2	1	2	1	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	24	-22,6	510,76
																Итого	46,6	Итого	**1823,2**

Поскольку в таблице Ж4 имеются эксперты, оценки рангов которых по некоторым рынкам совпадают ($Э_1$, $Э_5$, $Э_6$, $Э_7$, $Э_{11}$, $Э_{12}$, $Э_{16}$), расчет коэффициента конкордации осуществляется по формуле для связанных рангов:

$$W = \frac{12 \cdot S}{k^2 \cdot (n^3 - n) - k \sum_{j=1}^{k} T_J}$$

где S – сумма квадратов отклонений всех оценок рангов каждого объекта экспертизы от среднего значения, n – число объектов экспертизы (рынков), k – число экспертов,

$$T_j = \sum_{q=1}^{Q_j} (t_{jq}^3 - t_{jq})$$

где Q_j – число совпадений рангов у j-го эксперта, t_{jq} – число совпавших рангов у j-го эксперта в q-совпадении.

Итоговый коэффициент конкордации Кенделла равен:

$$W = \frac{12 \cdot 1823{,}2}{16^2 \cdot (5^3 - 5) - 16 \cdot 42} = 0{,}73$$

Поскольку W > 0,7, то в соответствии с принятой шкалой [363], согласованность мнений экспертов является высокой.

Завершающим этапом проверки является оценка значимости полученного коэффициента конкордации по критерию Пирсона, который также рассчитывается по формуле для связанных рангов:

$$\chi_p^2 = \frac{12S}{kn(n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^{k} T_j} = \frac{12 \cdot 1823{,}2}{16 \cdot 5 \cdot (5+1) - \frac{1}{5-1} \cdot 42} = 46{,}599$$

Сравним полученное значение критерия Пирсона с табличным значением $\chi^2_{\text{табл}}$ при уровне значимости 0,05 и числе степеней свободы $f = n - 1 = 5 - 1 = 4$. В данном случае $\chi^2_{\text{табл}}$ = 9,488. Поскольку рассчитанный критерий Пирсона 46,599 больше нормативного критического значения 9,488, можно сделать вывод, что с вероятностью 95 % выдвинутая гипотеза о согласованности мнений экспертов при коэффициенте конкордации $W = 0.73$ является истинной.

Приложение И

Модели подготовки команд прорыва

(разработано автором на основе [305, 361]).

Характеристики целевых моделей	**Детализация характеристик**
1. Структурная (дивизиональная) исследовательская команда	
Определение	Команда, локализованная на уровне дивизиона или бизнес-единицы и сосредоточенная на исследованиях и разработках (R&D) конкретных технологических или продуктовых областей.
Условия, когда модель наиболее эффективна	• Сфера инноваций является знакомой для компании и / или время для осуществления прорыва является ограниченным • Большинство необходимых ресурсов и компетенций сконцентрировано внутри дивизиона / бизнес-единицы
Преимущества	Команда хорошо понимает предмет исследований, не выключается из операционной деятельности, вследствие чего удается избежать эффекта «слоновой кости»
Сложности при реализации модели	Поскольку члены команды занимаются исследованиями параллельно с основной работой, необходимо обеспечить условия, чтобы сотрудники не тратили время на «тушение операционных пожаров» и четко понимали свою персональную ответственность в командных результатах
2. Корпоративная исследовательская команда	
Определение	Команда оперирует как отдельное научно-исследовательское подразделение, работающее на нужды корпорации в целом, и, как правило, подчиняется техническому директору или руководителю отдела исследований и разработок
Условия, когда модель наиболее эффективна	• Организация имеет четко сформулированное долгосрочное видение и понимание того, какие технологические возможности следует подвергать тщательному мониторингу и изучению • Сфера инноваций является знакомой для компании. Динамика развития технологий в данной сфере, равно как и капиталоемкость инновационных проектов являются высокими • Имеется высокая потребность в специфических технических компетенциях

