

**Краткий отчет о выполнении научно-исследовательской работы по теме:  
Разработка научно обоснованных сценариев и прогнозов использования  
цифровых технологий в отраслях топливно-энергетического комплекса,  
включая анализ международного опыта цифровой трансформации энергетики  
и смежных отраслей промышленности, на среднесрочном (2024 год) и  
долгосрочном горизонтах (2035 год) планирования**

**Содержание**

1.	Исследование мировой практики стратегического целеполагания, законодательного, методического и нормативного технического обеспечения процессов цифровизации отраслей ТЭК	3
1.1.	Анализ специфики цифровой трансформации в отраслях ТЭК в контексте глобального процесса цифровизации национальных экономик	3
1.2.	Исследование мировой практики законодательного, методического и нормативного технического обеспечения процессов цифровой трансформации	8
2.	Исследование мировой практики в организации и управлении процессом цифровизации ТЭК	13
2.1.	Исследование типовых моделей и механизмов взаимодействия государства и бизнеса в цифровизации ТЭК	13
2.2.	Определение типовых моделей организации финансового обеспечения процессов цифровой трансформации, механизмы господдержки проектов и стимулирования компаний	16
3.	Исследование мировых практик внедрения цифровых решений и развития новых рынков, анализ прогнозов развития основных технологий цифровой трансформации в мире до 2035 года	19
3.1.	Исследование лучших мировых практик внедрения цифровых решений и новых цифровых моделей организации деятельности, оказания цифровых сервисов в организациях ТЭК	19
3.2.	Определение существующих и исследование возможности появления новых рынков энергетической продукции и услуг	26
3.3.	Анализ состояния и прогнозов развития основных технологий цифровой трансформации в мире до 2035 года	31
3.4.	Мировой технологический радар	31
4.	Определение целей и задач цифровой трансформации в отраслях ТЭК России в системе современных и будущих политических, технологических, экономических, организационных и социальных вызовов, возможностей, угроз и ограничений	35
4.1.	Современные и будущие политические, технологические, экономические, организационные и социальные вызовы, возможности, угрозы и ограничения	35
4.2.	Цели и задачи цифровой трансформации в отраслях ТЭК	37
5.	Разработка целевого видения цифровой энергетики (ТЭК), этапов ее создания в процессе цифровой трансформации на среднесрочном (2024 год) и долгосрочном (2035 год) горизонтах планирования	45

5.1.	Целевое видение цифровой трансформации электроэнергетики	45
5.2.	Целевое видение Единого информационно-технологического пространства ТЭК	56
5.3.	Разработка видения состава ключевых технологий цифровой трансформации, с учетом особенностей каждого из функционалов, основываясь на мировых трендах их развития	57
6.	Состояние и перспективы российских сквозных цифровых технологий	62
6.1.	Оценка зрелости российских сквозных цифровых технологий	62
6.2.	Ближайшие перспективы развития российских сквозных цифровых технологий.	63
7.	Состояние и перспективы применения цифровых технологий в ТЭК России	66
7.1.	Исследование лучших отечественных практик внедрения цифровых решений и новых цифровых моделей организации деятельности, оказания цифровых сервисов в организациях ТЭК	66
7.2.	Анализ НИР и ОКР в сфере цифровых технологий в ТЭК	68
7.3.	Стратегии цифровой трансформации компаний в ТЭК России	69
7.4.	Перспективы развития комплексных технологий в ТЭК России и анализ наличия решений высокой степени готовности	72
7.5.	Перспективы осуществления цифровой трансформации компаний ТЭК исходя из стратегий их цифровой трансформации	76
8.	Роль органов государственного управления и регулирования ТЭК в цифровой трансформации ТЭК	80
8.1.	Возможности влияния на цифровую трансформацию ТЭК органов государственного управления и регулирования ТЭК	80
8.2.	Разработка предложений по стимулированию отечественных разработок цифровых технологий для отраслей ТЭК	83
8.3.	Определение перечня наиболее приоритетных разработок и исследований (НИР и ОКР) цифровых технологий, реализация которых позволит достичь максимальных экономических и прочих эффектов в ходе цифровых преобразований в каждой из отраслей и по ТЭК в целом	86
8.4.	Разработка общих требований к платформенным решениям в отраслях ТЭК с учетом особенностей их организации по основным функционалам и по уровням управления, общих требований к их совместимости	89
9.	Разработка сценариев использования цифровых технологий в ТЭК России, учитывающих наличие решений высокой степени готовности и стимулирование отечественных разработок с наиболее высокой эффективностью	94
10.	Разработка прогноза использования отечественных цифровых технологий на среднесрочную (2024 год) и долгосрочную (2035 год) перспективы	97
11.		99

## **1. Исследование мировой практики стратегического целеполагания, законодательного, методического и нормативного технического обеспечения процессов цифровизации отраслей ТЭК**

В условиях формирования глобальной конкуренции в цифровой экономике ключевые вызовы цифровизации национальных экономик можно разделить на два основных направления:

- глобальная конкурентоспособность – какую новую роль определяют для себя и своих экономик государства в глобальном цифровом пространстве и рынке, позиционируют ли они себя как лидеры, формирующие повестку дня на мировой арене, конкурентоспособна ли страна в глобальной цифровой экономике, какие стратегические партнерства заключает;
- построение местной цифровой экосистемы – создание цифровой инфраструктуры, современной нормативно-правовой базы, отвечающей требованиям цифровой эпохи; платформизация сервисов и услуг, усиление роли горизонтальных связей, в том числе государственных; безопасной и надежной цифровой экосистемы, цифровых компетенций и навыков у населения; формирование среды и благоприятных условий для развития инноваций, исследований и разработок.

### **1.1. Анализ специфики цифровой трансформации в отраслях ТЭК в контексте глобального процесса цифровизации национальных экономик**

Процесс цифровизации национальных экономик происходит под давлением четырех драйверов: усиления конкуренции стран и экономических союзов на международных рынках, смены парадигмы на пользователь-ориентированные системы и прямое взаимодействие в экономических, политических и социальных структурах, усиления роли климатической повестки и смещения точек экономического роста в азиатские страны.

В таких условиях перед государством стоит задача по формированию благоприятных условий для максимизации социального и экономического эффекта, которого страна может добиться на региональном, национальном и глобальном уровнях в условиях глобального развития цифровой экономики.

Приоритетным направлением в развитии глобальной повестки стратегического целеполагания ведущих стран мира становится устойчивая конкурентоспособность, которая напрямую зависит от процветания и сохранения темпов развития национальной цифровой экономики, а также поддержки со стороны государств компаний-участников глобальных рынков.

Такая позиция характерна для США, имеющих глобальные амбиции на мировом рынке, закреплённые в программе «Повестка дня цифровой экономики» (Digital Economy Agenda) и «Зеленой книге по вопросам активизации развития интернета вещей в США» (Fostering the Advancement of the Internet of Things). Пилотная программа 2016 года по созданию «цифровых атташе» в зарубежных торговых представительствах

США закрепила глобальные амбиции страны в цифровом секторе, развитии экспорта при помощи электронной торговли.

В ЕС, в том числе в рамках программы S3P-Industria, осуществляется координация усилий европейских стран, участвующих в разработке портфеля инвестиционных проектов в области «Умной специализации». Умная специализация помогает ЕС не только скоординированно развивать приоритетные технологические направления, но и поддерживать глобальную конкурентоспособность своих технологий.

Китай, как крупнейший в мире экспортер товаров, самый крупный рынок электронной коммерции, и одна из самых активных стран по привлечению венчурных инвестиций в цифровые технологии, также закрепил вопросы международной конкуренции в своих стратегических документах: стратегии «Цифровой Китай» (Digital China vision), очередном пятилетнем плане (13th Five-Year-Plan) и государственной стратегии «Made in China 2025». Документы направлены на полную переориентацию экономики Китая от экономики масштаба к экономике технологий и инноваций, модернизацию китайской промышленности, наращивание собственного инновационного капитала, создание китайских компаний, которые способны создать конкурентную среду как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

Целевое видение Австралии «Australia's Tech Future» также затрагивает вопросы глобальной конкурентоспособности страны в мировых масштабах современной экономики, при этом цифровые технологии рассматриваются не только как инструмент обеспечения экономических целей, но и новых социальных возможностей.

Вопросы конкурентоспособности цифровой экономики страны дополняются стратегическим целеполаганием по приоритетным секторам и технологиям, способным обеспечить лидерские позиции страны на глобальном рынке. Если США определяют широкий спектр технологий (ИКТ, электронная коммерция, интернет вещей), в которых посредством различных инструментов поддерживаются американские компании, то страны европейского региона, и ЕС в частности, идут по пути территориальной специализации.

Так, Германия четко определила для себя позицию лидера поставщиков промышленного оборудования для Индустрии 4.0, которая должна обеспечить развитие конкурентоспособности страны как производственной локации с помощью Индустрии 4.0, в том числе за счет того, что страна поставила перед собой внушительные цели по проработке вопросов стандартизации.

Великобритания занимает позицию по формированию благоприятных условий для привлечения международного инновационного и цифрового бизнеса, компетенций и капитала в страну, развития и активного участия в цифровой экономике. Кроме того, как международный лидер по предоставлению электронных государственных услуг, одним из своих стратегических приоритетов

заявляет сохранение позиций в области цифровизации государственного управления и государственных услуг (Government Digital Service).

В энергетике на тренд цифровизации национальных экономик накладываются внутриотраслевые тренды, обусловленные как быстрым развитием новых цифровых решений и технологий, высоким уровнем значимости климатической повестки, так и трансформацией институциональных рамок и архитектур энергосистем.

В ряде стран ключевым драйвером этих изменений стало стремление к низкоуглеродной экономике и уменьшению зависимости от поставок ископаемого топлива, другие же страны исходят из коммерческих мотивов и стремления повысить эффективность энергетического сектора. Вне зависимости от мотивации стран, ключевые изменения в ТЭК можно охарактеризовать как Энергетический переход (Energy Transition).

Наиболее ярко Энергетический переход проявляется в электроэнергетике, и именно к этой отрасли относится наибольшее количество цифровых инициатив, проектов, нормативно-правовых актов и стратегических документов в области цифровизации ТЭК.

Принято выделять четыре драйвера «энергетического перехода» - так называемые 3D (декарбонизацию (decarbonization), цифровизацию (digitization) и децентрализацию (decentralization)) и энергоэффективность. Эти процессы во многом дополняют и усиливают друг друга. Достижение амбициозных целевых показателей по выработке электроэнергии от безуглеродных источников: в Евросоюзе (50% к 2030 году и 100% к 2050 году) невозможно без широкомасштабной интеграции возобновляемых источников энергии – как крупных ветряных и солнечных парков, так и небольших установок у потребителей – а также систем хранения энергии и электромобилей, что в разы увеличивает количество активных участников ТЭК. Распространение небольших ВИЭ и накопителей, в свою очередь, требует развития технологий распределенной энергетики и качественного скачка в построении и управлении интеллектуальными распределительными электрическими сетями, Smart Grids. Высокие темпы декарбонизации, в том числе нефтегазового и угольного комплекса, влекут за собой повышение темпов децентрализации. Гибкое управление, оказание широкого спектра услуг и сервисов и поддержание надежности в таких сложных, многоакторных и транзактивных системах возможно только с помощью цифровых технологий.

Для развитых стран ключевым целевым ориентиром становится клиент-ориентированные энергетические системы, а также предоставление возможности максимального выбора потребителям энергетических рынков (главный тренд, характерный вообще для цифровой экономики). Базовым условием этого выбора и общей чертой всех энергетических цифровых стратегических приоритетов становятся развертываемые повсеместно системы интеллектуального учета. И хотя пилотной

отраслью для развертывания, как правило, избирается электроэнергетика, политика многих государства предусматривает в дальнейшем масштабирование систем умного учета также в теплоснабжении, газоснабжении, а также формирование единого энергосервисного пространства.

Так, в ЕС пакет законодательных мер «Чистая энергия для всех европейцев» («Clean Energy for All Europeans») и Европейский стратегический план по энергетическим технологиям (SET Plan (Strategic Energy Technology Plan)) ставят потребителя в центральное положение, включают в себя цели по обеспечению повышения числа активных игроков среди жителей ЕС в децентрализованной и цифровой энергосистеме, в качестве производителей «чистой» энергии и энергоресурсов и изменяющих поведение под воздействием рыночных сигналов.

На национальном уровне США особое внимание уделяется интеллектуальным энергосистемам. Эти темы находят свои отражения как в документах по стандартизации, так и в стратегических и программных документах. В 2015 году Министерством энергетики США был разработан GridWise Transactive Energy Framework, позволяющий обеспечить совместимость функционирования объектов в интеллектуальной электроэнергетической системе.

Повсеместная автоматизация и интеллектуальный учет на всех уровнях приводит к экспоненциальному росту объема генерируемых данных, формированию новых рынков и игроков, в том числе специализирующихся на информационных технологиях и мобильной коммуникации. На этом фоне на первый план выходит вопрос о правилах использования и распространения данных, и своевременные государственные инициативы могут иметь решающее значение для формирования новых сервисов и рынков, как это произошло с инициативой «Зеленая кнопка» в США.

Системы интеллектуального учета становятся базой для развития интернета вещей, позволяя формировать из разрозненных небольших потребителей и производителей активных игроков через агрегацию и управление спросом, самоорганизацию, децентрализацию. Наряду с усложняющимися вызовами по обеспечению системной надежности, открываются возможности, в том числе с точки зрения повышения энергоэффективности, экологичности и оптимизации ТЭК.

Для нефтегазовой и угольной отрасли Энергетический переход изменяет рыночные условия: 96% роста спроса приходится на страны, не входящие в ОЭСР<sup>1</sup>, спрос в ОЭСР преимущественно снижается.

Для нефтегазовой отрасли также характерно не только усиление конкуренции на мировых энергетических рынках, но и активное использование неэкономических (политических) методов конкуренции. Этот фактор повышает

---

<sup>1</sup> Digital Transformation Initiative Oil and Gas Industry World Economic Forum. – URL: <http://reports.weforum.org/sap-teched/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/dti-oil-and-gas-industry-white-paper.pdf> (дата обращения 01.09.2019).

неопределенность рыночной ситуации и усиливает коалицизацию и конкуренцию игроков.

Цифровая трансформация нефтегазовой отрасли происходит на фоне повышения уровня выработанности эксплуатируемых месторождений, снижения темпов восполнения запасов, повышения трудоемкости разработки новых месторождений, геологически сложных и удаленных от развитых центров добычи, а также волатильности и политизированности мирового рынка, старения квалифицированного персонала и ужесточения регулирования отрасли.

Согласно оценкам экспертов, существующие цифровые технологии могут обеспечить снижение затрат на добычу ориентировочно на 10%-20%. Кроме того, технически извлекаемые нефтегазовые ресурсы могут быть увеличены примерно на 5% по всему миру.

Согласно отчету МЭА, потенциальное влияние цифровизации в нефтегазовом секторе, вероятно, будет наибольшим для трудноизвлекаемых ресурсов нефти и сланцевого газа, при этом полная и частичная автоматизация процессов транспортировки и сбытовой деятельности, а также изменение корпоративных процессов также внесет существенный вклад в оптимизацию бизнес-процессов отрасли.

Угольная отрасль также сталкивается с повышающейся рыночной волатильностью и курсом на декарбонизацию и экологизацию потребления.

Политика декарбонизации создает вероятность падения спроса на уголь в долгосрочной перспективе (при условии отсутствии значительного прогресса технологий улавливания и хранения углерода (CCS)).

На этом фоне происходит усложнение проектов, повышение требований безопасности условий на производстве и рост новых клиентских ожиданий. Сложившиеся вызовы требуют от угольного комплекса повышения эффективности операций на всей цепочке: от шахты до потребителя, а также динамичности и гибкости при принятии управленческих решений.

В угольном секторе цифровизация позволяет улучшить геологическое моделирование, оптимизацию добычи и связанных с ней процессов, таких как автоматизация, предиктивное обслуживание техники, а также безопасность работников производства. Однако ожидается, что общее воздействие будет меньше, чем в других секторах ТЭК, кроме того, в ближайшие годы цифровые технологии вряд ли смогут революционизировать способ работы отрасли<sup>2</sup>.

Приоритетным направлением цифровизации угольной промышленности является развертывание систем интеллектуальных месторождений, отслеживания и учета углеродного следа, а также комплексов автоматизированных и автономных систем (таких как «безлюдный карьер»).

---

<sup>2</sup> Digitalization and energy 2017. – URL: <https://www.iea.org/digital/> (дата обращения 01.09.2019).

Топливо-энергетический комплекс, в отличие от телекоммуникационной индустрии, а также финтеха, туристической индустрии<sup>3</sup>, относится к консервативным в плане внедрения цифровых технологий индустрий. Это связано с длительностью возврата инвестиций, а также высокой значимостью в контексте национальной безопасности и социального благополучия вопросов надежности энергоснабжения и энергетической безопасности. Кроме того, среди энергетических компаний крайне мало «digitaly native» («рожденных цифровыми») предприятий.

Наиболее распространено развитие цифровой повестки в энергетическом комплексе в рамках инфраструктурных проектов, например, Умных городов, или технологических платформ (Индустрия 4.0, IoT платформ).

Так, цифровая повестка не является основной целью экономической политики Евросоюза, скорее она является эффективным средством обеспечения климатических, политических и экономических целей. Под руководством Европейской комиссии сформированы 10 ключевых приоритетных направлений развития<sup>4</sup>, наиболее важными из которых в контексте исследования являются «Энергетический союз и климат», а также «Единый цифровой рынок»<sup>5</sup>. Поддержка цифровой трансформации европейской промышленности закреплена как одна из важных задач индустриальной политики объединения. Основным курс на формирование Единого цифрового рынка и межиндустриальной цифровой повестки, а также амбициозные цели по Энергетическому переходу на «чистую энергетику» сосредоточены на устранении внутренних ограничений для торговли, обеспечении снижения углеродного следа экономики и снижении влияния энергетики на окружающую среду, а также формировании конкурентного преимущества в цифровой экономической среде.

Развитие цифровизации ТЭК напрямую зависит от создания цифровой экосистемы в целом по стране: готовности современной нормативно-правовой базы, отраслевых стандартов, инвестиционной привлекательности цифровых проектов и страны в целом, восприимчивости потенциальных потребителей технологий, наличия подготовленных кадров, технологической инфраструктуры и безопасного киберпространства, цифровой трансформации государственного управления.

## **1.2. Исследование мировой практики законодательного, методического и нормативного технического обеспечения процессов цифровой трансформации**

Не менее важным вопросом в формировании цифровой экономики становится формирование местной цифровой экосистемы, которая включает

---

<sup>3</sup>[Electronic resource]. – URL [https://www.capgemini.com/wpcontent/uploads/2017/07/the\\_digital\\_advantage\\_how\\_digital\\_leaders\\_outperform\\_their\\_peers\\_in\\_every\\_industry.pdf](https://www.capgemini.com/wpcontent/uploads/2017/07/the_digital_advantage_how_digital_leaders_outperform_their_peers_in_every_industry.pdf)

<sup>4</sup> [Electronic resource]. – URL: [https://ec.europa.eu/commission/priorities\\_en](https://ec.europa.eu/commission/priorities_en)

<sup>5</sup> Single Digital Market



прежде всего цифровую инфраструктуру, современную нормативно-правовую базу, отвечающую требованиям цифровой эпохи; безопасную и надежную цифровую экосистему, платформизацию сервисов и услуг, в том числе государственных.

Анализ существующих норм законодательства в области цифровой трансформации национальных экономик позволил выявить ключевые области нормативных усилий стран, способы поддержки и развития цифровых инноваций: формирование нормативной базы, стандартизация и переход к цифровому государственному управлению.

Важным элементом государственной политики становится формирование и обновление нормативно-правовой базы в ключевых областях цифровой экономики, таких как кибербезопасность, конфиденциальность данных, защита прав потребителей и интеллектуальной собственности, а также решение этических вопросов, возникающих в связи с развитием цифровых технологий и цифровыми нарушениями.

На текущий момент уже 28 из 30 предложений по изменению законодательства в сфере цифровой экономики Европейского союза по указанным направлениям были приняты Европейским Парламентом и Советом ЕС<sup>6</sup>.

В энергетике ЕС одним из приоритетных направлений цифровой политики является формирование единой онтологии и стандартов для энергетической и прочих отраслей, использующих интеллектуальные устройства в рамках SAREF (Smart Appliances REference ontology), позволяющей устройствам коммуницировать с любой управляющей системой. Стандарты отраслевых процессов в нефтегазовом секторе PIDX, способствующие развитию электронной коммерции в отрасли, охватывают 14 бизнес-процессов, которые включают в себя все перераспределения в нефтегазовой отрасли. На основе этих процессов формируются списки продукции, оборудования, классификации и систематизации предприятий, общее количество которых уже превышает 4000.

Германия, претендующая на статус мирового лидера процесса цифровой стандартизации, в январе 2019 года запустила многолетний проект по совершенствованию процессов стандартизации, цифровизации и информационной безопасности Projekt «Digitalisierung der Energiewende: Barometer und Topthemen». Кроме того, была разработана Стратегия стандартизации кроссекторальной цифровизации в условиях Энергоперехода (Standardisation Strategy for Cross-sector Digitalisation of the Energy Transition). Особую роль играет немецкая платформа Индустрии 4.0 The Plattform Industrie 4.0 – и сформированная в ее рамках Reference Architecture Model for Industrie 4.0 (RAMI4.0), а также «The administration shell».

Проведен анализ лучших мировых практик организации методического, технологического и нормативного обеспечения процессов цифровой трансформации на отраслевом, межотраслевом, национальном и глобальном уровнях, в том числе на базе платформенных решений.

---

<sup>6</sup> A Digital Single Market for the benefit of all Europeans July 2019

В том числе проанализированы:

разработка The Common Information Model (модель CIM) и ее формирование как единого стандарта в электроэнергетике;

деятельность комитета по стандартизации под названием Обмен данными в нефтяной промышленности (PIDX)(разработка и принятие стандартов, способствующих развитию электронной коммерции в нефтегазовой отрасли) как единой платформы стандартизации отраслевых процессов в нефтегазовом секторе;

развитие проекта «Зеленая кнопка» (Green button) как единого национального стандарта представления информации о потреблении энергии должно было создать условия для формирования взаимодействия энергетических компаний, производителей оборудования и поставщиков энергетических услуг;

разработка Industry foundation classes (модель IFC) в капитальном строительстве как единый отраслевой формат данных в качестве основы для информационного моделирования и обеспечения обмена информацией между участниками по всем аспектам и на протяжении всего жизненного цикла строительных проектов, в дальнейшем интегрированный в концепцию BIM (Building information modeling – информационное моделирование зданий);

разработка PODS – Стандарта открытых данных по трубопроводам - на платформе которой при непосредственном участии разработчиков, операторов трубопроводной системы и других участников отрасли обеспечивается поддержка и разработка единой унифицированной модели данных и др.

Анализ разработки этих моделей и стандартов, в которых реализованы нормативные и технические инициативы, и которые распространились по всему миру, позволил выделить их общие свойства:

- их распространение осуществляется на крупных рынках (электричество, строительство, трубопроводный транспорт) с развитой конкуренцией, при этом, как правило, степень вертикальной интеграции на таких рынках является относительно низкой;
- основа архитектуры модели - это семантическая модель данных и неиерархическая организационная структура ее развития;
- принцип открытости к участию всех заинтересованных сторон;
- использование универсальных инструментов, стремление к независимости и беспристрастности платформ;
- использование открытых разработанных платформ в качестве механизмов: язык UML, географическая информационная модель, механизмы передачи информации – World Wide Web Consortium.

Все эти проекты, хотя и реализуемые в различных отраслях, имеют общее: они представляют собой реализацию открытой, активно саморазвивающейся семантической системы, которая обеспечивает горизонтальную интеграцию вертикально неинтегрированных объектов в высококонкурентные области.

Проведенный анализ показывает, что первостепенное значение в создании рамочных условий процессов цифровой трансформации имеет организация площадок взаимодействия участников процессов, обеспечивающих необходимый институциональный фундамент. Наличие таких площадок для процессов цифровой трансформации во многом является ключевым. Данный инструмент позволяет консолидировать позиции участников для выработки оптимальных решений, из чего можно сделать вывод не столько о высокой значимости площадок взаимодействия как таковых, сколько о высоком значении качества их организации.

Механизм согласования должен позволять собирать и эффективно обрабатывать позиции как можно большего числа заинтересованных участников. В свою очередь данный функционал позволяет повысить качество формируемых на площадке консенсусных решений, что напрямую влияет на их нормативную силу. Наибольшая эффективность и устойчивость деятельности наблюдается на площадках, организованных на принципах открытости, который предполагает равный доступ к информационным источникам и механизмам взаимодействия для всех заинтересованных участников. Результаты работ, проведенных на площадках такого типа, также принципиально являются открытыми и непроприетарными, что способствует их широкому распространению.

Рассмотренные кейсы демонстрируют различные модели организации площадок взаимодействия: консорциумы компаний (площадка IFC – Industry Foundation classes), профессиональные ассоциации (Международная электротехническая комиссия), организации государственного сектора (Industrie 4.0, Robot Revolution Initiative). Применение того или иного подхода определяется задачами, стоящими перед площадкой, условиями ее функционирования, областью применения результатов ее деятельности. При этом общей характеристикой для всех площадок взаимодействия является четкая идентификация предметной области деятельности и однозначное определение целей проводимых работ.

К рамочным инструментам процессов цифровой трансформации можно отнести целеполагающие документы. Примерами таких документов служат стратегии, программы, концептуальные схемы. По широте охвата данные документы могут быть международными, сформулированными на наднациональном, национальном, региональном, отраслевом, корпоративном уровнях. В большинстве случаев данные документы раскрывают задачи, свойственные определенной предметной области через средства их решения, которые может предоставить цифровая трансформация.

Документами целеполагания определяются приоритетные направления развития цифровой трансформации, формируется его последовательность и интеграция со смежными процессами. Значительная часть проанализированных целеполагающих документов носит теоретический характер, формирует определенный понятийный аппарат и несёт, в определенном смысле,

идеологически-образовательную функцию. Принципиальную значимость данный инструмент имеет в вопросах координации участия различных субъектов в процессах цифровой трансформации, в особенности на ранних ее стадиях, когда уровень компетенций и осведомленности достаточно низок.

Разработка целеполагающих документов осуществляется на разных уровнях, в рамках различных образований, однако принципиальным свойством таких документов является их междисциплинарный характер, комплексный подход к определению ориентиров и взаимосвязь с процессами целеполагания в смежных сферах. Примерами целеполагающих документов из вышеописанных кейсов могут служить, в частности, Robot Revolution Initiative которая реализуется согласно «Стратегии развития отрасли робототехники», деятельность Industrie 4.0, которая соотносится с High Tech strategy 2020, стратегия Made in China-2025.

Другим важным инструментом, обеспечивающим координацию действий участников цифровой трансформации, является стандартизация. Сам по себе механизм стандартизации может иметь множество различных приложений. Так, стандартизация может быть распространена на процессы, на объекты, на компетенции. Последовательность, в которой перечислены направления стандартизации, неслучайна: она приведена в соответствии с усложнением процессов, подвергающихся трансформации.

Применительно к цифровой трансформации, можно отметить первостепенное значение таких областей стандартизации, как протоколы передачи данных, модели данных, референтные архитектуры. Выше приведены примеры SAREF (Smart Appliances REference ontology) – комплекса стандартов формирования единой онтологии и для интеллектуальных устройств, CIM модели, задающей общий «язык» и протоколы обмена данными в сфере электроэнергетики.

Во многом стандарты, формирующие фундаментальные и универсальные элементы координации, обеспечивающие согласованность в ходе производственных процессов, на сегодняшний день уже созданы и продолжают итерационно развиваться. В частности, можно отметить деятельность консорциума W3C, формирующего единые правила функционирования всемирной сети и OGC, осуществляющего стандартизацию в сфере геопозиционирования. Последующим этапом развития стандартизации является стандартизация цифровых объектов – данное направление развивается, в частности на площадке OMG, где формируются стандартные библиотеки объектов в различных предметных областях.

Стандартизация же компетенций, предположительно, на сегодняшний день, не получила существенного развития ввиду недостаточного развития информационных технологий, в частности технологий искусственного интеллекта. Отметим, что в описанных видах стандартизации можно наблюдать определенную закономерность: по мере усложнения процесса, направление стандартизации становится все более локальным, отвечающим специфическим требованиям сужающейся предметной области.

