

КЕЙС НАПРАВЛЕНИЯ «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»
СТУДЕНЧЕСКОЙ ЛИГИ
МЕЖДУНАРОДНОГО ИНЖЕНЕРНОГО ЧЕМПИОНАТА «CASE-IN»

CASE-IN. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА



КЕЙС «УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ: АКТИВНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ»



МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ИНЖЕНЕРНЫЙ ЧЕМПИОНАТ
CASE-IN

Э2021ОУР/СО





ОРГАНИЗАТОРЫ



Фонд «Надежная смена» учрежден в 2007 году и является разработчиком и оператором образовательных проектов для школьников, студентов, молодых ученых и работников предприятий топливно-энергетического и минерально-сырьевого комплексов.



НП «Молодежный форум лидеров горного дела» – ведущая молодежная площадка горнодобывающего сектора для личностного и профессионального развития молодых специалистов, реализации молодежных инициатив и обмена опытом, а также пополнения кадрового резерва компаний.



ООО «АстраЛогика» – компания, целью которой является развитие новых образовательных технологий, в том числе метода кейсов. С 2012 года «АстраЛогика» активно внедряет в России использование метода кейсов, стоит у истоков создания инженерных кейсов, а также их использования в рамках мероприятий среди студентов технических вузов, корпоративных форумов для молодых специалистов организаций.



МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ИНЖЕНЕРНЫЙ ЧЕМПИОНАТ
CASE-IN

РЕАЛИЗУЕТСЯ в соответствии с планом мероприятий, направленных на популяризацию рабочих и инженерных профессий, утвержденным Распоряжением Правительства Российской Федерации № 366-р от 5 марта 2015 года.

С 2018 года Чемпионат организован с использованием гранта Президента Российской Федерации на развитие гражданского общества, предоставленного Фондом президентских грантов.

С 2019 года входит в платформу АНО «Россия – страна возможностей», наблюдательный совет которой возглавляет Президент России Владимир Путин.

Входит в ТОП-15 олимпиад мира по версии рейтингового агентства RAEX (РАЭК-Аналитика).

О ЧЕМПИОНАТЕ

Международный инженерный чемпионат «CASE-IN»® – международная система соревнований по решению инженерных кейсов.

Студенческая лига «CASE-IN» – соревнование, состоящее из очно-заочных и дистанционных отборочных этапов, проходящих на базе ВУЗов, дистанционных полуфиналов по федеральным округам, а также финального этапа, который проходит в Москве.

Участники: обучающиеся профильных вузов России и стран СНГ.

В рамках отборочных этапов команды (от 3-х до 4-х человек в каждой) решают **инженерный кейс** – практическую задачу, в основе которой актуальная отраслевая или производственная ситуация. Исходные данные кейса представляют реальные описания и показатели, однако в определенной степени могут быть смоделированы.

Победителем каждого отборочного этапа становятся 2 лучшие по рейтингу команды, которые получают право принять участие в полуфинале Чемпионата.

Чемпионат 2021 года посвящен теме «Устойчивое развитие».

Сайт Чемпионата – <http://case-in.ru/>

НАПРАВЛЕНИЯ
СТУДЕНЧЕСКОЙ
ЛИГИ:



ГЕОЛОГОРАЗВЕДКА



ГОРНОЕ ДЕЛО



МЕТАЛЛУРГИЯ



НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО



НЕФТЕХИМИЯ



ЭЛЕКТРОЭНЕРGETИКА



ЦИФРОВОЙ АТОМ

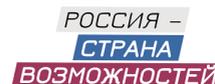


ПРОЕКТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ





НАЦИОНАЛЬНЫЕ



СТРАТЕГИЧЕСКИЕ



СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПАРТНЕР
НАПРАВЛЕНИЙ «ГЕОЛОГОРАЗВЕДКА», «ГОРНОЕ ДЕЛО»



СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПАРТНЕР
НАПРАВЛЕНИЯ «НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО»



СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПАРТНЕР
НАПРАВЛЕНИЯ «НЕФТЕХИМИЯ»



СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПАРТНЕР
НАПРАВЛЕНИЯ «ПРОЕКТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ»



СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПАРТНЕР
НАПРАВЛЕНИЯ «ЦИФРОВОЙ АТОМ»



СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПАРТНЕР
НАПРАВЛЕНИЯ «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»

ГЕНЕРАЛЬНЫЕ, СПЕЦИАЛЬНЫЕ И ПАРТНЕРЫ ОТДЕЛЬНЫХ ЭТАПОВ





СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

<https://so-ups.ru>
<https://so-ups.ru/about>

Акционерное общество «Системный оператор Единой энергетической системы» (АО «СО ЕЭС») – специализированная организация, единолично осуществляющая централизованное оперативно-диспетчерское управление в Единой энергетической системе России.

17 июня 2002 года, первым из инфраструктурных организаций новой российской энергетики, ОАО «Системный оператор – Центральное диспетчерское управление Единой энергетической системы» было выделено из ОАО «РАО «ЕЭС России» и зарегистрировано как самостоятельное предприятие. 06 февраля 2008 года зарегистрировано новое название компании: Открытое акционерное общество «Системный оператор Единой энергетической системы».

В процессе своей деятельности АО «СО ЕЭС» решает три группы задач:

1. Управление технологическими режимами работы объектов ЕЭС России в реальном времени;
2. Обеспечение перспективного развития ЕЭС России;
3. Обеспечение единства и эффективной работы технологических механизмов оптового и розничного рынков электроэнергии и мощности.

В структуре АО «СО ЕЭС» функционируют:

- Исполнительный аппарат с центральным диспетчерским управлением;
- 7 филиалов – объединенных диспетчерских управлений (ОДУ);
- 49 филиалов – региональных диспетчерских управлений (РДУ);
- 16 представительств (в Алтайском крае и Республике Алтай, Белгородской, Брянской, Ивановской, Калужской, Кировской, Курганской, Орловской, Псковской, Тамбовской, Томской, Ульяновской областях, Республиках Марий Эл, Мордовия, Чувашия, Удмуртской Республике энергосистемами которых управляют укрупненные региональные диспетчерские управления);
- Дочернее общество «Научно-технический центр Единой энергетической системы» (до 07.06.2012 – ОАО «Научно-исследовательский институт по передаче электроэнергии постоянным током высокого напряжения» – НИИПТ).

100% акций АО «СО ЕЭС» принадлежит Российской Федерации

Подробнее о кадровой политике и трудоустройстве в АО «СО ЕЭС» по ссылкам:
<https://so-ups.ru/about/hr>, <https://so-ups.ru/vacancies>, <https://so-ups.ru/ptc/ptc-system>



АО «СО ЕЭС» осуществляет:

1. Управление технологическими режимами работы объектов электроэнергетики в порядке, устанавливаемом основными положениями функционирования ОРЭМ, утверждаемыми Правительством Российской Федерации;
2. Соблюдение установленных параметров надёжности функционирования Единой энергетической системы России и качества электрической энергии;
3. Регулирование частоты электрического тока, обеспечение функционирования системы автоматического регулирования частоты электрического тока и мощности, системной и противоаварийной автоматики;
4. Участие в организации деятельности по прогнозированию объёма производства и потребления электроэнергии и участие в процессе формирования резерва производственных энергетических мощностей;
5. Согласование вывода в ремонт и из эксплуатации объектов электросетевого хозяйства и энергетических объектов по производству электрической и тепловой энергии, а также ввода их после ремонта и в эксплуатацию;
6. Выдачу субъектам электроэнергетики и потребителям электрической энергии обязательных для исполнения оперативных диспетчерских команд и распоряжений, связанных с осуществлением функций АО «СО ЕЭС»;
7. Разработку оптимальных суточных графиков работы электростанций и электрических сетей Единой энергетической системы России;
8. Организацию и управление режимами параллельной работы российской электроэнергетической системы с энергосистемами иностранных государств;
9. Участие в формировании и выдаче технологических требований при присоединении субъектов электроэнергетики к ЕНЭС и территориальным распределительным сетям, обеспечивающих их работу в составе ЕЭС России;
10. Мониторинг фактического технического состояния и уровня эксплуатации объектов электроэнергетики.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Принятые сокращения	6
От авторов кейса. О чём этот кейс?	7
Введение. Индустрия 4.0 в электроэнергетике	8
Введение. 3D в электроэнергетике	9
Введение. Активный энергетический комплекс	10
Тренды развития АЭК. Зарубежный опыт создания микрогридов	11
Зарубежный опыт развития микрогридов	12
Активный энергетический комплекс. Термины и определения	13
Запуск АЭК в России	14
Архитектура АЭК. Общие принципы и тенденции	15
Перспективы развития АЭК в России	16
Требования к АЭК. Управляемое интеллектуальное соединение	17
Пример архитектуры АЭК. Индустриальный парк «Малая Сосновка»	18
Пилотные площадки развития АЭК в России	19
Технологическая модель функционирования АЭК	20
Экономическая модель функционирования АЭК	21
Компании – Драйверы развития АЭК в России	22
Экономические особенности развития АЭК в России	23
Распределённая генерация в России и её влияние на электроэнергетику	24
Тренд времени: Распределённая генерация и перспективы децентрализации	25
Активный энергетический комплекс. Мнения экспертов	26
Событие кейса	27
Приложение 1. Характеристика ЕЭС России	28
Приложение 2. Распределённая генерация в регионах России	29
Приложение 3. Цены на газ и электроэнергию	30
Приложение 4. Будущее газового рынка в России и мире до 2035 года	31

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

АИИС КУЭ	– Автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учёта электроэнергии	НП	– Некоммерческое партнёрство
АСУ ТП	– Автоматизированная система управления технологическими процессами	НТД	– Нормативно-технические документы
АТР	– Азиатско-тихоокеанский регион	НТИ	– Национальная технологическая инициатива
АТС	– АО «Администратор торговой системы»	НТЦ ЕЭС	– АО «Научно-технический центр Единой энергетической системы»
АЭК	– Активный энергетический комплекс	ОАЭ	– Объединённые Арабские Эмираты
АЭС	– Атомная электростанция	ОДУ	– Объединённое диспетчерское управление
БиоТЭС	– Тепловая электростанция, работающая на биогазе	ОИК	– Оперативный информационный комплекс
БП	– Балансовая принадлежность	ОРЭМ	– Оптовый рынок электроэнергии и мощности
ВИЭ	– Возобновляемые источники энергии	ОЭЗ	– Особая экономическая зона
ВЭС	– Ветровая электростанция	ОЭС	– Объединённая энергосистема
ГО	– Генерирующий объект, генерирующее оборудование	ПАК	– Программно-аппаратный комплекс
ГПУ	– Газопоршневая установка	ПДГ	– Плановый диспетчерский график
ГПЭС	– Газопоршневая электростанция	ПетрГУ	– ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»
ГРБП	– Граница раздела балансовой принадлежности	ПП	– Промышленный потребитель, промышленное предприятие
ГТУ	– Газотурбинная установка	РАН	– Российская Академия Наук
ГЭС	– Гидроэлектростанция	РДУ	– Региональное диспетчерское управление
ДВФО	– Дальневосточный федеральный округ	РЗА	– Релейная защита и автоматика
ДГУ	– Дизель-генераторная установка	РГ	– Распределённая генерация
ДПМ	– Договор на поставку мощности на ОРЭМ	РРЭМ	– Розничный рынок электроэнергии и мощности
ЕНЭС	– Единая национальная электрическая сеть	РСВ	– Рынок на сутки вперёд
ЕЭС России	– Единая энергетическая система России	САЦ	– Ситуационно-аналитический центр
ИБП	– Источник бесперебойного питания	СНЭЭ	– Система накопления электрической энергии
ИП	– Индустриальный парк	СО ЕЭС	– АО «Системный оператор Единой энергетической системы»
ИСУ	– Интеллектуальная система управления	СЭС	– Солнечная электростанция
КОМ	– Конкурентный отбор мощности	ТБО	– Отходы производства и потребления
ЛЭП	– Линия электропередачи	ТП	– Технологическое присоединение
МВР	– Министерство по развитию Дальнего Востока и Арктики	ТЭК	– Топливо-энергетический комплекс
МГ	– Малая генерация	ТЭС	– Тепловая электрическая станция
МГЭС	– Малая гидроэлектростанция	ТЭЦ	– Теплоэлектроцентраль
ММС	– Межвузовский методический совет по Электроэнергетике	УИС	– Управляемое интеллектуальное соединение
МЭС	– Магистральные электрические сети	ЦЗ	– Ценовая зона
НИОКР	– Научные исследования и опытно-конструкторские разработки	ЦОД	– Центр обработки данных
НИУ МЭИ	– ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»	ЭССО	– Энергоснабжающая самобалансирующая организация
		Vtu	– British thermal unit
		NYMEX	– New York Merchantile Exchange
		SCADA	– Supervisory Control & Data Acquisition

ОТ АВТОРОВ КЕЙСА

Организаторы Чемпионата разработали данный кейс исключительно в образовательных целях. В частности, кейс будет использован на Международном инженерном чемпионате «CASE-IN» для оценки знаний студентов ведущих отраслевых вузов России и стран СНГ.

