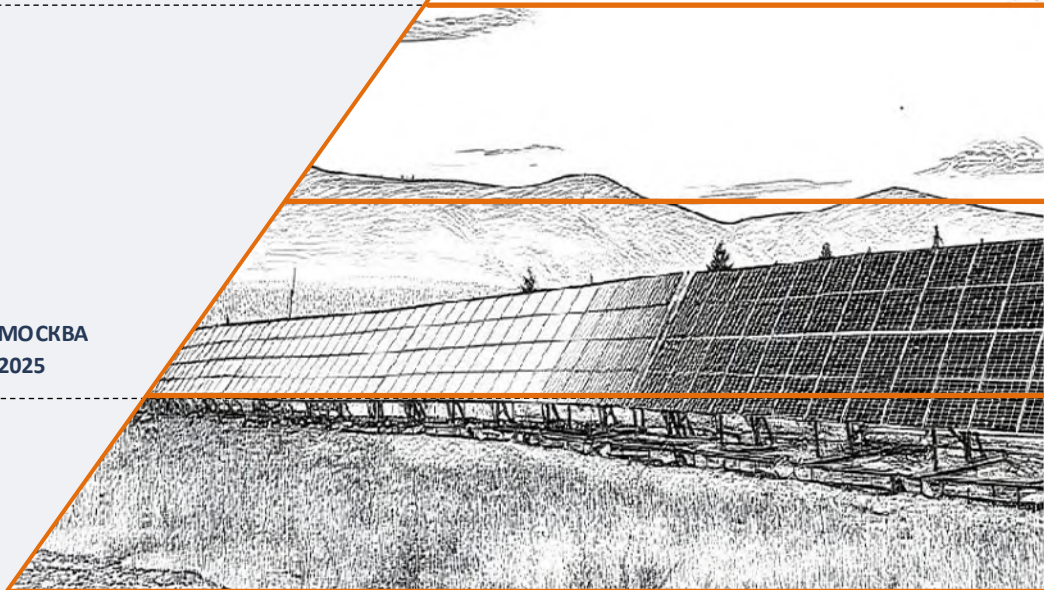


ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ: ПРИГЛАШЕНИЕ В БУДУЩЕЕ

Предварительная концепция
развития нового
сегмента рынка

МОСКВА
2025



АНО «Центр «Энерджинет»

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ: ПРИГЛАШЕНИЕ В БУДУЩЕЕ

Предварительная концепция развития
нового сегмента рынка

Москва – 2025

Авторы:

Д.В. Холкин, И.С. Чаусов

Интеллектуальные распределенные энергетические системы: приглашение в будущее. Предварительная концепция развития нового сегмента рынка. / Под ред. Холкина Д.В. – 2025 – 48 с.

Концепция посвящена анализу вызовов, стоящих перед электроэнергетикой в мире и в России в наиболее важном и динамически развивающемся сегодня сегменте распределенной энергетики, и возможности преодоления этих вызовов за счет интеллектуальных распределённых энергосистем – как наиболее адекватного ответа в контексте энергоперехода к новому энергетическому укладу с учетом заделов, накопленных в Российской Федерации.

Концепция подготовлена при поддержке Фонда поддержки проектов НТИ и Министерства высшего образования и науки Российской Федерации в рамках реализации Национальной технологической инициативы по направлению «Энерджинет».

© Автономная некоммерческая организация
«Центр энергетических систем будущего «Энерджинет», 2025

Содержание

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ	4
ВВЕДЕНИЕ: ОБРАЩЕНИЕ К ЧИТАТЕЛЯМ.....	6
ВЫЗОВЫ ВРЕМЕНИ.....	7
ПЕРЕХОД К ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ РАСПРЕДЕЛЕННЫМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ	11
Классификация ИРЭС по масштабу и сложности	14
РОССИЙСКИЕ ЗАДЕЛЫ В СФЕРЕ ИРЭС	18
Технологические заделы	18
Проектные заделы НТИ Энерджинет.....	20
Автоматизированные гибридные энергетические комплексы первого поколения	20
Автоматизированные гибридные энергетические комплексы второго поколения	22
Цифровой РЭС.....	24
СберСити.....	27
Архитектура Интернета энергии	29
ЗАДЕЛЫ В ОБЛАСТИ ИНСТИТУТОВ КОГНИТИВНОГО СУВЕРЕНИТЕТА.....	32
Инфраструктурный центр.....	32
Центры компетенций	33
Школа инженеров энергетики будущего ИНЖИР.....	35
Сеть лабораторий Energynet.Lab	37
Культурно-просветительский центр «Мир электричества»	39
СТРАТЕГИЯ ЛИДЕРСТВА.....	41
Сетевая кооперация.....	42
Цифровые бизнес-модели.....	44
Технологии комплексности	45
ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ: ПРИГЛАШЕНИЕ К СОТРУДНИЧЕСТВУ	47

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Энергосистемы во всем мире переживают сегодня интенсивные структурные изменения, вызванные новыми вызовами времени, ключевым из которых становится рост потребления электроэнергии и изменение характера потребителей. Глобальное потребление электроэнергии в 2024 году выросло на 4%, что существенно превышает среднегодовой показатель 2,7%, наблюдавшийся последние 15 лет. В России в 2024 году потребление электроэнергии выросло на 3,1% – вдвое большими темпами, чем в среднем наблюдались до этого. Не менее важно, то, что спрос растет за счет появления новых типов потребителей, которые предъявляют повышенные требования к параметрам качества электроэнергии, надёжности электроснабжения, автономности и мобильности источников энергии.
2. Экстенсивный рост энергетики, построенной на технологических решениях второй половины XX века, не может обеспечить новый спрос на электроэнергию, не приведя к неприемлемому росту стоимости электроэнергии и не создав чрезмерной финансовой нагрузки на потребителей. Необходимы оригинальные решения, принадлежащие новому энергетическому укладу и позволяющие существенно повысить эффективность использования энергетических мощностей для удовлетворения спроса и требований потребителей.
3. Ответом на актуальную необходимость структурного развития электроэнергетики выступают интеллектуальные распределенные энергетические системы (ИРЭС). ИРЭС – тип энергосистем, в которых распределенные источники энергии и энергетической гибкости, связанные надежной и гибкой инфраструктурой интеллектуальных распределительных электрических сетей, и управляемые децентрализованной системой автоматизированного управления обеспечивают реализацию кастомизированных сервисов энергоснабжения для разнообразных потребителей. ИРЭС – это переход от традиционной монолитной энергетики с иерархической архитектурой к энергетике как гибкой, цифровой, клиентоориентированной и устойчивой экосистеме, где энергия становится частью широкой платформы услуг и ценностей для общества.
4. Ключевым технико-экономическим эффектом, обеспечиваемым ИРЭС в сравнении с традиционной энергетикой, является повышение эффективности использования энергетических ресурсов и мощностей при одновременном росте доступности, надежности и кастомизированного качества энергоснабжения. ИРЭС реализует идею «и лучше, и дешевле».

5. Подходы к построению ИРЭС создаются в настоящее время в целом ряде мировых интеллектуальных центров, в частности, в Китае и Японии. Российский подход к ИРЭС основан на оригинальной архитектуре Интернета энергии (IDEA), выступающей передовым концептуальным заделом, обеспечивающим российское лидерство в архитектурных представлениях об ИРЭС. Российский подход к построению ИРЭС позволяет масштабировать их на уровнях микро-ИРЭС, мини-ИРЭС и макро-ИРЭС.
6. В России силами рабочей группы НТИ Энерджинет, АНО «Центр «Энерджинет» и АНО «Платформа НТИ» при поддержке Минэнерго России разработана модель технологического суверенитета в сфере ИРЭС, позволяющая сформировать стек технологий, комплексных решений, новых бизнес-моделей, стандартов, институтов когнитивного суверенитета и моделей мышления, необходимый и достаточный для построения и тиражирования ИРЭС всех масштабных уровней. Российскими компаниями и научными организациями, в частности, входящими в сообщество НТИ Энерджинет, сформированы значительные технологические, проектные и практические заделы по большинству элементов этой модели.
7. В настоящее время сообществу НТИ Энерджинет необходимо сосредоточиться на скорейшем создании образцов ИРЭС различных типов в рамках пилотных проектов, снятии административных и регуляторных барьеров для их тиражирования, формирование и усиление лидерских позиций по ключевым технологиям ИРЭС. Для этого предлагается реализовать следующие ключевые инициативы:
 - a. Осуществление сетевой кооперации, которая обеспечивает продуктивное сотрудничество заинтересованных участников для сборки комплексных решений для ИРЭС любой сложности, совместного продвижения на целевых рынках, расширения и развития технологического пакета, разработки новых стандартов и правил регулирования, подготовки кадров.
 - b. Реализация цифровых (платформенных) бизнес-моделей, которые позволяют на основе цифровых двойников и платформ быстро разворачивать настраивать и модифицировать новые бизнес-процессы и систему отношений, кастомизированные для каждого ИРЭС.
 - c. Развитие лучших в своем классе технологий комплексности, которые обеспечивают интеграцию отдельных технологических элементов в надежные и эффективные ИРЭС.

ВВЕДЕНИЕ: ОБРАЩЕНИЕ К ЧИТАТЕЛЯМ

Рабочая группа НТИ Энерджинет, АНО «Центр «Энерджинет» при участии отраслевых экспертов подготовили предварительную концепцию интеллектуальных распределенных энергетических систем (ИРЭС) как направления развития современной энергетики, способного обеспечить России новые лидерские позиции в условиях энергетического перехода и формирования нового энергетического уклада, укрепления технологического суверенитета.

Летом 2025 года на мероприятиях Летней школы инженеров энергетики будущего ИНЖИР в Казани основные положения этой концепции были представлены Министру энергетики С.Е. Цивилеву и получили от него горячую поддержку.

Мы приглашаем читателей познакомиться с концепцией ИРЭС – взглядом на реалистичное и технологически состоятельное будущее энергосистем – и присоединиться к делу создания, развития и тиражирования ИРЭС.

При этом призываем читателей помнить, что представленные в концепции модели и перечни технологий, аналитические оценки степени владения этими технологиями в России, оценки экономических эффектов в рамках проектных заделов являются предварительными, а сама концепция – открытой для дополнений, уточнений и критики.

Поэтому мы приглашаем читателей направлять предложения по дополнению представленной концепции, особенно – модели технологического суверенитета в сфере ИРЭС, технологических и проектных заделов бизнес-компаний и научных организаций для реализации ИРЭС – на адрес АНО «Центр «Энерджинет» info@ioen.ru.