## **2. Исследование мировой практики в организации и управлении процессом цифровизации ТЭК**

### **2.1. Исследование типовых моделей и механизмов взаимодействия государства и бизнеса в цифровизации ТЭК**

Исследование мировой практики в организации и управлении процессом цифровизации энергетики на международном и национальном уровне, а также на уровне международных организаций продемонстрировало, что в зависимости от характеристик социополитической системы страны складываются различные модели взаимодействия между бизнесом и государством.- В исследовании рассматривается условная типология моделей взаимодействия, их ключевые свойства и основные инструменты.

По результатам проведенного анализа были выделены общие тренды: платформизация и цифровизация взаимодействия между государством и бизнесом, организация цифровой трансформации компаний и трудовых компетенций граждан. Ключевым фактором развития цифровой экономики в странах мира является понятная и устойчивая нормативно-правовая база и регуляторная среда, а также эффективность мер по снижению рисков бизнеса при имплементации цифровых технологий.

Развитию цифровых компетенций и бизнесов на конкретных территориях способствует образование территориальных технологических единиц – кластеров, хабов, экосистем и городов. В ходе исследования на примере стран ЕС, США и Китая были рассмотрены следующие способы организации взаимодействия с бизнесом: инновационные хабы, территории и кластеры, инструменты программы Horizon 2020, международные организации, международные инвестиционные фонды и международное сотрудничество, технологические платформы, он- и офлайн платформы, рабочие группы, модельные регионы, испытательные стенды, испытательные зоны, высокотехнологичные демонстрационные зоны, региональные сетевые организации, инновационные программы, ГЧП, технологические города, технологические и инновационные центры, «умные гранты», порталы информационно-технологического сопровождения, целевые фонды, бизнес-ассоциации, американская модель социальной ответственности, специализированные центры поддержки малого и среднего предпринимательства, программы развития инноваций в малых и средних предприятиях, инструмент представителя партии при производстве (Китай).

Немецкая модель взаимодействия государства и бизнеса характеризуется высокой степенью институционализации (промышленные союзы, регулярные рабочие группы, ассоциации), и эта особенность находит свое отражение в реализации концепции «Индустрия 4.0». Высокое значение малых и особенно средних предприятий, вносящих наиболее значительный вклад в экономику страны, а также преимущество высокой доли промышленности по сравнению с

другими странами Европы, обусловили специфику немецких институтов взаимодействия бизнеса и государства. Немецкие научно-исследовательские институты и университеты, в значительной степени финансируемые за счет государства, являются активными участниками взаимодействия бизнеса и государства.

Сильные отраслевые союзы (такие как Федеральный союз немецкой промышленности (BDI – Bundesverband der Deutschen Industrie eV), Немецкий конгресс торгово-промышленных палат (DIHK – Deutscher Industrie – und Handelskammertag) оказывают основополагающее влияние на индустриальную политику и процессы регулирования, формирование отраслевых стандартов по принципу «снизу вверх». При этом ГЧП в сфере Индустрии 4.0 используется все менее и менее активно, основной упор сделан на платформизацию взаимодействия, а также создание инфраструктуры поддержки МСП с сильной отраслевой экспертизой, площадок для отработки новых решений, а также поддержки для формирования международного взаимодействия.

Хотя немецкий опыт имеет большое значение для формирования национальных моделей взаимодействия государства и бизнеса других стран (особенно для выявления неэффективных механизмов и выделения перспективных), необходимо учитывать специфику социально-политического устройства страны (сильные отраслевые союзы, формирующие политическую и экономическую повестку) и высокую степень индустриализации экономики.

США, как один из пионеров в выявлении и своевременном устранении барьеров для перспективных отраслей промышленности и развития кластерных экосистем (таких как Силиконовая долина и Сан-Хосе), демонстрируют широкую цифровую повестку на федеральном уровне (широкий охват тем исследований и финансирования), которые позволяют идентифицировать перспективные отрасли и направления на довольно ранних этапах. В условиях патронажной, плюралистической модели взаимодействия государства и бизнеса, а также целевом показателе в виде темпов экономического роста, за государством закреплена роль «арбитра» и помощника в обеспечении глобальной экспансии местного бизнеса. Для этого работают институты «цифровых атташе» и торговых представительств, а местный бизнес стимулируется финансовыми инструментами. Министерство энергетики обеспечивает научно-исследовательскую разработку по широкому кругу тем, наиболее перспективные из которых используются для отрасли через финансируемые Национальные лаборатории и центры, а также ARPA-E (Advanced Research Projects Agency-Energy — Агентство передовых исследований в области энергетики).

Великобритания проводит последовательную системную политику по финансированию приоритетных решений для экономики как на уровне университетских и научных исследований (с четко разграниченным правом интеллектуальной собственности), ранней разработки решений и выхода на

коммерциализацию продуктов, а также активной поддержке местных производителей на международных рынках с одной стороны, и программы по привлечению инвесторов и талантов со всего мира с другой, а также вносит весомый вклад в интенсивное развитие инновационных и цифровых решений в экономике страны.

Государственные инвестиции в Великобритании рассматриваются как гарантия развития проектов, что привлекает активных частных и общественных инвесторов. Понятная регуляторная и финансовая среда (включая планы правительства по стимулированию технологических инноваций) формирует базу для благоприятного инвестиционного фона. Таким образом, государственные и частные инвестиции в науку и инновации становятся важным средством достижения устойчивого экономического роста страны, повышения качества жизни граждан, распространения новых технологий и совершенствования государственных услуг.

Эффективным акцентом государственной политики стало финансирование малого и среднего бизнеса, составляющего экономическую основу процветания экономики Великобритании, прежде всего за счет целевых грантов, проектов и помощи в построении межинституциональной кооперации и обучении.

Пример Китая показывает, что использование чистой административно-контролирующей модели не обеспечивает ожидаемых результатов, что приводит к постепенному внедрению элементов других моделей, акцент на переход не только к механизму ГЧП, но и к активному привлечению иностранных инвестиций через международные фонды сотрудничества.

Таким образом, для развитых стран преобладающей современной тенденцией является сокращение прямого государственного вмешательства

в инновационный процесс, в котором регулирование инновационных преобразований осуществляется посредством довольно широкого спектра косвенных мер стимулирования: за счет налоговых льгот, льготных кредитов, целевой поддержки МСП, формирования необходимой инновационной инфраструктуры и содействия в коммерциализации технологий. Важной частью государственной поддержки также является содействие в выходе на глобальные рынки, формирование партнерств с международными компаниями.

Пик использования ГЧП для развития экономики в развитых странах наблюдался в середине 2000-х годов, сейчас же эта тенденция перенимается развивающимися странами и активно используется целью развития инновационных и цифровых проектов. Сам механизм ГЧП претерпел значительные изменения за годы использования и может быть сформулирован различными способами в зависимости от готовности частных инвесторов к риску: от совместного финансирования с государством до сервисной модели, когда государство выплачивает ежемесячные взносы по уже введенным в эксплуатацию проектам. Фактически выбор эффективной модели взаимодействия

государства и бизнеса основывается на региональной специфике: способности бизнес-объединений формулировать и оказывать влияние на нормативную повестку, инвестиционной привлекательности страны, регуляторных рисков, а также того, какие акторы вносят наиболее значительный вклад в экономику страны, насколько она индустриализирована и т.д.

В настоящий момент наблюдается снижение доли ГЧП в развитых странах и формирование новых форматов для работы с бизнесом, например, «пространств регуляторных экспериментов» («регуляторных песочниц»), использования территориальных и кластерных механизмов для развития цифровой экономики. Кроме того, активно используется наличие финансируемых государством научных организаций и университетов, становящихся активными участниками трансфера технологий и разработки инноваций, и получающих также за счет взаимодействия с бизнесом опыт, позволяющий формулировать рекомендации для улучшения нормативной и регуляторной базы.

Важным элементом развития цифровой ТЭК является формирование центров компетенций и образовательных программ, направленных на цифровую трансформацию бизнеса, формирование новых навыков и профессиональную переподготовку сотрудников бизнеса. Государство может оказывать поддержку бизнесу через программы и инициативы, при этом их функционал не ограничивается финансированием: возможно оказание консультационной, организационной, юридической и технологической поддержки, обучение руководства и сотрудников, оказание помощи в поиске международных партнеров и рынков сбыта.

Совместная выработка нормативно-правовой базы и стандартов отрасли может осуществляться с разной степенью институализации: через временные или постоянные рабочие группы, центры компетенций и территориальные кластеры, взаимодействие с промышленными отраслевыми ассоциациями, союзами и иными формами кооперации, как часть ГЧП. Если государство создает территориальные центры развития технологий, тестовые площадки или особые регуляторные зоны, то в рамках их функционала закрепляется формирование рекомендаций на основе полученного опыта.

## **2.2. Определение типовых моделей организации финансового обеспечения процессов цифровой трансформации, механизмы господдержки проектов и стимулирования компаний**

В ходе исследования были рассмотрены следующие механизмы организации финансового обеспечения процессов цифровой трансформации: через государственные фонды и финансирование на ранней стадии, посредством партнерства между государством и компаниями (технологические партнерства, отраслевые сделки, ГЧП и проч.), путем предоставления займов и гарантий, налоговых льгот, финансирование грантов, целевых программ, призов,



исследований научно-исследовательских лабораторий, государственных предприятий, ВУЗов.

При реализации финансового взаимодействия ключевым элементом цепочки становятся механизмы контроля эффективного и целевого расходования средств, которые решаются по-разному: в ряде стран к государственному добавляется общественный контроль (например, в Германии), в условиях же усиленного государственного контроля, как это происходит, например, в Китае, используется специализированная платформа. Ключевым звеном остается достижение баланса между транспарентностью и отчетностью бизнеса и слишком сложными механизмами отчетности, которые снижают транзакционную эффективность проектов.

Перед лицом растущей технологической и корпоративной конкуренции в ТЭК традиционные заинтересованные стороны переориентируют часть своей научно-исследовательской и инновационной деятельности. Это, в свою очередь, имеет последствия для государственной политики: расширяется международное сотрудничество, обмен знаниями и межакторная и международная инновационная активность неуклонно растут.

Развитие конкурентоспособных технологий требует высокой скорости процессов прототипирования и тестирования, распространения на новые рынки и в новые области применения, адаптирования и разъяснения общественности и потребителям (например, новые процедуры использования и заправки электрических транспортных средств, индивидуальный контроль за энергоснабжением домохозяйств и новые промышленные методы)

Правительства являются жизненно важным источником долгосрочного стратегического финансирования НИОКР в энергетические инновации. Приобретенные знания могут быть использованы конкурентами при низких предельных издержках, а сами НИОКР имеют длительные сроки разработки и нередко является частью коллективного, совместного предприятия с участием нескольких организаций. Таким образом, инвесторы должны быть готовы нести высокие риски, подход должен быть стратегическим.

Несмотря на то, что венчурные фонды и фонды прямых инвестиций успешно идентифицируют технологии с высокой среднесрочной стоимостью, они менее успешны, чем стратегические долгосрочные инвесторы. В результате инвестиции в инновации активно распределяются в пользу других проектов, которые обеспечивают краткосрочные выгоды. Ввиду этой особенности, для привлечения в инновации частного сектора государством финансируются программы исследований на ранних стадиях, сопряженных с повышенным риском.

США, Великобритания и скандинавские страны имеют характерно сильное государственное влияние в области энергетических НИОКР, созданное благодаря сочетанию фискальных стимулов (налоговые льготы, кредиты, гарантии и займы и другие), рыночных инструментов и бюджетных ассигнований национальным

научно-исследовательским институтам и лабораториям, которые конкурируют за государственное финансирование. В этих странах работают программы, предусматривающие финансирование малых инновационных предприятий на ранних этапах развития, осуществляющие поддержку в коммерциализации приоритетных технологий.

Во многих странах правительства активно участвуют в государственно-частных партнерствах, кредитных гарантиях, инкубаторах и деловых сетях, формируют программы специальных налоговых режимов и других инструментов, способствующих инвестированию на ранних стадиях в развитие предпринимательства в области инновационных и цифровых решений в ТЭК. Кроме того, по приоритетным технологиям, недофинансированным частным бизнесом, государства осуществляют собственные исследования и разработки через сформированные институты.

В ведении Министерства энергетики США находится система национальных лабораторий мирового уровня, которые привлекают значительный человеческий капитал и способствуют развитию инноваций в стране, используются для решения стратегических, комплексных технологических задач в ТЭК, где усилий одних компаний может не хватать и требуется участие государства.

Наличие значительного финансирования ВУЗов в Германии используется федеральным правительством и землями для организации профильных исследований и разработок, а также усиления взаимодействия академических кругов, науки и промышленности, а также коммерциализации и трансфера технологий.

Великобритания переняла механизм так называемых секторальных сделок (сделка по ядерному сектору, сделка по оффшорной ветроэнергетике и др.), объединяющие правительство и бизнес для выработки общего видения для сектора и объединения обязательств частного и государственного финансирования для достижения эффекта масштаба и сокращения затрат на критические технологии.

Портфель государственных инвестиций в НИОКР может также включать венчурные инвестиции и начальное финансирование технологий, предшествующее частным финансам. Во многих странах правительства ведут активную деятельность в государственно-частных партнерствах, кредитных гарантиях, инкубаторах, фондах и деловых сетях, стимулирующих инвестиции в проекты на ранней стадии развития, а также непосредственно утверждают направления разработок через государственные программы и государственные научно-исследовательские лаборатории и институты.

Целевые и нецелевые налоговые льготы, предоставляемые широкому спектру участников (не только непосредственно компаниям, но и их инвесторам), создают благоприятные условия для развития инноваций, проектов и инвестиционного климата в стране.

Развитые страны снижают долю прямого финансирования и делают акцент на широкий спектр поддержки и стимулирования технологических инноваций в зонах «провалов»: разработке и внедрении новых технологий или усовершенствовании существующих, обучении на практике (процесс, с помощью которого инженеры и другие участники проекта делают дополнительные улучшения по мере того, как они получают больше опыта с технологией), расширении производства, стимулировании эффекта масштаба и оптимизации производственно-сбытовых цепочек, обмене знаниями между различными заинтересованными сторонами в различных секторах и регионах.

Роль государства в стимулировании технологических инноваций остается крайне важной и для ее обеспечения применяется широкий спектр финансовых инструментов стимулирования. При этом доля ГЧП снижается, на смену им приходят более высококонкурентные инструменты: призы, софинансированные гранты, целевые программы.

Прямая поддержка исследований в виде грантов, кредитов, налоговых льгот и льготных кредитов, а также не связанная с НИОКР поддержка бизнес-инноваций через поддержку и участие в венчурном капитале, создание благоприятного инвестиционного климата и помощь для МСП и стартапов, требуют сбалансированного подхода и целенаправленной политики, стимулирующей спрос и рынка цифровых технологий (например, механизмы ценообразования, государственные закупки, минимальная стандарты эффективности и обязательные целевые показатели), а также системной реализации. Ключевой целью государственной политики в области финансирования процессов цифровой трансформации является создание благоприятного инвестиционного и бизнес-климата, оказание непосредственной поддержки высокорискованных ранних стадий развития недофинансированных бизнесом технологий, а также коммерциализации инновационных продуктов, донесения их до конечных потребителей.

### **3. Исследование мировых практик внедрения цифровых решений и развития новых рынков, анализ прогнозов развития основных технологий цифровой трансформации в мире до 2035 года**

#### **3.1. Исследование лучших мировых практик внедрения цифровых решений и новых цифровых моделей организации деятельности, оказания цифровых сервисов в организациях ТЭК**

Следующим этапом анализа мирового опыта стало исследование лучших практик внедрения цифровых решений, продуктов и сервисов. В целях исследования были выделены следующие классы решений: обработка больших данных, предиктивная и предписывающая аналитика, промышленный интернет,

цифровые двойники, комплексы цифровых технологий, а также особенности стратегического целеполагания на уровне компаний.

#### Обработка больших данных

Большие данные представляют собой одну из самых быстрорастущих сфер информационных технологий, и ТЭК вносит весомый вклад в их развитие. Сектор сталкивается с задачей обработки чрезвычайно больших массивов геолого-геофизических данных, полученных в рамках инженерно-геологических изысканий, гидрогеологии, морской и нефтяной геологии, использующихся для прослеживания конфигураций пласта, обнаружения нефтяных ловушек, выявления конфигурации залежей и геологических свит, оптимизации их освоения. От скорости и качества обработки этих данных напрямую зависит скорость разработки месторождения и величина понесенных компанией затрат.

Работа с большими данными обуславливает высокие требования к мощностям по их обработке: энергетические компании запускают собственные ЦОД/ЦХОД (центры обработки и хранения данных) и суперкомпьютеры для эффективной обработки данных: например, суммарная вычислительная мощность компании Eni после выхода на пиковую производительность второго суперкомпьютера HPC4 составит 22.4 петафлопса .

При транспортировке по магистральным трубопроводам, на морских терминалах сбора нефти и транспортировке по газопроводам большие данные используются для хранения информации о перемещении нефти, газа

и нефтепродуктов, а также анализа данных о транспортировке, состоянии и локализации оборудования в режиме реального времени. Переработка и сбыт, как правило, применяет большие данные для оптимизации и автоматизации заправочных станций и минимизации финансовых рисков.

Другим направлением использования больших данных, уже в сфере электроэнергетики, является прогнозирование выработки ВИЭ. По данным BNEF, к 2017 г. системами прогнозирования ветро- и солнечной генерации занимались сразу несколько крупнейших мировых энергокомпаний, среди которых Enel, Iberdrola, Engie, EON, Exelon, Duke и State Grid. Большинство компаний развивают эту практику за счет собственных подразделений. Свой инструмент гибридного прогнозирования разработал компьютерный гигант IBM (Hybrid Renewable Energy Forecasting, HyRef). В 2008-2012 году был осуществлен проект Safewind , профинансированный Европейской комиссией в рамках 7-ой Рамочной программы в технологическом консорциуме ANEMOS (EDF, EirGrid, CSIRO, University of Oxford, University Complutense of Madrid и другие компании).

В интеллектуальных энергетических системах может осуществляться сбор данных из различных источников, например, от датчиков в электрической сети, библиотек технических параметров промышленного оборудования, метеорологических информационных систем, географических информационных систем, социальных сетей. Данные позволяют улучшить обслуживание

потребителей, повысить уровень их удовлетворенности, развить новые сервисы, обеспечить устойчивое функционирование энергосистемы .

Большинство компаний собирают данные из различных источников (датчики, демографические данные, данные из социальных сетей, геоинформационные системы и проч.). Поэтому интеграция и управление большими массивами данных имеют крайне важное значение для компаний. Сложность и разнообразие этой информации требует алгоритмических подходов, которые могут быть реализованы методами статистического анализа, бизнес-аналитики, интеллектуального анализа данных и средствами машинного обучения. Как правило, компании хранят информацию в виде реляционной базы данных (таких, как SQL Server) или в виде неструктурированных данных (например, текстовых или иных документов). Эта информация поступает из ИТ-инфраструктуры, подключенной к промышленным датчикам и средствам мониторинга окружающей среды.

Для интеграции и анализа данных требуются новые средства обработки, такие как in-memory платформы (такие как SAP, HANA, Oracle), Hadoop и NoSQL. Технологии этого класса снижают стоимость обработки данных и повышают эффективность анализа. В энергетической отрасли зачастую используются платформы, такие как IBM Open source InfoSphere platform, Microsoft Upstream Reference Architecture (платформа MURA), Oracle Architecture Development Process и проч.. Chevron апробировал концепцию Hadoop (IBM BigInsights) для процессинга сейсмических данных; Shell пилотирует Hadoop в частном виртуальном облаке Amazon (Amazon Virtual Private Cloud (Amazon VPC)) для анализа данных с сейсмических датчиков; Cloudera Seismic Hadoop project комбинирует Seismic Unix с Apache Hadoop; PointCross Seismic Data Server и Drilling Data Server используют Hadoop и NoSQL; норвежский Университет Ставангера (University of Stavanger) проводит исследовательскую деятельность по сбору данных на Hadoop .

Особое внимание в работе уделено технологии сейсмического мониторинга 4D ExxonMobil, результату технологического партнерства PII Pipeline Solutions и British Gas, опыту Seattle City Light по интеграции различных цифровых систем.

#### Предиктивная и предписывающая аналитика

Предиктивная аналитика тесно связана со сбором и анализом больших данных, интернетом вещей, а также с инструментами обработки больших данных. Алгоритмический анализ данных о функционировании производственных активов позволяет перейти к предиктивному обслуживанию, сокращающему и затраты на ремонт оборудования, и вероятность его поломки.

По данным BNEF, ведущие энергокомпании Европы, США и Юго-Восточной Азии активно занимаются развитием предиктивных систем для аналитики состояния своих активов в генерации и сетях. В генерации этот процесс находится на более продвинутой стадии, причем компании выбирают как

стратегию развития собственных «цифровых» подразделений, создающих и поддерживающих разработку, так и стратегию привлечения внешнего партнера.

Согласно данным Министерства энергетики США, внедрение технологий предиктивного обслуживания окупается в среднем 10 раз за период использования, при этом затраты на обслуживание снижаются на 25-30% (и до 50% для некоторых типов оборудования - например, турбин для ветрогенераторов), время на устранение поломок – на 70-75%, сокращение времени простоя – на 35-45%, также возможно 20-25-ти процентное увеличение производства. Директор Фонда развития интернет-инициатив в интервью приводит аналогичные цифры – по их оценкам, экономия от внедрения предиктивного обслуживания составляет около 20-30%.

В работе рассмотрены следующие проекты: системы предиктивной аналитики EDF Group, Tata Power, Exelon, система PresAGHO Enel Green Power, система CMMS PSE&G, разработка Google Deepmind, система Swhere.

Промышленный интернет и автоматизация оборудования (в т.ч. через управление из диспетчерского центра)

Под термином промышленного интернета подразумевается использование технологии больших данных в коммерческой сфере, предполагающее сбор информации с элементов промышленной инфраструктуры и её автоматизированную обработку, а также управление такими элементами, с целью повышения эффективности работы данной инфраструктуры. В ТЭК развитие промышленного интернета приводит к появлению целого пласта технологий и решений, существенно повышающих эффективность и открывающих возможности для структурной трансформации отраслей.

Цифровизация открывает новые возможности управления распределенной генерацией совместно с другими видами энергоресурсов. Автоматизация оборудования, возможность удаленного наблюдения за состоянием оборудования и дистанционного управления, распространение накопителей энергии и новых бизнес-моделей их использования, превращает потребителей в активных полноправных участников энергосистемы. Для угольной и нефтегазовой промышленности внедрение промышленного интернета позволяет не только снизить операционные расходы, повысить выработку, но и значительно улучшить условия труда и безопасности работников, используя безлюдные технологии для труднодоступных и опасных участков.

Отдельное направление составляет автономное и автоматизированное оборудование: буровые установки, роботы для проверки и ремонта подводной и удаленной инфраструктуры, осуществления мониторинга магистральных трубопроводов и резервуаров, беспилотные аппараты для проверки трубопроводов (которые часто распространяются по протяженным зонам) и труднодоступного оборудования (например, факельных установок или автономных офшорных морских объектов).

В работе рассмотрены следующие проекты: Центр беспилотных аппаратов EDF Group, Sensabot Shell, пилот системного оператора TenneT, энергокомпания Vandebroen и производителя домашних накопителей Sonnen, демонстрационный проект ЕС GRID4EU, в том числе запущенный проект STAR Iberdrola Group.

### Цифровые двойники

Цифровой двойник представляет собой виртуальную копию реального объекта, что позволяет реалистично моделировать не только сами изделия, но и процессы их сборки, строительства и эксплуатации в различных условиях. Цифровой двойник с максимальной точностью представляет в цифровом формате конфигурацию и состояние продукта (процесса, актива и т.д.) на протяжении его жизненного цикла: от проектирования и производства, внедрения или обработки, тестирования, до реализации или эксплуатации. В любой момент времени идентификатор цифрового двойника коррелирует с физическим оригиналом.

Цифровые двойники все более активно используются в самых разных локациях и областях применения: от нефтегазовых трубопроводов на Ближнем Востоке до ветряных турбин в Северном море. По данным GE Digital, на 2019 год в мире эксплуатируется более 1,2 миллиона цифровых двойников в различных отраслях. Цифровые двойники сегодня преимущественно используются для промышленных активов, которые генерируют много данных и подключены к промышленному интернету. Особенно это касается критической инфраструктуры компании. Простой оборудования приводит к значительным потерям прибыли, поэтому максимальное использование доступных данных и их анализ, позволяющий предсказать поведение активов, является производственной необходимостью.

В работе рассмотрено использование цифровых двойников на примере модуля Variation Analysis для Siemens Nanobox, опыт решения AEP Transmission, в рамках модели магистральной сети в American Electric Power (AEP), Enbridge.

Хотя цифровые двойники являются интеллектуальными системами, важно понимать, что они не всегда полностью автономны. Приложения на основе искусственного интеллекта и цифровые двойники по-прежнему требуют большого вмешательства человека, особенно в случаях, когда эти модели используются для тестирования новых функций и модификации параметров работы физических активов. В промышленности искусственный интеллект не всегда работает эффективнее человеческого. Человеческие навыки же, усиленные анализом и рекомендациями ИИ, показывают наилучшие результаты.

### Комплексные цифровые технологии

В нефтегазовой отрасли одним из примеров комплексной цифровой технологии является совокупность цифровых решений, применяемых для осуществления эффективной добычи нефти и газа - «цифровое месторождение». «Цифровое месторождение» (Digital oilfield and Integrated operations – DOF IO) может быть определено как решение, интегрирующее технологии, информацию,

персонал, процессы и организацию посредством данных реального времени, позволяющих повысить эффективность работ на всех этапах жизненного цикла месторождения.

В рамках работы были рассмотрены инициативы «цифровых месторождений» крупнейших мировых нефтегазовых корпораций активно: Shell (инициатива Smart Fields (Digital Fields)), BP (программа Field of the Future), Equinor (до 2018 г. Statoil ASA) со стратегическим направлением Integrated operations (IO).

Ключевую роль среди доступных цифровых технологий для повышения эффективности переработки нефти и газа играют решения, объединённые в категорию «цифровой НПЗ». Решение интегрирует технологии, информацию, персонал, процессы и организацию посредством данных реального времени, позволяя повысить эффективность работ на всех этапах жизненного цикла нефте(газо)перерабатывающего предприятия. В сфере переработки и сбыта нефти и газа рассмотрены следующие инициативы крупнейших мировых компаний: Honeywell UOP – Connected plant platform, McDERMOTT Lummus, приложения ExxonMobil SpeedPass+, BPme, приложение TapUp.

Электроэнергетика во многих отношениях демонстрирует опережающие другие отрасли ТЭК темпы цифрового развития. Так, текущее состояние цифрового развития электроэнергетики можно охарактеризовать развитием концепции Smart Grid – «Умная сеть». Концепция определяет следующие характеристики электроэнергетической системы: интегрированная электроэнергетическая система, обладающая возможностями саморегулирования и самовосстановления, имеющая сетевую топологию, в составе генерирующих источников, передающих и распределительных сетей, потребителей электрической энергии. Управление «умной сетью» осуществляется единой сетью информационно-управляющих устройств и систем в режиме реального времени.

Ключевыми технологическими инновациями при реализации концепции «умной сети» являются следующие решения: активный потребитель, виртуальная электростанция, распределенная система накопления электроэнергии, решения Интернета энергии.

В работе рассмотрены решения, объединенные платформой PREDIX и EcoStruxure, компаний Enel, SICAE, технологического консорциума ITOCHU, TRENDE, NF Corp. и MOIXA.

В угольной отрасли к комплексным технологиям можно отнести «Цифровую шахту» и «Цифровой карьер». В рамках этих систем осуществляется интегрированное использование данных, поступающих от оборудования, систем управления персоналом, баз данных, систем предиктивной аналитики и других посредством программных решений, реализованных на различных устройствах (в том числе мобильных). В качестве примера рассмотрена инициатива Rio Tinto «Mine of the future». Результатами инициативы является начавшееся внедрение автономных карьерных самосвалов – 130 машин, составляющих около 50% всего



парка, пилотные испытания автономной железной дороги, а также развертывание семи автономных комплексов проведения горных работ. Для интегрированного управления цифровыми проектами развивается платформенная система Rio Tinto Mine Automation System. 1.4.5 Стратегическое целеполагание на уровне компаний.