При разработке кейса были использованы реальные данные, однако в целях формирования на их основе учебно-методического материала в формате инженерного кейса, а также соблюдения конфиденциальности, некоторые параметры, значения и показатели были смоделированы. При решении кейса необходимо основываться и использовать приведённую в кейсе информацию.

Во избежание серьёзных ошибок призываем не проводить никаких аналогий с реальными или схожими ситуациями, описанными в кейсе, рекомендуем не использовать в своём решении информацию из неподтверждённых источников.

Данные кейса и технические подробности основаны на реальных показателях, однако вовсе не обязательно в точности с ними совпадают, поскольку в целях соблюдения коммерческой и производственной тайны в них могли быть внесены незначительные коррективы, не искажающие общей картины деятельности предприятия. Несмотря на это, приступая к решению кейса, участники Чемпионата принимают на себя обязательство не передавать кейс третьим лицам в электронной, печатной и любой другой форме, включая его публичное размещение на любых интернет ресурсах.

Важно понимать, что кейс может иметь большое количество альтернативных решений, ни одно из которых не является однозначно правильным или неправильным. Определяющее значение имеют техническая грамотность и квалификация участников, логика решения, качество оформления и проведения презентации и другие факторы.

О ЧЁМ ЭТОТ КЕЙС ?

«Индустрия 4.0» или «Промышленная революция 4.0» – это переход промышленности на цифровые технологии, позволяющие разрабатывать новые технические решения для производственных процессов и цепочек, создавать новые бизнес-модели для предприятий. Переход на цифровые решения и системы управления в электроэнергетике предоставляет субъектам отрасли новые возможности для глубокой взаимной интеграции энергетического оборудования, интеграции программного обеспечения, разработчиков и пользователей. Как результат, на современном этапе развития электроэнергетической отрасли, такая интеграция позволяет создавать новую архитектуру электроэнергетических систем, отвечающую всем требованиям надёжности и экономичности. Одним из таких новых видов архитектуры энергосистемы является активный энергетический комплекс – АЭК.

22 апреля 2020 года АО «СО ЕЭС» и АО «НТЦ ЕЭС» провели онлайн-брифинг, в ходе которого была представлена информация о пилотном проекте по созданию в составе ЕЭС России активных энергетических комплексов, призванных решить проблему интеграции в ЕЭС России растущего объёма распределенной генерации (РГ). АЭК призваны предоставить промышленным предприятиям инструмент оптимизации затрат на энергоснабжение, обеспечивающий возможность технологически и экономически эффективной интеграции в ЕЭС России объектов РГ. Модель АЭК также вызывает серьёзный интерес у потребителей в среднем бизнесе – в индустриальных парках и промышленных кластерах.

Старт реализации пилотного проекта по внедрению АЭК, рассчитанного на период до 2030 года, дало принятое 21.03.2020 Постановление Правительства РФ № 320 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам функционирования активных энергетических комплексов».

Источник: <https://www.eprussia.ru/epr/377/3717725.htm>



ВВЕДЕНИЕ. ИНДУСТРИЯ 4.0 В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ



Четвёртая промышленная революция – массовое внедрение киберфизических систем в производство и обслуживание человеческих потребностей, включая быт, труд и досуг. Получила свое название от инициативы 2011 года возглавляемой бизнесменами, политиками и учёными, которые определили её как средство повышения конкурентоспособности обрабатывающей промышленности Германии через усиленную интеграцию «киберфизических систем» в заводские процессы. Изменения охватят самые разные стороны жизни: рынок труда, жизненную среду, политические системы, технологический уклад, человеческую идентичность и др.

Вызываемая к жизни и развитию своей экономической целесообразностью и привлекательностью перспективным повышением качества жизни, промышленная революция 4.0 несёт в себе риски возможного повышения нестабильности и возможного изменения мировой системы жизнеобеспечения, в связи с чем её наступление воспринимается как вызов, на который человечеству предстоит ответить.

Четвёртая промышленная революция обычно описывается путём указания ключевых технологий, которые «скоро» выйдут из R&D. К данным ключевым технологиям причисляют следующие понятия технологий: Большие данные (Big Data), интернет вещей (IoT), виртуальная и дополненная реальность (VR&AR), 3D-печать, печатная электроника, квантовые вычисления, блокчейн.

Индустрия 4.0 постепенно захватывает весь мир – США в 2014 г. создали некоммерческий консорциум Industrial Internet, которым руководят лидеры промышленности General Electric, AT&T, IBM и Intel.

Источники: Википедия, <https://atomicexpert.com/electricenergy40>
<https://энергоинновация.рф/v-sostave-ees-rossii-budut-sozdany-aktivnye-energeticheskie-kompleksy>



<https://minenergo.gov.ru>

Евгений Петрович Грабчак
 Заместитель Министра энергетики
 Директор Департамента оперативного контроля
 и управления в электроэнергетике Минэнерго России

Глобальная тенденция Индустрии 4.0 не обошла и Россию. Еще в 2017 году цифровизация экономики была включена в перечень основных направлений стратегического развития страны до 2025 года. Правительство России утвердило программу «Цифровая экономика», подразумевающую переход на принципиально иные принципы взаимодействия субъектов, и на развитие российских высокотехнологичных компаний. Частью цифровой экономики станет **цифровая энергетика** – цифровизации всех отраслей ТЭК: электроэнергетики, нефтегаза и угольной сферы. Разработку программы цифровизации ТЭК курирует Минэнерго. «Цифровая энергетика» – понятие сложное и внутри Минэнерго есть разные мнения о том, как его понимать ...».



<https://energynet.ru>

Борис Александрович Бокарев
 Директор направления ИС НТИ «Энерджинет»

«... Понятие цифровизации в энергетике часто связывают с распределённой генерацией, напрямую связанные вещи. Например, если говорить о цене электроэнергии, то сегодня выгодно переходить на собственные источники. Разница в эффективности генерации на 5-10 МВт и 400 МВт – не более 15%, но стоимость и сроки строительства таковы, что проект на меньшую мощность в пересчёте на 1 кВт·ч на всём жизненном цикле оказывается эффективнее. По данным консалтинговой компании Navigant Research, в 2018 г. в мире произошёл ввод большего объёма распределённой, чем централизованной генерации, а к 2026 году разница в объёмах вводов может стать уже трёхкратной. Объём мирового рынка технологий РГ в 2015 году составил \$ 65,8 млрд и этот рынок растёт на 10% ежегодно. Можно заниматься цифровизацией и в отсутствие распределённой генерации. Но она есть, и цифровой переход нужен для повышения адаптивности существующих энергосистем, которые трансформируются и надо быть к этому готовыми ...».

ВВЕДЕНИЕ. 3D В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ



СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ <https://so-ups.ru>

Федор Юрьевич Опадчий
Заместитель Председателя Правления АО «СО ЕЭС»

С 2015 года на мировых отраслевых коммуникационных площадках (конференциях, форумах, сессиях и пр.) активно обсуждаются современные вызовы для мировой энергетики и «Эпоха 3D», в рамках которой наиболее актуальными глобальными для энергетической отрасли вызовами являются:

1. Decarbonization (декарбонизация) – постепенный отказ от традиционных источников энергии и переход на ВИЭ;
2. Decentralization (децентрализация) – процесс увеличения доли небольших источников электроэнергии, включая ВИЭ и накопители энергии;
3. Digitalization (цифровизация) – создание и внедрение в отрасли новых бизнес-моделей, сервисов и рынков на основе цифровых технологий.

Главной целью общения и коммуникаций экспертов электроэнергетической отрасли является поиск решений для сходных проблем с целью общего устойчивого развития в условиях постоянного роста энергосистем и повышения зависимости общественного и экономического роста от надёжности электроснабжения. Основными стратегическими направлениями совместных исследований, проводимых в международных рабочих группах являются интеграция ВИЭ и распределённых энергоресурсов, обеспечение надёжности и отказоустойчивости энергосистем, а также новые бизнес-модели в электроэнергетике.

Изучение практического опыта системных операторов крупнейших энергосистем мира по первому направлению – интеграции возобновляемых источников энергии и распределённых энергоресурсов, позволяет выявить общие проблемы, с которыми сталкиваются энергетики по всему миру, а также наметить конкретные пути их решения. Второе направление в большей степени связано с изучением технических возможностей обеспечения живучести энергосистем и моделей взаимодействия системных операторов с организациями и компаниями электроэнергетики и других отраслей.

Источники: https://so-ups.ru/uploads/media/2019_02_50h.pdf
<https://digitalsubstation.com/wp-content/uploads/2019/04/2.-Opatchij.pdf>

Третье направление связано с возможностью создания новых бизнес-моделей, которые могут быть использованы системными операторами и операторами распределительных сетей при управлении электроэнергетической системой с доминированием распределённой генерации и генерации с неустойчивой выработкой.

В обозримом будущем материальная часть электроэнергетических систем останется неизменной и сохранится ценность объединённой энергосистемы с использованием существующей высоковольтной сетевой инфраструктуры – ключевые функции, такие как централизованной диспетчерское управление и управление оптовыми рынками будут сохранены независимо от того, где будут реализованы новые технологические инновации. При этом передовыми технологиями и инновациями, оказывающими существенное влияние на развитие энергосистем будут:

- Технологии накопления энергии (СНЭЭ), способные подстраховать разнообразные ВИЭ-ресурсы и участвовать в оказании различных услуг;
- Цифровые технологии, которые позволяют внедрять новые приложения, направленные на расширение границ и динамики развития отрасли;
- Новые «интеллектуальные сети», как малые локальные, так и более крупные, эффективно дополняющие друг друга – микрогриды и активные энергетические комплексы, которые могут работать как параллельно с централизованной энергосистемой, так и в островном режиме;
- Модернизация имеющихся энергетических активов с целью их адаптации к новым условиям функционирования электроэнергетических систем в условиях 3D;
- Новые средства и системы диспетчерского управления, которые позволяют расширить границы управляемости оборудования и объектов электроэнергетических систем, повысить гибкость и надёжность функционирования электроэнергетических систем.

Дополнительно от авторов кейса:

Тема активных энергетических комплексов для России является новой, по данной тематике в России отсутствуют чёткие НТД, инструкции и описание опыта эксплуатации в достаточном объёме, поэтому все решения принимаемые в этой области во многом зависят от мнения экспертов, ведущих научные, исследовательские и инженерные работы в области распределённой генерации. Поэтому здесь и далее в кейсе приведены различные, в т.ч. полярные мнения отраслевых экспертов различных областей электроэнергетики, имеющих значительный опыт работы с РГ.