ВЫЗОВЫ ВРЕМЕНИ

Глобальная электроэнергетическая система переживает в настоящее время период интенсивных структурных изменений, обусловленных ускорением темпов роста электропотребления и ограничениями традиционной централизованной архитектуры энергетики. Согласно Enerdata, глобальное потребление электроэнергии в 2024 году выросло на 4%, что существенно превышает среднегодовой показатель 2,7%, наблюдавшийся в период 2010–2019 годов. Историческая динамика потребления энергии по регионам мира показана на Рис. 1. International Energy Agency в World Energy Outlook 2024 прогнозирует, что к 2035 году мировой спрос на электроэнергию будет на 2,2 тыс. ТВт·ч выше предыдущих прошлогодних оценок. Оценки роста потребления электроэнергии, сделанные IEA, показаны на Рис. 2 Ведущие международные организации сходятся в прогнозах существенного роста мирового потребления электроэнергии к 2050 году: IEA подтверждает тенденцию к удвоению спроса в своих сценариях, BP Energy Outlook 2025 демонстрирует аналогичные тренды в своих сценариях.

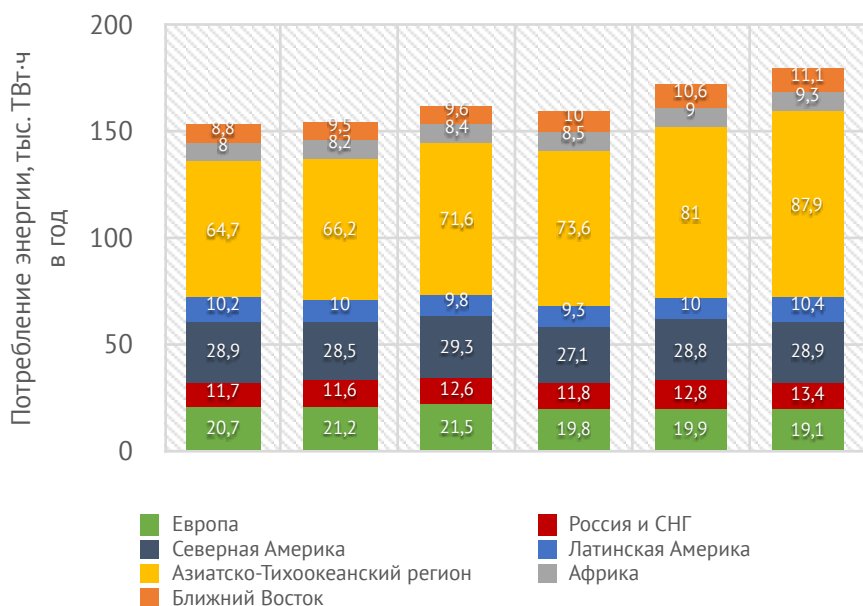


Рисунок 1. Потребление энергии по регионам мира, тыс. ТВт·ч в год. Источник: EnerData

Структуру растущего спроса формируют несколько технологических факторов. Особое значение приобретает цифровой спрос на электроэнергию со стороны потребителей, предъявляющих повышенные требования к параметрам качества электроэнергии и надёжности электроснабжения. к таким потребителям относятся центры обработки данных, инфраструктура искусственного интеллекта, прецизионные и аддитивные производства, высокоточные фотолитографические, биотехнологические и электрохимические производства. Электрификация транспорта и промышленности охватывает не только электромобили и электробусы, но и беспилотные летательные аппараты, речные и морские суда, промышленные роботы, что требует развития мобильных источников электроэнергии и зарядной инфраструктуры на базе распределительных электрических сетей.

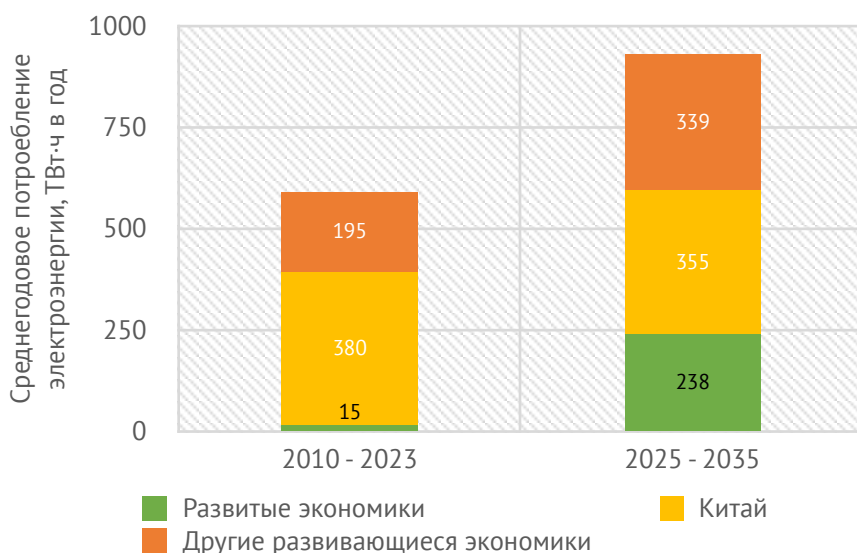


Рисунок 2. История и прогноз среднегодового потребления электроэнергии в мире, ТВт·ч в год. Источник: IEA

Геополитические факторы создают дополнительные вызовы для энергетической безопасности. Современные вооружённые силы испытывают фундаментальную трансформацию, связанную с электрификацией военной техники и развитием беспилотных летательных аппаратов, что изменяет характер военных действий и увеличивает потребность в мобильном и автономном энергоснабжении. Одновременно геополитические угрозы снижают надёжность централизованных

энергетических систем, что стимулирует переход к распределённым формам энергоснабжения для обеспечения энергетической безопасности критически важных потребителей.

Распределительный сегмент электроэнергетики испытывает повышенную нагрузку вследствие нескольких факторов. Пространственная локализация новых нагрузок создаёт точечные перегрузки распределительных сетей, что требует значительной модернизации питающих линий для обеспечения зарядки электромобилей. Изменение временных профилей потребления усложняет управление сетями: домашние зарядные станции и тепловые насосы формируют новые пиковые нагрузки. Интеграция двунаправленных энергетических потоков от распределённых источников энергии требует технической адаптации сетей, изначально спроектированных для односторонней передачи мощности.

Согласно оценкам BloombergNEF, объём инвестиций в сетевой комплекс, необходимых для удовлетворения потребностей новых типов пользователей, составляет \$21,4 трлн за период до 2050 года, из которых \$17,3 трлн направляется на новое строительство. Годовые расходы на развитие сетевого комплекса должны вырасти с \$274 млрд в 2022 году до \$871 млрд к 2050 году. Инвестиции в развитие распределительных сетей составляют основную долю необходимого сетевого строительства: они должны увеличиться с \$147 млрд в год в 2022 году до \$533 млрд в год к 2050 году, прогноз показан на Рис. 3. Инвестиции требуются не только на экстенсивное развитие сети, но и на её качественную трансформацию посредством масштабного использования цифровых технологий. \$5,1 трлн, составляющие 24% от общего объёма инвестиций, должны быть направлены на цифровизацию сетевого комплекса для повышения его надёжности, гибкости и экономической эффективности. По оценкам International Energy Agency, цифровизация сетевых комплексов позволяет отсрочить инвестиции в сети объёмом \$1,8 трлн до 2050 года.

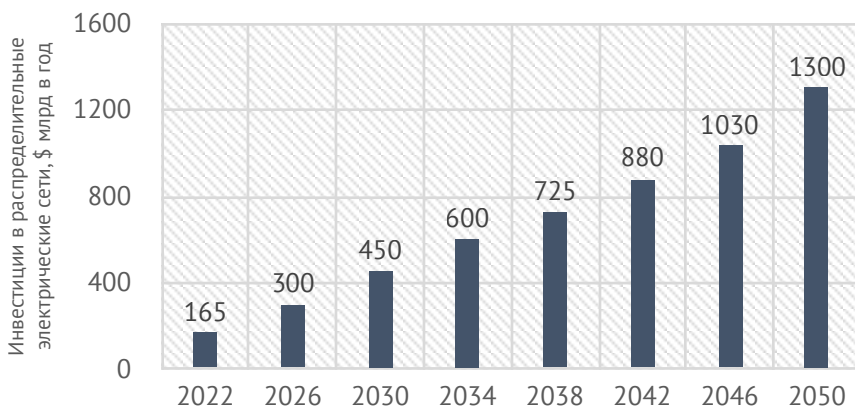


Рисунок 3. Прогноз инвестиций в распределительные электрические сети в мире, \$ млрд в год. Источник: BNEF

В этих условиях развитие интеллектуальных распределённых энергосистем приобретает особое значение как эволюционный этап цифровой трансформации электросетевой инфраструктуры. Распределённые системы на основе различных источников малой генерации, включая возобновляемые источники энергии, малые ГЭС и модульные реакторы, в сочетании с системами накопления энергии и технологиями информационного моделирования с искусственным интеллектом, позволяют решать как локальные проблемы технологического присоединения без ожидания расширения централизованной инфраструктуры, так и задачи энергообеспечения изолированных территорий. в условиях временных и экономических ограничений традиционной энергетики распределённые источники энергии и гибкости демонстрируют преимущества в скорости развёртывания, поскольку строительство крупных энергетических объектов сталкивается с существенными трудностями в соответствии темпам роста спроса.

Таким образом, современная энергетическая система переживает структурную трансформацию, где временные и экономические ограничения традиционной централизованной энергетики в сочетании с устойчивым ростом спроса создают объективные предпосылки для развития распределённых энергетических систем. Данный процесс представляет адаптацию энергетической инфраструктуры к новым техническим и экономическим условиям, где гибкость и скорость развёртывания становятся определяющими факторами обеспечения доступности, надежности, качества и приемлемой стоимости энергоснабжения.

ПЕРЕХОД К ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ РАСПРЕДЕЛЕННЫМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ

Интеллектуальные распределённые энергосистемы (ИРЭС) – тип энергосистемы, в которой используются распределенные источники энергии и энергетической гибкости, связанные надежной и гибкой инфраструктурой интеллектуальных электрических сетей, и управляемой интеллектуальной децентрализованной системой управления.

ИРЭС, принципиальная схема которого показана на Рис. 4, таким образом, представляет собой семейство комплексных технических решений, объединяющих разнородные источники распределенной генерации (дизельные и газовые генераторы, ВИЭ, включая малые ГЭС, модульные атомные реакторы), системы накопления энергии, интеллектуальные сети передачи и распределения электроэнергии с технологиями информационного моделирования и системами поддержки принятия решений на основе искусственного интеллекта. Это сочетание технологий обеспечивает, в зависимости от потребности, энергетическую автономность ИРЭС и/или возможность эффективной интеграции с централизованными энергосистемами.