По результатам анализа стратегий Equinor, BP и Shell, цифровое развитие не обозначается как отдельное направление деятельности, а относится к фундаментальным принципам ведения бизнеса, наряду с управлением качеством, экологической и промышленной безопасности. Более того, обобщающие «зонтичные» проекты, в том числе по созданию «интеллектуальных» месторождений, постепенно уступают место локально реализуемым технологическим решениям, закрывающим конкретную технологическую потребность. Структурно такие проекты как правило объединяются в единое организационное подразделение и инвестиционный портфель, который формируется в соответствии со стратегическими целями компании. Описанная особенность организации цифрового развития в ведущих мировых нефтегазовых компаниях с определенной вероятностью свидетельствует о том, что этап первичного целеполагания цифрового развития является на сегодняшний день в значительной степени завершенным.

В электроэнергетическом секторе особое внимание уделяется формированию децентрализованного и персонализированного энергосервиса, распространению интеллектуального учета, просьюмеров и интеллектуальных энергетических систем, развитию ВИЭ. В работе рассмотрены стратегические документы EDF, правительства Шотландии Scottish Energy Strategy: the future of energy in Scotland и др.- Несмотря на то, что цифровые технологии вносят значительный вклад в развитие ТЭК, ключевые эффекты для отрасли кроются в новых моделях организации деятельности, новых рынках и сервисах. Смена бизнес-парадигмы и переход на клиент-ориентированные технологии, наряду с повышением активности потребителей на энергетических рынках обусловили запрос на модели организации компаний, позволяющие улучшить горизонтальную коммуникацию (такие как матричная система организации труда (гибридная система управления, построенная на административном и функциональном подчинении), использование платформ и социальных сетей, рассмотренные в исследовании), повысить скорость принятия решений и внедрения новых продуктов и сервисов. В рамках современных корпоративных и государственных приоритетов выделяются пользователь-центрические коммуникации (в том числе через выстраивание цикла коммуникации с клиентом через «customer journey» ), особое внимание уделяется изменению подходов к организации деятельности по выработке решений и разработки новых сервисов, услуг и продуктов. Популярность в коммерческой среде заслужили новые динамические методологии управления проектами и разработки программного обеспечения в компании (такие как Agile, «бережливого производства» Lean и другие).

Клиенториентированность новых бизнес-моделей предопределяет их структуру и способ организации: компания формирует ценностное предложение, направленное на решение предсказанной потребности клиента, а также осуществляет своевременную доставку, организуя потоки доходов, находящиеся в прямой зависимости от времени использования продукта клиентом.

Ключевым источником создания стоимости для компаний становится быстрая обработка больших данных в условиях высокого количества транзакций в режиме реального времени. Анализ больших данных позволяет изучить цифровой портрет потребителей и паттернов их экономического и социального поведения. В свою очередь, данные о клиентах и оборудовании становятся основным цифровым активом компаний, а доступ к большим их массивам повышает оценку их рыночной стоимости.

### **3.2. Определение существующих и исследование возможности появления новых рынков энергетической продукции и услуг**

Становление цифровой экономики и развитие цифровых систем позволяет сформировать новые ценностные предложения в цепочке использования энергоносителей. Со стороны спроса можно выделить три новые категории рынков:

- Интеллектуальные города, здания, интеллектуальное теплоснабжение (и охлаждение) и энергоснабжение;
- Мобильность как сервис;
- Новые модели ценообразования и продукты.

Цифровые технологии не только формируют новые продукты и сервисы, но и позволяют внедрять платформы и торговые площадки, позволяющие осуществлять коллективное управление разнообразными взаимосвязанными активами, изменять способ использования ресурсов и ведения бизнеса в секторе, развивать уже существующие торговые площадки и биржи.

Новые платформы могут предоставлять данные и возможности подключения для просьюмеров, готовых участвовать на электроэнергетическом рынке, балансировать спрос и предложение электроэнергии, систем интеллектуального управления в зданиях, накопителях и электромобилях. Такая динамика может также наблюдаться и в газовом секторе с потенциальным развитием местных источников зеленого газа и интеллектуальных счетчиков. Существуют различные оценки того, в какой степени потребители станут просьюмерами в ЕС: так, по данным CE Delft, к 2050 году такую роль на себя могут взять до 83% домохозяйств.

Цифровые, и в том числе децентрализованные платформы и рынки формируют пласт новых бизнес-моделей, опирающихся на централизованную и децентрализованную, потенциально многоуровневую или одноранговую торговлю с участием покупателей, новых участников и посредников (или, напротив, устраняя необходимость в посредниках) и существующих участников рынка. Многие из этих

цифровых рынков на текущий момент находятся на ранних стадиях развития, и определить бизнес-модели, которые будут успешными в будущем, достаточно проблематично. Некоторые из уже существующих бизнес-моделей фокусируются на эффективном балансировании спроса и предложения «за счетчиком» (в зданиях или домохозяйствах, потребительских источников энергии), а не на оптовых, балансирующих или вспомогательных рынках. Кроме того, в некоторых случаях сама обеспечивающая транзакции и коммуникацию технология находится на ранних стадиях развития.

В рамках работы были проанализированы два ключевых типа платформ в области новых и перспективных рынков продуктов и услуг: одноранговые платформы и торговые площадки для обеспечения услуг «гибкости» в энергосистемах («flexibility marketplaces»).

Цифровые технологии могут обеспечить следующий спектр ценностных предложений, потенциально интересных для потребителя: снижение затрат, повышение удобства, предоставление выбора, обеспечение участия потребителей.

Внедрение цифровых технологий создает условия для повышения эффективности и ожидается, что они снизят затраты на эксплуатацию существующей системы и поддержат эффективную реализацию предстоящей цифровой трансформации. Снижение счетов для конечных потребителей зависит от эффектов от цифровизации, превышающих и компенсирующих инвестиции, необходимые для перехода на цифровые системы. Для крупных генераторов и сетевых хозяйств могут быть получены чистые выгоды от инвестиций в системы сенсоров и цифровые технологии для повышения производительности, а информированность потребителей и более эффективные и удобные средства управления потреблением могут повысить энергоэффективность домохозяйств.

Повышение удобства потребителей в результате использования тех или иных технологий также является ценностным предложением на рынке. Повышение удобства от использования цифровых технологий подразумевает том числе снижение количества итераций, требуемых для осуществления какой-либо функции, времени оказания услуг или количества посредников. Так, мобильные платежи позволяют оплатить счета за электричество посредством автоплатежа или через интернет, без необходимости визита в банк или сбытовую компанию. Интеллектуальные здания могут принести повышенный комфорт, гарантируя, что температура и освещение в домах соответствуют потребностям и предпочтениям потребителей именно в то время и в той мере, в какой это им требуется.

Выбор за счет предоставления возможности доступа к новым продуктам и услугам, а также среди их поставщиков подразумевает более широкий выбор цен, продуктов, услуг и их сочетаний. На конкурентных розничных рынках потребители, наиболее вероятно, будут выбирать между динамическими ценами, фиксированными ставками для ограниченных уровней потребления, оплатой по мере поступления (PAYG) или продуктами, объединяющими потребление с

предоставлением оборудования, устройств или активов. В условиях ценового многообразия и высокого количества участников рынков растет роль сайтов сравнения цен и предоставляющих коммутационные услуги. Они же становятся источниками данных для изучения паттернов поведения потребителей, развития рынков и другой отраслевой, сегментной и персонализированной аналитики, позволяющей продвигать продукты, сервисы и услуги.

Выбор также подразумевает под собой возможность учета предпочтений потребителей относительно экологичности и типа источников энергии. На некоторых европейских розничных рынках потребители уже могут указывать свои предпочтения в отношении возобновляемых источников электроэнергии. Потенциальное развитие «зеленых сертификатов» на газ, электроэнергию и сертификатов на «углеродный след» продуктов и услуг (таких, как, например, авиаперевозки) также может способствовать развитию выбора и потребительских ценностей в энергетическом секторе.

Использование цифровых технологий повышает спрос на персонализированные предложения, корректный маркетинговый анализ. Наряду с все более активным потребительским поведением повышается спрос на данные о поведении потребителей, их выборе и предпочтениях, паттернах и специфике потребления. Эти данные позволяют интегрировать энергетический рынок в более широкий рынок данных и усилить интеграцию различных отраслей, расширив коммерческие возможности по предоставлению дополнительных и сопутствующих услуг.

Цифровизация может способствовать более активному участию потребителей в розничном рынке энергоресурсов (электроэнергии, газа и биогаза, топлива и биотоплива). Наибольший потенциал монетизации за счет повсеместного использования цифровых технологий приходится на категорию пассивных потребителей, на текущий момент не вовлеченных в рынок и демонстрирующих неактивное поведение (например, не менявшие поставщика электроэнергии, если это возможно). Согласно Clean Energy Package, к активным потребителям относятся имеющие собственные объекты генерации или принимающие участие в рынке посредством платформ или через посредников (агрегаторов или поставщиков энергетических услуг). Активные потребители (в том числе просьюмеры) могут управлять потреблением, генерацией и хранением электроэнергии, а также нанимать посредников для осуществления решений о переключении поставщиков, услуг по энергоменеджменту, интеграции электромобилей и подключенных устройств и управлению ими, а также других сервисов. Наиболее вероятно, что движущей силой для активности потребителей, скорее всего, будет степень экономии затрат, ценность удобства и комфорта предлагаемых продуктов, а также активность государства по обеспечению поддержки наиболее приоритетных решений

## Влияние цифровизации на рынки и способы организации деятельности в ТЭК

Цифровые технологии стали движущей силой появления новых сервисов и рынков. На первый план вышла скорость принятия решений и обработки данных. Новые сервисы, в свою очередь, развиваются в русле платформизации, интероперабельности и мультиагентности. При этом все более широкие круги потребителей оказываются задействованными в прямой и горизонтальной коммуникации с государствами и компаниями, и цифровые технологии предоставляют участникам эту техническую возможность.

Государства используют платформенный подход для организации работы широкого круга заинтересованных сторон: так, инновационно-технологические платформы (European Technology & Innovation Platforms (ETIPs)) Европейской комиссии объединяют государство, науку и бизнес. Энергетический кластер этой платформы генерирует рекомендации по поддержке цифровой трансформации энергетики и энергетического перехода. Аналогичную функцию выполняет немецкая платформа Индустрии 4.0. Посредством платформ некоторые государства переходят на подход «открытых данных» (open data). Так, Национальная комиссия по энергетике Чили (National Energy Commission of Chile) внедрила систему открытых энергетических данных (Open Energy platform (Energía Abierta))<sup>7</sup>, а японское Министерство охраны окружающей среды (The Ministry of the Environment) внедряет систему, главной целью которой является поощрение низкоуглеродного потребительского поведения<sup>8</sup>. Оба решения осуществляются на базе систем распределенных реестров. Платформизация взаимодействия характерна также и для промышленности различных отраслей, вынужденных интегрировать различные цифровые решения.

В условиях цифровизации ключевым свойством систем становится их интероперабельность (англ. interoperability—способность к взаимодействию) - способность продукта или системы, интерфейсы которых полностью открыты, взаимодействовать и функционировать с другими продуктами или системами без каких-либо ограничений доступа и реализации. Успешная интеграция систем – необходимость в условиях роста структурной сложности выпускаемых продуктов: так, Boeing использует около 2500 различных приложений инженерного программного обеспечения, а Airbus - порядка 2000. Результатом интеграции широкого спектра цифровых систем и технологий становятся цифровые месторождения, цифровые карьеры, цифровые НПЗ.

Распространение горизонтального взаимодействия энергетических стейкхолдеров происходит также на базе децентрализованных систем. Этому способствует запрос на активное участие просьюмеров и потребителей в

---

<sup>7</sup> Chile's energy regulator to use Blockchain. – URL: <https://www.pv-magazine.com/2018/02/27/chiles-energy-regulator-to-use-blockchain/> (дата обращения 29.09.2019).

<sup>8</sup> Ministry of the Environment Government of Japan. – URL: <https://www.env.go.jp/en/> (дата обращения 29.09.2019).

энергосистеме, а также активная государственная поддержка возобновляемой генерации и интеллектуальных сетей и энергосистем, а также растущий запрос на интеграцию широкого круга участников энергорынка. Применение распределенных реестров в мировой практике широко представлено: одноранговая торговля между участниками рынка, в том числе просьюмеров, платежные системы, системы по агрегации спроса и генерации, решения для инвестирования, комплексные платформы для межмашинного взаимодействия в интеллектуальной подключенной среде и других решений по автоматизации экономической деятельности и прямого взаимодействия.

Блокчейн привлекает широкий круг участников и инвесторов – от небольших стартапов, до крупных корпораций и национальных правительств. В исследовании представлены ключевые примеры участников блокчейн-проектов энергетической отрасли: в том числе Минэнерго США, Ponton, Enel, RWE и др. На основании проведенного анализа международного опыта определен фокус инвестиций государственных инвесторов. Как правило, к ним относится разработка программного обеспечения, в том числе решения типа «блокчейн-как-сервис» (blockchain-as-a-service), торговые площадки и платежные решения.

Активность государств, прежде всего США и Евросоюза, позволяет предположить, что к началу 2020 года будут даны взвешенные оценки об областях применения технологии распределенных реестров в ТЭК и их коммерческой обоснованности в соответствующих региональных условиях.

Формирование цифровой экономики подталкивает компании в энергетическом секторе искать новые продукты и сервисы: «disrupt or be disrupted» (англ., «используй подрывную инновацию, или подрывная инновация разрушит тебя»). Среди них в исследовании рассматриваются сервисные модели обслуживания, «как сервис»-модели (например, программное решение Software-as-a-Service (SaaS), инфраструктура Infrastructure-as-a-Service (IaaS), интегрирующая платформа (PaaS) и другие), краудсорсинговые и краудфандинговые модели, API-сервисы.

По результатам проведенного анализа и рассмотрения каждой из категорий было выявлено смещение акцента на технически возможный в современных условиях персонифицированный подход к клиенту и потребителю. При этом стоит отметить, что агрегация потребностей и запросов потребителей (например, через компании-агрегаторы, децентрализованные и краудсорсинговые платформы) позволяет сделать их объединенной и значимой силой на рынке, с которой нужно считаться как компаниям, так и государству.

Рост сложности, скорости и дифференциации технических систем и технологических процессов обуславливают необходимость кооперации в технологических партнерствах, примеры и особенности которых рассмотрены в исследовании, для совместного поиска решений и ответов на технологические вызовы для корпоративных игроков.

Ключевой ролью государства становится предоставление возможности развития новых сервисных рынков, поддержка открытых и горизонтальных коммуникаций, обеспечение правил игры и технических стандартов, а также точечное стимулирование стратегических и перспективных для экономики технологий, не получивших достаточной поддержки от стейкхолдеров рынка.

### **3.3. Анализ состояния и прогнозов развития основных технологий цифровой трансформации в мире до 2035 года**

Рассмотрены наиболее знаковые исследования по вопросам цифрового развития, в частности, цифрового развития топливных и энергетической отраслей. Это системные прогнозы развития цифровых технологий, осуществляемые в рамках Smart4Europe – Initial Technology and Innovation Radar (Европейский технологический радар) и Gartner hype cycles (Циклы зрелости технологий), которые на перспективу 2025-2030 гг. оценивают перспективы развития ключевых технологий, в том числе цифровых. Результаты анализа представлены в разделе 3.4.

Совокупность приведенных количественных и качественных оценок в этих прогнозах позволяет достаточно объективно охарактеризовать рынки решений цифрового развития и их динамику.

Сделан анализ состояния и перспектив развития рынков Интернета вещей (прогнозируется рост в 2-2,5 раза за 5-7 лет), сенсоров для Интернета вещей (в 4-5 раз за 6 лет), решений по Большим данным – в 2,5 раза за 8 лет, облачных решений – в 1,5 раза за 4 года, прикладных решений технологий виртуальной и дополненной реальности – более чем в 7 раз за 4 года, средств связи, в особенности беспроводной – почти в 3 раза за 4 года.

Ожидается рост инвестиции в решения, применяющие искусственный интеллект, за 3 года более чем в 2 раза.

### **3.4. Мировой технологический радар**

Анализ состояния и прогнозов развития цифровых технологий в мире позволил сформировать целостную картину состояния и ожидаемых перспектив (на ближайшие годы и в долгосрочной перспективе) цифровых технологий.

В качестве источников в рамках данного исследования использованы:

1. Данные Европейского технологического радара (European technological radar);
2. Опубликованные аналитические отчеты мировых экспертов, научных и экспертных организаций (Gartner, Accenture и т.д.);
3. Документы Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации;
4. Данные Агентства стратегических инициатив;
5. Данные ведущих российских институтов, в том числе: Сколково, Московского университета им. М.В. Ломоносова, РЭУ им. Г. В. Плеханова, ВШЭ, ОмГТУ и др.

Для составления списка цифровых технологий учитывались все технологии, предложенные одним или несколькими авторитетными источниками, дорожными картами и технологическими радарными, зарубежных государств и компаний. Технологии не исключались из списка, за исключением некоторых технологий раздела «Новые производственные технологии», если они были неотделимы от специфичной для нее отрасли (например, медицина).

Для удобства анализа всей совокупности технологий они были сгруппированы по принципу технического родства (программное сходство, схожие инструменты, цели и т.д.) В основу группировки был положен принцип МЕСЕ (ВИСИ) – Взаимно Исключающие (ВИ) Совместно Исчерпывающие (СИ).

В результате было получено шесть кластеров технологий, объединенных по принципу родства теоретического обоснования и методов практической реализации.

- Технологии виртуальной и дополненной реальностей
- Искусственный интеллект
- Большие данные
- Автоматизация бизнес-процессов
- Новые прикладные и производственные технологии
- Промышленный интернет (сети и распределенные технологии)

Отдельные технологии каждого кластера называются субтехнологиями.

Для оценки текущего уровня зрелости субтехнологий в мире для целей настоящего исследования все они были классифицированы согласно "ГОСТ Р 58048-2017 Трансфер технологий. Методические указания по оценке уровня зрелости технологий", что соответствует мировой общепринятой практике по классификации уровня зрелости технологий.

Указанные в ГОСТ уровни развития технологической, промышленной готовности и рыночной готовности (критерий оценки, не фигурирующий в ГОСТ, но, использующийся в последних исследованиях «Роскосмоса») были объединены в следующие «Уровни зрелости», комплексно отражающие уровень развития технологии:

1. Зрелая, широко используемая
2. Зрелая, внедрение
3. Разработка, внедрение
4. Молодая технология
5. Технология следующего поколения (технологии будущего 1)
6. Прогнозируемая технология (технологии будущего 2)

Подробная схема соотношения уровней УГТ и УГП приведена в таблице 1.



Таблица 1 – Уровни зрелости технологий, промышленной готовности, готовности рынка

Группа зрелости	Уровни зрелости технологий по ГОСТ	Уровни промышленной готовности по ГОСТ	Уровни готовности рынка
Прогнозируемая технология (Технологии будущего 2)	УГТ1: Основные принципы технологии изучены и опубликованы	УГП1: Определены основные факторы, влияющие на производство	УГР1: Определение потребности рынка в данной технологии на основании отчета аналитических агентств и статистики спроса на данную технологию
	УГТ2: Концепция технологии и/или ее применения сформулированы	УГП2: Определена концепция производства	УГР2: Сформировано ценностное предложение. Определение критических параметров для реализации технологии в условиях существующего рынка.
Технология следующего поколения (технологии будущего 1)	УГТ3: Критические функции и/или характеристики подтверждены аналитическим и экспериментальным путем	УГП3: Подтверждена производственная концепция	УГР3: Изучение конкурентности рынка на долю присутствия на рынке иностранных технологий и внутренних компаний. Изучение конкурентной среды (соотношение спроса и предложения)
Молодая технология	УГТ4: Компонент и/или макет испытаны в лабораторном окружении	УГП4: Достигнута возможность изготовления технических средств в лабораторных условиях	УГР4: Проведение тендеров. Определение поставщиков и партнеров, выбор ценовой политики. (Формирование будущих участников рынка)
	УГТ5: Компонент и/или макет испытаны в окружении, близком к реальному	УГП5: Достигнута возможность изготовления прототипов компонентов систем в соответствующих производственных условиях	
	УГТ6: Модель системы/подсистемы или прототип продемонстрированы в окружении, близком к реальному	УГП6: Достигнута возможность изготовления прототипов систем или подсистем в соответствующих производственных условиях	УГР5: Сформированная готовая бизнес-модель. Запуск производств.
		УГП7: Достигнута возможность изготовления систем, подсистем или их компонентов в условиях, близких к реальным	УГР6: Сформированы точные спецификации продуктов. Производителями продемонстрирована готовность технологии к выпуску на рынок.
Разработка, внедрение	УГТ7: Прототип системы продемонстрирован в условиях эксплуатации	УГП8: Испытана пилотная производственная линия, достигнута готовность к началу мелкосерийного производства	УГР7: Предварительный вывод технологии на рынок.
Зрелая, внедрение	УГТ8: Реальная система завершена и квалифицирована в ходе испытаний и демонстрации	УГП9: Успешно продемонстрирована возможность мелкосерийного производства, подготовлена база для полномасштабного производства;	УГР8: Активное внедрение технологии. Оработка замечаний заказчиков.
	УГТ9: Реальная система подтверждена путем успешной эксплуатации (достижения цели)		
Зрелая, широко		УГП10: Продemonстрировано	УГР9: Технология широко распространена на рынке

Группа зрелости	Уровни зрелости технологий по ГОСТ	Уровни промышленной готовности по ГОСТ	Уровни готовности рынка
используемая		полномасштабное производство, внедрена практика бережливого производства	

Для каждой субтехнологии оценивались уровень технологической проработанности, степень промышленной готовности и оценка готовности рынка.

Уровень зрелости/готовности технологии в мире оценивался по всем трём показателям сразу. В случае расхождений или невозможности точной оценки рынка оценка зрелости субтехнологии осуществлялась по уровню разработки и промышленной готовности. Необходимая информация для анализа состояния каждого из трех элементов оценки технологии (технологическая, промышленная и рыночная готовности) собиралась из источников, перечисленных выше, включая материалы, доступные в сети интернет, а также документы компаний, являющихся лидерами по внедрению/использованию какой-либо технологии.

Приведены ссылки на источники, на основании которого поставлена оценка для каждой технологии. Как правило, в этих же источниках представлена информация по кратко- среднесрочной (2-5 лет) перспективе субтехнологии.

Для более долгосрочной перспективы (до 2030-2035 гг.) формировалась приблизительная оценка будущего уровня зрелости исходя из оценок прогнозов аналитических агентств, прогнозов научных институтов и т.д. В случаях, когда авторитетные источники не давали по конкретной технологии каких-либо прогнозов, оценка осуществлялась исходя из нижеследующих соображений.

Во-первых, для «Новых производственных технологий» уровень зрелости понижался на 2-4 уровня. По статистическим данным по производственным технологиям (с 1950-х по настоящее время) среднее время развития технологии от появления до реализации находится в диапазоне 5-15 лет, что позволяет уверенно предсказать полноценное развития всех прикладных производственных технологий на горизонте до 2035 года.

Во-вторых, для остальных технологий, не относящихся к «Новым производственным технологиям», уровень зрелости понижался не более чем на 1 ступень по отношению к уровню, оцененному на среднюю перспективу, кроме случаев, когда имеется оценка/прогноз аналитических агентств или научных институтов – в этом случае принимались указанные данные.

Уровень зрелости технологий, входящих на сегодня в группы 1 (Зрелая, широко используемая) и 2 (Зрелая, внедрение), в перспективе до 2030-2035 гг. уровень определялся как 1 (Зрелая, широко используемая), исходя из предположения, что их технологическая «деградация» невозможна.

Уровень зрелости технологий, входящих на сегодня в группы 5 (Технология следующего поколения (технологии будущего 1)) и 6 (Прогнозируемая технология (технологии будущего 2)), к 2030-2035 гг. определялся как пониженный не более чем на 1 ступень по отношению к ближайшей перспективе, кроме случаев, когда

оценка/прогноз аналитических агентств или научных институтов определяет иную оценку уровня будущей зрелости.

Приведены результаты проведенных оценок по каждой из 143 сквозных технологий.

#### **4. Определение целей и задач цифровой трансформации в отраслях ТЭК России в системе современных и будущих политических, технологических, экономических, организационных и социальных вызовов, возможностей, угроз и ограничений**

##### **4.1. Современные и будущие политические, технологические, экономические, организационные и социальные вызовы, возможности, угрозы и ограничения**

Проделан детальный анализ всех глобальных и страновых вызовов (экономических, политических, технологических, организационных и социальных), в том числе с учетом указанных в документах стратегического планирования (Национальные цели и стратегические задачи развития Российской Федерации на период до 2024 года; Доктрина энергетической безопасности России; Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации; Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 — 2030 годы; О создании государственной системы обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак на информационные ресурсы Российской Федерации; О безопасности критической информационной инфраструктуры; Проект Энергетической стратегии Российской Федерации до 2035 года; Программа «Цифровая экономика Российской Федерации»).

Среди глобальных экономических вызовов наиболее существенными для целеполагания цифровой трансформации ТЭК, являются:

- формирование новой архитектуры мировой экономики, создание новым международных альянсов с политизацией экономических решений;
- усиления конкуренции стран и экономических союзов на международных рынках;
- усиления роли климатической повестки;
- смещения точек экономического роста в Азиатско-Тихоокеанский регион.

Основными угрозами для российского ТЭК, возникающими под влиянием глобальных экономических вызовов и важными для целеполагания цифровой трансформации ТЭК, являются:

- изменение конфигурации и ужесточение конкуренции на мировых топливных рынках,
- рост стоимости топлива и падение инвестиционной привлекательности топливных отраслей,

дискриминация организаций российского ТЭК на мировых энергетических рынках.

Среди основных глобальных политических и социальных вызовов, важных для целеполагания цифровой трансформации ТЭК, можно отметить:

- нарастание глобальной политической и социальной нестабильности;
- использование энергетической и цифровой инфраструктуры как инструмента политического влияния;
- политизация видения будущего.

Основными угрозами для российского ТЭК, порождаемыми глобальными политическими и социальными вызовами и важными для целеполагания цифровой трансформации ТЭК, являются:

- использование разнообразных инструментов политического давления для ущемления интересов российского ТЭК;
- рост угрозы безопасности энергетической и информационной инфраструктуры.

Среди основных глобальных технологических вызовов, влияющих на целеполагание цифровой трансформации ТЭК и важных для целеполагания цифровой трансформации ТЭК, можно отметить:

- стремительное развитие «подрывных» направлений технологического развития, включая информационно-коммуникационные;
- определяющее значение в конкуренции на энергетических рынках приобретает технологическое первенство.

Основными угрозами для российского ТЭК, порождаемыми глобальными технологическими вызовами и важными для целеполагания цифровой трансформации ТЭК, являются:

несоответствие механизмов инновационного развития в российском ТЭК современным вызовам;

чрезмерная зависимость российского ТЭК от импорта энергетического оборудования и цифровых технологий;

недостаточный уровень защищенности энергетической и информационной инфраструктуры от незаконного вмешательства.

Внутри России также усиливаются новые вызовы и угрозы, которые могут оказать влияние на целеполагание цифровой трансформации ТЭК.

Наиболее существенными среди них являются:

- стагнация спроса на энергоресурсы;
- старение фондов и снижение качества сырьевой базы ТЭК;
- неразвитость системы стимулирования и поддержки инновационного развития, дополнительные сложности научного и технологического развития в условиях санкций.

В соответствии со стратегическими документами, ключевыми угрозами для российского ТЭК, порождаемыми внутрироссийскими вызовами и важными для целеполагания цифровой трансформации ТЭК, являются:

зависимость отраслей ТЭК от импорта оборудования и технологий, включая цифровые;

недостаточные темпы и масштабы инновационного развития и внедрения новых технологий, включая цифровые;

обязательность перехода в основном на российское программное обеспечение всех государственных компаний в условиях его недостаточной готовности.

#### **4.2. Цели и задачи цифровой трансформации в отраслях ТЭК**

Цели цифровой трансформации ТЭК являются неотъемлемой частью общих целей развития ТЭК России как энергетического базиса экономики страны.

Однако технологии цифровой трансформации предоставляют возможность осуществления качественного изменения не только в технологиях энергообеспечения, сколько в эффективности и способах организации и управления функционированием и развитием отрасли, а также в бизнес-моделях, моделях рынков топлива и энергии, а также возникающих рынках дополнительных сервисов.

Цифровая трансформация и интеллектуализация отраслей ТЭК обозначена в проекте Энергетической стратегии России до 2035 года как один из важнейших инструментов ее реализации.