ВВЕДЕНИЕ. АКТИВНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Принципиально АЭК является микроэнергосистемой, состоящей из установок собственной генерации, своей внутренней электросетевой инфраструктуры и своего внутреннего промышленного потребителя. Всё это вместе объединено включающей в себя цифровые решения структурой – Программно-аппаратным комплексом Управляемое интеллектуальное соединение (ПАК УИС), с помощью которого осуществляется регулирование производства и потребления электроэнергии внутри АЭК, а также технологическое взаимодействие ЕЭС России и с сетью общего пользования:

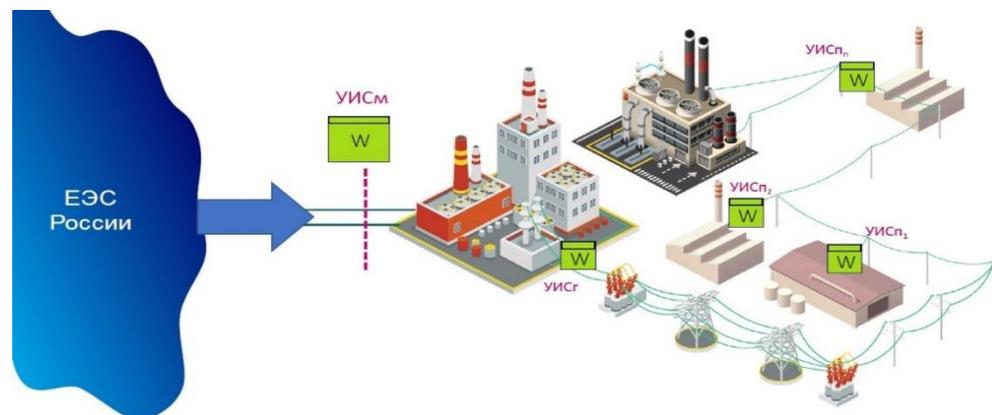


Схема 1. Принципиальная структура АЭК

Предпосылками к разработке и внедрению концепции АЭК в ЕЭС России стали рост стоимости энергоснабжения предприятий, а также развитие распределённой генерации и цифровых технологий – за последние несколько лет появились современные цифровые решения, позволяющие эффективно управлять энергообъектами и балансировать производство и потребление электроэнергии. Предварительные исследования показывают, что для потребителей АЭК стоимость электроэнергии будет как минимум на 30% ниже текущей, получаемой из внешней сети (из ЕЭС России). Для инвесторов в строительство ТЭС при реализации схемы АЭК эффективность капиталовложений за восемь лет может достигать до 40%.

Источники:

<https://энергоинновация.рф/v-sostave-ees-rossii-budut-sozdany-aktivnye-energeticheskie-kompleksy>
https://www.eprussia.ru/epr/404/8091481.htm?sphrase_id=5451870

В соответствии с постановлением Правительства РФ и дорожной картой «Энерджинет», в рамках которой разрабатывается и реализуется пилотный проект АЭК, с ноября 2020 г., от потенциальных участников принимаются заявки для создания на их площадках АЭК. В 2023 году Правительство России должно принять решение о целесообразности перехода пилотного проекта в формат целевой модели. При этом для потребителей – участников пилотного проекта все условия нормативного регулирования, действующие на момент старта пилота, сохранятся до 2030 года включительно.

В рамках проекта АЭК предусматривается отработка в пилотном режиме технических и экономических условий участия АЭК в обороте электроэнергии на розничных рынках электроэнергии, будет необходимо сформировать технологическую, правовую и экономическую системы взаимодействия участников АЭК, выявлены нормативные ограничения и административные барьеры, препятствующие реализации модели, апробированы инновационные решения, необходимые для организации АЭК в России.

АО «СО ЕЭС» и АО «НТЦ ЕЭС» являются ключевыми участниками пилотного проекта, к сфере его ответственности отнесены вопросы организационно-технического сопровождения проекта, типовых технических заданий и документов, а также формирования и ведения реестра пилотных площадок. Контроль за ходом проекта осуществляет Министерство энергетики России. Отбор участников АЭК проводит специальная комиссия на основании поданных заявок: <https://активныйэнергокомплекс.рф/#для-кого>.

05 ноября 2020 г., Москва. Министерство юстиции Российской Федерации зарегистрировало приказ Министерства энергетики от 30 июня 2020 г. №507 «Об утверждении требований к управляемому интеллектуальному соединению активных энергетических комплексов», который позволяет начать в стране работы по созданию и вводу в эксплуатацию нового типа микроэнергосистем – активных энергетических комплексов (АЭК). При создании и функционировании АЭК в энергосистеме России будут сформированы и опробованы новые организационно-правовые, технологические и экономические принципы функционирования объектов малой генерации в составе ЕЭС России.

ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ. ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ СОЗДАНИЯ МИКРОГРИДОВ



EnergyNet

<https://energynet.ru>

Дмитрий Владимирович Холкин
Директор инфраструктурного центра НТИ «Энерджинет»

«... Годовой объём мирового рынка микрогридов, согласно подсчётам аналитической компании Guidehouse Insights (<https://guidehouseinsights.com>), оценивается в 8,1 млрд \$ с объёмом ввода новых мощностей на уровне 3,5 ГВт в год. К 2028-му этот рынок вырастет до 39,4 млрд \$ в год с объёмом ежегодного ввода новых мощностей на уровне 19,9 ГВт. Сейчас в мире реализуется или запланировано более 6,6 тыс. проектов микрогридов.

Активнее всего микрогриды создаются в Северной Америке и странах АТР. Причём за границей в локальные энергосистемы объединяются не только коммерческие и промышленные потребители, но и изолированные поселения, военные объекты и университетские кампусы. Как правило, в микрогрид входят разные виды генерации, включая объекты ВИЭ, СНЭЭ, а также автоматизированные системы учёта (АИИСКУЭ) и управления (ОИК, SCADA). Сочетание различных технологий помогает обеспечить оптимальные уровни потребления и производства электроэнергии.

В мире инвестиции в строительство микрогридов оцениваются в 1-3 тыс \$ за 1 кВт установленной мощности в зависимости от расположения ячейки, оборудования, интегратора, набора вендоров и пр. Причины бурного развития таких микроячеек заключаются не только в росте цен на электроэнергию в централизованной энергосистеме, но и в желании потребителей переходить на более экологичные и при этом надёжные и гибкие источники энергии. Участники микрогридов создают новые бизнес-модели и различные механизмы разделения прав собственности на объекты.

Ключевое отличие российских АЭК от зарубежных концепций микрогридов заключается в том, что российская модель АЭК определяет такие регуляторные условия функционирования, которые делают выгодным присоединение микрогрида к сети, но при этом не создают проблем для энергорынка. Концепция российских АЭК предполагает взаимовыгодный симбиоз централизованной и распределённой энергетики, и поэтому центральный элемент концепции – ПАК УИС. За рубежом в этом плане РГ и микрогриды выступают скорее вызовом, к которому сетевые компании и другие традиционные игроки отрасли вынуждены адаптироваться, что часто приводит к перекосам в экономике энергосистем ...»

«... Микрогриды в определённых ситуациях могут обеспечить снижение расходов коммерческих и промышленных потребителей на электроснабжение в диапазоне **от 5% до 25% и даже более** по сравнению с потреблением энергии только из централизованной энергосистемы. Величина эффекта зависит как от особенностей конкретных потребителей, так и от требований неэкономического характера, например, по надёжности и экологичности.

Для сравнения мы провели моделирование стоимости электроэнергии у промышленного потребителя и от энергосистемы в России и в Сингапуре:

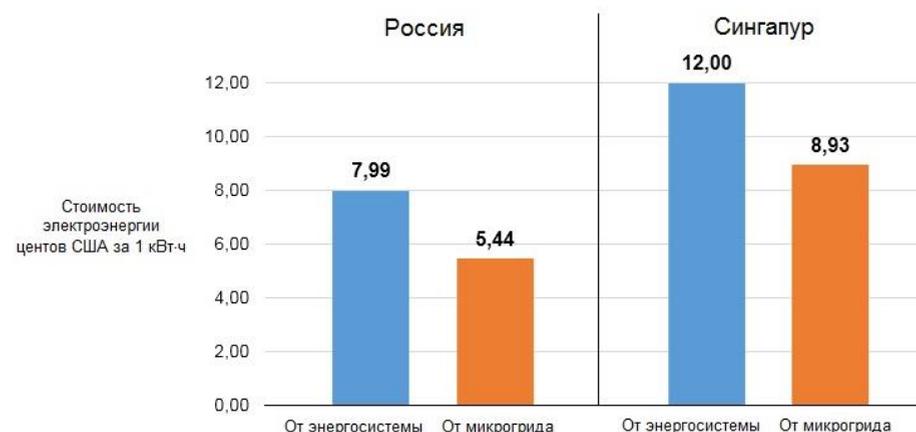


График 1. Сравнение стоимости электроснабжения промышленных и коммерческих потребителей от энергосистемы и от микрогрида, центов США за 1 кВт·ч

Это моделирование показывает, что в случае России при дефиците свободной мощности центра питания для промышленных предприятий вариант создания микрогрида с газопоршневой генерацией и питанием частично от этой генерации, а частично из сети оказывается на 20% дешевле, чем вариант увеличения присоединенной мощности за счёт реконструкции подстанции с последующим питанием от внешней сети.

Мировая практика показывает, что в микрогридах, которые могут работать изолированно от централизованной энергосистемы и в параллельном режиме, цена электроэнергии стремится к более низким значениям ...»

Источники: <https://so-ups.ru/news/press/press-view/news/11845>,
<https://nti2035.ru/media/publication/znakomtes-aek>,
<https://www.eprussia.ru/epr/399/2131692.htm>,
<https://www.youtube.com/watch?v=UR357Q1mFHA>

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ РАЗВИТИЯ МИКРОГРИДОВ



EnergyNet

<https://energynet.ru>

Борис Александрович Бокарев
Директор направления ИС НТИ «Энерджинет»

«... Постепенно и по мере развития технического прогресса стоимость электроэнергии, вырабатываемой малой генерацией стремительно снижается и достигает с учётом ценового паритета цены электроэнергии на централизованных рынках. Этот процесс идёт по разному в разных странах, и мы видим, что разные генерации с разной скоростью подходят к этому сетевому паритету. Особенно этот прогресс сейчас заметен в солнечной и ветроэнергетике, в малой газовой генерации. Это означает, что мы можем комбинировать разные типы генерации, чтобы находить оптимальные решения, которые приведут к снижению цены для потребителя. Именно это будет техническим залогом эффективности микрогридов.

Исследования показывают, что в зарубежных условиях электроснабжение коммерческой недвижимости за счёт сочетания солнечной генерации с питанием из сети дешевле на 40%, чем покупка электроэнергии только из сети. У потребителей есть прямая заинтересованность в использовании возможностей распределенной генерации, им это интересно, поскольку они снижают расходы на покупку, и решают задачи по декарбонизации учитывают разнообразие требований, в том числе климата, кондиционирования.

Привлекательность микрогридов для потребителей и инвесторов увеличивается также за счёт реализации на этом рынке новых бизнес-моделей. Они позволяют упростить взаимодействие поставщиков и потребителей решений для микрогридов, снизить инвестиционные риски и диверсифицировать источники инвестиций и финансирования проектов ...»