Рисунок 4. Принципиальная схема ИРЭС. Источник: Центр «Энерджинет»

Интеллектуальные распределённые энергосистемы можно рассматривать как эволюционную конвергенцию двух развивавшихся ранее независимо технологических направлений: Smart Grid и Microgrid. Smart Grid обеспечил развитие цифровых технологий двусторонней коммуникации между коммунальными службами и потребителями, продвинутой измерительной инфраструктуры и систем сетевого управления, но сохранил фокус на централизованной архитектуре энергосистем и существующей сетевой инфраструктуре. Microgrid развил концепцию локальной энергетической автономности за счет создания контролируемых энергетических сущностей с определёнными электрическими границами, способных к островному режиму работы и интеграции распределённых энергетических ресурсов. ИРЭС объединяют сетевую интеллектуальность Smart Grid с автономностью Microgrid, дополняя эту синергию искусственным интеллектом для предиктивной аналитики и динамической оптимизации, что создаёт качественно новые возможности: комплексные бизнес-модели типа Energy-as-a-Service, агрегированные микросети как виртуальные электростанции, и интегрированный режим работы "источник-сеть-нагрузка-накопление".

Отличие концепции ИРЭС заключается в более широком и комплексном подходе к развитию энергетической инфраструктуры. ИРЭС является следующим этапом развития энергетики и инфраструктуры, который включает не только интеллектуальные сети, но и интеграцию множества сервисов и технологий для создания устойчивой, гибкой и самоорганизующейся энергетической системы:

- ИРЭС включает в себя комплексное управление распределёнными энергетическими ресурсами (Distributed Energy Resources, DER), виртуальными электростанциями (Virtual Power Plant), микроэнергетическими системами (MicroGrid), а также сервисами для потребителей, включая управление электромобилями (Vehicle-to-grid) и интеллектуальный учет.
- ИРЭС строится на основе открытых платформ, многоагентных систем и технологий самоорганизации, что позволяет интегрировать различные энергетические объекты и сервисы на технологическом, информационном и бизнес-уровнях.
- В рамках ИРЭС акцент делается на создание мультиинфраструктурных сред для устойчивого городского развития, экономической эффективности и широкомасштабном использовании новых энергетических технологий, таких, например, как водород.

– ИРЭС выходит за пределы только электроснабжения, включая киберсоциальные модели для создания умных городов, предприятий и инфраструктур будущего.

ИРЭС – это переход от традиционной монолитной энергетики к гибкой, цифровой, клиентоориентированной и устойчивой экосистеме, где энергия становится частью более широкой платформы услуг и ценностей для общества. ИРЭС имеет следующие основные социотехнические особенности:

- **Изменение роли клиента (абонента сети).** Клиент превращается в "просьюмера", который не только потребляет, но и производит и/или накапливает энергию, участвует в локальных и национальных энергетических рынках, может продавать излишки энергии или энергетическую гибкость.
- **Децентрализованные рынки и платформы.** Создаются локальные и национальные платформы для обмена энергией. Децентрализованные биржи позволяют управлять избытками и дефицитом энергии на местах, а национальные платформы обеспечивают балансировку и передачу ценовых сигналов по всей стране.
- **Многослойная социальная система (мультиинфраструктурность).** Энергетика перестаёт быть только вертикально интегрированной отраслью. Формируется мультисервисная платформа, где энергетические компании становятся не только поставщиками энергии, но и координаторами пользовательского опыта, интегрируя сервисы из других отраслей – транспорта, агроиндустрии, цифровых услуг.
- **Интеграция с цифровыми и киберфизическими системами.** Внедрение искусственного интеллекта, облачных платформ, IoT и систем управления на уровне "grid edge" (умные устройства на границе сети) обеспечивает гибкость, устойчивость и оптимизацию энергосистемы.
- **Новые бизнес-модели.** Энергетические компании становятся интеграторами сервисов, выходят за рамки продажи киловатт-часов: развивают совместные проекты с ИТ, транспортом, недвижимостью, агросектором и др.

Идеи создания интеллектуальных распределённых энергетических систем активно развиваются и апробируются во всем мире. в частности, государственная электросетевая компания Китая (SGCC) в рамках реализации стратегического плана под названием «От пика углеродных выбросов к углеродной нейтральности» ведёт работы по развитию инфраструктуры для распределённой энергетики и формированию «энергетического Интернета». Большую работу ведёт SICHUAN

ENERGY INTERNET RESEARCH INSTITUTE и другие китайские научные организации. в Европе и США также давно развивается подход по превращению сети в умную сеть (Smart Grid). в Великобритании развивается практика активного управления сетью (Active Network Management) и создания локальных энергетических рынков. в Японии крупнейшая энергетическая компания TEPCO реализует план создания инфраструктуры третьего поколения (Utility 3.0).

Классификация ИРЭС по масштабу и сложности

Общепринятой классификации ИРЭС еще не выработано. Предлагается выделять следующие классы ИРЭС:

- **Микро-ИРЭС** (до 5 МВт) – локальные системы для отдельных объектов (промышленные предприятия, больницы, университеты, жилые комплексы, изолированные поселения и специальные применения). Характеризуются возможностью высокой, длительной автономности, простыми бизнес-моделями прямого владения или лизинга.
- **Мини-ИРЭС** (5-200 МВт) – районные системы масштаба муниципалитетов, промышленных зон или групп связанных потребителей. Требуют развитых технологий распределения энергии, координированного управления несколькими источниками энергии и гибкости, применения бизнес-моделей энергетических кооперативов или концессий.
- **Макро-ИРЭС** (свыше 200 МВт) – региональные, в том числе промышленные системы, интегрирующие распределённые источники энергии и гибкости с множеством потребителей. Предполагают использование продвинутых платформенных технологий управления, сложных многосторонних бизнес-моделей, таких как локальные рынки.

Развитие ИРЭС в РоссииВ России идея создания интеллектуальных распределенных энергетических систем развивается и реализуется сообществом НТИ Энерджинет, представляющим собой экосистему технологических компаний, университетов, центров компетенций, отраслевых экспертов и специалистов. Представление об ИРЭС с использованием ранее созданного и апробированного архитектурного подхода Интернета энергии IDEA (Internet of Distributed Energy Architecture), принятого в 2024 году в форме предварительного национального стандарта (ПНСТ 913-2024).

В рамках реализации совместного проекта Рабочей группы НТИ Энерджинет, АНО «Центр «Энерджинет», АНО «Платформа НТИ» при поддержке Минэнерго

России была разработана модель технологического суверенитета в сфере ИРЭС (Рис. 5).

Представленная модель технологического суверенитета в области интеллектуальных распределённых энергосистем демонстрирует иерархическую структуру из семи взаимосвязанных уровней, где каждый уровень обеспечивает технологическую базу для последующих:

Уровень 1: Технологии генерации и накопления энергии – фундаментальная основа ИРЭС, включающая разработку и производство источников возобновляемой энергии, систем накопления и первичного энергетического оборудования. Этот уровень определяет энергетическую автономность и базовые характеристики производительности системы.

Уровень 2: Технологии распределения энергии формируют сетевую инфраструктуру ИРЭС, охватывая технологии передачи, распределительные сети, силовую электронику и системы коммутации. Обеспечивает физическую связность и управляемость энергетических потоков в распределённой архитектуре.

Уровень 3: Технологии платформенного управления создают программно-аппаратную основу для координации работы ИРЭС, включая промышленные контроллеры, системы поддержки принятия решений, коммуникационные протоколы и платформы интеграции, включая активное использование искусственного интеллекта. Обеспечивает техническую возможность централизованного и распределённого управления.

Уровень 4: Нормы и правила (НПА и НТД) формируют нормативно-техническую базу функционирования ИРЭС, включая стандарты безопасности, технические регламенты, правила подключения и эксплуатации. Создаёт единые требования к качеству, надёжности и совместимости технологических решений.

Уровень 5: Модели управления и бизнес-модели ИРЭС определяют экономические механизмы функционирования и развития ИРЭС, включая тарифообразование, модели финансирования, схемы взаимодействия участников рынка и новые сервисные модели типа Energy-as-a-Service.

Уровень 6: Институты когнитивного суверенитета обеспечивают интеллектуальную основу развития ИРЭС через создание исследовательских центров, образовательных программ, научных школ и экспертных сообществ, формирующих кадровый потенциал и научно-технический задел.

Уровень 7: Модели мышления – верхний уровень, формирующий концептуальные подходы, методологию проектирования, стратегическое видение развития ИРЭС и философию технологического развития, определяющую долгосрочные приоритеты и направления инноваций.

На базе рабочей группы НТИ Энерджинет при поддержке Минэнерго России организуется деятельность по обеспечению технологического суверенитета и конкурентоспособности на мировом рынке в сфере ИРЭС.

РОССИЙСКИЕ ЗАДЕЛЫ В СФЕРЕ ИРЭС

Энерджинет представляет собой направление Национальной технологической инициативы (НТИ), сформированное в 2014 году по инициативе Президента Российской Федерации и официально утверждённое в 2016 году для достижения глобального технологического лидерства российских компаний на новых рынках современной энергетики. Миссия НТИ Энерджинет заключается в опережающем развитии практик цифровой трансформации электроэнергетической инфраструктуры России через концепцию Интернета энергии – киберфизической инфраструктуры информационных систем, основанной на децентрализованном интеллектуальном управлении энергетическими системами. Деятельность в рамках данной инициативы, ведущаяся технологическими и энергетическими компаниями, университетами и научными организациями, экспертами и отраслевыми специалистами, координируется рабочей группой НТИ Энерджинет.

На текущий момент сообщество НТИ Энерджинет объединяет более 2000 инженеров-разработчиков, специалистов и экспертов, более 50 технологических компаний. С 2018 года АНО «Центр энергетических систем будущего «Энерджинет» выполняет функции инфраструктурного центра НТИ по данному направлению.

На базе рабочей группы НТИ Энерджинет ведется активная работа по созданию нормативно-технической и нормативно-правовой базы для масштабирования новых технологий и практик в сфере ИРЭС, реализуются пилотные проекты апробации моделей ИРЭС, создаются и развиваются институты когнитивного суверенитета, обеспечивающие проведение аналитических исследований, разработку технологий, популяризацию новых технологий и практик, подготовку инженеров.

Технологические заделы

Сообществом НТИ Энерджинет, а также отраслевым сообществом в российской электроэнергетике сформированы заделы, необходимые для системного развития ИРЭС как для решения внутренних задачи модернизации и развития электроэнергетической инфраструктуры, так и для выстраивания долгосрочных экспортных партнёрских связей.