Долгосрочная цель развития ТЭК, в соответствии с проектом Энергетической стратегии – это удовлетворение внутреннего спроса на продукцию и услуги ТЭК и удержание позиций России на мировых энергетических рынках за счет ускоренного перехода (модернизационного рывка) к более эффективной, гибкой и устойчивой энергетике, способной адекватно ответить на вызовы и угрозы и преодолеть имеющиеся проблемы

Такое целеполагание позволяет ставить достаточно амбициозные долгосрочные цели цифровой трансформации ТЭК: качественное повышение уровня наблюдаемости, управляемости и гибкости/адаптивности объектов и систем ТЭК, платформизация продаж и услуг для обеспечения эффективности и надежности энергоснабжения и энергетической безопасности России.

Задачи цифровой трансформации ТЭК, исходя из обозначенной выше ее цели, а также задач проекта Энергетической стратегии России до 2035 года, направлены на обеспечение эффективности, надежности и энергобезопасности:

✓Повышение эффективности функционирования ТЭК и снижение негативного влияния на экологию и климат за счет экономически целесообразного внедрения цифровых технологий в производственных процессах и управлении объектами ТЭК, цифровых форматов и торговых платформ - в продажах;

✓ Качественное повышение уровня оперативного управления и обеспечение надежности энергоснабжения за счет повышения наблюдаемости и управляемости, а также цифровизации риск-ориентированного оперативного управления системами в ТЭК;

✓ Повышение качества риск-ориентированного управления развитием ТЭК за счет применения цифровых технологий и интеллектуальных информационно-аналитических систем в стратегическом планировании ТЭК.

В таблице 2 представлены указанные задачи и подзадачи цифровой трансформации ТЭК с детализацией по отраслям ТЭК, а также основные группы цифровых технологий, которые смогут обеспечить их решение.

Таблица 2 – Цели и задачи цифровой трансформации отраслей ТЭК и группы цифровых технологий, обеспечивающих их решение

Задачи и подзадачи ЦТ	Электроэнергетика	Газовая отрасль	Нефтяная отрасль	Угольная отрасль
Задача 1: Повышение эффективности функционирования ТЭК и снижение негативного влияния на экологию и климат за счет экономически целесообразного внедрения цифровых технологий в производственных процессах и управлении объектами, цифровых форматов и торговых платформ - в продажах				
Оптимизация затрат на разведку, добычу / производство, переработку ТЭР за счет применения:	интеллектуальных технологий оптимизации работы оборудования электростанций, в т.ч. с комбинированной выработкой с учетом состояния оборудования, прогноза спроса и ценовых сигналов на рынке ээ	новых геофизических методов поиска полезных ископаемых на основе методов интеллектуальной обработки больших данных, систем цифрового моделирования месторождений (3D и 4D съемка) для оптимизации процессов их освоения		
		интеллектуальных технологий управления оборудованием при добыче в реальном времени на основе мониторинга состояния оборудования и цифровых моделей месторождений с оценкой оптимальных сценариев их освоения		
		управления нефте- и газопереработкой в режиме "реального времени" с учетом качества сырья и оптимизацией получаемой продукции		безлюдных и роботизированных технологий добычи
Оптимизация работы систем транспорта и распределения ТЭР за счет применения:	интеллектуальных систем технологического управления сетевой инфраструктурой на основе удаленного сбора больших данных и предиктивной аналитики состояния инфраструктуры и ожидаемого спроса			Автоматизированных безлюдных технологий хранения, транспортировки и перевалки угля
	умные сети, управления спросом, агрегаторов спроса		интеллектуальных систем оптимизации железнодорожного транспорта топлива с учетом вероятности территориального перераспределения спроса	
	беспилотных аппаратов для визуального отслеживания состояния сетей, их проектирования и строительства			
Контроль качества за счет:		систем удаленного цифрового контроля качества нефти и газа		цифровых технологий подбора состава и контроля качества угольной продукции
Повышение безопасности	цифровых технологий удаленной диагностики, контроля и прогноза безопасности работы персонала, его оповещения и управления в опасных условиях			

работы персонала за счет использования:	цифровых средств индивидуального контроля и обеспечения безопасности работников интеллектуальных роботизированных комплексов, исключающих присутствие персонала в потенциально опасных зонах			
	цифровых систем предупреждения столкновения и падения техники и работников			
Оптимизация управления объектами ТЭК за счет применения:	интеллектуальных комплексов удаленной диагностики оборудования, предиктивной аналитики для оптимизации техобслуживания и ремонта «по состоянию»			
	интеллектуальных комплексов управления активами и планирования ресурсов предприятий и компаний, в т.ч. интегрированных с АСУ участия на торговых площадках			
	управления стоимостью жизненного цикла объектов (начиная с автоматизированного проектирования и заканчивая оптимизацией затрат на закрытие объекта)			
	интеллектуальных (в тч автоматизированных) комплексов по оптимизации портфеля контрактов с поставщиками и потребителями на электронных площадках			
Оптимизация транзакционных затрат за счет развития:	цифровых торговых площадок (платформ), в том числе региональных, для торговли энергетическими продуктами и услугами			
	смарт-контрактов и блокчейн для обеспечения безопасности торговых операций			
	систем удаленного сбора информации для обеспечения цифровых торговых площадок (бирж, платформ) данными в реальном времени			
	активных потребителей			
	цифровых платформ для агрегации спроса, управления спросом, микрогрид с участием просьюмеров и распределенной генерации			цифровых платформ для комплексных услуг и сервисов энергоснабжения потребителей на основе угля
Развитие цифровых потребительских сервисов, в тч:	цифровых платформ для комплексных энергетических услуг: оптимизации снабжения топливом и энергией; режимов для просьюмеров по всем видам топлива и энергии; энергосервиса и энергоменеджмента; управления спросом на электро-, теплоэнергию и газ; оптимизации торговой стратегии потребителя и т.п.		интеллектуальных АЗС, в тч мобильных	
Задача 2: Качественное повышение уровня оперативного управления и обеспечение надежности энергоснабжения за счет повышения наблюдаемости и управляемости, а также цифровизации риск-ориентированного оперативного управления системами в ТЭК				
Интеллектуализация риск-ориентированного диспетчерского управления системами и повышение надежности энергоснабжения за счет внедрения:	интеллектуальных систем учета топлива и энергии			
	цифровых двойников Единых систем (ЕЭС, ГТС, ТН) и обеспечение их данными в режиме реального времени для риск-ориентированного оперативного управления			
	внедрение интеллектуальных систем на основе предиктивной аналитики больших данных для выработки автоматических управляющих воздействий и предоставления упреждающих рекомендаций для диспетчерского управления системами			
	систем дистанционного управления режимами работы оборудования в системе с учетом его технического состояния			
	интеллектуальных систем для оценки рисков развития негативных сценариев и заблаговременную адаптацию технических характеристик оборудования и систем			
	предельно быструю (в темпе процессов) реакцию на изменения балансовой и схемно-режимной ситуации с мобилизацией всех типов ресурсов электростанций, сетей и потребителей в аварийных режимах для оперативной локализации возмущений, возврата в нормальные режимы работы			

	цифровых систем для безударной интеграции в ЕЭС России новых субъектов (ВИЭ и других видов распределенной энергетики, накопителей энергии, агрегаторов спроса, микрогрид, просьюмеров); систем управления спросом			
Повышение надежности энергоснабжения изолированных территорий за счет:	внедрения интеллектуальных комплексов управления автономными системами электро- и теплоснабжения, в том числе с использованием альтернативных видов топлива и источников энергии и накопителей энергии			
<b>Задача 3: Повышение качества риск-ориентированного управления развитием ТЭК за счет применения цифровых технологий и интеллектуальных информационно-аналитических систем в стратегическом планировании ТЭК</b>				
Разработка интеллектуальных систем для моделирования средне- и долгосрочного развития отраслей ТЭК с учетом основных рисков и обеспечения энергетической безопасности, в т.ч. для:	разработки Генеральных схем и программ развития отраслей ТЭК с детализацией по территории страны, в т.ч. во взаимосвязи с Генеральными схемами и программами других отраслей ТЭК и транспортных систем, с учетом основных рисков и угроз и мер по их преодолению в быстроменяющихся условиях			
	разработки Энергетической стратегии во взаимосвязи с прочими системами стратегического планирования и технологического прогнозирования развития ТЭК и смежных отраслей, анализа состояния и разработка мер обеспечения энергетической безопасности в отраслях ТЭК, последствий ключевых решений, в т.ч. налоговых и тарифных, для отраслей ТЭК, потребителей и экономики России			
Развитие блока ТЭК национальной системы технологического прогнозирования, в т.ч.:	системы моделей для технологического прогнозирования отраслей ТЭК с учетом мировых и российских технологических тенденций, в увязке с программами развития отраслей ТЭК и промышленности в увязке с Генеральными схемами и программами развития отраслей ТЭК, крупными инвестпроектами и инвестпрограммами в государственных компаниях			
Создание интеллектуальных комплексов для планирования развития минерально-сырьевых и энерго-потребительских комплексов в Арктике, Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, в т.ч.:	интеллектуальных комплексов для планирования совместного развития топливных отраслей, транспортной и электроэнергетической инфраструктуры, принятия оптимальных межотраслевых и отраслевых решений в быстроменяющихся условиях			
	интеллектуальных комплексов планирования создания объектов и сложных топливно-энерго-потребительских кластеров с оптимизацией пространственно-планировочных решений, в том числе адаптированных к применению автономных малолюдных систем, с учетом климатических и экологических рисков			
Повышение качества информационного обеспечения стратегического планирования с помощью ГИС	повышение качества и охвата информации, качества автоматизированной подготовки аналитики			
	обеспечение безударного информационного взаимодействия информационных систем компаний с ГИС ТЭК, ГИС ТЭК с другими информационными системами			
	мониторинг реализации отраслевых документов стратегического планирования и развития, контроль мер по обеспечению энергетической безопасности и оценка их эффектов			



ТЭК, в т.ч.:				
Повышение качества проектирования в ТЭК за счет:	систем автоматизированного проектирования объектов ТЭК и сетевых комплексов, в том числе систем магистральных сетей и трубопроводов			
Повышение качества проектирования в электроэнергетике и газовой отрасли за счет:	автоматизированного моделирования, расчета стоимости и контрактации техприсоединения потребителей с учетом требуемых сроков, стоимости и показателей надежности энерго-топливоснабжения, электроэнергетике - с учетом собственной генерации или накопителей энергии			
	клиенто-ориентированного планирования сети на основе совместного технологического и рыночного моделирования, в электроэнергетике - с учетом активных потребителей и накопителей энергии			
Повышение качества проектирования в электроэнергетике за счет:	риск-ориентированного планирования генерации на основе прогноза балансовой надежности с учетом изменений в состоянии и аварийности генерирующих и сетевых объектов и результатов рыночной конкуренции инвестиционных решений			
	автоматизированного проектирования энергетических объектов и комплексных решений по их интеграции в энергосистему (включая выбор мест размещения/трасс, состава основного и вспомогательного оборудования, моделирование работы в различных схемно-режимных ситуациях)			

Задачи органов государственного управления и регулирования в сфере ТЭК в области цифровой трансформации определяются задачами Программы «Цифровая экономика» и могут быть сформулированы следующим образом:

– Создание экосистемы цифрового ТЭК, в котором обеспечено эффективное информационное взаимодействие, включая трансграничное, бизнеса, научно-образовательного сообщества, государства и граждан;

– Создание необходимых и достаточных условий институционального и инфраструктурного характера, устранение имеющихся препятствий и ограничений для создания и (или) развития высокотехнологических бизнесов в сфере ТЭК и недопущение появления новых препятствий и ограничений как в традиционных, так и в новых рынках;

– Развитие информационно-аналитических систем сбора и анализа информации от субъектов ТЭК для осуществления контрольно-надзорных функций и стратегического планирования развития отраслей ТЭК;

– Цифровая трансформация самих органов государственного управления и регулирования ТЭК.

Главными задачами органов государственного управления и регулирования в ТЭК в сфере цифровой трансформации являются:

- снятие барьеров для цифровой трансформации в ТЭК;
- создание условий для цифровой трансформации в ТЭК;
- создание информационной инфраструктуры цифрового ТЭК с учетом требований по информационной безопасности.

Поскольку Программа «Цифровая экономика» охватывает все отрасли экономики, задачи органов государственного управления и регулирования в ТЭК в сфере цифровой трансформации определяют их специфическую роль по всем базовым направлениям: нормативное регулирование, кадры и образование, формирование исследовательских компетенций и технических заделов, информационная инфраструктура и информационная безопасность.

Основной целью направления, касающегося нормативного регулирования, в Программе «Цифровая экономика» является формирование новой регуляторной среды, обеспечивающей благоприятный правовой режим для возникновения и развития современных технологий, а также для осуществления экономической деятельности, связанной с их использованием (цифровой экономики).

Для органов управления и регулирования ТЭК задачи по этому направлению включают:

- создание постоянно действующего механизма управления изменениями и компетенциями (знаниями) в области регулирования цифровой трансформации ТЭК;
- снятие ключевых правовых ограничений, направленных на решение первоочередных задач цифровой трансформации ТЭК;
- формирование комплексного законодательного регулирования отношений, возникающих в связи с цифровой трансформацией ТЭК;
- принятие мер, направленных на стимулирование деятельности, связанной с использованием современных технологий, сбором и использованием данных в ТЭК;
- создание методической основы в области регулирования ТЭК в условиях цифровой трансформации.

Основными целями направления, касающегося кадров и образования, являются:

- организация запроса от отраслей ТЭК на подготовку кадров для цифровой трансформации ТЭК;
- организация предложений от отраслей ТЭК на совершенствование системы образования, которая должна обеспечивать цифровую экономику компетентными кадрами;
- организация обмена опытом и внутриотраслевой оптимизации системы непрерывного развития компетенций в сфере цифровизации ТЭК.

Основной целью направления, касающегося формирования исследовательских компетенций и технологических заделов, является создание системы поддержки поисковых, прикладных исследований в области цифрового

ТЭК (исследовательской инфраструктуры цифровых платформ). По этому направлению предполагается:

- специфические задачи формирования институциональной среды для развития исследований и разработок в области цифрового ТЭК;
- содействие привлечению средств для формирования технологических заделов и разработки приоритетных технологий в области цифрового ТЭК;
- содействие формированию компетенций в области цифровой экономики (во взаимодействии с Минобрнауки РФ).

Основными целями направления, касающегося информационной инфраструктуры, являются:

- содействие внедрению цифровых платформ работы с данными для обеспечения потребностей государства, бизнеса и граждан в сфере ТЭК;
- развитие ГИС ТЭК для обеспечения эффективной системы сбора, обработки, хранения и предоставления данных, обеспечивающей потребности государства, бизнеса и граждан в актуальной и достоверной информации об объектах ТЭК.

Обеспечение информационной безопасности является задачей, на которой акцентируется внимание Программы «Цифровая экономика», но в сфере ТЭК сосредоточено большое число объектов критической инфраструктуры, что ставит дополнительные задачи по обеспечению ее информационной безопасности.

#### Задача создания единой цифровой экосистемы ТЭК

Сегодня компании ТЭК осуществляют цифровизацию с использованием тех цифровых решений, которые может им предоставить рынок – и, как правило, это платформенные решения мировых цифровых лидеров, применяющие европейские информационные стандарты и модели.

Однако отрасли ТЭК представляют собой сложную систему, взаимодействие в рамках которой достаточно жестко упорядочено централизованными системами диспетчерского управления, централизованными системами топливо-, электро-, теплоснабжения, мощными трубопроводными системами, объединены общими и взаимосвязанными системами тарифного и нормативного регулирования, рыночными отношениями, взаимосвязанным развитием, и, наконец, единой системой государственного управления и обеспечением безопасности.

Кроме того, в условиях санкций и нарастания политической нестабильности в мире Россия вынуждена вводить новые жесткие требования:

- правилами обеспечения безопасности критической инфраструктуры (к которой будет отнесена значительная часть функционала значительной части объектов ТЭК);
- требованиям по переводу государственных компаний и органов государственной власти на российское программное обеспечение. Госкомпании в ТЭК сегодня являются лидерами по цифровой трансформации и уже сегодня они ставят себе целью разработку собственного программного обеспечения и создания

собственных платформенных решений для задач цифровой трансформации не только своих компаний, но и предоставления их другим компаниям как в России, так и за рубежом.

Учитывая то, что значительная часть объектов госкомпаний в ТЭК образует технологическую инфраструктуру систем энерго- и топливоснабжения, другие компаний вынуждены сегодня и в перспективе использовать как минимум совместимые с ними интерфейсы, а как максимум – переходить на разработанные ими ПО и платформенные решения для обеспечения совместимости с работой энергетических систем.

Все это требует для решения системных задач технологического управления, торговли, развития и государственного управления, и регулирования ТЭК цифровой экосистемы ТЭК создания единого информационного пространства ТЭК (ЕИП ТЭК), обеспечивающего бесшовную интеграции отраслевых и корпоративных цифровых сред, взаимодействующего с соответствующими средами других отраслей экономики. Это будет информационно-коммуникационная цифровая среда, построенная по заданным правилам и моделям для обеспечения стандартизации в части развития цифровых систем и платформ в ТЭК и обеспечения возможности их безударного взаимодействия.

Интеллектуальные системы и инструментальные платформы для решения общесистемных задач цифровой трансформации отраслей должны быть интегрированы в ЕИП ТЭК, также как и системы, обеспечивающие работу «цифровых министерств» в сфере ТЭК.

#### Задачи цифровой трансформации в государственном управлении и регулировании отраслей ТЭК

– Именно в рамках ЕИП ТЭК будут развиваться платформы, формирующие «цифровые министерства», и включающие:

– систему интеллектуального мониторинга эффективности государственной политики в отраслях ТЭК на основе потока статистических данных о производственных и экономических показателях предприятий и энергетических компаний;

– интеллектуальную систему стратегического планирования развития в отраслях ТЭК, как сегментов системы стратегического планирования развития ТЭК и формирования государственной энергетической политики;

– межотраслевую интеллектуальную систему для комплексной оценки состояния и прогноза вызовов и угроз энергетической безопасности страны и регионов;

– межотраслевую информационно-аналитическую систему (ТЭК) в составе национальной системы статистического наблюдения и прогнозирования социально-экономического развития страны и регионов;

– платформу для автоматизированного цифрового межведомственного взаимодействия, внешнего и внутреннего документооборота, согласования

решений в сфере нормативно-законодательного регулирования, в том числе технического (в сфере ТЭК);

- системы оперативной и эффективной работы с обращениями организаций и физических лиц, обеспечивающей прозрачность и публичность «цифрового министерства», включая проведение конференций и совещаний, предоставление обобщающей статистической и аналитической информации;

- интеллектуальную систему мониторинга конкурентной среды в отраслях ТЭК и антимонопольного контроля отраслевых рынков энергетической продукции и услуг на основе потока информации с торговых площадок;

- интеллектуальную систему оптимизации тарифных решений всех уровней на основе потока данных от субъектов регулирования в отраслях ТЭК, бенчмаркинга их показателей и прогнозов развития отраслей ТЭК.

## **5. Разработка целевого видения цифровой энергетики (ТЭК), этапов ее создания в процессе цифровой трансформации на среднесрочном (2024 год) и долгосрочном (2035 год) горизонтах планирования**

Приведено описание того, как в долгосрочной перспективе (условно – на уровне 2035 года) может выглядеть преобразованный в процессе цифровой трансформации топливно-энергетический комплекс России, с акцентом на системных, требующих централизованного воздействия, аспектах, ключевых функциях госуправления и регулирования в ТЭК, а также целевое видение Единого информационного технологического пространства ТЭК.

Для примера ниже приведено Целевое видение цифровой трансформации электроэнергетики.

### **5.1. Цифровая трансформация в электроэнергетике**

#### В технологических процессах и процессах управления

Цифровая трансформация в технологических процессах и процессах управления в электроэнергетике должна обеспечить к 2035 году массовое применение технологий работы с большими данными для оперативной (с приближением к «реальному времени») оценки и прогноза состояния генерирующего и электросетевого оборудования, объемов и режимов потребления электроэнергии отдельными потребителями, балансовой ситуации в энергосистеме в целом с учетом внешних, в т.ч. погодных факторов. Основой для этого является качественно иной уровень наблюдаемости по всей технологической цепочке энергоснабжения с удаленным сбором данных в режиме реального времени от электростанций, сетевых объектов, потребителей (через «умные счетчики»).

Применение цифровых технологий, должно, с одной стороны, максимально способствовать «безударной» интеграции в энергосистему новых источников

электроэнергии, потребителей и новых акторов всех типов, обеспечивая максимальную адаптивность к растущим объемам технологий «новой энергетики» (ВИЭ с нерегулярным режимом работы, накопители разных типов, топливные элементы, водородная энергетика), а с другой - существенно повысить эффективность и оперативность принятия решений не только на отдельных энергетических объектах (энергоблоки, электростанции, подстанции), но и по всей цепочке технологических взаимодействий: производства, передачи и распределения и потребления электроэнергии.

В нормальных режимах работы энергосистем (от локальных до ЕЭС в целом) это позволит оптимизировать использование (загрузку) существующих энергетических объектов (генерирующих и сетевых), включая энергоустановки (распределенная энергетика) и электроприемники потребителей (активное управление спросом и энергосбережение). В аварийных режимах работы это позволит задействовать все ресурсы электростанций, сетей и потребителей для минимизации сроков локализации возмущений, возврата в нормальные режимы работы, с учетом сопутствующих ущербов для потребителей и энергетических объектов.

Повсеместное использование цифровых двойников электростанций, подстанций, линий электропередач всех классов напряжений позволит использовать цифровых двойников энергосистем (территориальных, в т.ч. изолированных, и ЕЭС в целом), что позволит широко применять интеллектуальные методы управления на уровне предприятий, энергокомпаний и энергосистемы в целом, не только предельно быстро (в темпе процессов) реагируя на текущую балансовую и схемно-режимную ситуацию, но и предотвращая возможные негативные сценарии, заранее адаптируя технические характеристики оборудования и систем, в том числе меняя топологию сети, к прогнозируемым и оцениваемым рискам.

Распространение Интернета вещей позволит включить в состав активных участников технологической цепочки электроэнергетики не только промышленных и коммерческих потребителей – просьюмеров, обладающих собственными генерирующими источниками или накопителями, но и ранее «пассивных» мелких потребителей, включая население, которые получают возможность оптимизировать менять режимы использования своих электропотребляющих устройств, взаимодействуя в энергосистемой или агрегаторами спроса через EMS-приложения. Для максимальной реализации всех технических возможностей на стороне потребителей будет проводится масштабное обновление и интенсивное внедрение цифровых решений в электрических сетях 0,4-20 кВ, позволяющее обеспечить безударное взаимодействие с распределительными сетями более высокого напряжения.

Ключевым фактором становится интеллектуализация управления, когда применение высокопроизводительных вычислительных ресурсов и алгоритмов,

используя разнородные массивы данных и накопленный опыт, методы предиктивной аналитики, обеспечивает переход к риск-ориентированному управлению энергетическими объектами, реализует принцип «управления по прогнозу», обеспечивая оценку технического состояния, прогнозирование, выявление, анализ и оценку рисков аварий на объектах электроэнергетики и выработку упреждающих автоматических управляющих воздействий и рекомендаций персоналу энергосистемы и энергообъектов. При этом создаются возможности для создания «системы систем» автоматического взаимодействия и управления, построенной на сочетании распределенных и централизованных ресурсов, обеспечивающей рациональную децентрализацию функций управления в ЕЭС, позволяющую повысить живучесть энергосистемы при авариях, привлечения потребителей к противоаварийному управлению, обеспечение самовосстановления частей и энергосистемы в целом.

Наконец, еще одним важным результатом цифровой трансформации в технологических процессах электроэнергетики станет информационная интеграция систем управления технологическими и экономическими взаимодействиями. Ценовые сигналы с торговых площадок становятся важными факторами, влияющими на режимы работы всех типов электростанций, включая источники у потребителей, и их возможности управления спросом. В то же время актуальные и прогнозные данные о состоянии энергетических объектов, балансовой ситуации в энергосистеме влияют конъюнктуру торговых площадок, в том числе через динамически меняющиеся объемы потребности в системных услугах для обеспечения надежной работы энергосистемы.

Для достижения целевого уровня в 2035 году, уже в среднесрочной перспективе, к 2025 году, потребуется провести масштабную работу по пилотированию комплексных цифровых решений, позволяющих далее, в период до 2035 года провести тиражирование лучших вариантов в масштабах всей электроэнергетики.

- 1) В секторе производства должны быть реализованы пилотные проекты по:
  - оснащению блоков/агрегатов/установок новых и реконструируемых/модернизируемых электростанций разного типа (в ограниченном объеме – действующих электростанций) системами сбора информации о состоянии и режимах работы оборудования, в соответствии с новыми требованиями по их наблюдаемости и управляемости для систем более высокого уровня (станция, компания, энергосистема);
  - созданию и внедрению интеллектуальных комплексов риск-ориентированного управления для удаленной диагностики и прогноза состояния генерирующего оборудования и оптимизации графиков и объемов ремонтных работ, модернизации и реконструкции, исходя из состояния оборудования;
  - созданию и внедрению нового поколения АСУТП электростанций, использующих растущий поток данных о состоянии оборудования и

интегрированных с задачами участия в торговле электроэнергией (ВСВГО, РСВ, БР), а также в рынке системных услуг;

- созданию и внедрению комплексов удаленного управления распределенными ресурсами генерации и систем накопления («виртуальные электростанции») с разным составом источников.

2) В электросетевом секторе на объектах ЕНЭС, распределительных сетей высокого, среднего и низкого напряжения (вплоть до 0,4-20 кВ) должны быть реализованы пилотные проекты по:

- оснащению новых и реконструируемых подстанций и линий (в ограниченном объеме – действующих электросетевых объектов) системами сбора информации о состоянии и режимах работы оборудования в соответствии с новыми требованиями по их наблюдаемости и управляемости для систем более высокого уровня (РЭС, сетевая компания, энергосистема);

- созданию и внедрению интеллектуальных комплексов риск-ориентированного управления для удаленной диагностики и прогноза состояния электросетевого оборудования и оптимизации графиков и объемов ремонтных работ, модернизации и реконструкции, исходя из состояния оборудования;

- созданию и внедрению интеллектуальных комплексов управления топологией и оптимизации режимов загрузки электросетевого оборудования в рамках проектов реконструкции или строительства новых электросетевых объектов (районов) с использованием активно-адаптивных элементов;

- созданию и внедрению автоматизированных систем управления микрогридами и локальными системами энергоснабжения у потребителей в рамках двустороннего обмена мощностью с энергосистемой;

- созданию и внедрению автоматизированных систем агрегирования спроса мелких потребителей (включая население) на основе EMS-приложений.

3) В секторе диспетчеризации должны быть реализованы пилотные проекты по:

- созданию и внедрению автоматических систем режимного и противоаварийного управления, интегрированных с системами оценки и прогноза состояния генерирующего и электросетевого оборудования и прогноза погодных условий;

- созданию и внедрению управления участием мощностей генерирующих источников (в том числе – распределенной генерации и накопителей, «виртуальных электростанций») в поддержании балансов активной и реактивной мощности с гибкой оценкой спроса на системные услуги;

- созданию и внедрению систем интеллектуального управления режимами энергосистемы, обеспечивающих дистанционное управление оборудованием и режимами работы генерирующих и сетевых объектов и построенных на сочетании распределенных и централизованных ресурсов для обеспечения системных услуг.

В организации рыночных отношений



Цифровая трансформация в организации рыночных отношений в электроэнергетике должна к 2035 году создать распределенное, многоуровневое, конкурентное рыночное пространство, в котором участники рынка (поставщики и потребители) могут взаимодействовать в различных форматах, на различных временных горизонтах, реализуя максимально гибкие маркетинговые стратегии, включая в них новые рынки, продукты или услуги. Ключевой характеристикой новой рыночной среды будет ее клиенто-ориентированность, создание возможностей для индивидуализации потребительского спроса и оптимизации стоимости его обеспечения (включая и сетевую составляющую затрат).