Источники: <https://www.eprussia.ru/epr/399/2131692.htm>,
<https://nti2035.ru/media/publication/znakomtes-aek>

По оценке EnergyNet, объём мирового рынка микрогридов к 2028 году достигнет 22 млрд \$, прирост годовой мощности по микрогридам в энергосистемах стран мира будет достигать 11 ГВт вводов в год:

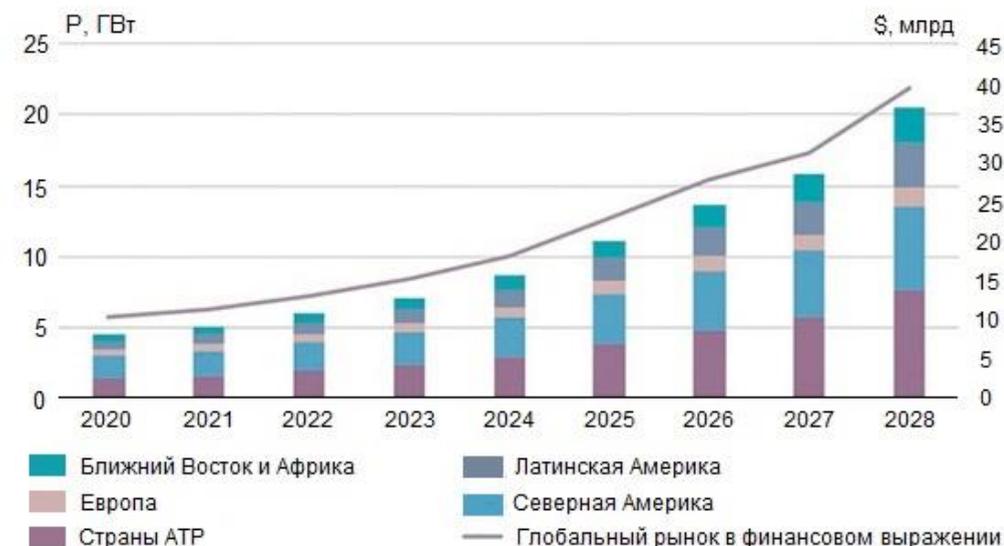


График 2. Мировой рынок микрогридов:
Слева: по макрорегионам в натуральном выражении, ГВт
Справа: глобальный рынок в финансовом выражении, \$ млрд

В России, как и во всём мире существенным фактором, оказывающим влияние на увеличение спроса на АЭК (микрогриды) в будущем станет развитие секторов экономики с повышенной чувствительностью к качеству электроэнергии и надёжности электроснабжения. Например, дата-центров (центров обработки данных, ЦОД), цифровых производств, использующих технологии 3D-печати, производств композиционных материалов, биофармацевтических и других высокоточных предприятий. Затраты на электроснабжение из внешней сети оказываются в ряде случаев больше, чем стоимость владения собственной генерацией в составе АЭК (микрогрида), а в ряде случаев эти затраты сопоставимы. Можно предположить, что в будущем часть потребителей, создающих спрос на электроэнергию и мощность, предпочтут АЭК технологическому присоединению к ЕЭС России.

АКТИВНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Активный энергетический комплекс (АЭК) – функционирующие в составе ЕЭС России электростанция и энергопринимающие устройства промышленных потребителей (промышленные предприятия, административно-деловые центры, торговые центры (комплексы), сельскохозяйственные кластеры – объекты АЭК), в отношении которых выполняются следующие условия:

- только один из объектов АЭК имеет точку присоединения к электрическим сетям сетевой организации;
- все объекты АЭК имеют между собой электрические связи через объекты электросетевого хозяйства, не принадлежащие сетевой организации;
- регулирование производства и потребления электрической энергии (мощности) в АЭК осуществляется с применением программно-аппаратного комплекса управляемого интеллектуального соединения (ПАК УИС);
- в составе АЭК отсутствуют потребители электрической энергии, относящиеся к населению и приравненным к нему категориям потребителей, а также потребители электрической энергии (мощности), ограничение режима потребления которых может привести к экономическим, экологическим, социальным последствиям.

Интеллектуальная система управления АЭК (ИСУ АЭК) – автоматизированная система управления, предназначенная для управления энергетическими режимами и поддержания параметров перетока АЭК из/в ЕЭС России, осуществляющая управление в режиме реального времени с учётом особенностей, связанных с относительно малыми размерами АЭК и ограниченными возможностями по получению энергии и мощности из сети. Помимо управления режимами, в энергосистеме АЭК решается полный набор задач по оперативно-технологическому диспетчерскому управлению: проводятся экономические расчёты и поддерживается строгая платёжная дисциплина, выполняется прогнозирование, планирование и управление развитием энергетической системы АЭК, обеспечиваются безусловные гарантии соблюдения технологических и экономических условий деятельности участников АЭК. Решение этих задач обеспечивается открытой платформой – интеллектуальной системой управления АЭК, реализуемой с помощью ПАК УИС.

Источники: <https://so-ups.ru>

<https://активныйэнергокомплекс.пф/assets/concept.pdf>

<https://in.minenergo.gov.ru/energy/net/docs/Цифровая%20энергетика.pdf>

Программно-аппаратный комплекс управляемого интеллектуального соединения активного энергетического комплекса (ПАК УИС, УИС) – совокупность функционально объединённых устройств, компонентов и программного обеспечения, предназначенных для поддержания параметров перетока в пределах величины разрешённой мощности активного энергетического комплекса, величин разрешённой мощности субъектов активного энергетического комплекса, а также для балансирования процессов производства и потребления электрической энергии, в том числе дистанционного ограничения режима потребления электрической энергии. Для потребителей электрической энергии участие в АЭК означает возможность применить ещё один рыночный инструмент, который позволит повысить эффективность предприятий за счёт существенного снижения их затрат на оплату электрической энергии.

Разрешённая мощность АЭК – величина мощности, в пределах которой субъекты АЭК вправе получать энергию из сети сетевой организации, определяемая как сумма разрешённых мощностей всех объектов АЭК.

Разрешенная мощность объекта АЭК – предельная величина мощности, определённая к одномоментному использованию потребителем или электростанцией субъекта АЭК в соответствии с актом допуска УИС, в пределах которой сетевая организация принимает на себя обязательство обеспечить передачу электроэнергии.

Энергоснабжающая самобалансирующая организация (ЭССО) – Субъект АЭК выполняющий функции оператора АЭК: управляет режимами производства и потребления энергетических объектов АЭК, обеспечивает гражданско-правовые и финансовые отношения между входящими в АЭК потребителями и поставщиками электрической энергии, а также между АЭК и субъектами энергетической инфраструктуры за его пределами.

Проект АЭК/ЭССО полностью отвечает тренду цифровой трансформации электроэнергетики в рамках программы «Цифровая экономика». Внедрение в энергетике России АЭК/ЭССО создаёт возможность перехода в будущем к новым моделям цифровых энергетических рынков.

Протокол совместного заседания АО «НТЦ ЕЭС» и РАН по ссылке:

http://www.nts-ees.ru/sites/default/files/kollegiya_2017.11.23.pdf

ЗАПУСК АЭК В РОССИИ

В России у потребителей электроэнергии появился новый способ выхода из энергосистемы. Потребители могут объединяться в АЭК с собственной генерацией и сетевой инфраструктурой. Основной плюс АЭК – существенная экономия расходов на энергоснабжение при сохранении связи с внешней энергосистемой. Создание локальных микроэнергосистем промышленных и коммерческих потребителей (industrial microgrid) – общемировой тренд.

По сути, АЭК – это энергетический анклав или локальная энергоячейка. В структуру АЭК могут входить несколько коммерческих потребителей, небольшие электростанции на различных источниках энергии, а также внутренняя электросетевая и инженеринговая инфраструктура. В результате потребители внутри АЭК смогут снижать потребление из ЕЭС России и обеспечивать себя электроэнергией с собственных блок-станций. Однако АЭК нельзя считать полностью изолированной локальной энергосистемой. АЭК подключен к ЕЭС России, обеспечивающей резервы, и сможет при необходимости продолжать потребление из внешней сети. АЭК может иметь только одно соединение с внешней сетью - через генератор или потребитель. Управление режимами технологического функционирования, регулирование производства и потребления электроэнергии внутри АЭК, а также поддержание параметров перетоков мощности и электроэнергии из/в ЕЭС России будут происходить в режиме реального времени с помощью ПАК УИС.

Согласно постановлению Правительства России от 30.06.2020 №507, установленная мощность всех электростанций в АЭК должна быть менее 25 МВт. При этом суммарная электрическая нагрузка всех АЭК в России на время проведения пилотного проекта ограничена квотой в 250 МВт. Участники также смогут выбрать более привлекательную для себя модель расчёта стоимости услуг по передаче электроэнергии из внешней сети. Цена электроэнергии с электростанций внутри АЭК регулироваться не будет – потребитель и производитель должны сами договориться о ставках. Есть ограничение: если АЭК дольше 10 секунд будет превышать индивидуально установленное значение потребления мощности из ЕЭС, то его отключат от ЕЭС.

Инициатива по созданию АЭК была разработана в рамках реализации «дорожной карты» НТИ по направлению «Энерджинет» силами АО «СО ЕЭС» при поддержке группы экспертов инфраструктурного центра «Энерджинет». В группу входили представители АО «АТС» (www.atsenergo.ru), НП «Совета рынка» (<https://www.np-sr.ru/ru>) Минэнерго и ПАО «Россети». В октябре 2020 г. был начат приём заявок от участников. Набор участников продлится до конца 2022 г. или пока не будет выбрана вся квота в объёме 250 МВт. За это время все стороны оценят экономический эффект проектов АЭК, регуляторные особенности и технические аспекты, что позволит сформировать целевую модель механизма АЭК. При этом для всех пилотных АЭКов правила останутся неизменными до 2030 года.

Желание потребителя уйти из энергосистемы объясняется ростом стоимости электроэнергии, которая в последние годы все больше формируется нерыночными факторами. Так, по оценкам «НП Совета рынка», в 2021 году 81% платежа за мощность, или 666 млрд ₽, придётся на нерыночные надбавки. В основном это доплата на строительство ТЭС по договорам на поставку мощности (ДПМ), заключенным после реформирования ПАО «ЕЭС России». Кроме того, промышленность и коммерческие потребители также доплачивают за сниженные тарифы населения: так называемое перекрёстное субсидирование в электросетевом комплексе, по оценке ПАО «Россети», в текущем году составляет 236,8 млрд ₽ в год. В таких условиях движение потребителей в сторону строительства собственной распределённой генерации только усиливается.

В настоящее время совокупная доля распределённой генерации на рынке, по разным оценкам, составляет от 10 до 15 ГВт (до 6% мощности всей энергосистемы России). Из-за множества нерыночных механизмов даже генерирующим компаниям стало выгоднее уходить из ОРЭМ и продавать электроэнергию напрямую потребителю по договорной одноставочной цене. За последние 5 лет, по данным «НП Совета рынка», в розничный сегмент ушли 49 электростанций общей мощностью 1,25 ГВт. На РРЭМ могут работать электростанции менее 25 МВт, крупным объектам можно уходить с ОРЭМ только по специальному разрешению. Такой подход оказывается намного выгоднее для электростанций без дополнительных преференций, получающих только цену конкурентного отбора мощности, которая, вопреки прогнозам 15-летней давности (2005 г.), сильно отстает от цены ДПМ.

Организаторы проектов АЭК в России ожидают большой интерес к механизму АЭК. По мнению «Энерджинет», **потенциал российского рынка АЭК к 2028 году может достигнуть 1,2 ГВт в год, или 175 млрд ₽ в год, а суммарная мощность таких АЭК через 8 лет может превысить 4 ГВт.**

Цели организаторов проекта АЭК – в первую очередь привлечь предприятия среднего бизнеса, для которых совместное использование генерирующей мощности становится новым, ранее недоступным фактором повышения эффективности. Снижение конечной цены на электроэнергию для потребителей внутри АЭК может составить более чем 20%, а внутренний энергообмен организуется без оплаты услуг за передачу энергии. Кроме того, каждый новый потребитель, входящий в состав сформированного АЭКа, не будет платить за технологическое присоединение к сети.

Источники:

<https://so-ups.ru/news/press/press-view/news/11845>

https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/Energo84_may2020.pdf

<https://www.kommersant.ru/doc/4529236>

АРХИТЕКТУРА АЭК. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ И ТЕНДЕНЦИИ



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

<https://minenergo.gov.ru>

Андрей Геннадьевич Максимов
Заместитель директора
Департамента развития электроэнергетики

«... АЭК – это проект более активного вовлечения потребителей в жизнь энергосистемы. Изначально единая энергосистема выстраивалась как пирамидальная структура – от генерации через сети к потребителю. Теперь у потребителей появляются более широкие возможности участия в этой работе. Главное – это изменение инженерной мысли, когда построение энергосистемы идет не только сверху вниз, но и снизу вверх, когда потребители планируя свою работу в энергосистеме, определяют, какими участниками будут: простыми потребителями, как большинство, или активными и будут участвовать в более сложных моделях, которые позволяют реализовать современные технологии...»

<https://nti2035.ru/media/publication/znakomtes-aek>

<https://www.eprussia.ru/epr/399/2131692.htm>

Активный энергетический комплекс (АЭК) представляет собой электрически связанную в рамках общих границ балансовой принадлежности микроэнергосистему, в состав архитектуры которого входят 7 элементов:

1. Энергопринимающее энергетическое оборудование;
2. Генерирующее энергетическое оборудование;
3. Аккумулирующее энергетическое оборудование;
4. Электросетевое энергетическое оборудование
5. Электроустановки потребителей электроэнергии;
6. Автоматизированная система управления (АСУ);
7. Управляющий энергосистемой субъект – энергоснабжающая самобалансирующая организация (ЭССО).