На настоящий момент в России на уровне готовности технологий от 6 до 9 сформированы заделы по следующим энергетическим технологиям:

1. Технологии производства энергии:

- 1.1. Поликристаллические и монокристаллические кремниевые солнечные (фотовольтаические) панели;
- 1.2. Гибкие солнечные (фотовольтаические) панели на основе аморфного кремния и CIGS;
- 1.3. Ветрогенераторы мощностью от 3 кВт до 50 кВт и от 1 МВт до 3 МВт;
- 1.4. Дизельные генераторы, в том числе с переменной частотой, с широкой линейкой мощностей;
- 1.5. Газопоршневые генераторы с широкой линейкой мощностей;
- 1.6. Атомные станции малой мощности с модульными реакторными установками IV поколения электрической мощностью от 6 до 55 МВт;
- 1.7. Малые и микро-ГЭС, в том числе бесплотинные и погружные;
- 1.8. Водородные электрохимические энергоустановки на основе топливных элементов мощностью с широкой линейкой мощностей.

2. Технологии накопления энергии:

- 2.1. Литий-ионные системы накопления электроэнергии, в том числе на основе аккумуляторных батарей собственного мелкосерийного производства;
- 2.2. Водородные системы накопления электроэнергии в составе генераторов водорода на базе электролизеров воды, баллонных или ресиверных систем хранения сжатого водорода и топливных элементов;
- 2.3. Гравитационные (твердотельные) системы накопления электроэнергии.

3. Технологии передачи и распределения энергии:

- 3.1. Интеллектуальное коммутационное оборудование;
- 3.2. Интеллектуальные распределительные устройства;
- 3.3. Быстровозводимые интеллектуальные подстанции;
- 3.4. Интеллектуальная система защит и автоматики;
- 3.5. Инверторы на основе силовой электроники;
- 3.6. Энергетические роутеры на основе силовой электроники;

3.7. Зарядные станции для электромобилей с функцией smart charging и широкой линейкой мощностей и коммутационных стандартов.

4. Технологии управления:

- 4.1. Цифровые двойники систем и оборудования;
- 4.2. Управление аварийностью и ликвидацией аварий;
- 4.3. Управление транспортом электроэнергии;
- 4.4. Системы автоматизированного проектирования;
- 4.5. Управление энергетической гибкостью;
- 4.6. Мультиагентные системы управления;
- 4.7. Платформы локального рынка и сервисов;
- 4.8. Цифровые онтологии моделицентричного инжиниринга;
- 4.9. Интернет энергии.

Российские технологические заделы создает полноценную экосистему для реализации ИРЭС в России, где технологические разработки сравнительно малых технологических компаний сообщества НТИ Энерджинет дополняются промышленными возможностями и финансовыми ресурсами средних и крупных компаний, государственных корпораций, обеспечивая переход от экспериментальных проектов к масштабной промышленной реализации интеллектуальных распределённых энергосистем на всей территории Российской Федерации.

Проектные заделы НТИ Энерджинет

ИРЭС являются комплексными техническими системами и для их распространения важно формировать типовые подходы к их проектированию. в последние годы в сообществе НТИ Энерджинет были реализованы пилотные проекты ИРЭС различного масштаба, некоторые из них получили коммерческое распространение. Представим наиболее значимые проектные заделы.

Автоматизированные гибридные энергетические комплексы первого поколения

Автоматизированные гибридные энергетические комплексы (АГЭК), сочетающие топливную и возобновляемую генерацию и использующие системы накопления электроэнергии (СНЭ) для эффективной интеграции различных источников энергии, используются при строительстве и модернизации систем энергоснаб-

жения изолированных и труднодоступных территорий (ИТТ). АГЭК является базовым техническим решением для организации микро-ИРЭС.

Группа «ЭНЭЛТ» является одним из пионеров в деле использования автоматизированных гибридных энергетических комплексов и энергосервисных контрактов для модернизации энергоснабжения ИТТ в регионах России. в настоящее время «ЭНЭЛТ» обладает наибольшим пакетом проектов такого типа среди частных компаний страны.

В 2020 – 2024 гг. «Группа ЭНЭЛТ» успешно реализовала ряд проектов в Республике Саха (Якутия) по модернизации энергообъектов в н. п. Верхоянск, Дабан, Куйдусун, Оймякон, Орто-Балаган (АГЭК в этом поселке показан на Рис. 6), Саняхтах, Тополиное, Урицкое. Проекты включали замену старых ДЭС на новые, установку СЭС и систем накопления энергии, что позволило снизить расход топлива и повысить надежность энергоснабжения.



Рисунок 6. Автоматизированный гибридный энергетический комплекс в п. Орто-Балаган.
Источник: Группа ЭНЭЛТ

Возможность достижения топливозамещения в электроснабжении продемонстрирована в ряде проектов ПАО «РусГидро», реализованных в 2021–2022 гг. в населенных пунктах Табалах, Кулун-Елбют, Хонуу, Чумпу-Кытыл и Сасыр в Республике Саха (Якутия).

Опыт реализации этих проектов показал возможность снижения себестоимости электроэнергии за счет АГЭК в среднем на 25%.

Автоматизированные гибридные энергетические комплексы второго поколения

Автоматизированные гибридные энергетические комплексы второго поколения не только сочетают топливную и возобновляемую генерацию, а объединяют системы электро- и теплоснабжения за счет частичной электрификации последних, оптимизируют потребление энергии, используют управление энергетической гибкостью. в управление энергетической гибкостью кроме накопителей могут быть включены также системы отопления и накопления тепла, нагрузки потребителей, как бытовых, так и промышленных, водородные системы, электрический транспорт и его зарядная инфраструктура, различные коммунальные инфраструктуры. в данной конфигурации технических решений подход микро-ИРЭС реализуется в полной степени.

АГЭК второго может реализовать следующие эффекты:

- АГЭК позволяют получить эффект топливозамещения (снижения удельного расхода топлива на производство электрической энергии) за счет использования ВИЭ в оптимальном сочетании с топливной генерацией, обеспечивающей надежность электроснабжения.
- Управление энергетической гибкостью позволяет повысить коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) генерации на основе ВИЭ, формируя оптимальный профиль потребления электрической и тепловой энергии. Это, в свою очередь, также увеличивает топливозамещение, а также позволяет оптимизировать использование мощностей со снижением стоимости обслуживания, сокращает потребность в мощности и соответствующие капитальные затраты.
- Согласованное управление электро- и теплоснабжением позволяет использовать кросс-секторальные эффекты, задействовать генерацию на основе ВИЭ в те периоды времени, когда она избыточна, для получения тепловой энергии, использовать энергетическую гибкость электрифицированных источников тепла и накопителей тепловой энергии, получить эффекты от совместной генерацией электроэнергии и тепла (когенерацией), а также снизить затраты на логику строительной техники, оборудования и персонала.
- Мероприятия по повышению энергетической эффективности потребителей позволяют снизить за счет снижения непроизводительных потерь электрической и тепловой энергии расход топлива и потребность в выработке ВИЭ, за счет повышения тепловой инерции на стороне потребителей повысить их энергетическую гибкость.

По предварительным оценкам АГЭК второго поколения позволяет снизить себестоимость электроснабжения и теплоснабжения в ИТТ на 20–40% и более. в настоящее время ряд компаний (в т.ч. группа «Энэлт», «Альтрен») при участии АНО «Центр «Энерджинет», АО «Корпорация развития Дальнего Востока и Арктики», Российского энергетического агентства реализуют план мероприятий, направленный на пилотную апробацию АГЭК второго поколения, разработку бизнес-модели его внедрения, а также снятие регуляторных барьеров для тиражирования нового подхода.



Рисунок 7. Примеры графического сравнения конфигураций микрогридов по технико-экономическим параметрам оптимизации в IDEA Microgrid

Для осуществления технико-экономического моделирования микро-ИРЭС изолированных и труднодоступных территорий силами АНО «Центр «Энерджинет» разработана и развивается система многопараметрического технико-экономического моделирования энергосистем IDEA Microgrid, которая позволяет за несколько минут получить оптимизацию конфигурации и расчет параметров работы ИРЭС, а также увидеть взаимную зависимость этих параметров. Многопараметрическая модель позволяет подобрать состав оборудования для микро-ИРЭС по заданному профилю потребления электроэнергии и выполнить оптимизацию этого состава оборудования по критериям себестоимости электроэнергии (LCOE), топливозамещения, капитальной стоимости проекта, удельного расхода топлива, удельной эмиссии CO_2 и ряду других показателей. Пример графического сравнения конфигураций для микроэнергосистемы на основе солнечной и дизельной генерации со СНЭ показан на Рис. 7.

Цифровой РЭС

В 2020 году на территории Республики Крым по инициативе и при поддержке Главы Республики Крым С.В. Аксёнова, за счет средств частного инвестора, реализован проект НТИ Энерджинет «Цифровой РЭС – Крымэнерго». в январе 2021 на заседании Межведомственной рабочей группы по разработке и реализации Национальной технологической инициативы при Правительственной комиссии по модернизации экономики инновационному развитию России года проект был признан успешным. на базе реализованного проекта на период до 2026 года создана «Федеральная экспериментальная площадка «Цифровой РЭС – Крымэнерго». Лидером проекта является компания ООО «Разумные электрические сети».

В рамках реализации проекта были отработаны следующие перспективные технологии, нацеленные на достижение требуемых показателей надёжности, качества и доступности электроэнергии при исключении критически изношенных активов и минимальной себестоимости распределения электроэнергии:

- автокластерная распределительная сеть, обеспечивающая автоматическую изоляцию повреждённого участка сети (Рис. 8);
- система проектирования на основе формальной модели сети, нацеленная на минимизацию капитальных затрат при обеспечении целевых параметров по надёжности, качеству и доступности электроэнергии;
- система управления документацией, основанная на использовании модели сети;
- система диспетчерского управления, основанная на использовании модели сети и формализованной процедуры ликвидации аварий;
- «безуставочная» система релейной защиты и автоматики, основанная на использовании моделей аварий защищаемых объектов.

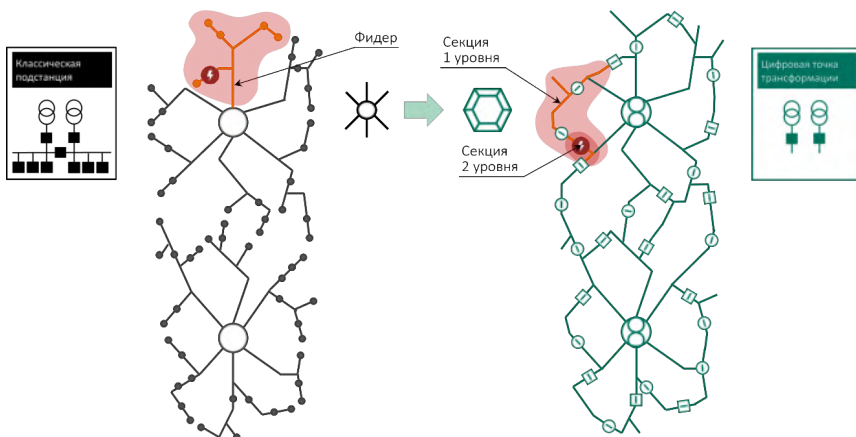


Рисунок 8. Автокластерная распределительная сеть в сравнении с существующей сетью с радиальной топологией

В результате внедрения и отработки указанных технологий удалось достичь показателей деятельности экспериментальной площадки, показанных в Таблице 1.