Продолжение приложения И

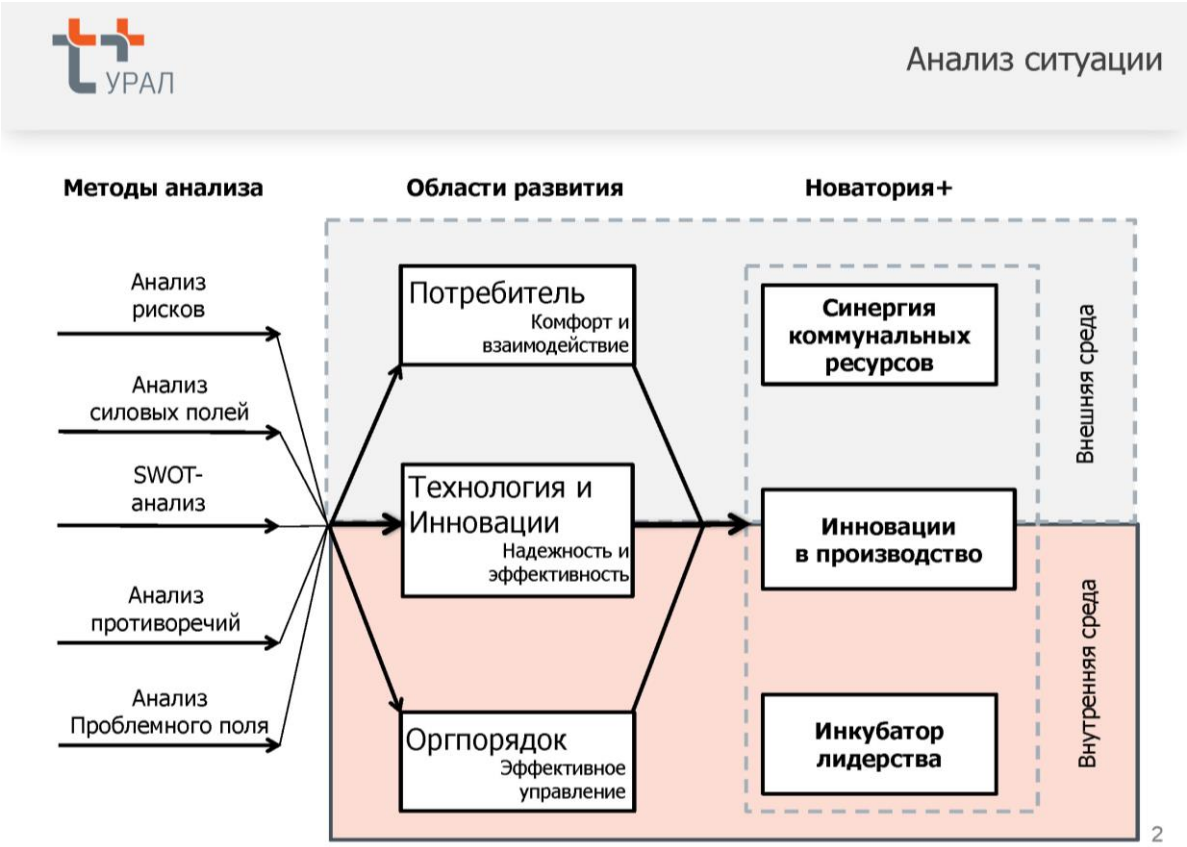
Характеристики целевых моделей	**Детализация характеристик**
2. Корпоративная исследовательская команда	
Преимущества	Изолированность команды от бизнес-рутины
Сложности при реализации модели	В связи с тем, что команда сконцентрирована преимущественно на научную деятельность и исследование технологий будущего, она рискует потерять из виду актуальные потребности рынка, став центром затрат с низким КПД реализации
3. Междисциплинарная команда	
Определение	Команда, сформированная из специалистов самых разных подразделений и предметных областей (отдельных бизнес-единиц, корпоративных исследовательских центров, финансовых, проектных структур и т.д.). Подчиняется напрямую топ-менеджменту и создается преимущественно для проработки стратегий конгломератной диверсификации
Условия, когда модель наиболее эффективна	• Сфера инноваций является незнакомой для компании, при этом динамика ее технологического развития относительно низкая и управляемая • Имеется доступ к внешней экспертизе и ресурсам (в первую очередь, интеллектуальным)
Преимущества	• Гибкость ресурсной поддержки (так как это мультифункциональная команда, интегрирующая бюджеты различных структур) • Запускается активный обмен знаниями и опытом в пределах всей организации
Сложности при реализации модели	• Необходим лидер, четкая фокусировка, объединяющая методология, без которых смешанная команда не сможет функционировать • Возможны диспропорции в составе команды (по предметным профилям, квалификации, должностям) • Длительный период формирования и высокая инерционность (при распаде или перерыве в деятельности команда крайне медленно набирает необходимую мощность)

Окончание приложения И

Характеристики целевых моделей	**Детализация характеристик**
4. Фабрика прорыва	
Определение	• Автономное подразделение, функционирующее в рамках корпорации, подчиняющееся напрямую совету директоров • Команда организует / управляет пакетом прикладных исследовательских программ, ключевая цель которых заключается в поиске решений «неразрешимой» проблемы для рынка, являющегося известным для организации, либо во внедрении технологической (продуктовой) инновации, ведущей к рыночному перевороту • Каждая программа ограничена во времени (обычно не более двух лет) • Имеется постоянный «костяк» команды, однако большая часть – специалисты, работающие на временной основе (штатные сотрудники или привлеченные извне эксперты). Такая организация позволяет, во-первых, гибко менять компетентностный профиль команды в зависимости от специфики исследований, во-вторых, защищает ее от риска полного разрушения при внезапной остановке проекта
Условия, когда модель наиболее эффективна	• Сфера инноваций – крайне технологична и наукоемка, является принципиально новым для организации видом деятельности • Планируется осуществление радикальных изменений (разработка технологий / вывод на рынок товаров, не имеющих аналогов) • В организации применяются agile-методологии
Преимущества	• Команда задает высокий темп инновационным процессам и заставляет действовать остальных быстрее, конкретнее, креативнее • Запускается механизм отбора (привлечения) талантов и авторитетных экспертов • Создается центр генерации и обработки радикальных идей
Сложности при реализации модели	Может восприниматься большинством сотрудников корпорации как излишне академическая структура, оторванная от реальной бизнес-практики. Требует создания специальных, отличных от общепринятых, методик оценки эффективности командной работы

Приложение К

Аттестационный проект команды прорыва Филиала «Свердловский» ПАО «Т Плюс»

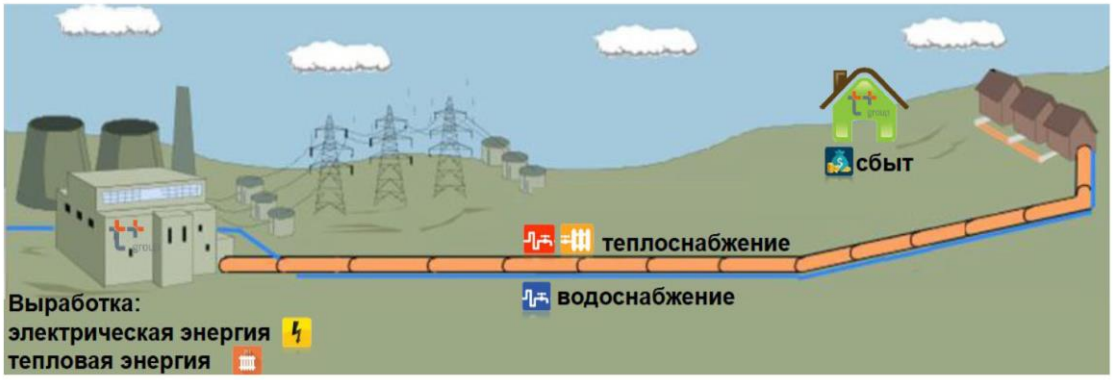


Проект №1
Синергия коммунальных ресурсов

УРАЛ

Цель проекта

Достижение комфорта потребителя и экономического эффекта
с помощью диверсификации деятельности и компетенций компании