Источники: http://ntc-msk.ru/assets/upload/testimonials/Doklad_AEK_2020.pdf

<https://nti2035.ru/media/publication/znakomtes-aek>, <https://www.eprussia.ru/epr/399/2131692.htm>



СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

<https://so-ups.ru>

Федор Юрьевич Опадчий
Заместитель Председателя Правления АО «СО ЕЭС»

«... Сегодня особенности ценообразования на рынках электроэнергии, и доступность надёжных и малообслуживаемых источников электроэнергии малой мощности формируют риск лавинообразного нарастания числа потребителей, предпочитающих собственную генерацию в микрогридах потреблению из сети. Микрогриды активно развиваются по всему миру, появляются новые проекты, все они разные по своей архитектуре и составу оборудования. Драйвером развития микрогридов становятся не только проекты малой, но и традиционной генерации. Например, в аэропорте Питсбурга (США) решили создать АЭК потому что рядом расположено месторождение сланцевого газа. То есть имеется дешёвое сырьё и возможность использовать его для решения задач энергоснабжения. Сейчас аэропорт подключен в соответствии со всеми категориями надёжности. Но в таких ситуациях, с учётом локальных источников топлива, выгодным является установка газовых турбин, создание системы регулирования и выстраивание системы отношений с сетевой компанией и оптовым рынком. Это даёт хороший старт и обеспечивает спрос на интеллектуальную систему управления таких небольших систем. И это помимо появления нового класса генерирующего оборудования, или оборудования старой логики работы, но требующего меньшего сервиса. Сейчас появилась возможность создания и применения достаточно экономичных систем управления, которые позволяют в автоматическом режиме регулировать режимы микрогрида. Это создаёт спрос на развитие интеллектуальных систем управления – т.е. развитие АЭК становится драйвером для развития таких технологий ...»

«... Надеюсь, в рамках пилотного проекта мы апробируем архитектуру, системы АСУ и организационно-экономическую модель АЭК, дадим возможность развития технологических решений компаниям, позволяющих такие решения реализовывать. Без подобных систем АСУ невозможно разворачивание микрогридов и эффективное управление ими ...»

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АЭК В РОССИИ

В России до 2023 года АЭК функционируют в пилотном режиме. При этом к ответственности АО «СО ЕЭС» отнесены вопросы организационно-технического сопровождения проекта АЭК, а также формирования и ведения реестра пилотных площадок, контроль за ходом проекта осуществляет Минэнерго России. Объем российского рынка коммерческих и промышленных микрогридов к 2028 году может достичь 1,2 ГВт в год вводимой установленной мощности. Или 175 млрд ₽ в год в денежном выражении в зависимости от сценария роста экономики страны:

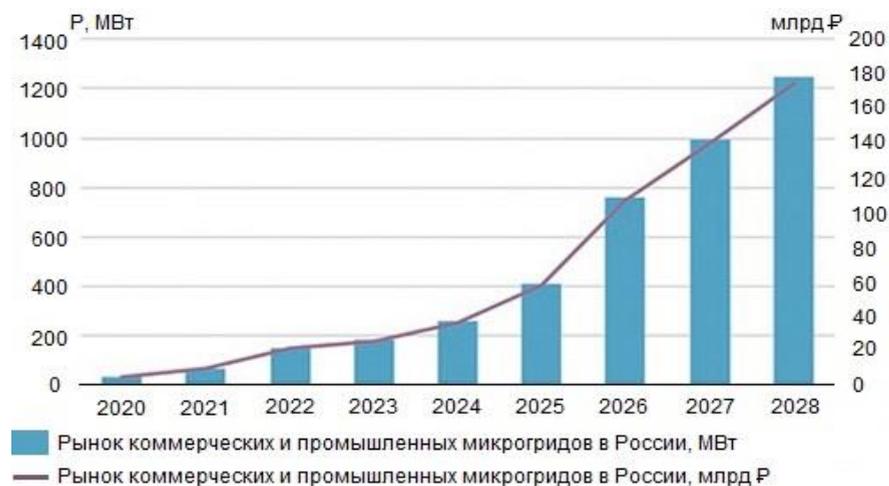


График 3. Прогноз роста российского рынка микрогридов

Потенциал российского рынка микрогридов до 2030 года в основном будет определяться перспективным спросом на мощность со стороны новых промышленных и коммерческих потребителей и ростом электропотребления. В силу особенностей ценового регулирования на рынке электроэнергии именно на промышленных и коммерческих потребителей приходится основное давление растущей цены на мощность, которая включает всё большую долю фиксированных надбавок, а также рост стоимости услуг по передаче, содержащей в своём составе значительную долю перекрёстного субсидирования. Кроме того, дополнительным драйвером спроса на создание новых АЭК станет развитие секторов экономики с повышенной чувствительностью к качеству электроэнергии и надёжности электроснабжения. В России всё чаще затраты на электроснабжение из сети оказываются в ряде случаев больше, чем стоимость владения собственной генерацией в составе микрогрида, иногда эти затраты сопоставимы.

В России, сегодня и в будущем именно сектор коммерческих и промышленных потребителей может стать локомотивом рынка микрогридов, поскольку, с одной стороны, проблема роста расходов на электроснабжение наиболее остро стоит именно перед такими потребителями и у них есть прямая заинтересованность в использовании возможностей распределённой генерации. С другой стороны, именно эти потребители способны сформировать платёжеспособный спрос и инвестировать свои ресурсы в создание микрогридов и развитие необходимых технологий.

Привлекательность микрогридов для потребителей и инвесторов увеличивается также за счёт реализации на этом рынке новых бизнес-моделей. Они позволяют упростить взаимодействие поставщиков и потребителей решений для микрогридов, снизить инвестиционные риски и диверсифицировать источники инвестиций для финансирования проектов.

Как проект для уже сложившейся инфраструктуры АЭК может быть эффективно вписан в существующую систему энергоснабжения моногородов, территорий опережающего социально-экономического развития, промышленных парков и промышленных кластеров. Например, сегодняшние российские моногорода с точки зрения энергоснабжения представляют собой обособленные энергоячейки с собственным источником тепловой и электрической энергии, одним ключевым промышленным потребителем – градообразующим предприятием – и отдельной электросетевой организацией. Внедрение АЭК позволит обеспечить необходимую экономию на энергоснабжении как старого, градообразующего, так и новых промышленных предприятий, и получить надёжный инструмент развития моногородов, заинтересованных в привлечении промышленных инвесторов и решении своих социальных проблем. Привлекательна концепция АЭК и для промышленных парков и промышленных кластеров, прежде всего тех из них, которые наделены или претендуют на статус территории опережающего социально-экономического развития. Инвесторы таких территорий остро заинтересованы в создании наиболее привлекательных экономических условий для привлечения резидентов. Резиденты таких субъектов – промышленные предприятия, производящие энергоёмкую продукцию по контракту для продуктовых компаний, и иные промышленные предприятия с высокой энергоёмкостью, для которых затраты на электроэнергию составляют значимую долю в структуре себестоимости, заинтересованы в снижении собственных расходов на энергообеспечение.

Источники: <https://www.eprussia.ru/epr/399/2131692.htm>
http://www.nts-ees.ru/sites/default/files/kollegiya_2017.11.23.pdf

ТРЕБОВАНИЯ К АЭК. УПРАВЛЯЕМОЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ

Согласно Приказу Минэнерго России №507 от 30 июня 2020 г., участниками АЭК могут быть источники средней и малой генерации, в т.ч. ГТУ, ПГУ и потребители электроэнергии (промышленные и коммерческие). При этом основными требованиями к создаваемым в России АЭК являются:

1. Установленная мощность электростанции в АЭК – до 25 МВт;
2. Только один субъект АЭК имеет непосредственное присоединение к сетям сетевой организации;
3. Регулирование производства и потребления электрической энергии (мощности) осуществляется с применением УИС;
4. Длительность превышения разрешённой мощности – не более 10 секунд;
5. В отношении сетевых объектов, расположенных внутри АЭК, не утверждаются тарифы на оказание услуг на передачу;
6. В составе АЭК отсутствуют потребители, относящихся к населению и приравненным к нему категориям, а также потребители, ограничение режима потребления которых может привести к экономическим, экологическим или социальным последствиям.
7. Управление АЭК осуществляется посредством ПАК УИС

Архитектурно ПАК УИС АЭК включает в себя аппаратную и программную часть. Аппаратная часть состоит из полупроводниковых устройств, обеспечивающих управление коммутацией и дополнительные функции РЗА, и интеллектуальной АИИС КУЭ. Программная часть реализует математические алгоритмы и ограничительные механизмы АЭК. Аппаратная часть УИС устанавливается на фидерах, обеспечивающих подключение АЭК к ЕЭС России, на шинах генераторов, а также на каждом из фидеров, которыми подключены электроустановки потребителей АЭК. Программная часть реализована в виде двухуровневой системы, состоящей из расчётного балансирующего модуля и периферийных управляющих модулей.

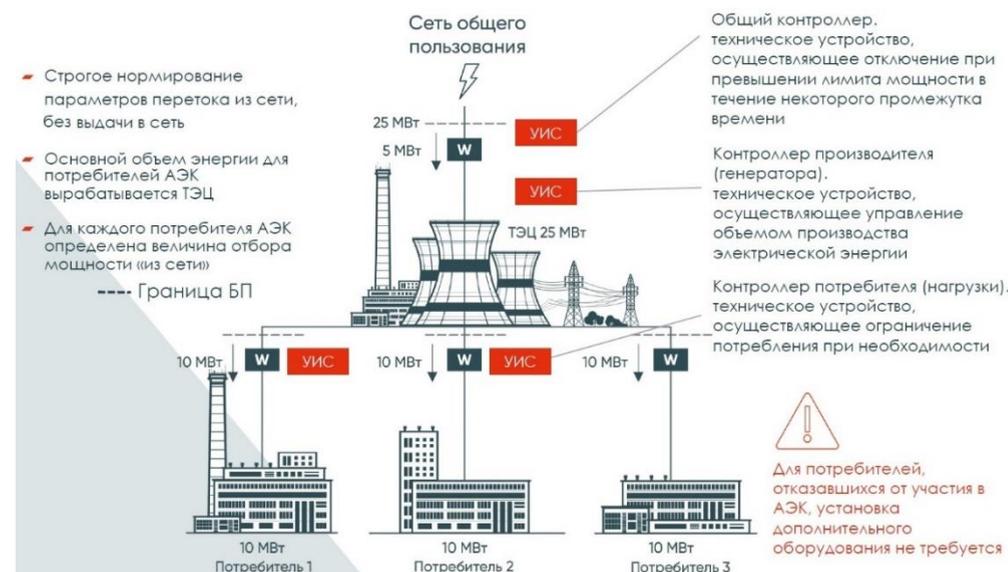
Устройства УИС должны устанавливаться на границе балансовой принадлежности каждого АЭК, в т.ч. объектов, обеспечивающих производство электрической энергии и в точках присоединения энергопринимающих устройств к распределительным устройствам электростанции. Обязанность по установке и обеспечению допуска в эксплуатацию устройств УИС возлагается на субъекты АЭК.

Источник: Приказ Минэнерго России №507 от 30 июня 2020 г.

Полный состав требований к устройствам УИС изложен в Приказе Минэнерго России №507 от 30 июня 2020 года по ссылке:

<http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202011020032>

Презентация АЭК <https://активныйэнергокомплекс.рф/assets/presentation.pdf>



Основные задачи ПАК УИС АЭК:

1. Контроль технического и эксплуатационного состояния энергетических объектов в соответствии с обязательными требованиями;
2. Управление технологическими режимами энергоустановок и распределением электроэнергии по потребителям с учетом параметров разрешённой мощности АЭК;
3. Расчёт и контроль объёмов потребления в АЭК с требуемой дискретностью. При превышении установленных в УИС согласно ПДГ мгновенных значений перетока из/в внешнюю сеть автоматически ограничивается потребление конкретного участника АЭК, по вине которого произошло такое превышение;
4. Расчёт годовых, помесечных, недельных, дневных, часовых балансов энергии и мощности АЭК с учётом технологических ограничений производителей и потребителей;
5. Учёт объёма выработки электроэнергии каждой энергетической установкой;
6. Учёт потребления по каждой из групп энергопринимающих устройств каждого из потребителей электроэнергии;
7. Контроль финансовых расчётов между участниками АЭК, а также с внешними субъектами электроэнергетики.