Таблица 1. Показатели работы Цифрового РЭС в рамках экспериментальной площадки «Цифровой РЭС – Крымэнерго»

Показатель работы РЭС	До	После
SAIDI, часы в год	13,8	3,8
Технические потери электроэнергии, %	5,5	4,3
Гарантия нормативного качество напряжения на вводе ТП	Нет	Есть

Полученные результаты позволяют ожидать, что для Цифровой РЭС могут быть достигнуты показатели деятельности по сравнению с существующими РЭС, приведенные в Таблице 2.

Таблица 2. Показатели работы Цифрового РЭС в сравнении со среднестатистических РЭС с воздушными линиями электропередач

Показатель работы РЭС	Средне-статистический РЭС с ВЛ	Цифровой РЭС
SAIDI, часы в год	8,7	<2
SAIFI, отключений в год	2,3	<1

Технические потери электроэнергии, %	>10	<5
Гарантия заданного качества электроэнергии	Нет	Есть
Полная прозрачность отчетности	Ограничена	Есть
OPEX, %	100	<60
EBITDA, %	<2	>20
Тариф на передачу электроэнергии	Вероятен рост	Без изменений

При реализации проекта получены следующие дополнительные знания, указывающие на достижимость указанных параметров:

- использование при модернизации распределительной сети системы проектирования на основе формально описанной модели сети, решающей задачу минимизации затрат, автокластерной сети и компактных быстровозводимых центров питания позволяет существенно снизить капитальные затраты и технические потери электроэнергии;
- использование автокластерной сети, «безуставочной» системы РЗиА и разработанных систем диспетчерского управления и мотивации персонала позволяет существенно улучшить показатели надёжности электроснабжения;
- использование автокластерной сети, «безуставочной» системы РЗиА и разработанной системы диспетчерского управления позволяет существенно снизить трудоёмкость ликвидации аварий;
- использование не требующего периодических ремонтов оборудования позволяет существенно снизить соответствующие эксплуатационные затраты;
- использование системы управления документации, основанной на применении модели сети, позволяет существенно снизить трудозатраты на сопровождение документации и вероятность ошибок;
- использование «безуставочной» РЗиА позволяет существенно снизить трудозатраты на её сопровождение и вероятность ошибок.

На текущем этапе реализации проекта «Цифровой РЭС – Крымэнерго» ведётся пилотная апробация модернизации сети 0,4 кВ на базе формальной модели сети – решение последней мили распределения электрической энергии. Целями данного этапа являются: разработка оптимальной конфигурации распределительной сети 0,4 кВ, обеспечение нормативных уровней качества электрической

энергии непосредственно в точках поставки конечных потребителей, а также отработка человеконезависимого контроля потребления электрической энергии.

Данный проект позволил отработать ключевые технические и организационные решения для формирования мини-ИРЭС.

СберСити

Проект «СберСити», реализуемый АО «Рублево-Архангельское», является площадкой для полноценной реализации интеллектуальной распределенной энергетической системы большого масштаба (макро-ИРЭС). Большое многообразие новых энергетических технологий, которые планируется использовать при создании энергетической инфраструктуры района, создает предпосылки для реализации просьюмерской модели энергообмена, которая предоставляет некоторые преимущества для жителей СберСити, а также создает дополнительные возможности для общей оптимизации энергоснабжения всего энергорайона (Рис. 9). Разрабатывается модель и проектные предложения для пилотной отработки в СберСити локального энергетического рынка.

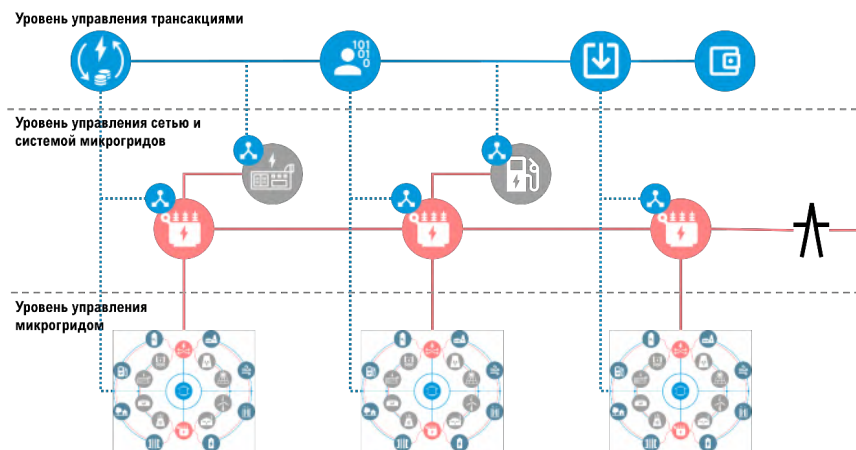


Рисунок 9. Архитектурная схема проекта ИРЭС в СберСити. Источник: Центр «Энерджинет»

Модельные и теоретические исследования, а также практические эксперименты и пилотные проекты в области локальных энергетических рынков и сообществ активно ведутся в мире с 2015 года. Начиная с проектов, реализованных блокчейн-стартапами LO3 Energy и Power Ledger по p2p-торговле электроэнергией в микрогридах, практики локальной энергетической торговли стали разнообраз-

ными и существенно расширились. За прошедшие 10 лет ряд стартапов продемонстрировал работоспособность и востребованность технологии локальной энергетической торговли, было успешно завершено несколько пилотных и по их итогам в ряде стран, таких как Великобритания и Нидерланды, начато практическое внедрение и масштабирование практики локальных энергетических рынков. Одновременно с 2019 г. в законодательство Великобритании, ЕС, США и Австралии вносятся изменения, позволяющие широко практиковать создание локальных энергетических рынков и сообществ. в связи с этим можно считать, что различные практики локальных энергетических рынков и сообществ зарекомендовали себя и вышли на рыночное тиражирование.

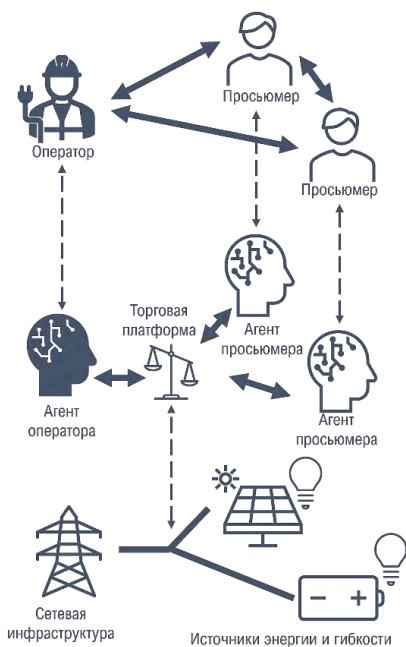


Рисунок 10. Схема организации локального рынка электроэнергии и гибкости. Источник: Центр «Энерджинет»

В конструкции локального энергетического рынка (Рис. 10) обеспечивается сочетание двух условий. С одной стороны, рынок должен упрощать пользовательский опыт участвующих в нем представителей местного сообщества (собственников или пользователей жилья и энергетических активов). С другой стороны, рынок должен обеспечивать наилучшую оптимизацию использования источников энергии и гибкости в целях достижения наименьшей стоимости электроэнергии при обеспечении ее высокого качества в широком смысле этого термина. При этом вторая задача должна решаться кастомизировано, то есть с учетом ограничений, налагаемых запросами представителей местного сообщества, которые могут преследовать различные монетарные

и немонетарные цели участия в локальном рынке от снижения стоимости электроснабжения или получения дохода от своих энергетических активов до получения энергии с наименьшим углеродным следом или максимального использования энергии, произведенной именно локальным сообществом.

Архитектура Интернета энергии

Для реализации целевой модели ИРЭС был разработан архитектурный подход Интернета энергии – IDEA (Intertnet of Distributed Energy Architecture), основная схема которого показана на Рис. 11.

Интернет энергии, в соответствии со стандартом ПНСТ 913-2024, представляет собой кибер-физическую инфраструктуру для интеллектуального управления объектами распределенной энергетики, а также их совокупностями, осуществляемого посредством энергетических транзакций, проводимых в рамках сервисов Интернета энергии. Основными подсистемами Интернета энергии является neural grid, internet of things, transactive energy.

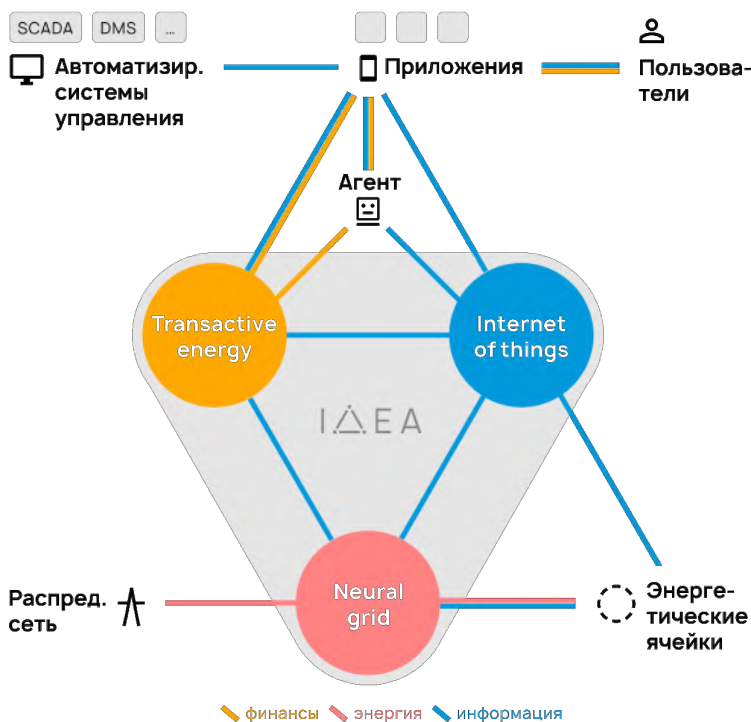


Рисунок 11. Архитектурная схема Интернета энергии IDEA согласно ПНСТ 913-2024. Источник: Центр «Энерджиинет»

В интеллектуальных распределенных энергетических системах реализуются следующие типы энергетических транзакций:

- агрегирование объектов распределенной энергетики для согласованного ими управления с целью участия в традиционных энергетических рынках;
- организация управления объектами распределенной энергетики в рамках микроэнергосистемы, с целью оптимального и надежного энергоснабжения потребителей электроэнергии в микроэнергосистеме;
- организация локальных энергетических рынков, на которых владельцы объектов распределенной энергетики предоставляют другим участникам этих рынков полезное качество (товар, услугу), за что получают оплату.