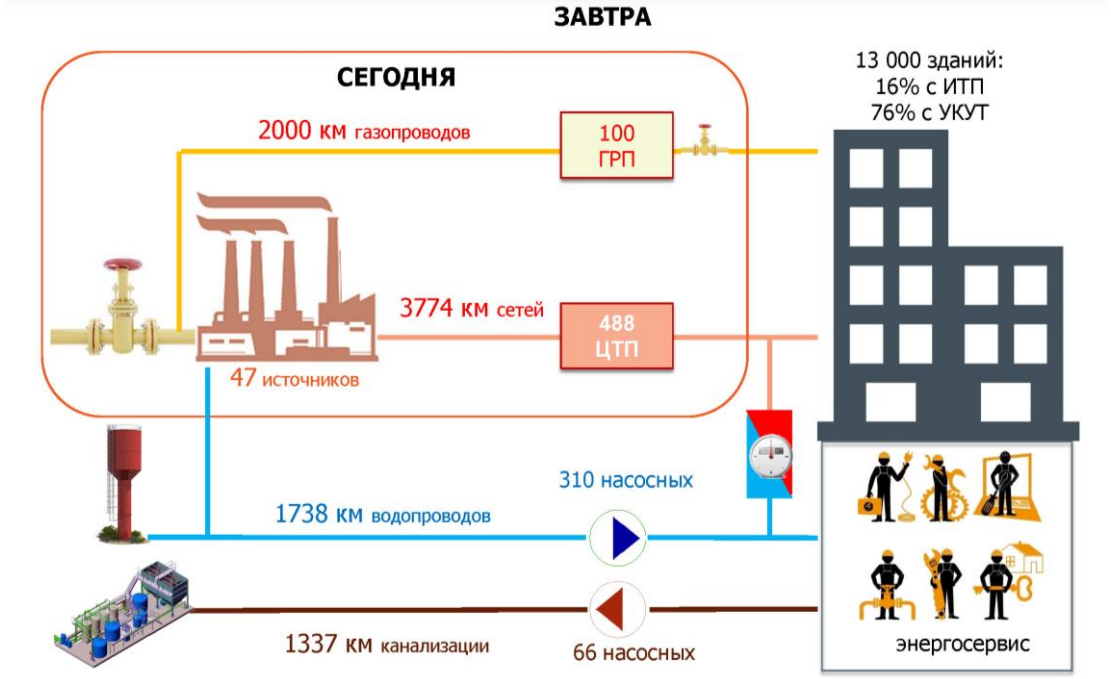
Заказчики проекта:

Жители города, ПАО «Т Плюс», Администрация муниципалитета

4

УРАЛ

Рынок коммунального ресурсоснабжения



УРАЛ

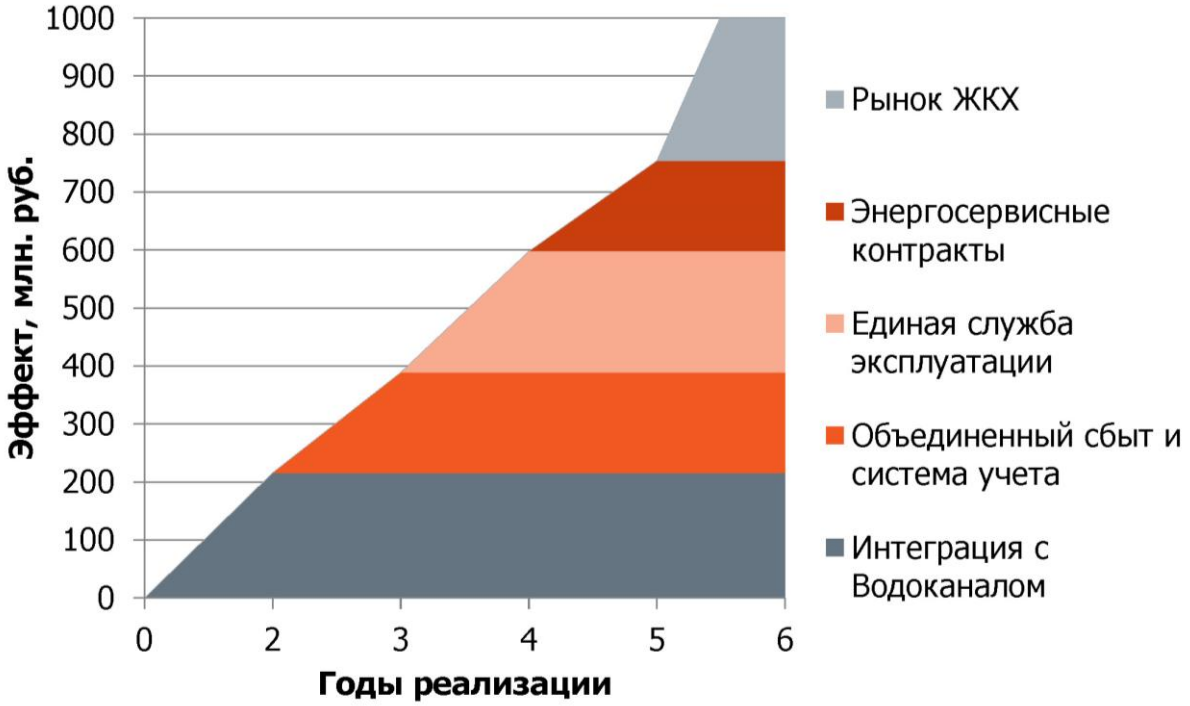
Качественные эффекты

Внедрение системы учета	Прозрачность расчетов	Управление потреблением
Единая служба эксплуатации и ремонтов	Снижение издержек	Сдерживание роста тарифа
Единая окно для потребителей	Комплексный подход к развитию территорий	Сокращение сроков техприсоединения
Закрытая система горячего водоснабжения	Чистая горячая вода круглый год	Здоровье и комфорт
Энергосервисные контракты	Автоматизация тепловых пунктов	Комфортная температура внутри помещений