Платформенные решения, применяемые в этой сфере, должны обеспечить переход к массовому обороту электроэнергии, мощности, системных и иных услуг на электронных площадках, поддерживающих различные форматы сделок (централизованные аукционы, биржевые и двусторонние торги, хеджирующие вторичные инструменты и т.д.) при высокой автоматизации (роботизации) участия в них поставщиков и потребителей электроэнергии. Наряду с эволюцией торговых площадок национального (оптового) уровня при наличии запроса потребителей и поставщиков создаются и развиваются региональные и локальные (розничные) торговые площадки, взаимодействующие через единое информационное пространство с площадками национального уровня. Состав потребителей, участвующих в новых форматах торговли на розничных площадках, охватывает и население, которое, используя возможности «интернета вещей», может оптимизировать свое энергопотребление и его стоимость.

Изменение рыночной среды затронет и традиционно регулируемый электросетевой сектор, где на конкурентной основе может быть организован доступ к пропускным способностям отдельных сечений, а также присоединение к существующим и новым подстанциям. Для уже присоединенных потребителей реализуется дифференцированный (в пределах – индивидуальный) подход к расчету стоимости сетевых услуг с учетом маршрутов поставки электроэнергии, сформированных по результатам торговых сессий.

Возможности по приближению торговых операций к «реальному времени» позволяют усилить экономическую обоснованность решений, принимаемых в управлении технологическими процессами в отрасли, повысить значимость системных услуг, как рыночного товара, обеспечив динамическое ценообразование на них. В то же время, наряду с краткосрочными рыночными форматами должны в рамках единого рыночного пространства создаваться и площадки для формирования долгосрочного баланса спроса и предложения мощности и электроэнергии, позволяющие принимать инвестиционные решения на основе конкуренции широкого спектра альтернатив (традиционная системная генерация, сетевые проекты, генерация или управление спросом у потребителей).

Для достижения целевого уровня в 2035 году, уже в среднесрочной перспективе, к 2025 году потребуется провести масштабную работу по

пилотированию комплексных цифровых решений, позволяющих отобрать наиболее эффективные форматы рыночного взаимодействия для их дальнейшего развития, в период до 2035 года в масштабах всей электроэнергетики:

- разработка и внедрение алгоритмов работы электронных торговых площадок на оптовом рынке с сокращенными интервалами сессий, а также с упрощенным и расширенным доступом потребителей, в том числе активных, и агрегаторов спроса;

- тестирование электронных торговых площадок (централизованных и биржевых) на розничном рынке (электроэнергия, системные услуги) с расширением доступа всех типов поставщиков (распределенная генерация, «виртуальные электростанции», электростанции оптового рынка) и потребителей (включая агрегаторов спроса);

- тестирование алгоритмов синхронизации работы альтернативных торговых площадок в части доступа поставщиков и потребителей, а также учета и их заявок;

- разработку и тестирование возможностей использования в системах торговли технологий распределенных реестров (блокчейн, хешграф и др.), в первую очередь на площадках микрогридов;

- тестирование механизмов конкурентного доступа к сетевой инфраструктуре (аукционы на пропускные способности, на подключение нагрузки).

#### В экономике и финансах, маркетинге и продажах

Цифровая трансформация в экономике и финансах, маркетинге и продажах в электроэнергетике должна создать к 2035 году возможности для гибкой адаптации существующих и формирования новых бизнес-моделей всех участников отраслевых рынков (поставщиков и потребителей электроэнергии, инфраструктурных организаций) к меняющимся условиям рыночной среды, росту конкуренции на традиционных и новых рынках. Цифровые технологии должны помочь участникам рынка максимально эффективно использовать потенциал рыночного пространства, которое формируется в результате цифровой трансформации в организации рыночных отношений.

Для этого активно используются системы, позволяющие формировать и быстро адаптировать маркетинговые стратегии в разных сегментах рыночного пространства (состав рынков, объемы участия, цены поставки или покупки). Данные системы, оптимизирующие портфель контрактов поставщиков, тесно интегрированы с ERP-системами - интеллектуальными комплексами управления активами и планирования ресурсов отдельных предприятий и энергетических компаний, которые в свою очередь обеспечивают оптимизацию (на различных временных горизонтах: от часов до лет) режимов эксплуатации, обслуживания, обновления, ресурсного (топливо, оборудование, материалы, услуги) обеспечения своих производственных мощностей, исходя из индивидуальных корпоративных стратегий и связанного с ними набора целевых показателей и их значений. При

этом в части ресурсного обеспечения также реализуются алгоритмы гибкого участия на торговых площадках обеспечивающий отрасли (как минимум, в рамках взаимодействия в цифровой экосреде ТЭК этот функционал реализуется для рынков топлива для электростанций).

В дополнение к этому стандартом становится применение платформенных решений в электронной организации управления персоналом, документооборота, управления снабжением.

Аналогичные системы для оптимизации условий энергоснабжения используются потребителями электроэнергии, которые с их помощью формируют портфель контрактов, в наибольшей степени соответствующих их требованиям по объемам, стоимости, надежности поставки электроэнергии и мощности в кратко- и долгосрочной перспективе. Для активных потребителей данные системы позволяют оптимизировать общие результаты стратегий по покупкам и продажам на рыночных площадках.

Для достижения целевого уровня в 2035 году, уже в среднесрочной перспективе, к 2025 году необходимо провести пилотную апробацию цифровых решений в части:

- систем автоматизированного формирования поставщиками стратегий ценовых заявок на различных рынках (по продукции и временным горизонтам) с учетом сокращения интервалов сессий, оценки и прогноза состояния мощностей, прогноза спроса и накопленного опыта рыночных операций;

- интеллектуальных (в том числе автоматизированных) комплексов по оптимизации портфеля контрактов для поставщиков и потребителей с учетом результатов их участия на различных рынках (по продукции и временным горизонтам);

- интеллектуальных алгоритмов управления ресурсами предприятий и компаний отрасли на основе потока данных о состоянии оборудования и результатов участия на торговых площадках;

- интеллектуальных систем прогноза спроса электроэнергии и мощность на краткосрочные временные интервалы, интегрированных с комплексами диспетчеризации режимов энергосистемы и централизованными торговыми площадками.

#### В инновационном и стратегическом развитии

Цифровая трансформация в инновационном и стратегическом развитии в электроэнергетике должна создать к 2035 году новую среду для планирования и проектирования инвестиционных решений по обновлению и развитию генерирующих и сетевых мощностей, максимизируя синергетический эффект при внедрении инновационного оборудования и сопутствующих цифровых решений по его использованию.

Ключевым свойством инвестиционной деятельности в электроэнергетике должно стать активное участие потребителей в формировании сигналов для

инвестиций при планировании развития электрической сети. Ресурсы единого информационно-технологического пространства, включая «цифровые двойники» энергосистемы и инструменты моделирования, должны предоставить возможности для автоматизированного расчета и сравнения различных вариантов присоединения новых потребителей к энергосистеме с выбором наилучшего по срокам, стоимости и требуемым показателям надежности энергоснабжения и его контрактацией через электронные площадки. Аналогичные задачи будут решаться и потребителями, выбирающими собственные источники энергоснабжения или накопители. В свою очередь, моделирование вариантов перспективного развития сети и энергосистемы в целом должно осуществляться с учетом меняющихся требований потребителей по условиям энергоснабжения, а также результатов работы торговых площадок по электроэнергии, мощности и доступу (присоединению) к сети. Планирование необходимых объемов ввода генерирующих мощностей разного типа тесно связано с созданием системы моделирования перспективных условий по поддержанию балансовой надежности с учетом постоянных изменений в объемах и режимах потребления, топологии сети, технологического профиля генерации, увеличения влияния активных потребителей (на обеих сторонах балансов мощности и электроэнергии).

Кроме новых, клиенто-ориентированных, подходов к планированию развития энергосистемы, цифровые технологии существенно расширят возможности по автоматизированному проектированию сооружения отдельных энергетических объектов и комплексных решений по их интеграции в энергосистему (таких как схемы выдачи мощности электростанций или подключения потребителей), включая выбор мест размещения/трасс, состава основного и вспомогательного оборудования, моделирование работы проектируемых объектов в различных схемно-режимных ситуациях в энергосистеме на основе «цифровых двойников» и массивов разнородных данных, в том числе геологических, климатических, данных о пространственном развитии территорий и проч.

Для достижения целевого уровня в 2035 году, уже в среднесрочной перспективе, к 2025 году необходимо провести пилотную апробацию цифровых решений в части:

- прогноза спроса на электроэнергию и мощность на разные временные горизонты (вплоть до средне- и долгосрочных) с учетом потоков экономических данных и данных о подключении новых, в том числе активных, потребителей
- создания и внедрения нового поколения систем моделирования и оптимизации топологии электрической сети с учетом вариантов размещения активных элементов, потребителей и их требований по условиям подключения;
- создания и внедрения систем моделирования для долгосрочного прогноза балансовой надежности и планирования генерирующих мощностей с учетом

потоков данных о спросе, состоянии и развитии сети и характеристик новых, в том числе активных, потребителей

– создания и внедрения систем автоматизированного проектирования и оценки затрат при интеграции разных типов генерирующих источников и потребителей с учетом индивидуальных требований по надежности и качеству энергоснабжения.

#### В государственном управлении и регулировании отрасли

Цифровая трансформация в государственном управлении и регулировании электроэнергетики должна обеспечить к 2035 году качественно новый уровень информационного взаимодействия Минэнерго РФ, экономических регуляторов (ФАС, РЭК), других федеральных и региональных органов власти, с субъектами отрасли – генерирующими компаниями, сбытовыми компаниями, сетевыми организациями, Системным оператором, потребителями энергии. Конечной целью такого взаимодействия является повышение эффективности и прозрачности решений государственных органов в сфере управления функционированием и развитием электроэнергетики, в том числе - оптимизация мер административного и экономического регулирования деятельности субъектов рынка электроэнергии.

В ходе цифровой трансформации, во-первых, будет усовершенствована система ГИС ТЭК, обеспечивающая информационно-аналитические потребности Минэнерго РФ в статистической и прогнозной информации, используемой министерством для осуществления функций по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере электроэнергетики, в том числе при разработке соответствующих документов стратегического планирования, реализующих энергетическую политику государства (Энергетическая стратегия, Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики, Схема и программа развития ЕЭС России) и мониторинге их реализации.

Во-вторых, будет обеспечена интеграция ГИС ТЭК, как межотраслевого информационно-аналитического сегмента, с ЕИП ТЭК и с национальной информационной системой статистического наблюдения и прогнозирования социально-экономического развития страны и регионов (МЭР, Росстат).

В-третьих, будет обеспечена его интеграция с ресурсами системы территориального планирования.

Новый уровень информационного оснащения Минэнерго РФ позволит создать отраслевые информационно-модельные комплексы, обеспечивающие решение всего спектра задач долгосрочного планирования развития электроэнергетики и разработку документов стратегического планирования: обоснования количественных значений целевых показателей Энергетической стратегии в части электроэнергетики и состава перспективных инвестиционных решений в рамках Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики, Схемы и программы развития ЕЭС России.

При этом будет обеспечен дополнительный уровень межотраслевой информационной интеграции со стратегическими решениями в части электроснабжения (Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики, схемы и программы развития ЕЭС России и субъектов Российской Федерации), теплоснабжения (схемы теплоснабжения городов) и топливоснабжения (Генеральная схема развития газовой отрасли, генеральные схемы газоснабжения субъектов Российской Федерации, генеральная схема развития нефтяной отрасли России, программа развития угольной промышленности России).

На основе такой информационной интеграции в ГИС ТЭК в ЕИП ТЭК будет создана интеллектуальная система мониторинга реализации энергетической политики в ТЭК в целом и отдельных отраслях ТЭК, которая обеспечит:

- количественную оценку актуального состояния индикаторов энергетической эффективности, энергетической безопасности, инвестиционной активности, технологического уровня, экологичности (в т.ч. углеродоемкости) отрасли и иных индикаторов, на основе агрегированных отраслевых данных;

- отслеживание меняющегося профиля угроз и возможностей и оценку рисков достижения целевых показателей энергетической политики в условиях изменения ситуации в мировой и российской экономике, на энергетических рынках, в научно-техническом развитии, с учетом экологических ограничений и проч., а также обоснование мер по адаптации отраслей ТЭК к этим рискам.

Отдельным направлением является создание интеллектуальной системы для комплексной оценки состояния и прогноза вызовов и угроз энергетической безопасности страны и регионов, которая выполняется в широком временном диапазоне (от «реального времени» до долгосрочного) и для различных территориальных уровней (от национального до муниципального). Главной функцией этой системы является обоснование состава оперативных или инвестиционных решений, снижающих риски возникновения угроз энергетической безопасности, в том числе оценка вклада планируемых инвестиционных проектов в отраслях ТЭК. Система также будет интегрирована в ЕИП ТЭК.

Реализация модели «цифрового министерства», интегрированной в ЕИП ТЭК, автоматизация межведомственного взаимодействия и внутреннего документооборота, процессов согласования и реализации решений повысит эффективность нормативно-законодательного регулирования, в том числе технического (в сфере ТЭК), работу с обращениями организаций и физических лиц, проведение конференций и совещаний, предоставление обобщающей статистической и аналитической информации.

Появление новых форматов цифровых платформ для конкурентной торговли электрической энергией (возможно, комплексной торговли электрической и тепловой энергией, топливом) потребует трансформации традиционных форм антимонопольного контроля и создания интеллектуальной системы мониторинга конкурентной среды и антимонопольного контроля рынков электрической и

тепловой энергии. Опираясь на результаты анализа постоянного потока информации с разных торговых площадок в ЕИП ТЭК, такая система позволит провести комплексную оценку стратегий поведения отдельных генерирующих компаний и потребителей, выявляя случаи злоупотребления монопольной властью на различных временных интервалах.

Под влиянием новых информационных возможностей, предоставленных ЕИП ТЭК, изменится и традиционная технология тарифного регулирования в электроэнергетике: расширятся возможности для бенчмаркинга (типизации, эталонизации) операционных и инвестиционных затрат, учета неравномерных во времени режимов затрат и объемов реализации продукции и услуг, часть из которых может оказываться в условиях конкуренции. Переход к форме «цифрового регулятора», создание интеллектуальной системы оптимизации тарифных решений всех уровней на основе потока данных от субъектов регулирования, бенчмаркинга их показателей и прогнозов развития отрасли, позволят существенно повысить гибкость тарифного регулирования, обеспечить глубокую дифференциацию тарифов для потребителей, исходя из оценки и прогноза экономически обоснованных затрат электросетевых компаний и оценки альтернативной стоимости энергоснабжения у потребителя.

Для достижения целевого уровня в 2035 году, уже в среднесрочной перспективе, к 2025 году необходимо:

- провести методическую гармонизацию и информационную интеграцию систем отраслевого (ГИС ТЭК) и государственного (Росстат) статистического наблюдения, а также других ведомственных систем статистического наблюдения в части электроэнергетики; обеспечить информационную интеграцию цифровой экосреды ГИС ТЭК и ЕИП ТЭК;

- сформировать технические и функциональные требования к информационно-модельным комплексам системы стратегического планирования развития ТЭК (в части электроэнергетики) и провести их прототипирование с использованием моделирующих ресурсов цифровой экосреды ЕИП ТЭК;

- разработать методику состояния и прогноза вызовов и угроз энергетической безопасности страны и регионов (в части электроэнергетики) и создать прототип системы для национального и регионального уровня (с последующим расширением на муниципальный уровень);

- создать с использованием ресурсов ЕИП ТЭК пилотную систему мониторинга конкурентной среды на рынке электроэнергии на основе автоматизированного анализа потока информации с существующих и пилотных электронных торговых площадок;

- протестировать электронный формат взаимодействия регулируемых субъектов отрасли с «цифровым регулятором» при утверждении тарифов, технологии автоматизированной обработки тарифных заявок и бенчмаркинга показателей, а также технологии оптимизации тарифных планов на региональном уровне;

– протестировать электронный формат платформы для взаимодействия по вопросам нормативно-законодательного регулирования, обращений организаций и физических лиц, проведения конференций и совещаний, предоставления информации с использованием ЕИП ТЭК.

## **5.2. Целевое видение Единого информационно-технологического пространства ТЭК**

Единое информационное пространство ТЭК (ЕИП ТЭК) будет представлять собой единое многофункциональное распределенное информационное пространство, основанного на единых стандартах и моделях данных, общей онтологической модели и эталонной архитектуры, правилах информационного обмена, моделях и алгоритмах работы, интегрированных в цифровых платформах.

ЕИП ТЭК будет включать:

### **1. Прикладные платформы, обеспечивающие:**

- перечисленные выше задачи технологического управления объектами электроэнергетической системы, систем газоснабжения и транспорта нефти;
- электронные торговые площадки всех видов;
- государственное управление и регулирования (цифровые министерства).

### **2. Инфраструктурные платформы, обеспечивающие доступ к источникам данных ТЭК и сервисы по их обработке для использования всеми участниками отрасли, в том числе:**

- инфраструктурным компаниям ТЭК для осуществления своей технологической деятельности;
- компаниям ТЭК для анализа рынков и разработки стратегий;
- регуляторам для осуществления функций контроля, тарифного регулирования и антимонопольного контроля;
- межотраслевому информационному взаимодействию.

### **3. Инструментальные платформы, предоставляющие сервисы обработки информации, инструментарий по разработке и отладке программных продуктов и собственно типовые программные решения для использования компаниями ТЭК, потребителями, органами госуправления, в том числе:**

- решения для разработки цифровых двойников в ТЭК;
- системы автоматизированного формирования поставщиками стратегий ценовых заявок на различных рынках;
- автоматизированные комплексы по оптимизации портфеля контрактов;
- интеллектуальных алгоритмов управления ресурсами предприятий;
- интеллектуальных систем прогноза спроса и т.п.

Цифровые платформы ЕИП ТЭК будут предоставлять сервисы для всех аспектов деятельности компаний и отраслей - технологического управления, организации рынков, коммерческого и информационного взаимодействия,



экономике и финансах, маркетинге и продажах, инновационном и стратегическом развитии, корпоративном управлении и тп.

ЕИП ТЭК будет отвечать следующим требованиям:

- обеспечение сквозной безопасности информационных взаимодействий;
- гибкость (возможность обеспечения быстрой, надежной и безопасной перестройки всех необходимых видов и типов информационных взаимосвязей, введения новых алгоритмов и моделей);
- достоверность и непротиворечивость, что требует использования в качестве основы информационных взаимодействий первичных источников информации либо методически верно и прозрачно агрегированной первичной информации;
- стандартизованный высокотехнологичный доступ к информационно - вычислительным ресурсам ЕИП ТЭК на основе клиентских порталов;
- бесшовная интеграция цифровых платформ в ЕИП ТЭК и с соответствующими подпространствами других отраслей экономики России;
- применение технологий сбора, передачи, организации хранения, обработки больших объемов разнородных данных о состоянии оборудования, энергообъектов и энергосистемы, данных с рыночных площадок, информации о внешней среде, для использования в системах управления технологическими и экономическими процессами «в реальном времени».

Для формирования целевой ЕИП ТЭК в ближайшей перспективе (до 2024 г.) годы необходима:

- разработка семантической и онтологической модели ЕИП ТЭК, эталонной архитектуры, стандартов и моделей данных, правил информационного обмена;
- трансформация ГИС ТЭК и других информационных систем, обеспечивающих исполнение государственных услуг и функций в сфере ТЭК, с учетом кратного увеличения объемов информации, и ее сопряжение с ЕИП ТЭК;
- адаптация корпоративных систем сбора и передачи данных (включая технологические каналы связи и АСУТП) к новым требованиям и возможностям, предоставляемым ЕИП ТЭК (включая кратное увеличение данных в рамках внедрения технологий промышленного интернета);
- разработка и внедрение универсальных платформенных решений в ТЭК;
- организация разработки прикладных приложений и сервисов в ТЭК.

Кроме того, при реализации пилотных проектов в отраслях ТЭК в этот период необходимо сразу ориентировать их на информационную совместимость с цифровой экосредой ЕИП ТЭК или даже интеграцию с ней.

### **5.3. Разработка видения состава ключевых технологий цифровой трансформации, с учетом особенностей каждого из функционалов, основываясь на мировых трендах их развития**

Для того, чтобы каждое из направлений целевого видения ТЭК осуществилось в перспективе до 2035 года, необходимо, чтобы с некоторой заблаговременностью (условно – за 3-5 лет до этого) необходимые цифровые субтехнологии уже достигли уровня зрелости. В данном разделе предполагается, что цифровые технологии развиваются в соответствии с мировым технологическим радаром (раздел 3.4).

Чтобы определить – возможно ли за счет развития цифровых технологий обеспечить задачи целевого видения ТЭК - по каждому направлению целевого видения был определен исчерпывающий список необходимых цифровых субтехнологий.

Для упрощения анализа введены так называемые комплексные цифровые технологии (далее – комплексные технологии) – группы (совокупности) сквозных цифровых субтехнологий, адаптированных к задачам/функционалу отраслей ТЭК и имеющие общеупотребимые названия (Интернет энергии, Интеллектуальные сети, Умные месторождения, Интеллектуальные счетчики и т.п.). Даны определения основных комплексных технологий и список обеспечивающих их цифровых субтехнологий.

В качестве примера можно привести комплексную технологию «Цифровой работник» - это интеграционная платформа, которая объединяет системы глобального и локального позиционирования, обработки данных с носимых устройств, видеонаблюдения, видеоаналитики, контроля и управления доступом (СКУД), предсменного осмотра. Платформа обрабатывает информацию со всех источников, отображая полную картину событий в трехмерном цифровом двойнике промышленного объекта. Система также умеет анализировать данные для выявления угроз и рисков травматизма.

Для обеспечения этой комплексной технологии необходимо использовать 17 субтехнологий из всех кластеров (Графическая дополненная реальность из кластера Технологии виртуальной и дополненной реальностей, Поиск зависимостей (по базе данных) из кластера Искусственный интеллект, ГИС (Геоинтеллектуальные системы), Обогащение BigData + доверенные Data, Сбор данных ИОТ, Модели больших гетерогенных систем, Обогащение данных в реальном времени, Предиктивная аналитика, Компьютерное зрение из кластера Большие данные, Датчики контроля технологических процессов, Датчики контроля технологических процессов, связанные в единую сеть, Миниатюрные датчики, Дешевые multifunctional миниатюрные датчики, Высокопроизводительные вычисления из кластера Новые прикладные и производственные технологии, Стандарты взаимодействия устройств/сетей, Сложносоставные сети из стандартных элементов ("лоскутное одеяло"), 5G, Адаптивная беспроводная связь),

а для дополнительного улучшения характеристик комплексной технологии желательно использовать также еще 9 субтехнологий из разных кластеров (Умная окружающая среда, Мониторинг в реальном времени и обработка исключений, Оптимизация построения/инжиниринга сложных систем, хранилищ данных, Автопоиск неэффективности/анализ процессов на основе ИИ, Инструменты распределенного управления, Нейросканеры (поиск ошибок на производстве, Средства визуализации (2D), Plug&Play - технологическая платформа, Интеграция устаревших систем)).

Использование комплексных технологий позволяет упростить описание совокупности цифровых технологий, необходимых для обеспечения каждой из задач целевого видения. При этом надо учитывать, что каждая из комплексных технологий развивается, меняются обеспечивающие ее субтехнологии, поэтому в для 2035 года приводится перечень обеспечивающих субтехнологий, исходя из прогноза их развития.

Приводится таблица, где для каждой задачи целевого видения показаны обеспечивающие их комплексные технологии и субтехнологии для долгосрочной перспективы (2035 год). В качестве примера можно привести одну из задач целевого видения для электроэнергетики: Внедрение интеллектуальных систем на основе предиктивной аналитики больших данных для выработки автоматических управляющих воздействий.

Для ее полноценной реализации необходимо использовать комплексные технологии «Цифровой двойник», Технология управление производительностью активов, Интеллектуальные счетчики, Интеллектуальные сети, Интернет энергии, а также 16 субтехнологии из разных кластеров (Поиск зависимостей (по базе данных), Предиктивная аналитика в реальном времени, Поиск ошибок/неполных данных, Машинное обучение/глубокое обучение, Обогащение BigData + доверенные Data, Сбор данных IOT, Мониторинг в реальном времени и обработка исключений, Оптимизация построения/инжиниринга сложных систем, хранилищ данных, Обогащение данных в реальном времени, Автопоиск неэффективности/анализ процессов на основе ИИ, Экспертные системы (алгоритм принятия решений), Автономное принятие решений на основе заданного сценария, Прогностическое обслуживание, Датчики контроля технологических процессов, связанные в единую сеть, Нейросканеры (поиск ошибок на производстве), Plug&Play - технологическая платформа).

Анализ мировых прогнозов развития цифровых технологий (раздел 3.4) показал, что подавляющее большинство сквозных цифровых технологий к 2030-2032 гг. будут развиты в достаточной степени для реализации всех задач целевого видения.

Анализ состава комплексных технологий и субтехнологий, обеспечивающих задачи целевого видения, позволяет определить состав ключевых технологий цифровой трансформации в ТЭК с учетом мировых трендов их развития.

Приведен их перечень (как комплексных, так и субтехнологий) в порядке убывания значимости для решения задач цифровой трансформации по всем отраслям ТЭК с учетом особенностей каждого из функционалов (Технологические процессы и управление, Организация рыночных взаимодействий, Экономика и финансы, маркетинг и продажи, Инновационное и стратегическое развитие, Государственное управление и регулирование отраслей ТЭК, Создание ЕИП ТЭК).

Из этого перечня отобраны технологии, приоритетные для цифровой трансформации ТЭК. В него вошли 26 комплексных технологий и 86 субтехнологий из разных кластеров.

Среди этого списка есть технологии, без которых невозможно или затруднено развитие остальных технологий – эти технологии выделены в список так называемых базисных субтехнологий.

Это:

Кластер Технологии виртуальной и дополненной реальности: Инжиниринг, конструирование виртуального объекта, Создание 3D объекта в AR/VR;

Кластер Искусственный интеллект: Адаптивные алгоритмы обучения ИИ, ИИ бизнес-помощник, Компьютерное зрение, Машинное обучение/глубокое обучение, Обучение с подкреплением, Одновременная локализация и картирование, Поиск зависимостей (по базе данных), Поиск ошибок/неполных данных, Предиктивная аналитика, Предиктивная аналитика в реальном времени, Программирование и обучение ИИ, Разработка нейронных сетей для ИИ, Самостоятельный ИИ, Умная окружающая среда;

Кластер Большие данные: ГИС (Гео интеллектуальные системы), Модели больших гетерогенных систем, Мониторинг в реальном времени и обработка исключений, Обогащение BigData + доверенные Data, Обогащение данных в реальном времени, Обработка и структурирование данных, Оптимизация построения/инжиниринга сложных систем, хранилищ данных, Семантическая совместимость данных, Сбор данных IoT;

Кластер Автоматизация бизнес-процессов: BPM платформа, Автономное принятие решений на основе заданного сценария, Автопоиск неэффективности/анализ процессов на основе ИИ, Алгоритм поиска решений при сбоях/нарушении процесса, Экспертные системы (алгоритм принятия решений);

Кластер Новые прикладные и производственные технологии: Plug&Play - технологическая платформа, Plug&Play как промышленное решение, Автоматизированная Картография/съемка местности, Высокопроизводительные вычисления, Датчики здоровья и активности персонала, Датчики контроля технологических процессов, связанные в единую сеть, Дешевые мультифункциональные миниатюрные датчики, Навигация в окружающей среде, Нейросканеры (поиск ошибок на производстве), Одежда с чипсетами, Прогностическое обслуживание, Промышленные роботы;

Кластер Промышленный интернет (сети и распределенные технологии): 5G, Бесперебойная связь (используются комплексно все частоты связи), Интеграция устаревших систем, Логирование сетевых доступов/использования ресурсов, Открытая платформа связи (OPC), Проектирование систем репутации (история отдельных пользователей сети), Сложносоставные сети из стандартных элементов ("лоскутное одеяло"), Стандарты взаимодействия устройств/сетей, Цифровая платформа.

## **6. Состояние и перспективы российских сквозных цифровых технологий**

### **6.1. Оценка зрелости российских сквозных цифровых технологий**

Осуществляемые в последние годы проекты по цифровизации в сфере ТЭК базировались как на зарубежных, так и российских цифровых технологиях, однако, с учетом государственной политики перехода на преимущественно отечественные разработки, для целей настоящего исследования важно оценить состояние и перспективы развития российских цифровых технологий.

Под российскими технологиями подразумевается технологии, в которых в качестве ключевого элемента технологии (программное обеспечение для цифровых технологий, российские компоненты для производственных технологий и т.д.) используется именно российская разработка.