Базовыми функциями физической электроэнергетической составляющей системы Интернета энергии, называемой в ПНСТ 913-2024 «neural grid», являются:

- поддержание нормального режима электроснабжения в условиях осуществления энергетических транзакций;
- оказание необходимых для осуществления энергетических транзакций воздействий на режим электроснабжения, баланс активной и реактивной мощности;
- обеспечение высокого качества электрической энергии;
- обеспечение адаптивной технологической (релейной) защиты.

Наиболее радикальные технологические изменения в облике и работе сетевого комплекса, необходимые для его цифровой трансформации и превращения в Интернет энергии, обеспечиваются за счет развития кибер-физических технических решений на основе силовой электроники, позволяющих управлять потоками мощности в сети. Такие кибер-физические устройства называются энергетическими роутерами.

В России разработка и пилотная апробация архитектуры построения Интернета энергии была осуществлена в 2018–2020 гг. в рамках проекта Национальной технологической инициативы «Архитектура Интернета энергии». Данная работа была выполнена АНО «Центр «Энерджинет», при участии МЭИ, МФТИ и нескольких технологических компаний сообщества НТИ Энерджинет. Была разработана референтная архитектура Интернета энергии, на базе которой позже был подготовлен стандарт ПНСТ 913-2024, был создан демонстрационный комплекс Интернета энергии, а также создан испытательный полигон в Центре компетенций НТИ МЭИ.

Демонстрационный комплекс представляет собой разработанный и внедренный в составе реальной системы энергоснабжения программно-аппаратный комплекс, реализующий вариант референтной архитектуры Интернета энергии с применением новых технологических возможностей (в частности «энергетических роутеров» малой мощности и информационной платформы). целью создания демонстрационного комплекса Интернета энергии является апробация референтной архитектуры Интернета энергии и демонстрация новых возможностей, которая она предоставляет. на базе демонстрационного комплекса были показаны возможности распределенного согласованного управления объектами распределенной энергетики, устойчивости работы системы в случае выхода из строя (отключения) источников энергии, подключения нового оборудования в режиме plug & play, организации одноранговой торговли энергией и прочее.

Для обеспечения продолжения исследований и разработок по реализации архитектуры Интернета энергии в рамках деятельности Центра компетенций НТИ МЭИ в 2019 году был запущен Центр коллективного пользования «Испытательный полигон технологий транспортировки электроэнергии и распределенных интеллектуальных энергосистем». Физическая часть полигона представлена электродинамической моделью энергосистемы, включая реальные установки ВИЭ, четырехкватратные усилители, а также цифровые системы защиты и автоматического управления. в составе полигона были созданы 3 микроэнергосистемы мощностью 75 кВА, включающие в себя энерго роутеры, СЭС и накопители электроэнергии.

В последнее время ведутся работы по практической реализации архитектуры Интернета энергии. Уже доведены до коммерческой реализации интеллектуальные системы управления потреблением энергии на стороне потребителей с собственной генерацией и источниками энергетической гибкости. в некоторых проектах в опытном режиме уже эксплуатируются энергетические роутеры.

ЗАДЕЛЫ В ОБЛАСТИ ИНСТИТУТОВ КОГНИТИВНОГО СУВЕРЕНИТЕТА

Инфраструктурный центр

Инфраструктурный центр – это структура, нацеленная на создание организационных, правовых и экономических условий для формирования и развития новых высокотехнологичных рынков в сфере энергетики. Он призван на системной и долгосрочной основе генерировать стратегическое видение развития НТИ Энерджинет, способствовать его популяризации в среде научных, образовательных и профессиональных сообществ, оказывать экспертно-аналитическую поддержку рабочим группам, компаниям и участникам сообщества НТИ Энерджинет, разрабатывать предложения по совершенствованию законодательства и устранению регуляторных барьеров для внедрения и использования технологических инноваций.

С 2018 года инфраструктурный центр организован и функционирует на базе команды АНО «Центр энергетических систем будущего «Энерджинет». Информационными ресурсами центра являются сайт Energynet.ru и телеграм-канал Internet of Energy.

Работа инфраструктурного центра осуществляется по следующим направлениям:

- **Аналитика.** Разработка информационных обзоров и экспертно-аналитических докладов по новым сегментам рынка энергетики, новым технологиям и практикам, проблемам развития и подходам для их преодоления. Были разработаны и опубликованы аналитические материалы по Интернету энергии, цифровой трансформации энергетики, микрогридам изолированных и труднодоступных территориях, активным энергетическим комплексам, управлению спросом, водородной энергетике и многим другим темам.
- **Нормативное регулирование.** Анализ регуляторной среды, выявление барьеров, подготовка предложений по их преодолению, разработка и согласование нормативно-правовых актов и нормативно-технических документов, продвижение нормативных предложений в органах власти. Были разработаны и утверждены нормативно-правовые акты в сфере управления спросом, активных энергетических комплексов, концессий в электроэнергетике, применения систем накопления энергии.

- **Популяризация и обучение.** Разработка, подготовка и организация школ, конференций, конкурсов, стратегических и проектных сессий, образовательных мероприятий. Были проведены такие значимые мероприятия как конференции и дни НТИ Энерджинет, летняя школа инженеров энергетики будущего ИНЖИР, конференция молодых ученых Юникон, тематические встречи клуба партнеров НТИ Энерджинет. Кроме того, ведется систематическая работа по организации образовательной деятельности на базе сети Energynet.Lab.

Центры компетенций

Центры компетенций – это структуры, организованные для создания инновационных решений в области «сквозных» технологий, обеспечивающих глобальное лидерство компаниям, которые используют данные технологии для производства продуктов и услуг. Центры компетенций обычно представляют собой структурное подразделение, создаваемое на базе вуза или научной организации, осуществляющее комплексное развитие «сквозных» технологий совместно с промышленными партнерами.

Задачи Центров компетенций:

- Трансляция результатов фундаментальной науки в инженерные приложения. Междисциплинарные исследовательские программы обеспечивают «переложение» фундаментальных научных результатов и идей через прикладные исследования и разработки в конкретные технологии, в т.ч. в интересах конкретных промышленных партнеров.
- Технологический трансфер через кооперацию с промышленными партнерами. Центры компетенций формируют устойчивую связку между академической сферой (университеты, научные организации) и промышленными партнерами для определения спроса на новые технологии и организацию разработки и трансфера разработок.
- Подготовка лидеров разработки новых технологий через реализацию образовательных программ. Центры компетенций создают и реализуют образовательные программы инженерного профиля. Для студентов этих программ предусматривается участие в исследовательской деятельности центров компетенций в форме непосредственной работы над проектами в командах с представителями промышленных партнеров.

Сообщество НТИ Энерджинет развивает свою деятельность в сфере ИРЭС с опорой на следующие центры компетенций:

1. Центр компетенций по направлению **«Технологии транспортировки электроэнергии и интеллектуальных энергосистем»** организован на базе ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ». Основные компетенции: кадровое и инфраструктурное обеспечение комплексных проектов НИОКР; разработка технологий и продуктов в области распределённых интеллектуальных систем; реализация образовательных программ подготовки научных и инженерных кадров; создание испытательного полигона для проведения НИОКР в области цифровых подстанций, цифровых измерителей электрических величин, универсальных измерительных контроллеров, программного обеспечения для интеллектуального управления электрическими сетями и микроэнергосистемами.
2. Центр компетенций по направлению **«Технологии создания новых и портативных источников энергии»** организован на базе ФИЦ ПХФ и МХ РАН. Основные компетенции: разработка нового поколения материалов и устройств; проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для создания долговечных накопителей электроэнергии с низкой стоимостью энергоёмкости; объединение компетенций разработчиков, производителей и потребителей новых источников энергии, создание инструментов для совместной работы, создание условий и предоставление высококвалифицированной помощи производителям и потребителям мобильных источников энергии, в том числе приборной, технической и научной помощи; агрегация разрозненных форм обучения, спецкурсов, создание единой модели обучения на разных этапах и усиление тех форматов обучения, которые признаются наиболее эффективными для подготовки специалистов в области новых и мобильных источников энергии.
3. Центр компетенций **«Водород как основа низкоуглеродной экономики»** организован на базе Института катализа СО РАН. Основные компетенции: разработка и совершенствование каталитических технологий; развитие технологий получения, хранения, транспортировки и использования водорода до высоких уровней готовности к внедрению; подготовка специалистов в области водородной энергетики и технологий безуглеродной энергетики с замкнутыми производственными циклами, от изучения фундаментальных принципов каталитических и электрохимических процессов водородной энергетики до моделирования создания промышленных установок, патентования результатов интеллектуальной деятельности, оценки коммерциализации РИД.
4. Центр компетенций **«Мобильные накопители энергии»** организован на базе ФГАУ ВО «МФТИ». Основные компетенции: реализация НИОКР и ОКР, ка-

сающихся всех переделов (от производства ключевых материалов до конечных решений) в создании электрохимических мобильных систем накопления энергии, а также стационарных систем, требующихся, например, в зарядной инфраструктуре; выполнение задельных работы (в частности, разработка пост-литий-ионных аккумуляторов) как фундамента для опережающего развития в будущем; предоставление пилотной инфраструктуры для производства и тестирования материалов, аккумуляторов, аккумуляторных батарей и энергоустановок; подготовка специалистов по направлениям: «Материалы для электрохимических накопителей энергии», «Технологии производства аккумуляторов», «Электротранспорт и энергетические установки для электротранспорта», «Системы накопления энергии в энергетике».

5. Центр компетенций **«Технологии информационной безопасности»** организован на базе экспертов и консорциума компаний. Основные компетенции: разработка и внедрение технологий по кибербезопасности, информационной безопасности, информационной безопасности АСУ ТП, информационной безопасности IoT; консультации по вопросам информационной безопасности; разработка и внедрение открытой карты по развитию профессионалов в сфере информационной безопасности.
6. Центр компетенций **«Анализ технического состояния распределительных сетей»** организован на базе консорциума организаций АНО «Центр «Энерджинет», АО «Техническая инспекция ЕЭС», группа «Таврида электрик» (планируется консорциум трансформировать в ассоциацию и пригласить в него новых участников). Основные компетенции: разработка методов и инструментов диагностики; разработка и совершенствование нормативно-технической документации; формирование, координация и реализация программ НИОКР в части приборно-аналитического и методического обеспечения; разработка требований к организации лабораторно-диагностической базы, разработка стационарных и мобильных лабораторно-диагностических стендов; организация и проведение комплексных диагностических обследований; формирование и ведение единой базы знаний эксплуатации оборудования; обучение персонала субъектов электроэнергетики новым методам и практикам диагностики.