6

УРАЛ

Количественные эффекты



Проект №2
Инновации в производство

УРАЛ

Завод ППУ изоляции

Цель – прибыль от собственного производства элементов с пенополиуретановой (ППУ) изоляцией, продлевающей срок безаварийной службы и уменьшающей тепловые потери

Показатель	Значение
CAPEX,	**158 млн.руб.**
Срок окупаемости	**5,5 лет**

Затраты по нанесению ППУ изоляции

9

УРАЛ

Мусоросжигательный завод на базе ПГУ

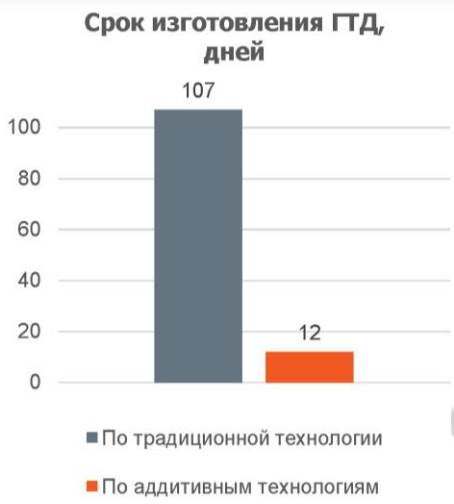
МСЗ-ПГУ

- Увеличение эффективности сжигания «дарового» топлива **в 4 раза**
- Производство строительных материалов
- Надежная работа источника энергии
- Прибыль от утилизация отходов
- Переход от полигонного захоронения к использованию вторичных ресурсов
- Снижение негативного воздействия на окружающую среду

Первое в России экопроизводство с высоким КПД

10

Возможности аддитивных технологий для ПАО «Т Плюс»



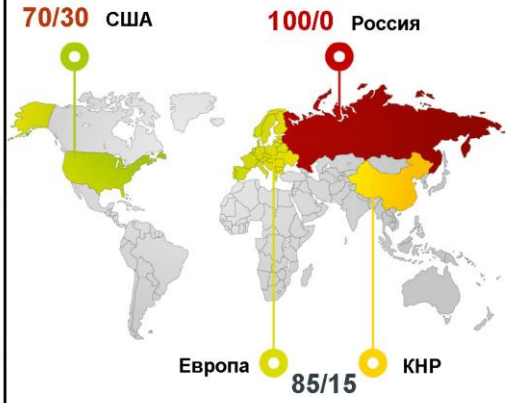
Применение аддитивных технологий
СОВРЕМЕННО, АКТУАЛЬНО, ЭФФЕКТИВНО

Прорыв в области аддитивных технологий

МАТЕРИАЛ-ТЕХНОЛОГИЯ-КОНСТРУКЦИЯ

1 уровень	2 уровень
Изготовление оснастки, выжигаемых моделей для литья деталей, прототипов	**Изготовление опытных и серийных деталей**
ПО ТРАДИЦИОННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ	**ПО АДДИТИВНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ**