ПРИМЕР АРХИТЕКТУРЫ АЭК. ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ПАРК «МАЛАЯ СОСНОВКА». ИНФОГРАФИКА

Индустриальный парк «Малая Сосновка», Челябинская область

Ближайший центр питания: ПС 110/10 кВ Асфальтная 2×6,3 МВА
 Мощность нагрузки I очередь: 6,2 МВт
 Обеспеченная мощность нагрузки: 3,0 МВт
 Прогноз роста нагрузки: 17,7 МВт до 2023 г.
 II категория надёжности электроснабжения
 Тарифный уровень напряжения: СН2 10[6] кВ

<https://www.sosnovka-industrial.ru>



Варианты электроснабжения (варианты ТП):

- Вариант 1. Базовый: Технологическое присоединение по 10 кВ
- Вариант 2. Замена трансформаторов 2×6,3 на 2×25 МВА
- Вариант 3. Строительство новой ПС 110 кВ 2×25 МВА
- Вариант 4. Установка малой генерации 5×400=2,00 МВт с перспективой наращивания мощности
- Вариант 5. Создание АЭК для покрытия спроса на 12,2 МВт
- Вариант 6. Создание АЭК + софинансирование региона
- Вариант 7. Другое



Решение:

1. Создание АЭК с применением: газо-поршневой мини-ТЭС 5×400 кВт (ГПЭС) с возможностью наращивания мощности ТЭС до 25 МВт,
2. Внешнее электроснабжение: разрешённая присоединённая мощность от ПС 110 кВ Асфальтная = 6,00 МВт

Схема 3. Индустриальный парк «Малая Сосновка»

Источники: <https://www.sosnovka-industrial.ru/elektrosnabzhenie>
https://russiaindustrialpark.ru/sites/default/files/industrialnyy_park_malaya_sosnovka_prezentaciya.pdf
https://www.znak.com/2020-01-20/v_tehnopark_malaya_sosnovka_prishel_chetvertyy_rezident_zaymetsya_proizvodstvom_mini_tes

ПИЛОТНЫЕ ПЛОЩАДКИ АЭК И МИКРОГРИДЫ В РОССИИ



Евгения Смирнова
Руководитель направления отраслевой экспертизы
АО «НТЦ ЕЭС Управление энергоснабжением»

<https://ntcees.ru>

«... Для проведения пилотного проекта в России будут созданы АЭК на совокупную установленную мощность 250 МВт. Проведение пилотного проекта рассчитано до 2030 года, при этом в 2023 году правительство должно принять решение: переходит пилотный проект в формат целевой модели или нет. В 2022 году Минэнерго начнет анализировать ход реализации проекта, а в 2023 Правительство РФ должно принять решение: целесообразно ли дальше внедрять на постоянной основе конструкцию АЭК, либо эта конструкция показала свою нецелесообразность ...»

Источники: <http://eepir.ru/news/item/12749-cisco-aek-brifing.html>

<https://energypolicy.ru/aktivnyye-energokompleksy-active-energy-complexes/energetika/2020/18/26>

Эксперты EnergyNet проводили модельный расчёт на примере индустриального парка «Малая Сосновка» в Челябинской области. Речь идет о росте потребления с 6,2 МВт до 17,7 МВт за счёт появления в ближайшие 3 года новых резидентов. Дополнительное технологическое присоединение к электрическим сетям на уровне 10 кВ приведёт к росту цены для потребителей до 8 руб/кВт·ч, а в случае организации АЭК стоимость электроэнергии составит около 5,8 руб. за 1 кВт·ч. При этом общие инвестиции в создание инфраструктуры АЭКов, включая генерацию, аккумулятор и УИС, для потребителя на 5 МВт оцениваются примерно в 94 тыс. руб за 1 кВт установленной мощности при возможности масштабирования АЭКа до 13 МВт и увеличения мощности генерирующих установок со снижением средней стоимости до 60 тыс. руб/кВт. Период окупаемости проекта составляет ~5,5 лет.

Источники: http://ntc-msk.ru/assets/upload/testimonials/Doklad_AEK_2020.pdf

Примеры действующих площадок АЭК в России:

1. ТехноЭкопарк Донского государственного технического университета
<https://don-tech.ru/tekushhie-nir-i-okr/intellektualnaya-energeticheskaya-sistema.html>
2. ИП «Малая Сосновка», Челябинская область <https://www.sosnovka-industrial.ru>
3. Курганский индустриальный парк, г.Курган <http://ipark45.ru>
4. ИП «Новосёлки», Ярославская область www.invest76.com/area/novoselki
5. ОЭЗ «Титановая Долина», Свердловская область <https://titanium-valley.com>
6. ТОСЭР-Тольятти, Самарская область <http://invest.tgl.ru/toser>

По состоянию на 20.04.2020 в России было зарегистрировано 10 площадок АЭК, рассматривалась возможность организации новых АЭК в Ростовской области, Краснодарском крае, Татарстане, Башкортостане и других регионах. Наиболее «продвинутой» в плане готовности к АЭК является Ярославская область. Большой интерес к проекту проявляют предприятия Ленинградской области. По состоянию на 10.10.2020 в России было зарегистрировано и функционировали уже **18 площадок АЭК общей мощностью ~160 МВт**. Объём совокупных капитальных вложений для реализации одного пилотного проекта АЭК, в зависимости от степени использования генерации, может составить от 100 млн до 1,5 млрд руб. Анализ результатов всех пилотных проектов АЭК должен быть проведен до 01.03.2023, по его итогам Минэнерго представит Правительству России предложения о целесообразности дальнейшего применения и развития АЭК.

Вариант архитектуры промышленного микрогрида:
Сузунское месторождение нефти ПАО «НК «Роснефть»



В 2020 году ООО «Агреко Евразия» и ПАО «НК «Роснефть» заключили договор об энергоснабжении Сузунского месторождения (Таймыр) на 17 лет. Так, Агреко организует полное функционирование временного (мобильного) энергоцентра: проведёт модернизацию ЗРУ и электрических сетей, обучит персонал, подготовит резерв генераторов и запасных частей к ним, обеспечит выполнение всех ремонтов. Дополнительно к уже работающим на месторождении 45 ГПУ единичной мощностью 1375 кВт каждая (~62 МВт), Агреко поставит 4 новых ГПУ, что приведёт к увеличению установленной мощности энергоцентра до 68 МВт. Нарращивание мощностей и модернизация локальной системы электроснабжения, работающей в изолированном режиме, позволит ПАО «НК «Роснефть» полностью обеспечить потребности в электроэнергии и мощности всех потребителей, без существенных затрат, т.к. установленные ГПУ работают на попутном газе, добываемом непосредственно на площадке месторождения.

Источники: <https://www.aggreko.com/ru-ru/news/2020/eurasia-news/suzun2020>

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АЭК



Управление энергетическими режимами АЭК и поддержание параметров перетока из/в ЕЭС России должно осуществляться в АЭК в режиме реального времени с учётом особенностей, связанных с относительно малыми размерами АЭК и ограниченными возможностями по получению энергии и мощности из внешней сети. Помимо управления режимами, в энергосистеме АЭК должен решаться полный набор задач по оперативно-технологическому и диспетчерскому технологическому управлению, в том числе:

- Экономические расчёты и поддержка строгой платёжной дисциплины;
- Прогнозирование, планирование и управление развитием энергосистемы АЭК;
- Обеспечение безусловных гарантий соблюдения технологических и экономических условий деятельности участников АЭК.

Решение этих задач обеспечивается открытой платформой – ИСУ АЭК, реализуемой с помощью ПАК УИС АЭК. Основные технологические функции УИС в части управления энергетическим хозяйством АЭК:

- Индивидуальные функции управления и РЗА каждого отдельного энергетического объекта АЭК: первичное регулирование частоты и активной мощности, первичное регулирование напряжения и реактивной мощности, функции РЗА и др.;
- Функции группового управления, охватывающие более одного объекта управления: прогнозирование графиков нагрузки энергопринимающих устройств потребителей и генерирующих установок АЭК, управление спросом, управление загрузкой генерирующего оборудования, вторичное регулирование частоты и активной мощности, вторичное регулирование напряжения и реактивной мощности, мониторинг надёжности, обеспечение «пуска с нуля» объектов генерации АЭК;
- Обеспечение связи с ЕЭС России: поддержание в заданных границах параметров перетоков мощности и энергии, обеспечение перехода от параллельного к островному режиму работы и обратно (фиксация выполнения условия деления и формирование соответствующих управляющих воздействий коммутационным аппаратам, синхронизация с внешней энергосистемой), координация режимов работы АЭК с ЕЭС России.

Дополнительные функции, интегрируемые с открытой платформой УИС АЭК и основанные на использовании содержащихся в системе данных, могут развиваться по следующим технологическим инновационным направлениям:

1. Реализация смарт-контрактов, транзакций и иных сервисов на основе распределённого реестра;
2. Поддержка мультиагентного взаимодействия при регулировании режимов производства, передачи и потребления электроэнергии, а также экономической оптимизации работы энергетического оборудования АЭК;
3. Поддержка ценозависимого потребления;
4. Развитие системы управления активами АЭК в части предиктивной аналитики, основанной на анализе больших данных;
5. Развитие различных информационных и оптимизационных пользовательских сервисов.

Участники АЭК должны самостоятельно рассчитывать параметры ограничения потребления мощности и электроэнергии из электрической сети прилегающей сетевой организации исходя из минимальной достаточности объёма электропотребления с учётом возможностей электростанции АЭК, технологических потребностей энергопринимающих устройств, а также с учётом дополнительных ограничений. Технически такие ограничения обеспечиваются настройками ПАК УИС.

Помимо экономических эффектов от внедрения, АЭК и микрогриды с более широким функционалом могут также выступать источниками энергетической гибкости для энергосистемы и оказывать различным субъектам электроэнергетики услуги и сервисы гибкости. К таким сервисам относится оказание следующих услуг:

1. Управление спросом на электроэнергию;
2. Регулирование частоты в энергосистеме;
3. Обеспечение третичных резервов мощности;
4. Регулирование уровня напряжения и компенсация реактивной мощности;
5. Регулирование нагрузки на оборудовании центров питания;
6. Обеспечение аварийного резерва для потребителей, не входящих в АЭК.

Сдерживающим фактором для реализации этой роли микрогридов является низкая цена соответствующих услуг, ограничивающая возможности их монетизации. При этом важно, чтобы указанные услуги предлагались на соответствующих рынках на конкурентных основаниях.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АЭК

Экономические взаимоотношения между участниками АЭК и субъектами внешней энергосистемы основываются на принципах свободного ценообразования и не являются предметом тарифного регулирования. Участники АЭК самостоятельно урегулируют отношения с организациями технологической инфраструктуры и иными субъектами электроэнергетики через ЭССО. При этом ЭССО, действующей в составе АЭК может быть выбран один из двух вариантов **оплаты услуг по передаче электрической энергии**, оплачиваемых по ставке, отражающей величину расходов на содержание электрических сетей внешней энергосистемы (ЕЭС России):

Вариант А: Объем услуг по передаче электроэнергии, оплачиваемых по ставке, отражающей удельную величину расходов на содержание сетей двухставочной цены (тарифа) на услуги по передаче электроэнергии, определяется и подлежит оплате в полном объеме субъектом АЭК, в размере, равном минимальному значению из следующих величин:

- Объем услуг по передаче электроэнергии, подлежащих оплате по ставке, отражающей удельную величину расходов на содержание сетей, двухставочной цены (тарифа) на услуги по передаче электроэнергии, определенный в соответствии с Правилами недискриминационного доступа к услугам по передаче электроэнергии, утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 27.12.2004 № 861;
- Величина разрешенной мощности субъекта АЭК. При этом на период проведения пилотного проекта, при выборе Варианта А разрешенная мощность каждого объекта АЭК должна быть не меньше максимальной мощности такого объекта (для объекта по производству электроэнергии – максимальной мощности энергопринимающего устройства собственных нужд такого объекта), указанной в документах о технологическом присоединении к электрическим сетям, оформленных по состоянию на дату подачи заявки на участие в пилотном проекте, без учета увеличения мощности энергопринимающего устройства в период пилотного проекта.