Школа инженеров энергетики будущего ИНЖИР

Летняя школа инженеров энергетики будущего ИНЖИР — это проектно-образовательный интенсив, позволяющий студентам различных вузов узнать перспективные направления развития интеллектуальной энергетики, познакомиться с

компаниями-лидерами в этих направлениях и наметить пути профессионального и карьерного развития.

Ежегодно школу ИНЖИР проходит около 200 человек. в ней участвуют студенты и преподаватели более 40 университетов, в т.ч. из университетов зарубежных стран. Партнерами школы являются энергетические компании, производственные компании, технологические компании и центры компетенций. в работе школы принимают участие ведущие отраслевые эксперты и специалисты по новым технологическим направлениям энергетики. Поддержку школе оказывают Министерство энергетики России, Министерство науки и высшего образования России, Агентство стратегических инициатив, Платформа НТИ, Росмолодежь. в 2025 году в работе школы ИНЖИР принял участие Министр энергетики России С.Е. Цивилев.

Школа предполагает дистанционный отбор и предварительное обучение и погружение, а также очный интенсив, проходящий в выбранном регионе, который изменяется каждый год. С 2023 года были проведены такие школы в Новосибирске, Екатеринбурге и Казани. Один из рабочих моментов на школе показан на Рис. 12.



Рисунок 12. Рабочий момент летней школы инженеров энергетики будущего ИНЖИР. Источник: Центр «Энерджинет»

В основе формата лежит решение кейсов, основанных на реальных производственных задачах, представляемых партнерами школы. Под каждый кейс выстраивается система тестирования, программа предварительного погружения в проблематику и образовательная программа. Участники, отвечающие критери-

ям и успешно проходящие подготовку, получают свидетельства о повышении квалификации.

Программа очного этапа школы базируется на сбалансированной комбинации 5 блоков:

1. Решение кейсов и образовательный интенсив под выявленные на этапе отбора пробелы в знаниях;
2. Тренинги по развитию навыков, необходимых для решения производственных задач партнеров школы, сформулированных в виде кейсов;
3. Визионерская программа и неформальное общение с представителями партнерства НТИ Энерджинет, направленные на расширение сети сообщества;
4. Промышленный туризм на объекты, расположенные в регионе проведения школы;
5. Культурная программа для расширения кругозора молодых специалистов.

Летняя школа является значимым элементом системы сетевого образования НТИ Энерджинет, позволяя раз в год проводить срез знаний студентов и отбирать наиболее подготовленных в производственные проекты партнеров - участники ИНЖИР могут получить приглашение на стажировку. Кроме того, ИНЖИР позволяет ежегодно проводить обмен опытом и развивать кооперацию между образовательными учреждениями и бизнес-компаниями в рамках специальной деловой программы.

Сеть лабораторий Energynet.Lab

Сеть проектно-исследовательских образовательных лабораторий «Energynet.Lab» – это проект международной сети лабораторий в сфере интеллектуальных распределенных энергетических систем, направленная на углубленную подготовку студентов и специалистов компаний, проведение исследований вопросов развитие ИРЭС в регионе и разработку инновационных проектных решений. Лаборатории организуются на базе профильных университетов при поддержке промышленных партнеров. к середине 2025 года Energynet.Lab открыты в шести энергетических университетах (Россия, Азербайджан, Казахстан). Один из рабочих моментов в лаборатории показан на Рис. 13.

Образовательная практика заключается в проведении обучающих, карьерных, просветительских и вовлекающих мероприятий на базе лаборатории, что позво-

ляет студентам получать доступ к передовым знаниям и иметь возможность карьерного развития в отрасли. Лаборатория представляет собой физическое пространство с необходимым программными средствами для моделирования энергетических объектов и образцами современного оборудования.

Образовательные программы лабораторий создаются на основе теоретических и практических знаний, часть из которых является уникальными, так как получены в процессе внедрения новых технологий и реализации инновационных практик. Эти знания перерабатываются в машиночитаемый формат и структурируются как атомизированные образовательные единицы (АОЕ), со встроенными атомарными образовательными целями (АОЦ) и проверочными заданиями оценки соответствия полученных знаний-умений (АОС). Применение, при структурировании знаний формально-онтологических методов и инструментов, дает возможность формировать гибкие индивидуальные траектории подготовки инженеров и позволяет в оперативном режиме модернизировать образовательные программы по запросу работодателей. Модель обучения основана на проектных принципах, освоение умений происходит при непосредственном и одновременном участии отраслевых экспертов, наставников, представителей заказчиков, технологических партнеров, преподавателей и проектных руководителей. в частности, по такой модели в 2024–2025 гг. было проведена подготовке инженеров по цифровому моделированию распределительных электрических сетей.



Рисунок 13. Встреча выпускников казанской EnergyNet.Lab с Министром энергетики РФ С.Е. Цивилевым и Раисом Республики Татарстан Р.Н. Миннихановым на Межвузовской летней школе инженеров энергетики будущего ИНЖИР в Казани

Лаборатория открывает возможности кооперации:

1. обмен опытом и знаниями между учебными заведениями и промышленными партнерами, что повышает образовательные и карьерные возможности для студентов;
2. укрепление бизнес-связей и рынка труда через создание представительств компаний сообщества НТИ Энерджинет на базе лабораторий и новых рабочих мест;
3. проведение совместных исследований и разработок, реализация инновационных проектов, что способствует технологическому и инфраструктурному развитию в энергетической отрасли региона присутствия.

При открытии новой лаборатории Energynet.Lab с учебными заведениями для получения статуса площадки Energynet.Lab заключается соглашение о совместной реализации обучающих программ и иных образовательных практик.

Культурно-просветительский центр «Мир электричества»

Культурно-просветительский центр «Мир электричества» создается в настоящее время как площадка, призванная обеспечивать привлечение в электроэнергетику и электротехнику наиболее талантливой и активной молодежи, постоянное повышение квалификации работающих специалистов, рост престижа инженерных энергетических профессий, популяризации и разъяснении роли отрасли в технологическом развитии мировой экономики и экономики России, жизнеобеспечении ее граждан.

Главная задача центра — наглядно представить эволюцию мировой и отечественной электротехники и электроэнергетики, роль и место русских инженеров в этой эволюции, определить тенденции и перспективы развития отрасли. При этом важно продемонстрировать безусловную преемственность и тесную связь мировых и отечественных научно-технологических достижений в прошлом с передовыми научными разработками и новыми технологиями в настоящее время, в краткосрочной и долгосрочной перспективе.

В 2023–2024 годах уже были реализованы выставочные форматы данного проекта. Первая выставка под названием «Эволюция технологий распределения электрической энергии» была проведена в июле 2023 года компанией «Таврида Электрик» совместно с Музеем Мосэнерго и энергетики Москвы на VIII Международной научно-технической конференции «Развитие и повышение надежности распределительных электрических сетей», организованной ПАО «Россети»

и журналом «ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение». Вторая выставка «Мир электричества» проходила с мая по июль 2024 года в рамках международного форума-выставки «Россия» на ВДНХ в павильоне «Энергия жизни» совместными усилиями рабочей группы НТИ Энерджинет, компании «Таврида Электрик», АНО «Центр «Энерджинет», при активной поддержке Минэнерго России и Российского энергетического агентства.



Рисунок 14. Проект культурно-просветительского центра «Мир электричества»

В 2025 году принято решение об организации постоянно действующего культурно-просветительского центра в кампусе ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ». в специально построенном пространстве будут развернуты экспозиция энергетики «из прошлого в будущее», образцы современного оборудования ИРЭС, конференц-зал, лаборатории, коворкинг и библиотека, помещения для занятий со школьниками.

СТРАТЕГИЯ ЛИДЕРСТВА

Для лидерства в создании и масштабировании интеллектуальных распределенных энергосистем должны быть сформированы новые модели мышления, содержащие актуальные представления о роли энергетики в быстро меняющейся реальности, о новых технологических основаниях энергетики и принципах её дальнейшего развития.

Новые принципы развития энергетики, сформулированные в сообществе НТИ Энерджинет, являются результатом синтеза традиционного подхода, основанного на развитии централизованной энергетической инфраструктуры, и нового подхода, формирующегося под влиянием глобальных процессов энергоперехода. Эти принципы, называемые «3С», – следующие:

- **Со-интеграция** – эффективное совместное использование традиционных, в том числе топливных, и новых источников энергии, включая ВИЭ;
- **Со-организация** – согласованное автоматическое управление распределенными источниками энергии и гибкости;
- **Со-развитие** – гибкая адаптация энергетических решений к новым требованиям потребителей, реализации новых энергетических практик и воплощению нового пользовательского опыта.

Архитектурно-технологически ИРЭС спроектированы так, чтобы соответствовать этим принципам.

Стратегия лидерства для сообщества НТИ Энерджинет состоит в осуществлении следующих ключевых шагов:

1. Скорейшее создание образцов ИРЭС различных типов в рамках **пилотных проектов**, разработка и апробация **типовых проектных и технологических решений**;
2. Одновременное с пилотными проектами **снятие административных и регуляторных барьеров**, препятствующих сегодня новым эффективным бизнес-моделям, которые раскрывают экономический потенциал ИРЭС;
3. Формирование и усиление, в т.ч. на основе технологических заделов сообщества НТИ Энерджинет, **лидерских позиций по ключевым технологиям ИРЭС**.

Успех указанных шагов к достижению лидерства должен опираться на верную ставку в большом стеке технологических и организационных элементов модели

ИРЭС. Предлагаемая «формула» лидерства в сфере интеллектуальных распределенных энергосистем – ставка сообщества НТИ Энерджинет – определяется следующими инициативами:

1. Осуществление **сетевой кооперации**, которая обеспечивает продуктивное сотрудничество заинтересованных участников для сборки комплексных решений для ИРЭС любой сложности, совместного продвижения на целевых рынках, расширения и развития технологического пакета, разработки новых стандартов и правил регулирования, подготовки кадров.
2. Реализация **цифровых (платформенных) бизнес-моделей**, которые позволяют на основе цифровых двойников и платформ быстро разворачивать настраивать и модифицировать новые бизнес-процессы и систему отношений, кастомизированные для каждого ИРЭС.
3. Развитие лучших в своем классе **технологий комплексности**, которые обеспечивают интеграцию отдельных технологических элементов в надежные и эффективные ИРЭС.

Рассмотрим подробнее указанные инициативы.

Сетевая кооперация

Для реализации стратегии лидерства необходима сетевая кооперация компаний, корпораций и институтов, обладающих ключевыми заделами в сфере ИРЭС. в сообществе НТИ Энерджинет за 10 лет существования Национальной технологической инициативы сформирован большой круг участников, работает постоянно действующее ядро сообщества: рабочая группа по развитию рынка НТИ Энерджинет, законодательная рабочая группа НТИ Энерджинет с двумя экспертными советами, инфраструктурный центр и центры компетенций. Для перехода к следующей стадии развития деятельности сообществу требуется более тесная кооперация при решении задач создания и развития комплексных решений ИРЭС, продвижения их на целевых рынках, разработки и продвижения стандартов и норм.