Все субтехнологии были классифицированы согласно "ГОСТ Р 58048-2017 Трансфер технологий. Методические указания по оценке уровня зрелости технологий", что соответствует мировой общепринятой практике по классификации уровня зрелости технологий.

Для оценки российского уровня зрелости технологий очень важен еще один показатель – а именно показатель рыночной готовности. Он не присутствует в ГОСТ, но используется в последних исследованиях ГК «Роскосмос». Для каждой субтехнологии, которая может быть задействована в отраслях ТЭК на рассматриваемой перспективе, были оценены: уровень технологической проработанности, степень промышленной готовности и оценка готовности рынка. В случае расхождений или невозможности оценки рынка, оценка зрелости субтехнологии делалась по уровню разработки и промышленной готовности.

Необходимая информация для анализа состояния каждого из трех элементов оценки технологии (технологическая, промышленная и рыночная готовности) использовалась из следующих источников: документы Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации; Данные Агентства стратегических инициатив; данные ведущих Российских институтов, в том числе: Сколково, Московского университета им. М.В. Ломоносова, РЭУ им. Г. В. Плеханова, ВШЭ, ОмГТУ и др.; опубликованные аналитические отчеты мировых экспертов, научных и экспертных организаций (TAdviser, Gartner,

Accenture и т.д.); из документов российских компаний, являющимися лидерами по внедрению/использованию какой-либо технологии; Дорожные карты сквозных технологий по состоянию готовности на данный момент.

Приведены ссылки на источники, на основании которых сделана оценка для каждой технологии.

При оценке всех субтехнологий в расчет бралось использование российского ключевого элемента технологии (ПО, российские компоненты для производственных технологий и т.д.). Использование НЕ ключевых импортных единиц в составе технологии в расчет не учитывалось в силу невозможности полного их исключения и/или попадания их под нормы "процентной доли стоимости использованных при производстве технологии иностранных комплектующих" по государственной программе Российской Федерации «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013-2025 годы».

По итогам оценки уровней зрелости российских цифровых субтехнологий можно сделать следующие выводы.

Технологии, связанные с программным обеспечением, в России преимущественно находятся на одном уровне зрелости с мировыми, некоторые являются лидерами на узконаправленных рынках.

Технологии, связанные с "Большими Данными", крайне высоко востребованы и являются критическими для развития, но ввиду недостатка квалифицированных специалистов и опережающего развития западных компаний, российский рынок заполнен преимущественно зарубежными технологиями данного кластера. Единичные крупные российские компании имеют в штате специалистов данной области.

Отставание России по технологиям кластера "Искусственный Интеллект" преимущественно связано с низкой коммерциализацией данной технологии на территории России. Данная технология используется и развивается преимущественно в научном секторе, а не производственном. Несмотря на общественный интерес к данному кластеру, наблюдается острый дефицит высококвалифицированных специалистов в данной области.

Кластер "Автоматизация бизнес-процессов" напрямую связан с рынком и двигателем развития данного класса являются крупные российские компании, на данный момент использующие зарубежные технологии. На основании аналитических отчетов (TAdviser), наши компании активно внедряют на российский рынок отечественные аналоги этих зарубежных технологий.

Ряд проблем связан с кластером "Новые прикладные и производственные технологии" – это низкая способность к конкурентной борьбе с зарубежными технологиями в плане ценовой политики, острый дефицит квалифицированных специалистов, отсутствие производственных мощностей и технологических разработок, необходимых для развития современных инноваций.

Данные проблемы также сказываются на развитии других кластеров технологий, поскольку некоторые компоненты современных технологий не производятся на территории Российской Федерации.

Так, проблемы из кластера "Новые прикладные и производственные технологии" (отсутствие новых технологий или их высокая стоимость на фоне зарубежных конкурентов) накладывают ограничения на скорость внедрения технологий из кластера "Промышленный интернет (Сети и распределенные технологии)", несмотря на наличие квалифицированных специалистов. На данный момент в России (по данным аналитического отчета TAdviser) преимущественно используется зарубежное оборудование ввиду острой потребности в технологиях данного кластера, так как от него зависят субтехнологии из других кластеров (сбор данных ИОТ, Беспилотные грузоперевозки и др.).

## **6.2. Ближайшие перспективы развития российских сквозных цифровых технологий.**

Развитие сквозных технологий осуществляется в рамках различных государственных программ, включая национальную программу «Цифровая экономика Российской Федерации» и государственную программу «Национальная технологическая инициатива». Работа по данным программам осуществляется в рамках центров компетенций (ЦК), за которыми закреплены определенные «сквозные» технологии, в соответствии с дорожными картами по «сквозным» цифровым технологиям.

В качестве целевых показателей в Дорожных картах предусматривается достижение определенных уровней готовности технологий к 2024 году.

В таблице 3 приводится сравнение целевых (в соответствии с Дорожными картами) уровней готовности российских цифровых технологий к 2024 году мировому прогнозируемому их уровню того же времени (приведенному в Мировом технологическом радаре). Рассматриваются только субтехнологии, задействованные в ТЭК.

Таблица 3 – Соответствие ожидаемых к 2024 году уровней зрелости российских цифровых субтехнологий мировому уровню согласно Дорожным картам развития сквозных технологий.

Цифровые субтехнологии	Уровни зрелости технологий к 2024 году	
	Мировой технологический радар	Дорожные карты сквозных технологий
<b>Искусственный интеллект</b>		
Компьютерное зрение:	УГТ6	УГТ6
Обработка естественного языка	УГТ6	УГТ6
Рекомендательные системы и системы поддержки принятия решений	УГТ7	УГТ5
Распознавание и синтез речи	УГТ6	УГТ6
Перспективные методы и технологии в ИИ	УГТ6	УГТ4
Нейропротезирование	УГТ7	УГТ4

Нейростимуляция, нейросенсинг и нейроинтерфейсы	УГТ7	УГТ6
Технологии виртуальной и дополненной реальности»		
Средства разработки VR/AR - контента, UX (пользовательский опыт)	УГТ8	УГТ6
Платформенные решения для создания контента пользователем	УГТ7	УГТ5
Технологии захвата движений в VR/AR и фотограмметрии	УГТ8	УГТ6
Интерфейсы обратной связи, сенсоры (VR/AR)	УГТ7	УГТ4
Технологии графического вывода	УГТ8	УГТ6
Технологии оптимизации передачи данных	УГТ8	УГТ5
Отраслевые проекты	УГТ6	УГТ4
Компоненты робототехники и сенсорики		
Манипуляторы и технологии манипулирования	УГТ8	УГТ5
Мультиагентные системы с большим числом роботов	УГТ5	УГТ4
Человеко-машинное взаимодействие	УГТ8	УГТ5
Интеллектуальные системы управления РТС	УГТ7	УГТ5
Технологии навигации и восприятия окружающей среды	УГТ7	УГТ7
Выпуск промышленных роботов	УГТ9	УГТ6
Большие данные		
Технологии сбора данных Интернета вещей	УГТ8	УГТ6
Программно-определяемые хранилища	УГТ8	УГТ6
Технологии обработки, утилизации данных с использованием ML	УГТ7	УГТ4
Технологии обогащения данных	УГТ8	УГТ5
Использование доверенных (качественных) данных для BI	УГТ8	УГТ6
Предиктивная аналитика	УГТ8	УГТ6
Другие направления		
Высокопроизводительные вычисления <sup>9</sup>	УГТ9	УГТ6

По данным табл.3 можно сделать вывод, что уровень зрелости Российских технологий, связанных с наличием физических приложений технологий (роботы, процессоры и т.п.), будет иметь значительное отставание от мирового уровня.

Также, несмотря на значительную потребность, ожидается отставание от мирового уровня и в кластере "Большие данные" ввиду отсутствия высококвалифицированных специалистов.

<sup>9</sup> В Дорожную карту не попала задача разработки отечественных процессоров, и создания универсальных отечественных высокопроизводительных вычислительных машин по обработке данных (в том числе Больших данных) и управлению процессами. Поэтому вводится еще и эта «Технологии высокопроизводительных вычислений», которая включают в себя:

- Создание высокоструктурных процессоров с отсутствием логических ошибок, отвечающим вычислительным способностями, нарастающими требованиям увеличения количества обрабатываемых данных и операций;
- Создание вычислительных центров для цифрового моделирования сложных технологических процессов и сложных технических систем, для нужд производственных отраслей;
- Создание вычислительных мощностей для обработки, структурирования, анализа поступающих данных в реальном времени».



В состав перечисленных в табл.3 технологий входят также "базисные" (критически важные для достижения задач цифровой трансформации ТЭК) технологии (перечислены в разделе 5.7). Без выхода их на высокий уровень промышленной готовности задачи цифровой трансформации ТЭК не смогут быть реализованы на российских технологиях.

В связи с этим в целях обеспечения развития цифрового ТЭК требуется дополнительное государственное стимулирование и поддержка развития следующих технологий:

- Когнитивные вычисления;
- 5G;
- ВРМ платформа;
- Plug&Play - технологическая платформа;
- Plug&Play как промышленное решение;
- Автоматизированная Картография/съемка местности;
- Автономное принятие решений на основе заданного сценария;
- Автопоиск неэффективности/анализ процессов на основе ИИ;
- Адаптивные алгоритмы обучения ИИ;
- Алгоритм поиска решений при сбоях/нарушении процесса;
- Бесперебойная связь (используются комплексно все частоты связи);
- Высокопроизводительные вычисления;
- ГИС (Гео интеллектуальные системы);
- Датчики контроля технологических процессов, связанные в единую сеть;
- Датчики здоровья и активности персонала;
- Дешевые мультифункциональные миниатюрные датчики;
- ИИ бизнес-помощник;
- Инжиниринг, конструирование виртуального объекта;
- Интеграция устаревших систем;
- Компьютерное зрение;
- Логирование сетевых доступов/использования ресурсов;
- Машинное обучение/глубокое обучение;
- Модели больших гетерогенных систем;
- Навигация в окружающей среде;
- Нейросканеры (поиск ошибок на производстве);
- Обогащение BigData + доверенные Data;
- Обогащение данных в реальном времени;
- Обработка и структурирование данных;
- Обучение с подкреплением;
- Одежда с чипсетами;
- Одновременная локализация и картирование;
- Оптимизация построения/инжиниринга сложных систем, хранилищ данных;
- Открытая платформа связи (OPC);
- Поиск зависимостей (по базе данных) ;
- Поиск ошибок/неполных данных;
- Предиктивная аналитика;
- Предиктивная аналитика в реальном времени;
- Прогностическое обслуживание;

Программирование и обучение ИИ;  
Проектирование систем репутации (история отдельных пользователей сети);  
Промышленные роботы;  
Разработка нейронных сетей для ИИ;  
Сбор данных IoT;  
Семантическая совместимость данных;  
Сложносоставные сети из стандартных элементов ("лоскутное одеяло");  
Создание 3D объекта в AR/VR;  
Самостоятельный ИИ;  
Стандарты взаимодействия устройств/сетей;  
Умная окружающая среда;  
Цифровая платформа;  
Экспертные системы (алгоритм принятия решений).

## **7. Состояние и перспективы применения цифровых технологий в ТЭК России**

### **7.1. Исследование лучших отечественных практик внедрения цифровых решений и новых цифровых моделей организации деятельности, оказания цифровых сервисов в организациях ТЭК**

Российские топливные и энергетические компании ведут достаточно большое число проектов с применением цифровых технологий. Приведено описание 123 проектов, реализованных в последние несколько лет либо реализуемые в настоящее время.

Из общего числа основная часть (61 проект) реализуется в нефтяной отрасли. В большинстве своем это проекты «умного/интеллектуального месторождения», «умный НПЗ», 3-D сейсморазведка, цифровые двойники, «умный работник», использование беспилотников. Все эти проекты направлены на повышение эффективности и качества как технологических, так и управленческих процессов в компаниях.

Однако очень важными для перспективы являются проекты, являющиеся заделами для более глобального изменения – развития новых бизнес-моделей работы компаний. Их элементами являются такие проекты, как:

- внедрение совместного блокчейн-сервиса АО «Альфа-Банк» и АО «Газпромнефть-Аэро» по оплате авиатоплива;
- разработка платформы SAP HANA для создания интеллектуального месторождения OIS iField;
- построение единой цифровой платформы управления эффективностью переработки и сбыта, которая интегрирует различные системы управления цепочкой добавленной стоимости, и использования методов предиктивной аналитики по таким параметрам, как спрос на

нефтепродукты, надежность оборудования, качество нефтепродуктов, экологический мониторинг, энергоэффективность и др.;

- запуску сервиса оплаты топлива для физических лиц через мобильное приложение «Мир Привилегий» на платформах iOS и Android.

Эти проекты свидетельствуют о том, что в нефтяной отрасли происходит постепенный переход от первого этапа – цифровизации технологических и бизнес-процессов в компаниях – ко второму этапу – собственно цифровой трансформации бизнеса, появлению новых цифровых сервисов и зарождению новых бизнес-моделей.

Газпромнефть также участвует в разработке отдельных сквозных технологий.

Из 123 приведенных проектов по цифровизации 33 приходится на отрасль электроэнергетика. Наиболее активную и системную работу в области цифровизации ведут государственные компании – АО «СО ЕЭС», ПАО «Россеть», ГК «Росатом».

13 проектов, реализуемых АО «СО ЕЭС» совместно с другими компаниями, направлены на цифровизацию его основного технологического процесса – диспетчерского управления ЕЭС России – и их реализация обеспечивает существенный эффект для всего рынка электроэнергии.

Также комплексный эффект и существенную экономию затрат ожидают ПАО «Россети» от реализации проектов «умные/интеллектуальные сети» (10 проектов).

Целую программу проектов реализует ГК «Роастом». Важно то, что своей целью Госкорпорация ставит в том числе создание целого портфеля новых цифровых продуктов – платформенных решений – для предоставления их для крупных высокотехнологичных производственных компаний.

Очень важными являются также пилотные проекты, реализуемые:

- АО «СО ЕЭС» и ГК «Росатом» - по развитию технологий ценозависимого потребления (Demand Response) за счет создания агрегаторов управления спросом;
- ПАО «Россети» - внедрение систем расчетов на розничных рынках электрической энергии, основанной на элементах технологии «блокчейн»;
- АО «СО ЕЭС» и ПАО «Россети» - внедрение на подстанциях технологий автоматизированного дистанционного управления оборудованием.

Все эти проекты – важные шаги по направлению к изменению организации рынков и бизнес-процессов компаний, появлению новых цифровых сервисов.

В числе 123 проектов по цифровизации 19 приходится на газовые компании - прежде всего ПАО «Газпром». Компания реализует целый комплекс проектов, направленных не только на цифровизацию отдельных бизнес-процессов, но и на создание единой цифровой среды - создание Единого информационного пространства (ЕИП) с собственной ИТ-инфраструктурой, включая ЦОД. ЕИП включает в себя 46 информационно-управляющих систем головной организации

дочерних обществ, автоматизирующие различные бизнес-процессы (диспетчерское управление, управление техническим обслуживанием и ремонтом, инвестициями, закупками, материально-техническим обеспечением, финансами, бюджетированием, бухгалтерским и налоговым учетом, маркетингом и сбытом, а также имуществом и персоналом). К сожалению, из описания проекта нельзя оценить степень и глубину цифровой трансформации компании в соответствии с этим проектом.

Также ПАО «Газпром» заявлен проект по внедрению технологий распределенных реестров при поставках газа. В рамках проекта уже разработан прототип технологической платформы, которая обеспечивает автоматизацию процесса заключения, мониторинга и исполнения договоров и расчета платежей за газ. Его реализация – это шаг к новой модели взаимодействия с потребителями, не только создание новых цифровых сервисов, но и изменение бизнес-модели работы компании.

ПАО «Газпром» также участвует в разработке отдельных сквозных цифровых технологий.

В угольной отрасли в основном пока реализуются традиционные для цифровизации компаний проекты – Умная шахта, использование беспилотников, управление транспортом, а также делаются шаги по направлению к безлюдным технологиям.

В компаниях по добыче угля проекты реализуются в основном для целей обеспечения безопасности персонала, снижения затрат и оптимизацию логистики и качества угля.

Кроме того, СИБУР участвует в разработке отдельных сквозных цифровых технологий.

## **7.2. Анализ НИР и ОКР в сфере цифровых технологий в ТЭК**

НИОКР, выполняемые по заказам энергетических компаний, зачастую носят закрытый характер и не анонсируются публично, однако они отражены в реализуемых в настоящее время и планируемых проектах (см. раздел 7.1).

Список остальных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по цифровизации в ТЭК содержится в базе данных ЕГИСУ НИОКР. Всего в базе обнаружено 160 работ по цифровизации в отраслях ТЭК, выполненных за последние пять лет (с 1 января 2014 г.) на общую сумму 9 млрд. рублей.

Основными финансирующими их организациями являются: Министерство науки и высшего образования Российской Федерации и Федеральное государственное бюджетное учреждение «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере». Многие проекты финансируются Российским фондом фундаментальных исследований и Российским научным фондом, Министерством промышленности и торговли и Федеральным агентством научных организаций.

На долю электроэнергетики приходится 117 работ на сумму около 6 млрд рублей, в том числе примерно половина – на тему цифровых сетей и Smart grid, включая работы Энерджинет.

Среди остальных работ примерно 1/3 являются межотраслевыми, а 2/3 относятся к нефтегазовой сфере.

Проекты с самым крупным бюджетом связаны с разработкой решения для атомной отрасли, цифровых подстанций и цифровых месторождений.

### **7.3. Стратегии цифровой трансформации компаний в ТЭК России**

Стратегические планы компаний ТЭК в сфере цифровизации содержатся как в специально разработанных концепциях, стратегиях и программах цифровой трансформации, так и в составе программ инновационного развития компаний.

Приведен свод всех доступных стратегических планов компаний ТЭК.

Их анализ показывает очень неоднородное по отраслям и компаниям движение в направлении цифровой трансформации их бизнеса. Был проведен анализ того, насколько стратегии цифрового развития компаний ТЭК соответствуют задачам и целевому видению цифровой трансформации ТЭК (разделы 4.5 и 5).

Анализ позволил сделать следующие основные выводы.

#### **В отрасли электроэнергетика:**

- наиболее системно и долгосрочно поставлены задачи цифровой трансформации в ПАО Россети (до 2030 года) и ГК Росатом (до 2050 г.). В их стратегических документах предусматривается не только перестройка всех бизнес-процессов компании на базе цифровой трансформации каждого и них (в том числе технологического контура - за счет внедрения Интернета вещей и цифровых двойников всех объектов), но и создание единой цифровой корпоративной среды (платформы), а также представление на рынке новых, в том числе цифровых, сервисов и услуг;

- важным является понимание ими необходимости создания единой для отрасли информационной среды, основанной на единых стандартах (СИМ) и проведение согласованной с Системным оператором политики по созданию Цифровой ЕЭС России;

- планы Системного оператора ЕЭС России до 2025 года также нацелены на создание единой информационной среды, а также на отработку и дальнейшее внедрение системных решений, в целом соответствующих задачам целевого видения цифрового ТЭК;

- цифровая трансформация в ПАО «ИнтерРАО» также является достаточно комплексной и планируется в период до 2023 года по направлениям: внедрение платформенных решений CRM (по учету и сбытовой деятельности); управления стоимостью жизненного цикла объектов (включая техобслуживание и ремонты); внедрение единой многомодульной платформы по управлению человеческим

капиталом HRM (дистанционное обучение, оценка по компетенциям, управление карьерой, адаптация персонала, система непрерывного обучения). Компания предполагает также предоставление на рынке дополнительных сервисов, в том числе цифровых;

- цифровизация в Т-плюс в период до 2023 г. в основном ориентирована на тепловой бизнес и предполагает развитие автоматизированного учета и автоматизированное регулирования теплоснабжения с ориентацией на количественные методы на базе цифровых двойников станций и тепловых сетей;

- цифровизация в ТГК-16 заявлена как комплексная, однако информации о ней мало – заявлено только, что идет внедрение программных решений специализированной «облачной» платформы Predix™ (Интернет вещей, GE) для сбора промышленных данных и аналитики.

По остальным генерирующим компаниям информация о планах цифровизации отсутствует.

Таким образом, государственные компании (ПАО Россеть, СО ЕЭС, ГК Росатом) двигаются в русле реализации системных задач цифровой трансформации ТЭК и создания единого информационного пространства в отрасли, а генерирующие и сбытовые компании – в основном в направлении цифровой трансформации своего бизнеса с перспективой его развития в части предоставления новых сервисов и платформенных решений.

В газовой отрасли цифровая трансформация ПАО «Газпром» планируется на период до 2030 года с полной перестройкой всех бизнес-процессов и системы корпоративного управления. В рамках нее до 2022 г. планируется:

- комплексная автоматизация производственного учета и планирования, создание корпоративного хранилища данных, которое позволяет проводить мониторинг и анализ эффективности деятельности компании, и Центра обработки данных, в котором сконцентрированы вычислительные мощности ПАО «Газпром»;

- первый этап цифровой трансформации производственных подразделений и корпоративного центра;

- дальнейшее развитие уже созданного корпоративного Единого информационного пространства (ЕИП), которое включает 38 информационно-управляющих системы для автоматизации наиболее значимых бизнес-процессов.

Уже начаты и планируются в перспективе работы в области искусственного интеллекта и машинного обучения, промышленного интернета вещей, носимых устройств, виртуальной и дополненной реальности, робототехники и др.

В перспективе должны быть созданы B2B- и B2C-платформы для взаимодействия с партнерами.

В перспективе до 2030 г. все ключевые решения должны принимаются на основе обработки данных; должны быть созданы цифровые двойники всех физических устройств и процессов; создана система мониторинга, моделирования и прогнозирования технического состояния оборудования; организована быстрая

адаптация и сквозная оптимизация по всей производственной цепочке; должны быть созданы автономные активы, работающих без участия человека.

Отсутствует информация о планах внедрения интеллектуальных систем учета расхода газа потребителями, о новых формах и сервисах для потребителей, об изменении модели сбытовой деятельности.

Неясно, с использованием каких информационных стандартов разработано ЕИП, а также – предполагается ли создание открытых платформ для участников газового рынка и создание единого отраслевого информационного пространства.

В нефтяной отрасли планы цифровой трансформации есть практически у всех компаний, как правило, на период до 2022-2023 гг. и далее, до 2030 г. практически все стратегии предусматривают цифровизацию и перестройку всех бизнес-процессов в компаниях и создание систем (в том числе на онлайн платформах) регулярного обучения кадров и управления карьерой. В технологических процессах всех компаний по всей цепочке - начиная с разведки и добычи и кончая АЗС – уже идет процесс (и в дальнейшем будет углубляться) по созданию систем сбора данных, цифровых двойников, роботизации рутинных и частично опасных для людей процессов и развитие интернета вещей.

Однако новые сервисы в сфере сбыта планируют пока не все компании. Наиболее комплексно это заявлено АО «Газпромнефть», где предусматривается и развитие новых бизнес-моделей и маркетплейсов для B2B и B2C, и автоматизация АЗС (проекты по ускорению времени заправки, приложение «АЗС.GO» для предзаказа топлива и его оплаты онлайн без необходимости выходить из машины); предусматриваются цифровые онлайн-сервисы АЗС с предиктивными бонусными предложениями на основе анализа потребностей конкретного клиента, скоринговые программы, боты-консультанты, с machine learning и мобильные приложения.

Кроме того, АО «Газпромнефть» уже реализует проект заправки самолетов с применением смарт-контрактов на блокчейн – пока для своей авиакомпания.

Каждая компания планирует или уже создает корпоративные цифровые платформы, но ни одна из них не указывает – на каких стандартах информации и с использованием какого ПО это происходит.

Ни одна из добывающих компаний в своих стратегиях не обсуждает необходимость создания единого отраслевого информационного пространства.

В ПАО «Транснефть» цифровая трансформация не выделена в рамках программы инновационного развития, однако из прессы можно определить, что компания осуществляет цифровизацию технологических и бизнес-процессов, в том числе:

– внедрена корпоративная информационная система Управление программами (КИС УП), осуществляющая комплексное управление инвестиционной программой, программами ТПР и КР и ликвидации объектов магистрального трубопроводного транспорта ПАО «Транснефть»;

- в геоинформационных системах (ГИС) осуществляется импортозамещение отдельных компонентов платформ ГИС и решений;
- за последние годы автоматизировано более 70 объектов на базе платформенных решений ИнфТех;
- создается единая корпоративная интегрированная информационная система управления (КИИСУ) на базе российского ПО.
- Однако планы долгосрочной цифровой трансформации компании отсутствуют.

Таким образом, в нефтяной отрасли компании осуществляют цифровую трансформацию самостоятельно, без какой-либо координации или ориентации на единые информационные стандарты или тем более создание единой цифровой экосреды.

В угольной отрасли цифровизация осуществляется выборочно, по наиболее важным для компаний направлениям: обеспечение безопасности при добыче (в том числе опробуются мало- и безлюдные технологии добычи и индивидуальные дистанционно управляемые средства мониторинга и защиты) и снижение затрат на логистику в железнодорожном транспорте угля.

#### **7.4. Перспективы развития комплексных технологий в ТЭК России и анализ наличия решений высокой степени готовности**

Несмотря на значительное число проектов в области цифровой трансформации ТЭК (раздел 7.1), большое число НИОКР (раздел 7.2) и достаточно амбициозные стратегии цифровой трансформации ряда компаний (раздел 7.3), реальное состояние и ближайшая перспектива развития комплексных технологий в компаниях ТЭК России не столь радужная.

Приведен перечень компаний, заявивших в своих стратегических документах или уже начавших реализацию 23 проектов комплексных технологий либо субтехнологий.

Однако анализ тех заявленных компаниями комплексных технологий, по которым удалось найти более детальную информацию (в соответствии с которой можно оценить – что именно сделано и что планируется сделать показывает, что в настоящее время компании часто осуществляют проекты по реализации лишь одного или нескольких элементов соответствующей технологии.

На данном этапе развития цифровых технологий в ТЭК России глубина внедрения и полнота технологии определяется экономической эффективностью, уровнем готовности объектов к внедрению цифровой технологии и наличием предложений на рынке. Отсутствие четкой терминологии в названиях комплексных технологий также вносит свои искажения, в результате чего иногда происходит произвольная подмена понятий, что может в дальнейшем негативно сказаться на восприятии цифровых технологий – затраты и требуемая для их реализации



квалификация и получаемые эффекты могут существенно отличаться для проектов с неполной реализацией технологии.

Анализ тех проектов, по которым была доступна информация о сути реализованного проекта позволил сделать следующие выводы о развитии цифровых технологий в ТЭК до 2024 года.

Таблица 4 – Анализ состояния и оценка на перспективу до 2024 года уровня готовности российских комплексных технологий, заявленных компаниями ТЭК

Название комплексных технологий	Уровень технологической готовности			
	2019 год	Частичная реализация технологии	2024 год (оценка)	Частичная реализация технологии
Цифровой работник	УГТ5	-	УГТ6 – 8	-
Интернет вещей (IOT)	УГТ6	Да	УГТ7– 8	Да
Подключенный работник	УГТ7	-	УГТ8-9	-
Цифровой двойник	УГТ6	-	УГТ7 -8	-
Цифровое месторождение	УГТ6	Да	УГТ7-9	-
Использование БПА	УГТ7	-	УГТ8 -9	-
Технология сейсмического мониторинга 4D	УГТ6	-	УГТ6 -8	-
Интеллектуальная скважина	УГТ6	-	УГТ8-9	-
Умная шахта	УГТ7	Да	УГТ7-8	-
Интеллектуальный карьер	УГТ7	Да	УГТ8	-
Интеллектуальные счетчики	УГТ8	-	УГТ8-9	-
Безлюдная шахта	УГТ7	Да	УГТ7-9	Да
Активные энергетические комплексы (АЭК)	УГТ4	Да	УГТ4-7	Да
Интеллектуальные сети	УГТ7	-	УГТ7-9	-
Технологии управление производительностью активов	УГТ6	-	УГТ7-8	-

К 2024 году уровень развития большинства заявленных компаниями ТЭК комплексных технологий будет соответствовать уровню УГТ7-8, то есть испытанию прототипов в реальных условиях и квалификации реальных систем. В отдельных технологиях (см. табл.4) это будет возможно только потому, что компании реализуют вместо полноценной только некоторые элементы комплексных технологий.

Ниже приведены примеры нескольких комплексных технологий, которые на данный момент реализуются в виде некоторых своих компонентов, но не в полноценном их виде.