Вариант Б: Объем услуг по передаче электроэнергии, оплачиваемых субъектом АЭК за расчетный период по ставке, отражающей удельную величину расходов на содержание электрических сетей двухставочной цены (тарифа) на услуги по передаче электроэнергии, определяется и подлежит оплате только в части объемов электроэнергии, не обеспеченных выработкой электростанции АЭК или в отношении каждого уровня напряжения, по которым дифференцируется такая цена (тариф), равным среднему арифметическому значению из максимальных значений объема потребления

в каждые рабочие сутки расчетного периода из суммарных по всем точкам поставки на соответствующем уровне напряжения, относящимся к объекту АЭК, почасовых объемов потребления электроэнергии, не обеспеченных выработкой электрической энергии электростанцией АЭК, в установленные АО «СО ЕЭС» плановые часы пиковой нагрузки.

При этом объем электрической энергии, обеспеченный выработкой электростанцией АЭК, определяется как минимум из следующих величин:

- Почасовой договорный объем продажи электроэнергии (мощности) по договору купли-продажи (поставки) электроэнергии (мощности), заключенному между производителем электрической энергии в АЭК в отношении энергопринимающих устройств субъектов такого АЭК;
- Фактический почасовой объем производства электрической энергии (мощности), умноженный на отношение почасового договорного объема к сумме почасовых договорных объемов за соответствующий час по всем договорам, заключенным в отношении объекта по производству электрической энергии (мощности) АЭК;
- Фактический почасовой объем потребления электроэнергии (мощности), умноженный на отношение почасового договорного объема к сумме почасовых договорных объемов за соответствующий час по всем договорам, заключенным в отношении энергопринимающих устройств субъектов АЭК.

При выборе Варианта Б величина разрешенной мощности АЭК не может превышать величину, равную сумме максимальных мощностей субъектов АЭК, с учетом нормативных потерь в электрических сетях АЭК и максимальных мощностей вновь вводимых в эксплуатацию объектов АЭК. Вариант Б даёт возможность существенной экономии на энергоснабжении, однако требует от потребителя более ответственного поведения в части выполнения ПДГ.

Урегулирование отношений АЭК с продавцом электроэнергии осуществляется посредством перезаключения договора купли-продажи электрической энергии (заключения дополнительного соглашения к существующему договору) с учетом изменения существенного условия, когда фиксируется право производителя электроэнергии на введение ограничения потребления участника АЭК до величины разрешенной мощности.

Такая система договорных отношений, с одной стороны, создаёт экономические стимулы для потребителя к высвобождению неиспользуемого сетевого резерва путём минимизации индивидуально установленного значения разрешенной мощности АЭК. С другой стороны, реализует экономически обоснованные принципы компенсации затрат сетевых организаций на содержание сетевого комплекса.

КОМПАНИИ - ДРАЙВЕРЫ РАЗВИТИЯ АЭК В РОССИИ



<https://greentechenergy.ru>

ООО «Гринтех Энерджи» – инжиниринговая компания, реализующая полный цикл работ в области распределенной генерации на основе мини-ТЭС ГПУ. Основана в 2009 г. Штаб-квартира расположена в г.Москва. За 11 лет компания построила более **60 мини-ТЭС** суммарной мощностью более **740 МВт** в 30 регионах России. Штат компании ~50 человек.



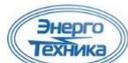
<https://www.kama-e.ru>

ООО «КАМА-Энергетика» – предприятие осуществляющее производство электростанций на основе ГПУ и ДГУ, а также силовые установки более 180 моделей мощностью 20 ÷ 2000 кВт. Основана в 2014 г. Штаб-квартира расположена в г.Москва, производство в г.Набережные Челны (Татарстан). Ежегодно выпускает ~**1200** электростанций. Штат компании ~100 человек.



<https://mks-group.ru>

Группа компаний «МКС» – инжиниринговое предприятие, выполняющая проектирование, строительство и эксплуатацию мини-ТЭС ГПУ. Штаб-квартира компании находится в Москве, производство в г.Челябинск. Представительства компании находятся в России, Германии, Казахстане и в ОАЭ. Выпускает более 20 видов энергетического оборудования в т.ч. блок-модули (контейнеры) ГПУ мощностью 0,6 ÷ 4,5 МВт. С 2005 года компания построила **53** мини-ТЭС в России и за рубежом суммарной мощностью **244300 кВт**. Штат ~250 человек.



<https://www.en-tech.ru>

ООО «МПП Энерготехника» – инжиниринговая компания, которая производит электротехническое оборудование и автоматику для электрических станций и подстанций распределённой энергетики, в т.ч. ГТУ ТЭС мощностью 1,5÷7,5 МВт. Основана в 1989 г. За 25 лет построила **100** станций в 40 регионах России и 3-х странах СНГ суммарной мощностью более **1000 МВт**. Штаб-квартира компании находится в г.Саратов. Штат ~150 человек

aggreko <https://www.aggreko.com/ru-ru>

Aggreko – мировая корпорация, специализируется на производстве и поставке оборудования для временных и локальных систем энергоснабжения. Основана в 1962 г., в г.Глазго, Шотландия. Имеет 190 офисов в 79 странах мира, штат более 6000 человек <https://www.aggreko.com>

Перечень действующих и строящихся мини ТЭС на территории России и стран СНГ. Всего 1087 объектов мощностью более 25 ГВт <http://www.nep-plus.ru/images/articles/perechen.pdf>

ООО «Агреко Евразия» работает на территории России, стран СНГ, Турции и Монголии с 2008 г. Поставляет ДГУ и ГПУ мощностью 100 ÷ 1250 кВт и предоставляет комплексные услуги и решения по обеспечению мобильных и локальных схем энергоснабжения, промышленного охлаждения и обогрева для промышленных предприятий и инфраструктурных объектов. Общая мощность установленного генерирующего оборудования в Евразии - более **700 МВА**.



<http://estorsys.ru>

ООО «Системы накопления энергии» – инжиниринговая компания, которая разрабатывает и производит СНЭЭ: от расчётов и НИОКР до выпуска промышленных СНЭЭ мощностью 100÷2400 кВА и энергоёмкостью 10÷30000 кВт·ч. Основана в 2016 г. Штаб-квартира и производство компании расположены в г.Новосибирск. С 2016 г. компания установила более **11 крупных СНЭЭ** суммарной мощностью **7403 кВА** и ёмкостью **10317 кВт·ч**. Штат ~50 человек.



<https://prosoftsystems.ru>

ООО «Прософт-Системы» – инжиниринговая компания, занимается разработкой, производством и внедрением под ключ высокотехнологичных приборов и систем АСУ ТП для энергетики, нефтегаза, металлургии и других видов промышленности. Оборудование и решения компании функционируют на крупнейших энергетических и промышленных объектах России и за рубежом. Основана в 1995 г. Штаб-квартира находится в г.Екатеринбург. Штат ~750 человек.



<https://rolt.ru>

ООО «Ролт Инжиниринг» – многопрофильное инженерно-производственное объединение, специализирующееся на реализации комплексных проектов в сфере энергоснабжения (малой и распределённой энергетики) и управления энергоресурсами. Основана в 2003 г. Имеет 9 офисов в регионах России. Штаб-квартира находится в Москве. Компания построила более **40** электростанций мощностью свыше **750 МВт**. Штат компании ~600 человек.



<https://www.rtsoft.ru>

Группа компаний «РТСофт» – инжиниринговая компания, которая специализируется на производстве средств и систем АСУ ТП для энергетики и промышленности. Активно разрабатывает и внедряет новейшие технологии: промышленный интернет вещей, искусственный интеллект, большие данные, цифровые двойники, САЦ и др. Основана в 1992 г. Имеет 10 офисов в России и в Германии (Мюнхен). Штаб-квартира – в Москве. Штат более 600 человек.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ АЭК В РОССИИ



ассоциация

НП СОВЕТ РЫНКА

<https://www.np-sr.ru/ru>

Олег Геннадьевич Баркин
Заместитель Председателя Правления
Ассоциации «НП Совет рынка»

«... Сегодня все больше объектов, в основном промышленных, как наиболее зависимых от энергоресурсов по разным экономическим и технологическим причинам оснащаются собственной генерацией. У потребителя возникают варианты по реализации схемы электроснабжения. Первый вариант - весь объём потребления покупается, а выработанный – поставляется в энергосистему. Но из-за нерыночных надбавок, перекрёстного субсидирования такой вариант удобен для энергосистемы, но крайне невыгоден потребителю. Поэтому понятно желание большинства компаний замкнуть генерацию на своё потребление, выработанную электроэнергию направлять на свои нужды и минимизировать потребление из энергосистемы.

Для реализации этого варианта нужны законодательные возможности и оформление объектов генерации на одно юридическое лицо. Иногда используются различные арендные схемы, чтобы также зафиксировать право владения одного юрлица. Эти варианты возможны, но они подходят не всегда. Особенно когда речь идет о сложных проектах. А при необходимости привлечения инвесторов, часто с зарубежным капиталом, эти варианты становятся сложными, рискованными и крайне негативными для энергетики. При этом платежи таких потребителей субъектам «большой энергетики» снижаются, в то время как затраты на обеспечение работы ЕЭС остаются прежними. Каждый потребитель, выбирающий собственную генерацию вместо покупки электроэнергии на рынке и потребления её из сети, увеличивает платёжную нагрузку на всех остальных потребителей, продолжающих потреблять энергию из сети. В итоге это приводит к росту тарифов и цен, что еще больше мотивирует компании к переходу на собственную генерацию. **Проблема ухода потребителей из ЕЭС России в распределённую энергетику** усугубляется в том случае, если обязательства энергосистемы и электрических сетей перед этими потребителями сохраняются, но их потребление из сети становится неравномерным. Это заставляет сохранять в ЕЭС России генерирующие мощности и поддерживать возможность передачи через сети на случай покрытия пикового или неожиданно возникающего потребления со стороны микрогридов, присоединённых к сети.

Источники: http://ntc-msk.ru/assets/upload/testimonials/Doklad_AEK_2020.pdf
<https://nti2035.ru/media/publication/znakomtes-aek>, <https://www.eprussia.ru/epr/399/2131692.htm>

Получается, что потребитель снижает потребление, в существующей нормативной базе, сетевая компания вынуждена сохранять за ним объёмы технологического присоединения, даже если они не используются. Т.е. энергосистема инфраструктуру обслуживает, а выручку получает всё меньше. Выходом здесь является отключение от сети и переход потребителя на автономную работу. Такие проекты есть, но они достаточно затратны в силу необходимости обеспечивать собственными силами высокий уровень надёжности. До настоящего времени не было «золотой середины», чтобы потребитель, с одной стороны, мог остаться в энергосистеме, а с другой стороны мог оптимизировать взаимодействие с ней до нужного объёма. Коммерческие и промышленные потребители, пользуясь правовой неопределённостью взаимоотношений и отсутствием НТД, могут организовать любые варианты микрогридов, в т.ч. могут переходить на использование собственной генерации исключительно для собственного потребления.

Постановление Правительства РФ от 21 марта 2020 года № 320 задаёт правовые основания для налаживания системных взаимоотношений первых коммерческих и промышленных микрогридов с сетевыми организациями и с АО «СО ЕЭС». При этом возникает свободное поле для выстраивания взаимоотношений между распределённой генерацией и потребителями электроэнергии внутри АЭК. Это позволяет им осуществлять как куплю-продажу электроэнергии, так и оказание друг другу различных услуг. В том числе и не присутствующих на ОРЭМ и РРЭМ. Важно построить взаимодействие между энергосистемой и объектом на взаимовыгодной основе, восполнить пробел в отсутствии НТД, который существует до сих пор. Концепция АЭК позволяет гарантировано ограничить потребление мощности из внешней сети объёмами, определёнными субъектами АЭК. Это снижает потребность в поддержании соответствующих сетевых и генерирующих резервов в энергосистеме. Если развитие распределённой энергетики идёт по управляемому сценарию создания микрогридов типа АЭК, то оно может быть учтено при развитии энергетики и в долгосрочном планировании.