В условиях цифровой экономики наиболее перспективными формами кооперации являются **сетевые партнерства** – такой тип организационной структуры, в которой множество независимых, но взаимосвязанных подразделений или предприятий объединены в единую сеть для совместного достижения целей. в такой структуре важна высокая автономность отдельных элементов, при этом

централизация управления минимальна и осуществляется небольшим координационным центром (офисом).

С целью создания лучших в своем классе ИРЭС различного профиля и масштаба на базе сообщества НТИ Энерджинет будут создаваться **проектные консорциумы**. Их задача – объединить ресурсы, технологии и компетенции для создания комплексных решений ИРЭС на основе типовых модулей, апробация и масштабирование новых бизнес-моделей, совместное продвижение на новых рынках, реализация проектов. у сообщества НТИ Энерджинет есть опыт создания таких консорциумов. Этот опыт показал, что работа на рынке проектных консорциумов обладает рядом неоспоримых преимуществ в части реализации уникальных и комплексных проектов, позиционирования консорциума как крупного игрока, обладающего широкой линейкой решений и разнообразным опытом, разделения между участниками консорциума рисков и издержек.

С целью ускоренной разработки новых технологий и подготовки инженерных кадров нового поколения будет укрепляться и развиваться **сетевое партнерство университетов**. Его задача состоит в разработке на основе сильных научных школ новых технологий под потребности сообщества НТИ Энерджинет, создании и реализации новых направлений и программ профессиональной подготовки, а также подготовки отраслевых специалистов. «Костяк» такого сетевого партнерства университетов уже сформирован на базе следующих инициатив НТИ Энерджинет:

- международная сеть инновационных научно-образовательных хабов Energynet.Lab,
- межвузовская летняя школа инженеров энергетики будущего ИНЖИР,
- конференции и конкурсы для молодых ученых.

С целью разработки оригинальных, суверенных национальных стандартов в области распределения электроэнергии и интеллектуальных распределенных энергетических систем целесообразно создать **ассоциацию производителей и потребителей оборудования и решений для ИРЭС**. Советский Союз был самодостаточным государством с точки зрения стандартов практически во всех технических областях, включая электротехнику и распределение электроэнергии. в настоящее время эта самодостаточность была утрачена. Вновь создаваемые стандарты в области электротехники и распределения электроэнергии в значительной степени представляли собой адаптированный перевод стандартов МЭК. Стандарты отдельных предприятий не смогли восполнить этот пробел. Нынешняя

политическая ситуация требует решения вопроса о разработке системы национальных стандартов в области электротехники, распределения электроэнергии и ИРЭС в целом, которая способствовала бы развитию передовых отечественных технологий. Для этого целесообразно сформировать ассоциативную структуру, воспроизводящую лучшие мировые практики, например работу американской Ассоциации производителей и потребителей электротехнического оборудования IEEE. Такая ассоциация позволит существенно сократить издержки на разработку стандартов и повысить их качество, так как они изначально будут создаваться исходя из видимых участниками ассоциации потребностей рынка. в сообществе НТИ Энерджинет уже получен опыт кооперативной разработки пер-вых стандартов.

Создание сетевых партнерств является естественным шагом развития сообщества НТИ Энерджинет на пути превращения его в лидера рынков интеллектуальной распределенной энергетики.

Цифровые бизнес-модели

В настоящее время компаниям сообщества НТИ Энерджинет предстоит перейти к более комплексным бизнес-моделям. Для продвижения ИРЭС на рынке необходимо освоить бизнес-модель «энергия как сервис» (Energy-as-a-Service), в рамках которой клиент покупает не энергетическую инфраструктуру или присоединение к ней и «киловатт-час», а получает доступ к энергетическим услугам с требуемыми характеристиками и управлению своим энергопотреблением на основе подписки без необходимости больших единовременных капитальных вложений в оборудование или инфраструктуру, и не осуществляет их мониторинг и обслуживание. Необходимо отметить, что данная бизнес-модель популярна в настоящее время на мировом рынке. Рынок EaaS оценивается примерно в \$50–55 млрд в 2024 году с прогнозом роста до \$100–115 млрд к 2030–2033 годам с CAGR около 8–10%.

Отличие бизнес-моделей нового поколения (таких, как энергия как услуга, сеть как услуга, виртуальная электростанция, p2p-торговля) от традиционного бизнеса состоит в том, что в них осуществляется управление всей технологической цепочкой от получения первичной энергии до её превращения в полезную работу у потребителей. Организация отношения всех участников, владеющих энергетическими активами, экосистемным образом гарантирует клиентам получение энергии с требуемыми свойствами. Для этого должны быть использованы технологии цифрового моделирования и проектирования, организации экономиче-

ских отношений на базе цифровых платформ, объективного (человеко-независимого) измерения и контроля процессов. Поэтому такие бизнес-модели называют цифровыми.

Развитие бизнес-модели Energy-as-a-Service будет связано со следующими факторами:

- **Интеграция продвинутой аналитики и ИИ** для глубокого понимания и оптимизации энергопотребления в реальном времени. Это позволит максимально повысить экономическую эффективность, и снизить углеродный след.
- Развитие **умных сетей и микроэнергосистем с децентрализованной генерацией и хранением**, объединённых едиными цифровыми платформами, повысит надёжность и адаптивность энергосистемы.
- Услуги будут всё больше учитывать **полный «энергетический цикл» клиента** от производства до потребления, включая управление электромобилями, тепловыми насосами, энергоэффективным оборудованием и интеграции с другими сервисами «умного» дома и бизнеса.
- Появление **новых моделей оплаты и контрактов**, основанных на результатах (pay-for-performance), где клиент платит не за энергию напрямую, а за достигнутую экономию, устойчивость, комфорт или другое нужное ему качество.
- Расширение **персонализации и кастомизации сервисов** с акцентом на улучшение клиентского опыта и вовлечение потребителей в управление своей энергетикой.

Технологии комплексности

Для обеспечения лидерства в сфере ИРЭС необходимо добиться сильных конкурентных преимуществ в технологиях комплексности, обеспечивающих надёжную связность, динамичную гибкость и высокую экономическую, энергетическую и экологическую эффективность работы ИРЭС как целостной системы.

Речь идет о следующих технологиях:

- **Интеллектуальное коммутационное оборудование** и релейные защиты, в том числе способные производить автоматическую перенастройку при подключении к сети новых активных абонентов с электронной генерацией;
- Устройства для оперативного регулирования перетоков мощности в сети – **энергетические роутеры**, представляющие собой управляемые вставки постоянного тока, позволяющие управлять перетоками активной и реактивной мощ-

ности между участками сети, а также между распределительными сетями и сетями микроэнергосистем;

- **«Сете-образующие» инверторы**, способные работать в режим “multi-master” (параллельная работа многих источников напряжения), и необходимые для интеграции активных абонентов (микроэнергосистем, просьюмеров с микрогенерацией и СНЭ) в режиме plug&play;
- Системы модельного инжиниринга, **цифровые двойники** и системы управления бизнес-процессами (ликвидация аварий, транспорт электроэнергии, техническое обслуживание) на их основе;
- **Системы интеллектуального управления режимом** передачи электроэнергии (в частности, уровнями напряжения) при помощи управления распределенными инверторами абонентов;
- Решения по обеспечению **информационной безопасности** интеллектуальных устройств и систем управления.

Необходимо осуществить совершенствование технологий комплексности, обеспечивающих полноценную реализацию архитектуры Интернета энергии (IDEA)¹, которая как раз и выступает архитектурой построения энергосистем с высокой связностью элементов и гибкостью их взаимодействия, нацеленного на взаимное повышение эффективности совместной работы.

¹ Согласно ПНСТ 913-2024.

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ: ПРИГЛАШЕНИЕ К СОТРУДНИЧЕСТВУ

Процессы становления нового энергетического уклада объективны и закономерны. Изменения касаются не только отдельных технологических элементов энергосистем, качественно меняется их структура, топология и архитектура. Во всем мире уже активно формируется новый класс энергосистем – интеллектуальных распределенных энергетических систем (ИРЭС), инфраструктурно базирующихся на распределительной сети, насыщенных распределенными источниками энергии и гибкости, управляемых децентрализованными интеллектуальными системами.

Рынок решений ИРЭС огромен, так как включает в себя множество сегментов. Строительство и модернизация распределительной сети, строительство распределенной генерации, систем накопления, зарядной инфраструктуры, создание интегрированных в сеть и изолированных микрогридов, создание и развитие локальной энергетики для промышленных объектов, модернизация и развитие коммунальной инфраструктуры городов как мультиинфраструктуры – все эти задачи могут решаться в формате ИРЭС различного профиля и масштаба. Такое решение этих задач гарантирует лучшие потребительские свойства при меньших затратах.

Стратегия лидерства в сфере ИРЭС предполагает важность кооперативного поведения многих участников. Мы приглашаем к сотрудничеству:

- **Технологические компании и производителей оборудования**, которые разделяют представления о формировании нового энергетического уклада на основе подхода Интернета энергии, инвестировавшие в новые технологии и готовые к его масштабной коммерциализации. Вы получите возможность реализовать Ваши стратегические планы и заработать на новых энергетических рынках.
- **Университеты и научные организации**, сформировавшие сильные научно-инженерными школы в сфере новой энергетики, реализующие программы обучения инженеров нового поколения. Вы найдете промышленных партнеров для своих исследований и разработок, получите из первых рук требования к технологиям и кадрам с новых рынков, сможете кооперироваться с другими, лучшими в своей области научно-образовательными центрами.

- **Инвесторов, банки, институты развития**, ищущие новые емкие сферы вложения финансовых средств. Вы получите доступ к новым предпринимательским идеям и инициативам, сможете снижать риски вложения инвестиций в инновации, окажетесь первыми на новых сегментах быстро развивающегося рынка.
- **Энергетические компания**, ищущие для себя новые внетарифные источники доходов, желающие дополнительно монетизировать имеющиеся возможности и преимущества. Вы сможете вместе с предпринимателями разрабатывать и апробировать новые практики, выращивать новые бизнесы, приобрести зарекомендовавшие себя на практике бизнес-модели.
- **Органы государственной власти и регуляторы**, разрабатывающие и реализующие национальные стратегии, политики и программы. Вы обнаружите новые подходы к решению старых, давно нерешаемых проблем и только что возникши вызовов, активизируете новые драйверы развития энергетической отрасли и сфер потребления энергии, сможете найти сторонников для перехода страны при помощи новых энергетических технологий на новый этап развития суверенности, экономики, общества.

Пришло время для совместного решительного шага в новое энергетическое будущее.