Соотношение технологий, %
1 уровень/2 уровень

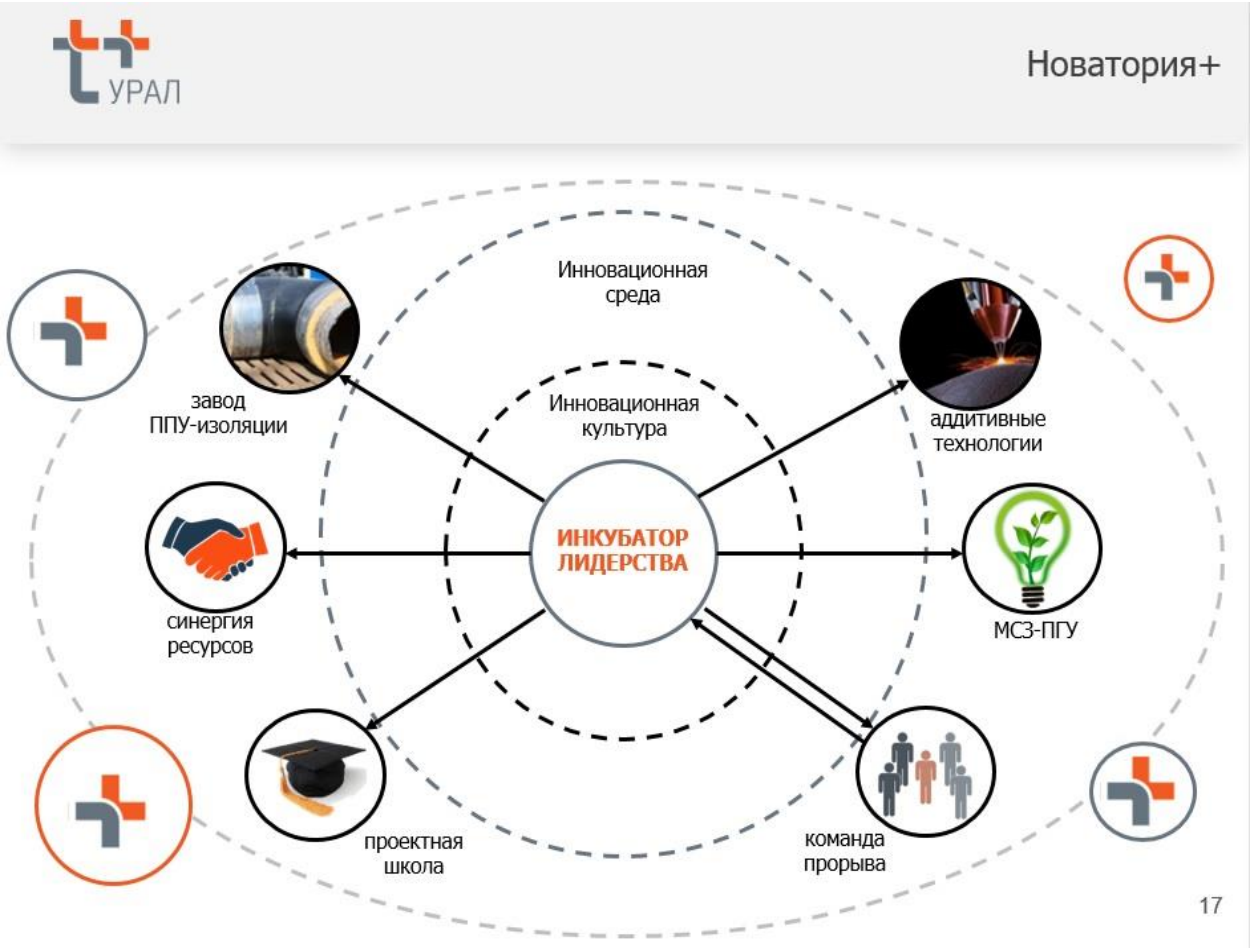


США поставлена задача достичь к 2020 году соотношения 20/80

Применение аддитивных технологий в Т Плюс – путь к инновационному лидерству в РФ

Проект №3
Инкубатор лидерства

УРАЛ
Лидерство требует трансформации
Формирование нового видения
Новый подход к решению проблем
Инновационная культура
Сотрудник
• Готов к изменениям
• Креативный
• Открыт к инновациям
• Саморазвивающийся
Команды
• Междисциплинарные
• Нацелены на прорыв
• Самоуправляемые или самопроектируемые
Компания
• Партнерские ценности
• Опережающие решения
• Распределенное лидерство
• Нестандартное видение
Проведение игропрактики
Решение кейсов
Внедрение технологии Agile
Проведение тренингов
Использование опыта проектов «Карьерное развитие» и «Кадровый резерв»


УРАЛ
Новатория+
Инновационная среда
Инновационная культура
ИНКУБАТОР ЛИДЕРСТВА
завод ППУ-изоляции
аддитивные технологии
синергия ресурсов
МСЗ-ПГУ
проектная школа
команда прорыва
17

Приложение Л

Экономические эффекты от внедрения предложенных концептуальных, методологических, инструментальных положений и решений

№	Содержание эффекта	Тип эффекта	Предприятия и организации, достигшие (ожидающие достижения) эффекта*
1	Увеличение объема реализации наукоемких услуг за счет перехода к сервисной бизнес-модели	Прямой	ОАО «Башкирэнерго», АО «Энергосбыт плюс», ООО «МСК Энерго»
2	Повышение качества разработки рыночной и функциональных стратегий энергетических и сервисных предприятий на основе комплексной рыночной аналитики, методических рекомендаций и инструментов по организации наукоемкой сервисной деятельности	Косвенный	Филиал «Свердловский» ПАО «Т Плюс», ООО «Лаборатория будущего», АО «Энергосбыт плюс», ООО «МСК Энерго», АО «Челябоблкоммунэнерго»
3	Рост объема сервисных транзакций и качества коммуникаций между субъектами сервисного рынка за счет использования цифровых платформ	Прямой / косвенный	ООО «МСК Энерго», АО «Энергосбыт плюс»
4	Снижение затрат на ТОиР и увеличение надежности оборудования посредством перехода к прогрессивным стратегиям управления активами, роста наблюдаемости и предсказуемости функционирования интеллектуальных систем и активных энергетических комплексов	Прямой	ПАО «Россети Урал», ОАО «Башкирэнерго», Филиал «МЭС Урала» ПАО «ФСК ЕЭС», ООО «Лаборатория будущего», Филиал «Свердловский» ПАО «Т Плюс», АО «Челябоблкоммунэнерго»
5	Формирование в энергетических и сервисных предприятиях систем упреждающего управления, опережающего обучения кадров и команд, снижающих экономические риски от последствий неожиданных вызовов внешней среды и генерирующих коммерческие результаты за счет прорывных инновационных проектов	Прямой / косвенный	Филиал «Свердловский» ПАО «Т Плюс», ООО «Башкирэнерго», ПАО «Россети Урал», Филиал «МЭС Урала» ПАО «ФСК ЕЭС», Уральский федеральный университет

* Подтверждается актами внедрения результатов диссертации

Приложение М

Акты внедрения результатов диссертации

РОССЕТИ
ФСК ЕЭС

СВЕРДЛОВСКОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
МАГИСТРАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ -
ФИЛИАЛ ПАО «ФСК ЕЭС»
620085 г. Екатеринбург, пер. Малахитовый, 3
тел (343) 255-84-40 факс (343) 359-16-60
E-mail: reception@ural.fsk-ees.ru

АКТ О ВНЕДРЕНИИ
результатов диссертационного исследования Кожевникова М.В.
в филиале ПАО «ФСК ЕЭС» Свердловское предприятие МЭС

Настоящим подтверждается, что диссертационное исследование Кожевникова Михаила Викторовича **«Теория и методология формирования наукоемкого сервиса в электроэнергетике»** выполнено на актуальную тему, а представленные в диссертации концептуальные, методические и инструментальные разработки представляют высокий практический интерес для хозяйствующих субъектов электроэнергетики РФ.

К использованию в филиале ПАО «ФСК ЕЭС» Свердловское предприятие МЭС приняты:

- система показателей оценки технико-экономической эффективности модернизации электросетевого предприятия;
- методические рекомендации по использованию индекса технического состояния оборудования при управлении жизненным циклом электросетевых активов;
- методические рекомендации по выбору стратегии ремонта и применения средств роботизированной диагностики при эксплуатации и техническом обслуживании линий электропередачи;
- технологии подготовки кадров и команд прорыва.