В угольной отрасли компании заявляют о поэтапной реализации технологии «Умная шахта», но пока она представлена лишь в виде внедренных пилотов системы наблюдения, оповещения и поиска людей, что является лишь составной частью (хоть и достаточно весомой) самой комплексной технологии. Однако по-прежнему нерешенной остается задача по точному отслеживанию местоположения людей внутри шахты, что связано со сложностями распространения сигналов в шахте.

Похожая ситуация возникает с технологией «Интеллектуальный карьер», предполагающей в своей реализации роботизированную систему управления технологическими процессами открытых горных работ. На данный момент она реализована в России в виде системы, управляемой диспетчером из соседней выработки. То есть технология заявляется как реализованная, но в реальности запущена лишь одна, хотя, как и в «Умной шахте», безусловно, весомая составляющая комплексной технологии.

Иная ситуация возникает с технологией «Цифровой работник». На данный момент показаны лишь несколько прототипов элементов этой технологии, судьба которых на сегодняшний день не известна, поэтому говорить об успехах ее реализации преждевременно, однако компании активно используют и развивают входящие в нее субтехнологии, идет развитие технологии «Подключенный работник», что в совокупности может послужить хорошим основанием для достижения комплексной технологией уровня УГТ8 к 2024 году.

Примером полноценного внедрения комплексной технологии является технология "Интеллектуальные счетчики". Появление на Российском рынке все большего числа предложений говорит о возрастающем процессе интеграции данных устройств. К 2024 году технология будет достаточно развитой и распространенной для того, чтобы соответствовать уровню УГТ9. Дальнейшее ее развитие возможно через внедрение возможности регулирования режимов работы сети (примеры подобных можно найти, например, у калифорнийской коммунальной компании PG&E).

Выше перечислена лишь небольшая часть технологий, разрабатываемых и реализуемых компаниями, но они являются наиболее публичными и узнаваемыми, в связи с чем фокусируют не только основное внимание экспертного сообщества и заинтересованных лиц, но и значительную часть ресурсов компаний.

Это происходит по многим причинам, включая:

- неразвитость конкретной технологии в целом, но достаточное развитие ее конкретного элемента;
- сложность и дороговизна полноценного внедрения технологии;
- отсутствие готовых решений на рынке, в результате чего даже крупные игроки с трудом могут позволить себе внедрение конкретного блока технологий, поскольку оно подразумевает определенную работу по разработке и доведению ее до рабочего состояния.

Также, несмотря на существование в каждом секторе и даже каждой компании своих уникальных проблем и сложностей в реализации пилотных проектов, все же можно сформулировать и общие для всех отраслей и компаний проблемы:

- нехватка квалифицированных кадров, спрос на которых высок, но появился буквально недавно;

- отсутствие готовых решений на рынке, в результате чего несколько компаний параллельно ведут разработки очень похожих, а порой и одинаковых продуктов, что увеличивает затраты и замедляет внедрение технологии;
- отсутствие ряда компонентов на российском рынке, даже в зарубежном исполнении;
- технологические препоны, когда реализация технологии сталкивается с существующими производственными решениями и входит с ними в конфликт;
- слабый уровень развития некоторых субтехнологий, входящих в состав конкретной комплексной технологии, что влечет невозможность полноценного внедрения последней, попытки частичной реализации с сопутствующими им проблемами, откладывание проектов и т.д., что заметно тормозит общий уровень цифровой трансформации.

Подводя итог, можно говорить о том, что реализуемые компаниями проекты в русле цифровой трансформации охватывают значительное число комплексных технологий, но степень охвата и погружения по каждой конкретной технологии различаются.

## 7.5. Перспективы осуществления цифровой трансформации компаний ТЭК исходя из стратегий их цифровой трансформации

Общая логика цифровой трансформации в компаниях, основанная на анализе мирового опыта, показывает, что компании проходят две основные стадии цифровой трансформации.

Первая стадия – многие авторы называют ее цифровизацией - применение цифровых технологий происходит в технологических процессах и процессах управления объектами и комплексами, принадлежащими компаниям. Как правило, наибольшее развитие получают технологии, от применения которых можно ожидать наибольшего и наиболее быстро получаемого экономического эффекта, а также обеспечивающие безопасность персонала.

Анализ уже реализованных и реализуемых проектов и имеющихся данных о стратегиях (программах) компаний ТЭК России (раздел 7.3) позволил выделить наиболее эффективные в понимании компаний, направления цифровизации (см. табл.5).

Таблица 5 – Наиболее эффективные в ближайшие годы (в понимании компаний ТЭК) направления цифровизации

	Электроэнергетика	Газовая отрасль	Нефтяная отрасль	Угольная отрасль
Оптимизация затрат на разведку, добычу / производство, переработку	интеллектуальных технологий оптимизации работы оборудования электростанций, в т.ч. с	новых геофизических методов поиска полезных ископаемых на основе методов интеллектуальной обработки больших данных, систем цифрового моделирования месторождений (3D и 4D съемка) для оптимизации процессов их освоения		
		интеллектуальных технологий управления оборудованием при добыче в реальном времени на основе мониторинга состояния		

ТЭР за счет применения:	комбинированной выработкой с учетом состояния оборудования, прогноза спроса и ценовых сигналов на рынке ээ	оборудования и цифровых моделей месторождений с оценкой оптимальных сценариев их освоения	
		управления нефте- и газопереработкой в режиме "реального времени" с учетом качества сырья и оптимизацией получаемой продукции	
Оптимизация работы систем транспорта и распределения ТЭР за счет применения:	интеллектуальных систем технологического управления сетевой инфраструктурой на основе удаленного сбора больших данных и предиктивной аналитики состояния инфраструктуры и ожидаемого спроса		автоматизированных технологий хранения, транспортировки и перевалки угля
	интеллектуальной системы оптимизации режима работы ЕЭС России		
	умные сети, управления спросом, агрегаторов спроса		интеллектуальных систем оптимизации железнодорожного транспорта топлива с учетом вероятности территориального перераспределения спроса
	беспилотных аппаратов для визуального отслеживания состояния сетей, их проектирования и строительства		
Контроль качества за счет:		систем удаленного цифрового контроля качества нефти и газа	цифровых технологий подбора состава и контроля качества угольной продукции
Оптимизация управления объектами ТЭК за счет применения:	интеллектуальных комплексов удаленной диагностики оборудования, предиктивной аналитики для оптимизации техобслуживания и ремонта «по состоянию»		
	интеллектуальных комплексов управления активами и планирования ресурсов предприятий и компаний, в т.ч. интегрированных с АСУ участия на торговых площадках		
	управления стоимостью жизненного цикла объектов (начиная с автоматизированного проектирования и заканчивая оптимизацией затрат на закрытие объекта)		
	интеллектуальных (в тч автоматизированных) комплексов по оптимизации портфеля контрактов с поставщиками и потребителями на электронных площадках		

Потенциал экономии издержек по перечисленным направлениям достаточно велик, поэтому в ближайшие годы компании ТЭК будут нацелены в основном на их реализацию.

Среди технологий, обеспечивающих безопасность персонала, наибольшее применение получают: цифровые технологии удаленной диагностики, контроля и прогноза безопасности работы персонала, его оповещения и управления в опасных условиях; цифровые средства индивидуального контроля и обеспечения безопасности работников; интеллектуальные роботизированные комплексы, исключаящие присутствие персонала в потенциально опасных зонах; цифровые системы предупреждения столкновения и падения техники.

В отдельных компаниях ТЭК началось создание центров обработки данных и внедрение специализированных систем сбора, хранения и обработки сведений о бизнес-операциях и клиентах, начинается оптимизация бизнес-процессов.

На пути развития этих технологий стоит много проблем. Самый первый шаг, который должен быть сделан на пути цифровизации – это «обвязка» всего периметра и переделов технологических процессов производства, транспорта и сбыта топлива и энергии множеством датчиков, измерительных приборов и приборов учета с автоматической передачей информации в центры сбора и обработки информации. К сожалению, как показал опыт реализации проектов, отечественные датчики и приборы учета не всегда соответствуют требованиям для отдельных процессов (например, на рынке практически нет датчиков для работы в агрессивных средах; «умных» счетчиков с возможностью ограничения нагрузки для Smart Grid), либо оказываются неконкурентоспособными с импортными по цене.

Так что для обеспечения развития российского производства сложных датчиков и «умных» счетчиков с приемлемым соотношением цена-качество должны быть предприняты специальные меры их стимулирования.

Вторая проблема - количество точек установки приборов учета, например, в электрических, тепловых и газовых сетях, очень велико и установка необходимых датчиков и измерительных приборов в технологических процессах, а также замена существующих приборов учета на «умные» счетчики требует многомиллиардного финансирования.

При этом для энергетических и газовых компаний главная проблема – это неплатежи за потребленные ресурсы, масштабы которых уже сопоставимы с годовой стоимостью потребления. В этих условиях финансовое состояние компаний существенно ограничивает возможности вложения средств в цифровые технологии и получения кредитов на их реализацию.

Третья группа проблем связана с тем, что развитие российских сквозных субтехнологий, технически обеспечивающих важные для ТЭК комплексные технологии, находится в настоящее время на низких уровнях готовности, и без дополнительных мер стимулирования не достигнет к 2024 году уровня высокой промышленной готовности (см. раздел 6.2).

Это означает, что они достигнут УПГ9 не ранее 2028-2030 гг., так что комплексные технологии с использованием 100% российских сквозных субтехнологий достигнут уровня готовности и доступности, достаточного для их широкого распространения, и начнут применяться компаниями ТЭК в значимых масштабах не ранее 2029-2030 гг.

Четвертая группа проблем – это острая нехватка квалифицированных кадров. Спрос на них возник недавно и требуются значительные усилия для обеспечения их в короткие сроки.

Пятая группа проблем связана с рядом барьеров, стоящих перед развитием технологий, в том числе нормативно-законодательных – начиная от запрета на использование беспилотных летательных аппаратов в городах до невозможности окупить установку приборов учета тепла из-за того, что действующая сегодня система расчетов за потребленную тепловую энергию для многоквартирных домов генерирует убытки для теплоснабжающих организаций. Проблематично также и проведение любых экспериментов с объектами критической инфраструктуры либо с энергоснабжением населения – каждый эксперимент, сопровождающийся изъятием из законодательства, требует либо внесения изменения в законодательство, либо специального распоряжения Правительства РФ.

Шестая группа проблем – это низкая эффективность автоматизации большинства рутинных процессов – начиная от программных роботов в документообороте и кончая промышленными роботами на производстве. Высокая стоимость внедрения и недостаточное развитие этих технологий в ближайшие 5 лет обусловит вялый процесс автоматизации и роботизации, что, в свою очередь, снижает эффективность других цифровых технологий, где такая автоматизация является базой.

Седьмая группа проблем - некоторые комплексные технологии отрабатываются не полностью, а лишь частично, в меру доступности технологий, кадровой обеспеченности и эффективности для компании, в связи с чем трудно оценить, будет ли технология в перспективе реализована полномасштабно или в ограниченном варианте.

Все это существенно ограничивает скорость и масштабы цифровой трансформации компаний ТЭК даже по наиболее «продвинутым» в настоящее время комплексным технологиям.

По большинству заявленных к реализации цифровых технологий в ТЭК можно ожидать к 2024 году успешную отработку в реальных условиях и адаптацию к конкретным объектам прототипов комплексных технологий и вывод их на высокие уровни готовности к массовому применению.

При этом, учитывая, что сквозные субтехнологии, в соответствии с Дорожными картами сквозных технологий, достигнут к 2024 году уровня не выше УГТ6 (за редкими исключениями - раздел 9.2), маловероятно, что комплексные технологии будут выполнены на основе исключительно российских компонент и программного обеспечения.

Далее, после 2024 года, можно ожидать массового внедрения отработанных комплексных технологий. Однако распространяться эти технологии будут только в своих собственных компаниях – трансферт технологий между компаниями-конкурентами вряд ли будет происходить, а права на создаваемую интеллектуальную собственность компании вряд ли захотят передавать своим конкурентам. Маловероятно также, что компании сами захотят продавать свои решения – это непрофильный и сложный бизнес.

Более массовое распространение отработанных цифровых технологий, а также ожидаемая в это время автоматизация рутинных и управленческих операций позволит наиболее «продвинутым» компаниям в течение 7-10 лет достигнуть готовности к реализации второй стадии – собственно цифровой трансформации.

Цифровая трансформация — это не просто использование преимуществ цифровых технологий, а преобразование бизнеса (формирование принципиально новых бизнес-моделей и бизнес-процессов, создание инновационных продуктов и услуг) на базе комплекса передовых технологий. По данным McKinsey, сегодня 10% лучших по уровню цифровизации компаний приносят в два–три раза больше доходов для акционеров и обеспечивают более высокие темпы роста выручки.

Широкое исследование цифровой трансформации бизнеса, проведенное Массачусетским технологическим институтом и основанное на теории стратегии роста компании на рынке (матрица Ансофа) и практике знаковых проектов, реализованных в том числе Uber, Shcneider Electric, Amazon, показало, что цифровизация подталкивает компании к изменению их бизнес-моделей, другими словами к цифровой трансформации, в двух измерениях:

- движение от контролируемых цепочек добавленной стоимости к сетевой организации,
- движение от низкой осведомленности о потребителях на различных этапах жизненного цикла продукта к глубокой интеграции с клиентом.

Все поле возможных изменений условно разделяется ими на четыре возможные бизнес-модели:

1. Поставщик – производитель, продающий свой товар через другие компании-посредники
2. Омниканальность – интегрированная цепочка добавленной стоимости, создающая многопродуктовый и многоканальный клиентский опыт в соответствии с развивающимися ожиданиями потребителя
3. Модульный производитель – поставщик продуктов и услуг, готовых к использованию вне зависимости от разнообразных специфических условий потребителя (платформы использования)
4. Экосистема – драйвер экосистемы, представляющей из себя сеть, интегрирующую поставщиков смежных продуктов и услуг, клиентов, непосредственно продукты и услуги.

Стратегия цифровой трансформации заключается в прохождении пути от модели поставщика к модели экосистемы через сбалансированное развитие моделей омниканальности и модульного производителя, реализуемых по мере цифрового развития (цифровизации и цифровой трансформации).

На настоящем этапе развития компании ТЭК в основном используют бизнес-модели N 1 и 2. В долгосрочных стратегиях отдельных компаний намечены элементы бизнес-модели N 3, но сформулированы они в общем виде и не как цельная бизнес-модель, а скорее как отдельные ее элементы.

В связи с этим, а также недостаточной скоростью цифровой трансформации в компаниях, изменение бизнес-моделей до 2030 г вряд ли станет необходимостью даже для лидеров цифровой трансформации в ТЭК России.

## **8. Роль органов государственного управления и регулирования ТЭК в цифровой трансформации ТЭК**

### **8.1. Возможности влияния на цифровую трансформацию ТЭК органов государственного управления и регулирования ТЭК**

В разделах 4.2 и 5.5-5.6 сформулированы основные задачи, которые стоят перед органами государственного управления и регулирования в области цифровой трансформации ТЭК. От того, как будет организовано решение этих задач, во многом зависит скорость и глубина цифровой трансформации ТЭК.

Часть из них уже предусмотрена в ведомственной программе «Цифровая экономика» и ведомственном проекте «Единая техническая политика – надежность электроснабжения». Однако роль органов государственной власти в сфере ТЭК для решения специфических задач цифровой трансформации ТЭК здесь очень высока.

Так, важным направлением является снятие законодательных, административных и других барьеров, затрудняющих реализацию процессов цифровой трансформации. Должна быть создана технология выявления таких барьеров в ТЭК и решения возникающих проблем, в том числе за счет изменения законодательства.

Не менее важной является своевременная (опережающая) подготовка изменений в законодательство Российской Федерации для реализации необходимых изменений. Значительная часть таких изменений будет происходить в области технического регулирования и стандартизации, что требует организации работы большого количества экспертов. Здесь также должна быть отработана технология выявления необходимых изменений и своевременного внесения соответствующих изменений в нормативно-законодательную базу и систему стандартов.

Процедуры выявления необходимых изменений и внесение этих изменений в законодательство по сравнению с сегодняшней процедурой должны быть существенно ускорены. При этом не должна быть потеряна системность вносимых изменений.

Для реализации этого направления создана Рабочая группа Нормативное регулирование в рамках АНО «Цифровая экономика». Уже к настоящему времени Рабочей группой разработаны предложения по изменению законодательства РФ в направлениях:

- об изъятии из регламента Правительства РФ по подготовке нормативно-правовых актов, обеспечивающих сокращение сроков и корректировки порядка подготовки и согласования;



– об экспериментальных правовых режимах – регуляторных песочницах. Законопроект направлен на создание специальных регуляторных режимов, в которых действие законодательства РФ будет ограничено для проведения испытаний по практическому применению цифровых инноваций, проверке их полезности в условиях отказа от ограничений, установленных действующими законами без риска их нарушения. Например, «песочницы» могут стать полигонами для прорыва в реальное применение беспилотного транспорта и финансовых блокчейн-проектов;

– принят закон о внедрении электронных сделок, которые позволяют заключать договоры посредством обмена электронными сообщениями вместо бумажных документов;

– внесен в Государственную Думу Российской Федерации законопроект о краудфандинге, который предусматривает новые способы осуществления инвестиций в бизнес-проекты через краудплатформы и их прозрачность;

– готовятся к внесению в Государственную Думу Российской Федерации законопроекты о:

– регулировании электронной подписи, в том числе «облачной», а также введении института третьей доверенной стороны;

– об электронном делопроизводстве в нотариате, который сократит затраты времени на удостоверение документов и сделок для всех участников процесс;

– о 3Д-моделях, который даёт возможность при подаче заявок на регистрацию интеллектуальной собственности представлять изобретения в виде цифровых трехмерных моделей;

– об отмене бумажных трудовых книжек, который предусматривает ведение данных о трудовой деятельности работников в электронном виде.

В настоящее время в Рабочей группе от ТЭК России представлены только Минэнерго Российской Федерации и ПАО «Газпромнефть». Для того, чтобы лучше учитывать интересы Российского ТЭК по созданию благоприятной нормативно-законодательной среды для цифровой трансформации, необходимо обеспечить в Минэнерго Российской Федерации в рамках пункта 7 ведомственной Программы «Цифровая энергетика» создание рабочей группы по нормативному регулированию в ТЭК, которая подготавливала бы предложения по необходимому изменению законодательства в сфере ТЭК для Рабочей группы Нормативное регулирование в рамках АНО «Цифровая экономика» и учитывала бы интересы ТЭК при подготовке других изменений в законодательство.

Следующим важным направлением является содействие в обеспечении цифровой трансформации ТЭК кадрами и в создании системы непрерывного развития компетенций.

В настоящее время направление Обеспечение подготовки высококвалифицированных кадров предусмотрено в рамках ведомственной Программы «Цифровая энергетика», в составе следующих мероприятий: Разработка

отраслевых образовательных программ и программ переподготовки кадров для цифровой энергетики и создание не менее 5 отраслевых образовательных центров на базе высших учебных заведений.

Однако этих мер явно недостаточно для решения проблемы подготовки высококвалифицированных кадров для цифровизации отрасли.

Обеспечение подготовки кадров и развитие их компетенций является задачей Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Однако Минэнерго России может существенно влиять на программы и способы организации образовательного процесса путем формирования запроса от отрасли на кадры определенной квалификации, а также на специфические образовательные программы, в том числе в сотрудничестве с компаниями ТЭК.

Благодаря появления новых он-лайн форм образования этот процесс может стать очень клиентоориентированным и повысить эффективность и необходимый уровень подготовки кадров для цифрового ТЭК.

Некоторые компании ТЭК уже организуют свои, корпоративные, системы кадрового развития – возможно, какие-то их элементы стоит сделать общими для всех компаний отрасли в рамках создания общей системы непрерывного развития компетенций в цифровом ТЭК.

Еще одно направление, которое в рамках всей цифровой экономики осуществляется Министерством науки и высшего образования Российской Федерации – это формирование исследовательских компетенций и технологических заделов, поддержка поисковых и прикладных исследований.

В сфере ТЭК это могло бы быть подкреплено созданием (совместно с компаниями ТЭК) исследовательской среды (платформы), которая обеспечивала бы обмен информацией о запросах отраслей на исследования и разработки и возможностей исследовательских команд по их реализации. Это, с одной стороны, повысит конкуренцию в исследовательской среде, с другой – обеспечит ускорение решения многих общих для компаний ТЭК проблем в цифровых технологиях.

Дополнение таких платформ различными формами поддержки и стимулирования разработки и внедрения цифровых технологий может значительно ускорить развитие комплексных технологий в ТЭК.

Важнейшей задачей Минэнерго России является осуществление различных мер поддержки приоритетных направлений цифровой трансформации ТЭК на разных стадиях жизненного цикла — от прототипа до внедрения - а также сквозных технологий, которые наиболее важны для ТЭК, но не обеспечиваются в своем развитии в рамках Национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации» и разработки сквозных технологий в соответствии с Дорожными картами их развития.

Важной мерой поддержки может стать активное содействие Минэнерго России развитию венчурных фондов и акселераторов в ТЭК, максимальное

задействование механизмов финансирования Национального проекта в интересах развития приоритетных для ТЭК сквозных и комплексных технологий.

Еще одним очень важным для цифровой трансформации ТЭК направлением является создание единой информационной экосреды в ТЭК. В ведомственной Программе «Цифровая энергетика» до 2024 года предусмотрено решение следующих задач: Формирование требования к разработке платформенных решений в единой информационной среде; Разработка модели единой информационной среды энергетики; Создание центра ведения, хранения и развития единых национальных отраслевых стандартов, онтологий, регистров и систем классификации и идентификации.

Кроме того, предусматривается создание и внедрение единой отраслевой цифровой платформы, используемой организациями электроэнергетики для передачи технологических данных в реальном режиме времени.

По-видимому, необходимо ускорить процесс создания Единого информационного пространства ТЭК, включив в задачи на период до 2024 года:

- разработку модели и прототипа платформы для выполнения Минэнерго РФ своих функций;
- разработку модели и прототипа платформы, инкорпорирующей ГИС ТЭК и обеспечивающей создание эффективной системы сбора, обработки, хранения и предоставления данных, обеспечивающей потребности государства, бизнеса и граждан в актуальной и достоверной информации в сфере ТЭК;
- разработку модели и прототипа платформы, обеспечивающей регуляторную деятельность интеллектуальной и достоверной информацией об организациях ТЭК;
- разработку модели и прототипа платформы, обеспечивающей разработку средне- и долгосрочных программ и Схем развития систем энергоснабжения с учетом планов отдельных компаний, интересов государства и потребителей с помощью интеллектуальной системы стратегического планирования.

Далее более подробно будут определены: предложения по стимулированию отечественных разработок цифровых технологий для отраслей ТЭК; приоритетные цифровых технологий и, соответственно, направления НИОКР в ТЭК; основные требования к платформенным решениям для безударного их взаимодействия, в том числе в рамках ЕИП ТЭК.

## **8.2. Разработка предложений по стимулированию отечественных разработок цифровых технологий для отраслей ТЭК**

Стимулирование разработки цифровых технологий для отраслей должно может осуществлять по следующим направлениям.

### Усиление целеполагания

Задачи цифровой трансформации как одного из инструментов национальной энергетической политики должны быть четко обозначены в Энергетической стратегии Российской Федерации.

#### Организация рынков

Минэнерго Российской Федерации мог бы обсуждать с участниками рынка и готовить опережающие и стимулирующие участников предложения по реформатированию рынков, в частности - внедрению новых форматов торговли, новых типов площадок, ориентированных на современные методы торговли.

#### Организация обмена опытом и коммерциализации цифровых технологий

Очень важной задачей является организация площадки для обмена опытом реализации проектов применения цифровых технологий – как с целью обсуждения проблем и возможных решений, так и с целью пропаганды цифровых решений. Это может быть серия интернет-конференций или регулярный семинар, как по отраслям ТЭК, так и межотраслевой, а также цифровая платформа для всех заинтересованных лиц компаний, исследовательских центров, университетов и т.п.

Эта задача может решаться отраслевыми ассоциациями, но желательна ее координация Министерством, чтобы обеспечить синергетический эффект от обмена опытом между отраслями ТЭК.

Очень важным является отстраивание системы содействия коммерциализации цифровых технологий, отработанных в отдельных компаниях. Эта задача должна решаться отраслевыми ассоциациями, однако требуется и организация межотраслевого взаимодействия для стимулирования этого процесса.

Поддержка коммерциализации проектов применения цифровых технологий ускорит процесс их развития.

#### Организация стандартизации

Документы технического регулирования (регламенты, стандарты, правила функционирования и проектирования энергосистем, правила эксплуатации энергетических объектов и т.п.) должны готовиться системно и с учетом будущего применения цифровых технологий и появления новых цифровых сервисов. Эта работа должна быть оформлена организационно и осуществляться как по отдельным отраслям, так и по общим для ТЭК аспектам.

#### Координация программ инновационного развития

Координация и отслеживание программ инновационного развития государственных компаний позволяет не только обеспечить синергетический эффект от работы разных компаний, но и усилить кооперацию и ускорить реализацию наиболее сложных цифровых технологий.

#### Помощь в максимальном задействовании мер поддержки цифровых технологий

В Российской Федерации в настоящее время задействованы различные механизмы финансовой поддержки инноваций. Перечислены основные меры поддержки, охватывающие все стадии – от «предпосевной» и закатывая стадией

«расширения». Многие из них могут быть задействованы в том числе для финансовой поддержки проектов цифровизации, однако их недостатком является достаточно длительная и трудоемкая процедура подготовки к участию в отборе и трудоемкая работа по подготовке отчетности по проекту.

Дополнительно к существующим, в рамках программы «Цифровая экономика», реализованы следующие меры поддержки развития цифровых технологий в Российской Федерации:

- субсидии на возмещение до 50% затрат на разработку цифровых платформ и программных продуктов в целях создания и (или) развития производства высокотехнологичной промышленной продукции (оператор мер поддержки – Министерство промышленности и торговли Российской Федерации);

- субсидии на поддержку лидирующих исследовательских центров, реализуемых российскими организациями в целях обеспечения разработки и реализации дорожных карт развития «сквозных» цифровых технологий (оператор мер поддержки – АО «Российская венчурная компания»);

- субсидии на поддержку компаний-лидеров по разработке продуктов, сервисов и платформенных решений на базе «сквозных» цифровых технологий (оператор мер поддержки – АО «Российская венчурная компания»);

- субсидии на реализацию региональных проектов (комплексов мероприятий) по внедрению отечественных продуктов, сервисов и платформенных решений, созданных на базе «сквозных» цифровых технологий, в субъектах Российской Федерации (оператор мер поддержки – Министерство цифрового развития, связи и коммуникаций Российской Федерации);

- субсидии на поддержку проектов по преобразованию приоритетных отраслей экономики и социальной сферы на основе внедрения отечественных продуктов, сервисов и платформенных решений, созданных на базе «сквозных» цифровых технологий (оператор мер поддержки – Министерство цифрового развития, связи и коммуникаций Российской Федерации);

- субсидии на создание новых и поддержку существующих малых инновационных компаний, стремящихся разработать и освоить производство нового товара, изделия, технологии или услуги с использованием собственных научно-технических и технологических исследований, находящихся на начальной стадии и имеющих значительный потенциал коммерциализации (оператор мер поддержки – Фонд содействия инновациям, программа Старт);

- субсидии на поддержку существующих компаний, уже имеющих опыт разработки и продаж собственной наукоемкой продукции и планирующих разработку и освоение новых видов продукции (оператор мер поддержки – Фонд содействия инновациям, программа Развитие).

Для задействования всех перечисленных выше возможных механизмов финансовой поддержки разработки и внедрения в отраслях ТЭК цифровых технологий необходимо не только довести до сведения компаний и организаций в

сфере ТЭК и цифровых инноваций в ТЭК исчерпывающей информации по перечисленным возможностям получения финансирования, необходимо создание механизма продвижения проектов для их получения.

Это может быть специальная рабочая группа в рамках ведомственного проекта «Цифровая энергетика» или специальные группы в отраслевых ассоциациях, а также платформа для обмена информацией и информационной поддержки компаний для получения финансирования.

#### Содействие в организации совместного финансирования проектов.

В условиях проблем с кадровым и техническим обеспечением проектов по цифровизации в ряде случаев эффективной может быть кооперация заинтересованных компаний в совместной отработке технологии. Министерство энергетики РФ или отраслевые ассоциации могут выступить здесь как организаторы такого взаимодействия.