Использование результатов диссертации позволило оптимизировать деятельность подразделений, осуществляющих планирование и управление активами филиала ПАО «ФСК ЕЭС» Свердловское предприятие МЭС, что в итоге положительно повлияло на экономические результаты предприятия и позволило обеспечить лидирующие позиции среди других филиалов ПАО «ФСК ЕЭС».

Заместитель директора -
Главный инженер
Филиала ПАО «ФСК ЕЭС» -
Свердловское ПМЭС **Гонта К.Б.**

РОССЕТИ
УРАЛ

Открытое акционерное общество
«Межрегиональная распределительная
сетевая компания Урала»

620026, г. Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, д. 140
Тел.: (343) 293-26-00, Факс: (343) 293-26-61
E-mail: delo@rosseti-ural.ru

07.10.2022 № РВ/01/5340
На _____ от _____

АКТ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ
Кожевникова Михаила Викторовича

Настоящий акт подтверждает, что

результаты докторской диссертации Кожевникова Михаила Викторовича на тему «Теория и методология формирования наукоемкого сервиса в электроэнергетике» используются в хозяйственной деятельности «Россети Урал».

В частности:

- Кожевниковым М.В. был разработан алгоритм выбора стратегии ТОиР и модель зонирования электросетевых активов по приоритетности обслуживания. Их внедрение в производственном отделении «Челябинские городские электрические сети» филиала «Россети Урал» – «Челябэнерго» позволило снизить затраты на ремонт на 40 млн руб. в течение 2015–2018 гг. за счет уменьшения объемов аварийных ремонтов, затрат на восстановление оборудования, недоотпуска электрической энергии конечным потребителям и, в конечном счете, увеличения надежности электроснабжения.
- В течение 2015–2020 гг. Кожевников М.В. участвовал в обучении топ-менеджеров «Россети Урал» в рамках магистерской программы «Энергетический бизнес». Результаты его диссертации использовались при преподавании специализированных курсов «Система управления производственными активами», «Энергосервисные рынки», «Организация инжиниринга и энергоремонта», «Управление спросом на энергию». Являлся руководителем 11 магистерских выпускных работ, посвященных вопросам совершенствования системы ТОиР, внедрения новых бизнес-моделей и наукоемких сервисов в различных структурах «Россети Урал», которые имели значительный экономический эффект для предприятия.

Первый заместитель
генерального директора – главный инженер В.А. Рябушев

УРАЛ
Филиал «Свердловский»
ПАО «Т Плюс»
пр. Ленина, д. 38,
г. Екатеринбург, 620075
тел. +7 (343) 359-1200, 359-1359
факс +7 (343) 359-1825
post_sf@tplusgroup.ru
www.tplusgroup.ru

03.10.2022г. № 51300-1504-04/14

на № _____ от _____

Акт внедрения результатов диссертационного исследования

Настоящий Акт подтверждает, что результаты диссертации Кожевникова Михаила Викторовича (кафедра систем управления энергетикой и промышленными предприятиями Уральского федерального университета) на тему «Теория и методология формирования наукоемкого сервиса в электроэнергетике» были внедрены в хозяйственную деятельность Филиала «Свердловский» ПАО «Т Плюс».

1. Использование методики подготовки команд прорыва позволило разработать и приступить к реализации инновационных проектов с совокупным экономическим эффектом порядка 500 млн руб., а также усовершенствовать систему работы с кадровым резервом Филиала.
2. Применение в производственной деятельности компании методик организации технического обслуживания и ремонта на основе средств роботизированной диагностики обеспечило повышение выявляемости скрытых повреждений теплоэнергетического оборудования и сетей, сокращение затрат на ежегодные ремонты за счет более точного обнаружения и заблаговременной локализации очагов потенциальных аварий.
3. При разработке стратегии развития собственных ремонтно-сервисных подразделений и новых организационно-экономических моделей взаимодействия с подрядными организациями использованы результаты анализа современного состояния рынков инжиниринга, энергоремонта и услуг в области энергоэффективности.

Главный инженер П.В. Родин

Исп. И.П. Остаркова, тел.: +7(343) 288-94-90

Подпись Родина П.В. заверяю
Зам. начальника УРП [illegible] Кадуйская

СВЕРДЛОВ ЭНЕРГОСБЫТ
Свердловский филиал
АО «ЭнергосбыТ Плюс»,
620075, г. Екатеринбург,
ул. Кузнечная, 92, ГСП-086
тел. для ЮЛ: 8 (800) 600-03-90
тел. для ФЛ: 8 (800) 700-10-32
ekb@esplus.ru
www.ekb.esplus.ru

АКТ
об использовании результатов диссертационного исследования
«Теория и методология формирования наукоемкого сервиса в электроэнергетике»

Настоящий акт свидетельствует о том, что результаты диссертационной работы Кожевникова М.В. «Теория и методология формирования наукоемкого сервиса в электроэнергетике» используются в деятельности Свердловского филиала АО «ЭнергосбыТ плюс» следующим образом.

1. Сформирован портфель перспективных услуг компании на основе морфологического поля и трехмерной модели наукоемкого сервиса.
2. Определены целевые сегменты и заказчики услуг на базе интегрированной архитектуры сервисных рынков и представленной рыночной аналитики.
3. Разрабатывается платформа энергетических транзакций для осуществления ценозависимого управления спросом для промышленных и частных потребителей.
4. Внедряются принципы опережающего обучения при подготовке команды прорыва энергосбытовой компании.

Использование указанных результатов позволяет: повысить качество, уровень персонализации и цифровизации оказываемых услуг в основной и дополнительных сферах бизнеса компании; более точно оценивать емкость перспективных сегментов энергосервисного рынка России; реализовать новую модель управления развитием компании на основе ранней идентификации и предупреждения возникающих во внешней среде возможностей и угроз.

Директор филиала Г. А. Козлов

БАШКИРСКАЯ ГЕНЕРИРУЮЩАЯ КОМПАНИЯ

№ б/н от 13.04.2022

АКТ
внедрении результатов диссертационного исследования Кожевникова Михаила Викторовича на тему «Теория и методология формирования наукоемкого сервиса в электроэнергетике»

Настоящим актом удостоверяется, что в нашей компании тщательно изучены теоретические разработки и практические рекомендации диссертационного исследования Кожевникова М.В. на тему «Теория и методология формирования наукоемкого сервиса в электроэнергетике».

Результаты диссертационного исследования используются в стратегическом консультировании и обучении специалистов ООО «БГК» по программе «Энергетический бизнес» (уровень: магистратура).

Кожевников М.В. являлся руководителем 4 магистерских работ, посвященных стратегиям развития сервисных направлений ООО «БГК», которые имели значительный экономический эффект.

Отдельные положения работы, касающиеся разработки архитектуры сервисного рынка в электроэнергетике, перехода к прогрессивным формам энергоремонта, принципов кадрового обеспечения наукоемкого сервиса были заложены в основу организационных преобразований ООО «БГК» в 2014–2018 гг. Это позволило создать в компании эффективную модель проектного управления, настроить систему работы с сервисными предприятиями – внешними подрядчиками, оптимизировать инвестиционные и логистические процессы, усовершенствовать подготовку кадров и команд для проектов технологической модернизации и цифровизации.

Наша компания выражает глубокую признательность Кожевникову М.В. за предоставленную возможность практического применения результатов его диссертационного исследования и надеется на активное продолжение его работ и нашего сотрудничества.

Генеральный директор В. А. Лариошкин

Яуаплылығы сикләнгән йәмғиәт «Башҡортостан бүлеп биреү электр селтәрәре»
450096, Өфө ҡалаһы, Комсомол ур.,126
Тел. +7 347 279 73 59
secr@bashkirenergo.ru

ООО «Башкирэнерго»
www.bashkirenergo.ru
ОКПО 77854528;
ОГРН 1050204504558;
ИНН 0277071467.

Общество с ограниченной ответственностью «Башкирские распределительные электрические сети»
450096, г. Уфа, ул. Комсомольская,126
Тел. +7 347 279 73 59
secr@bashkirenergo.ru

04.04.2022 № БЭ/1.40.1-1582
На № _____ от _____

АКТ ВНЕДРЕНИЯ
РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ

Настоящим актом удостоверяется, что результаты диссертации «Теория и методология формирования наукоемкого сервиса в электроэнергетике», выполненной Кожевниковым Михаилом Викторовичем, были внедрены в хозяйственную деятельность ООО «Башкирэнерго».

Разработанные Кожевниковым М.В. методические рекомендации по модернизации электросетевого комплекса Республики Башкортостан на основе новейших интеллектуальных технологий и систем управления, трансформации бизнес-модели компании, предполагающей активную реализацию наукоемких сервисов для заказчиков и конечных потребителей, организации ремонтно-инжиниринговой деятельности как коммерчески эффективного бизнеса легли в основу конкретных программ развития компании и используются при реализации одного из пилотных для России комплексных проектов создания умных сетей в городе Уфа.

Кожевников М.В. участвовал в стратегическом консультировании и обучении топ-менеджеров ООО «Башкирэнерго» в магистратуре УрФУ по программе «Энергетический бизнес». Под его руководством выполнено 5 магистерских диссертаций, позволивших определить стратегические приоритеты компании и достичь существенного экономического эффекта при проведении организационных преобразований бизнеса.

Генеральный директор С.В. Гурин

МСК ЭНЕРГО
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«МСК Энерго»
119607, г. Москва, ул. Раменки, д.17, корп. 1
тел. (495) 197-77-14
ИНН 7725567512 КПП 772901001
ОГРН 1067746494254

от 17.03.2022г. № 836

А К Т
внедрения результатов диссертационного исследования

Настоящий акт свидетельствует о том, что результаты диссертационного исследования «Теория и методология формирования наукоемкого сервиса в электроэнергетике», выполненного Кожевниковым Михаилом Викторовичем, используются в операционной и коммерческой деятельности ООО «МСК Энерго». Проведенный в диссертации анализ рынков услуг в области энергоэффективности и услуг регулирования спроса на электроэнергию и мощность позволил компании сформировать стратегический план по освоению целевых рынков и разработать комплекс новых услуг, предполагающих реализацию энергосервисных контрактов, установку умных систем учета, балансировку энергопотребления для промышленных потребителей и частных лиц. Анализ направлений использования платформ в энергетике использован при создании новых клиентских интерфейсов и внедрении новейших технологий машинного обучения в системы взаимодействия с потребителями.

Генеральный директор **А.В. Семиколенов**

Изгаршев П.П.
+7-(495) 197-77-14

Сайт ООО «МСК Энерго»: www.msk-energo.ru

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ЧЕЛЯБОБЛКОММУНЭНЕРГО»
454084, г.Челябинск, ул.Кожзаводская, 2А, каб.62 тел. (351) 791-05-09, факс. (351) 791-04-46,
E-mail: info@choke.ru, Web: www.choke.ru
ИНН 7447019075, КПП 744701001, ОКПО 03220127, ОГРН 1027402334486

23 МАЙ 2022 № 10/877
На № _____ от _____

А К Т
внедрения результатов диссертационной работы
Кожевникова Михаила Викторовича «Теория и методология формирования наукоемкого сервиса в электроэнергетике»
в производственный процесс АО «Челябоблкоммунэнерго»

Настоящий акт удостоверяет, что в период 2020–2021 гг. материалы диссертационного исследования Кожевникова М.В. внедряются в хозяйственную деятельность АО «Челябоблкоммунэнерго» в следующих формах.

1. При разработке стратегии предприятия на период до 2023г. используются результаты анализа развития рынков услуг технического обслуживания и ремонта, услуг в области энергоэффективности.