Создаваемая в рамках программы «Цифровая экономика» краудфандинговая платформа, поддержанная происходящим в настоящее время изменением законодательства для обеспечения возможностей ее работы, позволит концентрировать средства для реализации таких проектов и привлекать к их реализации лучшие коллективы.

### **8.3. Определение перечня наиболее приоритетных разработок и исследований (НИР и ОКР) цифровых технологий, реализация которых позволит достичь максимальных экономических и прочих эффектов в ходе цифровых преобразований в ТЭК**

Для реализации цифровой трансформации ТЭК необходимо вести разработки по целому ряду направлений:

- разработка цифровых технологий для ТЭК;

- анализ необходимых изменений в нормативно-законодательную базу, в том числе в техническом регулировании;

- обоснование онтологической модели, архитектуры, моделей и стандартов ЕИП ТЭК;

- работы по интеграции ГИС ТЭК в ЕИП ТЭК и Национальную информационную систему;

- разработка архитектуры и онтологической модели цифровых платформ для осуществления Минэнерго РФ своих функций и т.п.

В настоящем разделе основное внимание будет уделено именно направлению развития цифровых технологий.

Учитывая уровень развития различных групп технологий в стране в целом и в каждой отдельно взятой компании, а также список наиболее приоритетных для целей цифровой трансформации ТЭК РФ технологий (раздел 5.7), выделены те комплексные технологии и отдельные субтехнологии, которые по той или иной причине сейчас развиты или активно развиваются и те, что находятся в стадии

очень медленного развития, либо не затронуты почти никем ввиду определенных трудностей.

Список базисных для цифровой трансформации ТЭК РФ сквозных субтехнологий, уровень развития которых значительно влияет на скорость внедрение цифровых технологий в ТЭК, приведен в разделе 6.2.

Говоря о базисных субтехнологиях, стоит отметить, что не все из них находятся в фокусе компаний. Развитие некоторых по различным причинам откладывается на будущее, либо не рассматривается в принципе.

Список технологий, входящих в пул «активно разрабатываемых» представлен в табл.6, столбец 1. Субтехнологии, приведенные в столбце 2, пока еще почти не востребованы в ТЭК и их недостаточное развитие уже в следующем десятилетии может оказать ощутимое влияние на скорость цифровой трансформации в ТЭК.

Таблица 6 – Список активно разрабатываемых и требующих дополнительной поддержки базисных субтехнологий

Активно разрабатываемые	Требующие дополнительной поддержки
Оптимизация построения/инжиниринга сложных систем, хранилищ данных Обработка и структурирование данных Предиктивная аналитика (включая в реальном времени) Датчики контроля технологических процессов, связанные в единую сеть Сбор данных ИОТ Промышленные роботы Экспертные системы Цифровая платформа Стандарты взаимодействия устройств/сетей	Обогащение BigData + доверенные Data 5G Высокопроизводительные вычисления Plug&Play - технологическая платформа Интеграция устаревших систем Логирование сетевых доступов/использования ресурсов ГИС (Гео интеллектуальные системы) Открытая платформа связи Модели больших гетерогенных систем

Базисные субтехнологии, не вошедшие ни в одну из таблиц развиваются в «спокойном» режиме и не требуют к себе особого внимания. Можно говорить о том, что при сохранении условий, они продолжают свое развитие.

Проанализировав список базисных субтехнологий, можно сделать вывод, что для реализации целей цифровой трансформации ТЭК необходимо приложить дополнительные усилия по разработке и внедрению субтехнологий, требующих внимания, а также держать под контролем скорость и степень развития субтехнологий, не попавших в табл.31, поскольку все они являются базой, опорой для дальнейшего развития и массового внедрения (в том числе с уменьшением стоимости и сложности) комплексных технологий во всем ТЭК России.

Поддержка развития базисных технологий тем более необходима, что Россия имеет свои специфические особенности и трудности в развитии некоторых технологий (в том числе проблемы с поставкой оборудования и комплектующих, программного обеспечения, нехваткой нишевых специалистов и т.д.).

Среди комплексных технологий, которые должны быть задействованы в рамках цифровой трансформации ТЭК (раздел 5.7), можно выделить те, которые в настоящее время развиваются благодаря росту спроса, относительной простоте и западным примерам. Список технологий, входящих в пул «активно разрабатываемых» представлен в столбце 1 таблицы 7. В столбце 2 представлены комплексные технологии, развитие которых требует дополнительной поддержки.

Таблица 7 – Список развивающихся в компаниях ТЭК и требующих дополнительной поддержки комплексных технологий.

Развиваются в компаниях	Требуют дополнительной поддержки
1. Технологии управление производительностью активов 2. Цифровой работник 3. Умное планирование активов 4. Цифровой двойник 5. Интеллектуальные сети 6. Интеллектуальные счетчики 7. Цифровой энергоменеджмент 8. Цифровое месторождение 9. Использование БПА 10. Интеллектуальный карьер 11. Подключенный работник	1. Технологии управление производительностью активов 2. Интеллектуальные сети 3. Цифровое месторождение 4. Технология сейсмического мониторинга 4D 5. Интеллектуальный карьер 6. Подключенный работник 7. Цифровое предприятие

Из таблицы видно, что некоторые комплексные технологии входят в пул активно разрабатываемых, но при этом требуют дополнительной поддержки. Это происходит во многом потому, что развитие некоторых отечественных комплексных технологий требует колоссальных капиталовложений и большой научной работы, что невозможно без помощи со стороны государства.

Несмотря на активную работу по изучению, разработке, доработке и внедрению большого числа комплексных технологий, для качественного повышения уровня общей цифровизации и соответствия мировому уровню необходимо уделить особое внимание каждой конкретной технологии, пусть даже сейчас несколькими компаниями по ней ведется активная работа. Технологии являются сложными, многогранными и без качественных НИОКР скорость их разработки и внедрения, несмотря на всю перспективность и экономическую обоснованность, может двигаться скачкообразными, трудно прогнозируемыми темпами.

Кроме того, целесообразной была бы доработка их до уровня платформенных решений, что требует дополнительных затрат и усилий.

Среди комплексных технологий особо выделяются технологии управления энергетическими системами (электроэнергия, газ, в меньшей степени – тепловая энергия и нефтепроводная система) и технологии организованных рынков. По ним целесообразно разработать отдельную программу НИОКР, включающую последовательность работ – начиная от разработки целевой модели и заканчивая проработкой конкретных цифровых платформ.



Приведен перечень комплексных технологий и основных субтехнологий по каждой отрасли ТЭК и в государственном управлении и регулировании ТЭК, которые целесообразно было бы включить в программы НИОКР.

#### **8.4. Разработка общих требований к платформенным решениям в отраслях ТЭК**

В целях обеспечения бесшовной интеграции всех применяемых платформенных решений, они должны разрабатываться с учетом требований к эталонной архитектуре единого информационного пространства отрасли (ЕИП ТЭК) и требований к построению их онтологического описания.

Для целей настоящего документа используется понятие платформенного решения, предложенное Центром компетенций направления «Информационная инфраструктура» программы «Цифровая экономика РФ» компании «Ростелеком», где цифровая платформа определяется как «система алгоритмизированных взаимовыгодных взаимоотношений значимого количества независимых участников отрасли экономики (или сферы деятельности), осуществляемых в единой информационной среде, приводящая к снижению транзакционных издержек за счёт применения пакета цифровых технологий работы с данными и изменения системы разделения труда».

При классификация цифровых платформенных решений с точки зрения предназначения можно опираться на классификацию, предложенную ПАО «Ростелеком», в которой выделены инструментальные, инфраструктурные и прикладные цифровые платформы.

Инструментальные платформы предназначены для ускорения разработки программных или программно-аппаратных решений путем предоставления сервисов обработки информации и инструментария по разработке и отладке программных продуктов.

Инфраструктурные платформы обеспечивают для экосистемы участников рынка информатизации доступ к источникам данных данной экосистемы и сервисы по их обработке с целью автоматизации хозяйственной деятельности.

Прикладные цифровые платформы предоставляют возможность автоматизированного обмена определенными ценностями между участниками рынка за счет проведения транзакций в едином информационном пространстве.

Для решения задач, стоящих в рамках цифровой трансформации ТЭК, необходимо применение всех типов платформенных решений при условии их тесного взаимодействия между собой и управляемого взаимопроникновения, как по вертикали иерархии управления, так и по горизонтали, для потенциально неограниченного расширения пользовательских возможностей. Представлено распределение функций между платформенными решениями и потребность в них отраслей ТЭК.

##### Требования к структуре и функционированию платформ

Конкретный перечень подсистем и этапность их внедрения должны определяться на этапе проектирования платформы, при этом архитектура платформ должна позволять их свободное масштабирование как в части количества обрабатываемой информации, так и в части функциональных подсистем для выполнения конкретных задач по обработке информации или предоставлению дополнительных сервисов пользователям платформы. В целях повышения устойчивости работы и облегчения масштабируемости платформы должны быть построены по распределенному принципу на основе применения облачных технологий.

Функционирование создаваемых платформ должно базироваться на информационной модели данных, основанной на единой онтологической модели и имеющей следующие характеристики: полнота описания предметной области, достаточность детализации, однозначность определения требуемого элемента, расширяемость.

Информационный обмен между компонентами платформы должен строиться на принципе достоверности информации за счет обеспечения «единых» входных данных (ввод одних и тех же данных в платформу должен производиться один раз через доверенные каналы информации). В качестве платформы обмена информацией, в том числе для прикладных платформ должны использоваться инфраструктурные платформы, в которых необходимо обеспечить:

- наличие каналов сбора и передачи данных с высокой пропускной способностью;
- обеспечение возможности обработки больших массивов данных в режиме «реального» времени;
- интероперабельность в части поддержки разных протоколов передачи данных и наличия открытых интерфейсов для стыковки с другими платформами и системами;
- автоматический сбор необходимой технологической информации;
- обеспечение различных способов обмена и получения информации (необработанные данные, электронные документы, звуковые и видеоизображения) по защищенным каналам связи и через сети общего пользования;
- применение стандартизированных интерфейсов (API) для взаимодействия программных компонентов с платформой и между собой.

Платформы должны функционировать в режиме 24/7 и обеспечивать следующие режимы функционирования:

- штатный режим, предусматривающий нормальную работу платформы с исправно функционирующими комплексом технических средств и базовым и прикладным программным обеспечением. В целях поддержки штатного режима должны быть разработаны и выполняться требования к эксплуатации используемых программно-технических средств.

- аварийный режим, характеризующийся отказом/неправильной работой нескольких компонент программного или технического обеспечения;
- регламентный режим, обеспечивающий проведение регламентных работ на платформе с выводом одной или нескольких программных или технических компонент.

Во всех режимах платформы должны обеспечивать корректное функционирование системы без перерывов в работе пользователей.

Диагностирование платформ должно обеспечиваться средствами мониторинга состояния и определения неисправностей, предусматриваемыми или рекомендуемыми производителями технических и программных средств, использованных при реализации Платформы. В целях корректного диагностирования возможных неисправностей в платформах должны поддерживаться:

- сбор, накопление и анализ информации о режимах работы компонент платформы;
- диагностирование возможных неисправностей, выработка предложений по их устранению и информирование обслуживающего персонала для предотвращения возможных отказов и незапланированных простоев в работе программно-технических компонент платформы.
- ведение журналов по неисправностям, возникшим при работе Платформы и действиям персонала по их устранению.

#### Требования к надежности

Для обеспечения надежного функционирования платформ должны быть предусмотрены:

- использование аппаратно-независимых программных решений
- выбор ремонтпригодных технических средств, с высокими показателями безотказности;
- резервирование, дублирование технических средств, компонент и настроек в объеме, позволяющем восстановить работу вышедших из строя компонент Платформы;
- контроль целостности данных на уровне платформы;
- обеспечение сохранности и целостности данных и ПО;
- сохранение работоспособности ПО при некорректных действиях пользователя;
- обеспечение требуемых условий эксплуатации;
- ведение статистического учета аварийных ситуаций;
- обеспечение бесперебойного электроснабжения технических средств;
- резервирование каналов передачи данных.

#### Требования к безопасности и защите информации

Платформы должны разрабатываться с учетом Требований по обеспечению целостности, устойчивости функционирования и безопасности информационных

систем общего пользования, утвержденных Приказом Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 25.08.2009 N 104.

Устойчивость функционирования платформ должна обеспечиваться разработкой мер при проектировании, направленных на выполнение требований к показателям надежности. Показателем устойчивости функционирования платформы является коэффициент готовности, который определяется как вероятность того, что платформа окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени его функционирования (за исключением времени, в течение которого применение платформы по назначению не предусматривается).

Отраслевые инфраструктурные и прикладные платформы по классификации, введенной приказом Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 25.08.2009 № 104, относятся к информационным системам общего пользования класса I, а инструментальные отраслевые платформы к информационным системам общего пользования класса II.

В соответствии с приказом, к инфраструктурным и прикладным платформам предъявляются следующие требования:

должны использоваться сертифицированные Федеральной службой безопасности Российской Федерации антивирусные средства и средства обнаружения иного вредоносного программного обеспечения в соответствии с порядком, определенным Федеральной службой безопасности Российской Федерации;

должна обеспечиваться защита от воздействий на технические и программные средства, в результате которых нарушается их функционирование, и защита от несанкционированного доступа к помещениям, в которых размещены данные средства, с использованием технических средств охраны, предотвращающих или существенно затрудняющих проникновение в помещения посторонних лиц, при этом помещения оборудованы охранной системой видеонаблюдения;

должна осуществляться регистрация действий обслуживающего персонала и аномальной активности пользователей;

расчетное значение коэффициента готовности, определяемое при проектировании, и эксплуатационное (оценочное) значение коэффициента готовности составляют не менее 0,99.

Требования, предъявляемые к инструментальным платформам:

должны использоваться сертифицированные Федеральной службой безопасности Российской Федерации антивирусные средства и средства обнаружения иного вредоносного программного обеспечения в соответствии с порядком, определенным их производителем;

должна обеспечиваться защита от воздействий на технические и программные средства, в результате которых нарушается их функционирование, и

защита от несанкционированного доступа к помещениям, в которых размещены данные средства;

должна осуществляться регистрация действий обслуживающего персонала; расчетное значение коэффициента готовности, определяемое при проектировании, и эксплуатационное (оценочное) значение коэффициента готовности составляют не менее 0,95.

При проектировании платформ должна быть предусмотрена подсистема безопасности, для которой основным назначением является обеспечение режима функционирования Платформы, при котором сохраняется целостность и доступность информации, содержащейся в Платформе.

Подсистема безопасности платформы должна реализовываться в соответствии согласованных с федеральным органом исполнительной власти в области обеспечения безопасности и федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным в области противодействия техническим разведкам и технической защиты информации, моделей угроз безопасности обрабатываемой информации и действий нарушителя.

Требования к эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и хранению компонентов

Эксплуатация и техническое обслуживание компонентов платформ должны осуществляться Оператором платформы, численность и компетенции персонала которого должны быть достаточны для обеспечения предъявляемых требований по надежности и безопасности платформы.

Условия эксплуатации, а также виды и периодичность обслуживания технических средств платформ должны соответствовать требованиям по эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и хранению, изложенным в документации их производителей.

Операторы платформ должны обеспечивать:

недопущение воздействия на технические и программные средства информационной системы общего пользования, в результате которого нарушается их функционирование;

предупреждение возможных неблагоприятных последствий нарушения порядка доступа к техническим и программным средствам информационной системы общего пользования;

постоянный контроль обеспечения защищенности информационной системы общего пользования от неправомерных действий;

актуализацию действующих моделей угроз безопасности обрабатываемой информации и действий нарушителя при последующем изменении архитектуры платформы и (или) технологии обработки информации с последующим согласованием с федеральным органом исполнительной власти в области обеспечения безопасности и федеральным органом исполнительной власти,

уполномоченным в области противодействия техническим разведкам и технической защиты информации;

выполнение превентивных и корректирующих действий, направленных на устранение причин несоответствия требованиям информационной безопасности.

#### Требования к патентной чистоте

По всем техническим и программным средствам, применяемым в платформах, должны соблюдаться условия лицензионных соглашений и обеспечиваться патентная чистота.

#### Требования к стандартизации и унификации

Платформенные решения должны разрабатываться на основе требований к эталонной архитектуре информационного пространства для обеспечения требований интероперабельности на всем жизненном цикле (PLCM).

В целях обеспечения бесшовного обмена информацией онтологические модели, описывающие предметные области разрабатываемых платформенных решений должны строиться на основе единых требований к построению онтологических моделей, в том числе:

семантических (способность к обмену информацией);

синтаксических (способность к обмену данными);

прагматических (способность к совместному использованию данных и информации в контексте решаемых задач);

динамических (способность к совместному использованию информации с учетом изменяющихся внешних и внутренних сред).

При создании платформ должно использоваться общесистемное программное обеспечение производителей, имеющее поддержку на территории Российской Федерации. Должна быть обеспечена стандартизация на уровне соблюдения требований отраслевой нормативной документации и открытых международных стандартов.

При разработке платформенных решений должны учитываться требования Российской Федерации по внедрению и развитию национальной системы управления данными (НСУД).

### **9. Разработка сценариев использования цифровых технологий в ТЭК России, учитывающих наличие решений высокой степени готовности и стимулирование отечественных разработок с наиболее высокой эффективностью**

В данном исследовании сценарность предусматривается только в отношении одного процесса - цифровой трансформации ТЭК. Это означает, что все внешние условия приняты неизменными.

В числе неизменных внешних условий рассматриваются:

■ Глобальное развитие и развитие экономики России – принят Базовый сценарий Прогноза социально-экономического развития Российской Федерации до 2036 года;

■ Развитие ТЭК России – в связи с отсутствием актуальной версии Энергетической стратегии Российской Федерации в качестве сценария, соответствующего Базовому сценарию прогноза социально-экономического развития РФ, принят «верхний» сценарий проекта Энергетической стратегии Российской Федерации до 2035 года;

■ Развитие цифровой экономики в Российской Федерации – в соответствии с задачами и целевыми показателями Национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации»;

■ Развитие российских сквозных цифровых технологий – в соответствии с Дорожными картами развития сквозных технологий.

В этих условиях направления и глубина цифровой трансформации в ТЭК, а также возможность достижения к 2035 году целевого видения цифрового ТЭК в основном зависят от процессов, которые будут проходить в компаниях ТЭК и в сфере государственного управления и регулирования ТЭК.

Анализ состояния и планов цифровой трансформации компаний (раздел 7.3), а также возможных направлений действий органов государственного управления и регулирования ТЭК по цифровой трансформации отраслей ТЭК (раздел 8) позволил сформировать два крайних сценария цифровой трансформации ТЭК:

Сценарии консервативный – предполагает отсутствие кардинальных изменений в действиях органов государственного управления и регулирования ТЭК на всем рассматриваемом периоде.

При этом, благодаря Программе Цифровая экономика, будут осуществляться все предусмотренные в ней изменения, включая создание благоприятной среды для инновационного развития в этой сфере, развитие нормативно-законодательного обеспечения и подготовка кадров, развитие отдельных сквозных технологий.

Однако это не будут специфические для ТЭК изменения – все, что необходимо сделать для отраслей ТЭК, будет инициироваться отдельными лидирующими компаниями или ассоциациями компаний. Скорость реализации предложенных ими решений не увеличится по сравнению с сегодняшней и, вследствие отсутствия объединяющего начала, будет осуществляться разрозненно и несистемно, в интересах лидирующих компаний или для решения ситуационно возникающих проблем в ТЭК.

Единая информационная среда в основном ограничится рамками компаний, за исключением, возможно, электроэнергетики, а также усовершенствованным вариантом ГИС ТЭК в целях обеспечения государства информацией о ТЭК.

В этом сценарии вряд ли можно ожидать значительного ускорения процессов цифровой трансформации, так что внедрение цифровых технологий в отдельных компаниях ограничится отработкой и широким распространением тех

комплексных технологий, пилотные проекты которых (или первые фазы которых) осуществляются в настоящее время или планируются на перспективу ближайших лет (подробнее см. раздел .

При этом сохранится существенный разрыв в масштабах внедрения этих технологий между компаниями – лидерами и прочими компаниями, поскольку трансферта технологий между компаниями практически не будет.

Будут в качестве пилотных проектов отработаны отдельные новые цифровые сервисы и новые бизнес-модели, но это будут именно отдельные проекты, а не массовое их применение.

Таким образом, к 2035 году в этом сценарии можно ожидать некоторого, но не революционного, продвижения в части цифровой трансформации ТЭК с сохранением неравномерности уровней цифрового развития компаний ТЭК.

При этом необходимо учитывать, что, в соответствии с Дорожными картами развития сквозных технологий, к 2024 году уровень зрелости российских субтехнологий, связанных с наличием физических приложений (роботы, процессоры и т.п.) и субтехнологии кластера «Большие данные» будут иметь значительное отставание от мирового уровня (см. раздел 9.2 Книги 4). Также недостаточный уровень еще будут иметь "базисные" (критически важные для достижения задач целевого видения ТЭК) сквозные технологии (см. там же).

Таким образом, как минимум до 2028-2030 гг. не будет выполнено требование о переходе в основном на российские цифровые технологии.

Единое цифровое пространство в ТЭК построено не будет, цифровая трансформация органов управления будет происходить медленно и не обеспечит новое качество управления ТЭК.

Сценарий базовый - предполагает, что органы государственного управления и регулирования ТЭК в ближайшее время:

- создадут систему управления цифровой трансформацией ТЭК;
- организуют работы для создания ЕИП ТЭК (в соответствии с задачами раздела 5.6);
- организуют работу по определению приоритетов развития цифровых технологий (в соответствии с разделом 8.3) и цифровых платформ для поддержки цифровой трансформации отраслей ТЭК (в соответствии с разделом 8.4);
- организуют работу по системному изменению нормативно-законодательной и нормативно-технической базы цифровой трансформации отраслей ТЭК;
- будут активно содействовать подготовке высококвалифицированных кадров для цифровой трансформации ТЭК;
- будут активно содействовать трансферту комплексных технологий между компаниями;
- будут активно содействовать привлечению финансирования в цифровые проекты в ТЭК (в соответствии с разделом 8.2), а также в развитие критически



важных для ТЭК сквозных технологий (в соответствии с разделом 8.3);

– будут активно осуществлять собственную цифровую трансформацию в соответствии с задачами раздела 5.5.

Предполагается, что в данном сценарии Минэнерго России в полной мере выполнят стоящие перед ними задачи.

В этом сценарии, благодаря своевременному снятию барьеров и обеспечению стимулирующей среды, развитие цифровых технологий осуществляется более ускоренными темпами, и не только по тем комплексным технологиям, которые отрабатываются в настоящее время, но и по ряду других, обеспечивающих пусть не столь существенные, но все-таки значимые эффекты в ТЭК.

Это позволит снизить текущие издержки в отраслях ТЭК, повысить эффективность и надежность энерго- и топливоснабжения ТЭК, выполнить все сформулированные в разделе 4.2 цели и задачи.

В этом сценарии уже к середине 2020-х гг. ряд компаний будет готов к изменениям бизнес-моделей и моделей организации рынка. Более того, уже будут не только отработаны в качестве пилотных, но и внедрены несколько новых платформ торговли энергоресурсами и сопутствующих сервисов. Их отработка позволит после 2030 года вести новые правила работы рынков газа и электроэнергии, а компаниям – лидерам выйти на другие рынки, смежные с ТЭК. Это повысит доходы и стоимость компаний.

Разработанные компаниями-лидерами цифровые решения будут предложены на рынке в качестве инструментальных и прикладных платформ и будут создавать дополнительный доход и прибыль компаниям ТЭК.

## **10. Разработка прогноза использования отечественных цифровых технологий на среднесрочную (2024 год) и долгосрочную (2035 год) перспективы**

Прогноз использования отечественных цифровых технологий разрабатывается как целевой, направленный на максимальное достижение целевого видения.

Как уже отмечалось, в качестве исходных применены следующие условия:

Глобальное развитие и развитие экономики России – принят Базовый сценарий Прогноза социально-экономического развития Российской Федерации до 2036 года;

Развитие ТЭК России – принят «верхний» сценарий проекта Энергетической стратегии Российской Федерации до 2035 года;

Развитие цифровой экономики в Российской Федерации – в соответствии с задачами и целевыми показателями Национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации»;

Развитие российских сквозных цифровых технологий – в соответствии с Дорожными картами развития сквозных технологий.

В прогнозе предполагается, что Минэнерго Российской Федерации организует деятельность таким образом, чтобы максимально задействовать все предложенные в разделе 8 механизмы для поддержки цифровой трансформации в ТЭК.

Это позволит уже в ближайшие 5 лет ускорить процесс прохождения первого этапа – цифровизации технологических и бизнес-процессов - в компаниях ТЭК, ускорить отработку пилотных проектов по ключевым цифровым технологиям, их удешевление и начало более широкого использования.

В этом сценарии высокого уровня готовности достигнут не только технологии, связанные с надежностью и снижением аварийности работы оборудования, предприятий и систем, а также повышением эффективности технологических процессов и управления активами компаний.

Это также стимулирует ускоренное развития «базисных» сквозных суб-технологий, необходимых для решения задач целевого видения ТЭК, так что к 2024 году возможно вывести некоторые комплексные технологии на использование значимой доли российских компонент и программного обеспечения.

Одновременно в наиболее продвинутых компаниях можно ожидать частичной оптимизации бизнес-процессов и начала процесса перехода на систему управления стоимостью жизненного цикла, обеспечивающую оптимизацию затрат за счет применения предиктивной аналитики, риск-ориентированного управления и цифровых технологий на каждом этапе жизненного цикла объекта и системы объектов.

Отработка пилотных проектов по риск-ориентированному управлению ЕЭС России позволит после 2024 года начать ее применение для всех объектов электроэнергетики.

Реализация Дорожной карты Энерджинет обеспечит реализацию и тестирование пилотных проектов по применению агрегаторов спроса; интеллектуального учёта электроэнергии и управления микрогрид; распределённой автоматизации воздушных (кабельных) сетей, созданию адаптивной инфраструктуры города. Это позволит после 2024 года уже широко внедрять эти технологии.

В отдельных компаниях можно ожидать тестирования цифровых платформ для взаимодействия с потребителями.

К 2024 году будет создана система, обеспечивающая трансферт технологий между компаниями ТЭК, в дальнейшем - на основе платформенных решений.

К 2024 году будет полностью описана и подготовлены необходимые стандарты и модели по Единому информационному пространству ТЭК (ЕИП ТЭК).

Будут полностью описаны и частично запущены в пилотном режиме отдельные платформенные решения для обеспечения задач Минэнерго Российской Федерации.

Продолжение реализации последовательной политики поддержки цифровой трансформации ТЭК позволит к 2029-2030 гг. обеспечить коммерциализацию и широкое применение наиболее продвинутых технологий, указанных выше. Технологии, развиваемые в рамках Энерджинет, в период до 2030 года могут быть доведены до уровня УГТ 7-8, в это же время могут быть внесены необходимые для их внедрения изменения в нормативно-законодательную базу.

Ожидаемый прорыв в автоматизации и роботизации процессов позволит более широко задействовать все процессы автоматизации производства – начиная от рутинных процессов документооборота и кончая промышленными роботами на производстве. Это позволит раскрыть реальную эффективность многих комплексных технологий и обеспечит готовность компаний к изменению бизнес-процессов и к новым формам торговли.

Тогда к 2030-2032 гг. наиболее продвинутые компании, а к 2035 г. – остальные компании ТЭК смогут завершить этап цифровизации (применения цифровых технологий с целью повышения эффективности бизнеса) и перейти ко второму этапу – собственно цифровой трансформации, которая предполагает переход к новым моделям взаимодействия на рынках, появлению новых рынков (в том числе цифровых сервисов) и новых игроков.

Созданная к этому времени ЕИП ТЭК будет отличной средой для возникновения многообразных платформ и новых методов организации торговли энергоресурсами.

Информационная система, интегрированная с Общероссийской информационной средой с одной стороны, и с цифровыми платформами компаний и их технологических и торговых объединений – с другой, обеспечит ТЭК интеллектуальными информационными ресурсами.

Цифровое Минэнерго будет осуществлять основные свои функции с использованием цифровых платформ, обеспечивающих эффективное взаимодействие со всеми типами организаций ТЭК, потребителями, другими органами власти.

Таким образом, при активной позиции государства и полноценной реализации всех перечисленных в разделе 11 мер поддержки и стимулирования, ТЭК России может к 2035 году приблизиться к целевому видению, определенному в разделе 5.