2. При организации производственной деятельности: с начала 2021 г. выполняется зонирование котельного оборудования и теплосетевых активов по степени рисков аварийности, определена схема перехода АО «Челябоблкоммунэнерго» к ремонтным стратегиям, предполагающим применение средств роботизированной диагностики. Предполагаемый экономический эффект, который планируется достигнуть за два года, выражается в снижении затрат на аварийные ремонты на 45 млн руб.

Генеральный директор **М.М. Аронов**

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ)

ул. Мира, 19, Екатеринбург, 620002,
факс: +7 (343) 375-97-78; тел.: +7 (343) 374-38-84
контакт-центр: +7 (343) 375-44-44, 8-800-100-50-44 (звонок бесплатный)
e-mail: rector@urfu.ru, www.urfu.ru
ОКПО 02069208, ОГРН 1026604939855, ИНН/КПП 6660003190/667001001

06.10.2022 № 01.03-07/390

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной деятельности УрФУ
С.Т. Князев
«___» _____ 2022 г.

А К Т

внедрения результатов диссертационной работы Кожевникова Михаила Викторовича «Теория и методология формирования наукоемкого сервиса в электроэнергетике», представленной на соискание ученой степени доктора экономических наук, в учебный процесс Института экономики и управления ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Материалы диссертации Кожевникова М.В. были внедрены в учебный процесс на кафедре систем управления энергетикой и промышленными предприятиями Института экономики и управления УрФУ в следующих формах.

1. Теоретические и методологические аспекты диссертации используются:

– в учебной работе при преподавании студентам курсов: «Методология развития систем управления» – в бакалавриате на программе «Менеджмент в энергетике и высокотехнологичных отраслях»; «Система управления производственными активами», «Управление спросом на энергию», «Инжиниринг, ремонт и сервис в энергетике» – в магистратуре на программе «Энергетический бизнес»;

– в консалтинговой работе – при реализации программ переподготовки и проектов развития кадрового резерва руководящего состава энергокомпаний и Уральского федерального университета;

– в научно-методической деятельности – при проведении научных семинаров, организационно-деятельностных игр, дискуссионных панелей по проблемам наукоемкого сервиса на русском и английском языках.

2. Монографии «Управление спросом на энергию. Уникальная инновация для российской электроэнергетики», «Менеджеры нового поколения. Передовое управленческое образование», «Системная инженерия для менеджеров», «Энергосервисные рынки» включены в списки дополнительной литературы при изучении профильных курсов программ магистратуры «Энергетический бизнес», «Управление инновациями в цифровой экономике», «Бизнес и менеджмент природных ресурсов и окружающей среды».

Директор Института экономики и управления Д.Е. Толмачев

Заведующий кафедрой Л.Д. Гительман

205054

CableWalker
Sight from the Top

АКТ
использования результатов диссертационного исследования
Кожевникова Михаила Викторовича
на тему «Теория и методология формирования наукоемкого сервиса в электроэнергетике»
в производственной и коммерческой деятельности ООО «Лаборатория будущего»

г. Екатеринбург «29» 04 2022 г.

Настоящий акт удостоверяет, что в период с 2019 г. по настоящее время результаты докторской диссертации, выполненной доцентом кафедры систем управления энергетикой и промышленными предприятиями УрФУ Кожевниковым Михаилом Викторовичем на тему «Теория и методология формирования наукоемкого сервиса в электроэнергетике» используются в деятельности ООО «Лаборатория будущего».

1. Результаты анализа мирового рынка роботизированных комплексов для диагностики воздушных линий электропередачи легли в основу разработки коммерческой стратегии, ценовой и технической политики компании, определения набора наиболее востребованных заказчиками информационных и технических сервисов платформы «Канатоход».

2. Сравнительный экономический анализ различных вариантов проведения технического обслуживания и ремонта (собственными средствами энергокомпаний и с применением роботизированного комплекса) позволил доказать экономическую целесообразность использования роботов для диагностики и текущего ремонта ВЛ среднего напряжения.

3. Систематизация передовых цифровых коммуникационных технологий, применяемых в мировой практике электросетевых компаний, использована при формировании перспективного плана развития платформы «Канатоход» на основе технологий искусственного интеллекта, машинного обучения и систем анализа больших данных, обеспечивающих интеграцию платформы с системой управления производственными активами энергокомпании и переход на риск-ориентированные стратегии технического обслуживания и ремонта.

Главный инженер ООО «Лаборатория будущего» А.Е. Соколов

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики"

Институт экономики и регулирования инфраструктурных отраслей

11.10.2022 № 53/1110-12

на № _____ от _____

В диссертационный совет
УрФУ 5.2.13.28

СПРАВКА
об использовании результатов диссертационного исследования

Настоящим подтверждается, что Кожевников Михаил Викторович, доцент кафедры систем управления энергетикой и промышленными предприятиями Уральского федерального университета в 2020 г. принимал участие в качестве члена научного коллектива при выполнении научно-исследовательской работы «Глобальная трансформация и дальнейшее развитие в России электроэнергетического рынка, городской и жилищной экономики» (ТЗ-5, 2020 г.; рег. номер АААА-А19-119061190027-7).

В рамках данной НИР использованы отдельные результаты его докторской диссертации на тему «Теория и методология формирования наукоемкого сервиса в электроэнергетике»: анализ текущего и перспективного состояния отечественной электроэнергетики, рекомендации по развитию рынков инжиниринга и услуг по управлению спросом, предложения по использованию платформенных инструментов при создании интеллектуальных энергосистем.

Заместитель директора Института
экономики и регулирования
инфраструктурных отраслей
НИУ ВШЭ И.О. Волкова

Мясницкая ул., д. 13, стр. 4, Москва, Россия, 101000, тел.: +7 (495) 772 95 90 *23597, 23591, e-mail: ur@hse.ru, www.ur.hse.ru