У сетевых организаций снижаются потребности в инвестициях, поскольку появление АЭК уменьшает запрос на технологическое присоединение поэтому развитие микрогридов в России в рамках концепции АЭК может обеспечить дополнительный экономический эффект. Причём, включаящий не только экономии на стороне потребителей самих АЭК, но и общесистемные эффекты на стороне ЕЭС в целом. Эти эффекты во многом обусловлены тем, что появление АЭК создаёт конкуренцию решениям централизованной энергосистемы, таким как строительство сетевой инфраструктуры. И за счёт этой конкуренции позволяет обеспечить более эффективное и сбалансированное развитие энергосистемы ...»

РАСПРЕДЕЛЁННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ В РОССИИ И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКУ



ОПОРНЫЙ ВУЗ

ПЕТРОВЗОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ<https://petsu.ru>**Денис Евгеньевич Петрушин**
Преподаватель Физико-технического института ПетрГУПобедитель молодёжного глобального Прогноза
развития ТЭК – 2020 в лиге «Молодые специалисты»*
<https://fondsmena.ru/project/prognoz-TEK-2020>13.07.2020, Москва <https://petsu.ru/news/2020/84100/trend-vremeni--raspr>

«... Оценка точных текущих объёмов РГ в составе ЕЭС, вызывает определённые трудности. Росстат и Министерство энергетики в своих официальных статистических годовых и оперативных отчётах, не выделяют этот вид генерации в отдельные показатели. Основными источниками данных являются оценки экспертов, научных организаций, показатели предприятий и аналитические работы консалтинговых компаний. Кроме того, в России существует серая зона объектов РГ, которые работают изолированно, без подключения к ЕЭС. По данным АО «СО ЕЭС» на начало 2020 года в России функционирует 487 ГО РГ, с общей установленной мощностью 6 ГВт, работающих в составе ЕЭС. Основной объём ГО приходится на электрические станции промышленных предприятий, использующихся для электроснабжения производственного цикла и работающих на углеводородном топливе или сжигании побочных продуктов производства. Таких насчитывается 260 ГО суммарной мощностью 3360 МВт. Причиной распространения таких ГО является стремление собственника к снижению стоимости электроэнергии и повышение эффективности своего бизнеса. По расчётам ГК «МКС» и Московской школы управления «Сколково», использование собственной генерации ПП позволяет экономить до 3 руб. с одного кВт·ч электроэнергии, несмотря на высокую стоимость эксплуатации объекта собственной генерации.

На особом месте находятся объекты РГ, расположенные в технологически изолированных территориях и работающие в островном режиме. Количество таких объектов в России насчитывается 2005 единиц, их суммарная установленная мощность оценивается на уровне 840,3 МВт. Основной процент установленной мощности (63% – 525 МВт) таких ГО расположен в четырёх регионах России: Республика Саха (Якутия), Камчатский край, Красноярский край и Ямало-Ненецкий АО. На остальные 19 регионов приходится 315 МВт установленной мощности ГО. Основной особенностью

генерации, работающей в технологически изолированных энергосистемах, является их субсидирование государством для населения и промышленности. По оценкам Аналитического центра при Правительстве России, удельные расходы на выработку электроэнергии на таких объектах распределённой генерации могут достигать до 42,7 Р/кВт·ч.

«... **Перспективы РГ в России** связаны с дорогостоящим ТП, высокие издержки при передаче электроэнергии, необходимость в замещении изношенных и устаревающих мощностей делают стоимость электроэнергии для конечного потребителя достаточно высокой. По расчётам компании АЛЪТЭКО среднее прогнозируемое повышение цены на электроэнергию для бытового потребителя до 2035 г. составит около 4% в год. В то же время, по данным НП «Сообщества потребителей энергии» и Ассоциации «НП Совет рынка», цена электроэнергии на оптовом рынке за 1 полугодие 2019 года существенно выросла – рост к середине 2019 г. составил 9% относительно уровня цены в декабре 2018 г. С другой стороны, цена на природный газ для промышленности, по прогнозам до 2024 г., значительного роста иметь не будет и будет составлять в среднем 3% в год.

Кроме экономических стимулов в развитии РГ на базе углеводородного топлива до 2035 г., важной составляющей является заложенная в «Энергетической стратегии России на период до 2035 года» цель по увеличению доли РГ в общем объёме генерации и концентрации нагрузки в региональных энергосистемах. Это достигается за счёт необходимости масштабного обновления ТЭЦ за счёт установки теплофикационных ГТУ мощностью до 25 МВт общим количеством 250-350 шт. с суммарной установленной мощностью 3,6 ГВт и за счёт реконструкции муниципальных котельных с преобразованием их в ГТУ либо в ГПУ расположенных на мини-ТЭЦ. Суммарный объём таких объектов составит до 70 ГВт вновь введённой мощности до 2035 г. Всё это создаёт благоприятные условия для развития собственной генерации ПП и муниципальными предприятиями и увеличения общего количества РГ, работающей на углеводородном топливе. При этом в области РГ в перспективе до 2035 г. не прогнозируется технических и технологических революций. Нововведения будут развиваться в эволюционном векторе, но эволюция будет происходить с разной скоростью и степенью влияния на электроэнергетику. Все технологии, применяемые в РГ, можно разделить на две большие группы: РГ на основе углеводородного топлива и РГ на основе ВИЭ.

*Петрушин Д.Е. на Прогнозе ТЭК-2020 – капитан команды «Системная энергия» в составе: Петрушин Д.Е., Болотов П.В., Смирнова С.В.

ТРЕНД ВРЕМЕНИ: РАСПРЕДЕЛЁННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДЕЦЕНТРАЛИЗАЦИИ



МОИ

<https://mpei.ru>

Анастасия Юрьевна Старкова
Магистрант II курса НИУ МЭИ

Победитель молодёжного Глобального Прогноза развития ТЭК – 2020 в лиге «Студенты»*

<https://fondsmena.ru/project/proгноз-ТЕК-2020>

31.07.2020, Москва

<https://mpei.ru/news/Lists/PortalNews/NewsDispForm.aspx?ID=2015>

«... Основная особенность развития РГ в России – её оторванность от общего развития ТЭК. При этом единого мнения, что же понимать под РГ, в России сейчас нет, поскольку нет определений и ограничений по мощности в НТД. Наиболее общепринятым объективным определением можно считать следующее определение РГ: **Распределённая генерация** – выработка электроэнергии/тепла по месту её потребления, тип источника первичной энергии и принадлежность станции потребителю, генерирующей или сетевой компании или третьему лицу не имеют значения.

На современном этапе развития электроэнергетики России РГ активно развивается. Так, по данным Энергетического центра Московской школы управления Сколково за период 2006-2016 год установленная мощность объектов РГ увеличилась на 30% и в 2016 г. составляла 13 ГВт, а в 2018 г. составила уже 24 ГВт. Т.е. совокупная мощность объектов РГ по состоянию на 01.01.2019 уже составляла 24 ГВт или ~10% от установленной мощности всей ЕЭС России (243 ГВт). Прослеживается тенденция и дальнейшего роста установленной мощности распределенной генерации.

Анализ почасовых графиков генерации электростанций ЕЭС России за период 04.2019 – 04.2020 показывает, что мощность станций в диапазоне 97-100% от максимальной за этот период используется всего в течение 1,2% времени. В перспективе до 2035 года этот максимум продолжит расти, но для его покрытия будет необходимо вводить новые генерирующие мощности, которые требуют значительных капиталовложений, но при этом они будут использоваться в течение крайне малого промежутка времени. Иным вариантом решения данного вопроса является использование мощности РГ для покрытия части пиковых нагрузок энергосистемы, что в первую очередь будет требовать изменения архитектуры сети ...»

Основной источник: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_DER-3.0_2018.02.01.pdf

*Старкова А.Ю. на Прогнозе ТЭК-2020 – капитан команды «СтарТЭК» в составе: Старкова А.Ю., Чегодаев А.А., Карасёва Д.И., Зубкова И.С.

«... В части влияния РГ на единую энергосистему и централизованное электроснабжение, в мировой практике особенно показательным является пример Дании*, где финансируемое со стороны разных инвесторов активное развитие РГ, привело к фактической децентрализации энергетики:

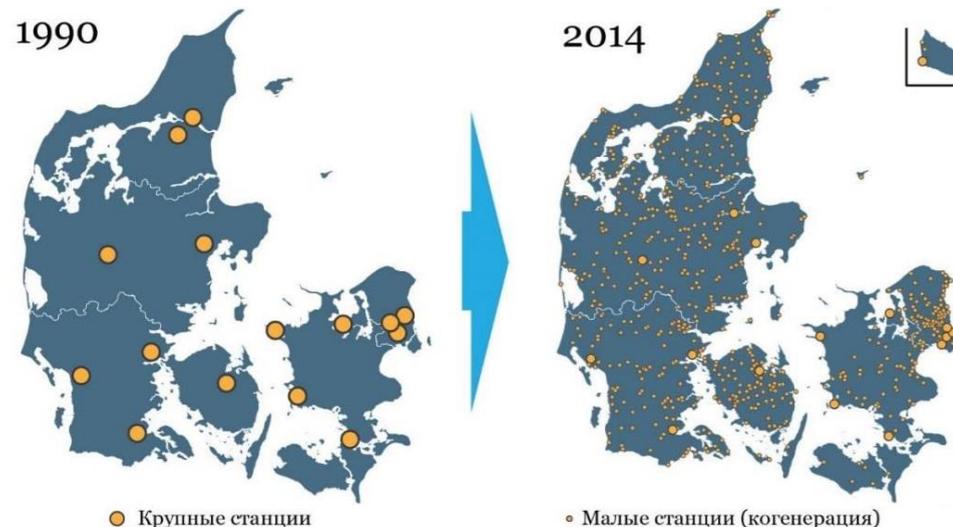


Схема 4. Децентрализация энергетики Дании в период с 1990 по 2014 годы
Danish Energy Agency <https://ens.dk/en>

По состоянию на 01.01.2019 установленная мощность электростанций энергосистемы Дании составляла 15073 МВт, объём производства электроэнергии ~30 377 млрд кВт·ч в год (ММС и <http://www.eeseaec.org>)

Принимая во внимание особенности технологической архитектуры ЕЭС России и принципы функционирования рынков электроэнергии и мощности, можно констатировать, что использование мощности РГ в энергосистеме находится в пределах 0,5-1%, что не означает и не приведет к децентрализации единой энергосистемы в будущем. С другой стороны, при бурном и активном развитии РГ потребуются пересмотр и изменение технических параметров сети для надёжной работы и изменение архитектуры всей энергосистемы. Вероятность развития РГ по такому сценарию достаточно высокая, поскольку опыт зарубежных стран показывает, что при развитии РГ необходимы изменения в архитектуре сети, но для децентрализации системы требуется значительный объём мощности распределенных источников ...»

АКТИВНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС. МНЕНИЯ ЭКСПЕРТОВ



<https://ntcees.ru>

Николай Николаевич Зайцев
Руководитель проектов АЭК в АО «НТЦ ЕЭС»

10.10.2020, Москва

«... Для потребителей внедрение конструкции АЭК означает появление ещё одного рыночного инструмента, который повышает эффективность предприятий за счёт снижения их затрат на оплату электрической энергии. АЭК также стимулирует интеграцию существующей распределённой генерации в ЕЭС России, что приведёт к снижению цены электрической энергии для конечного потребителя. В настоящий момент есть 18 площадок общей мощностью порядка 160 МВт, где апробируются пилотные проекты по созданию АЭК. В основном это индустриальные парки ...».



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

<https://minenergo.gov.ru>

Елена Анатольевна Медведева
Заместитель директора
Департамента оперативного контроля в ТЭК

05.11.2020, Москва

«... Мы рассматриваем эксперимент по созданию АЭК как один из этапов формирования новых эффективных моделей функционирования энергетики. По итогам работы АЭК, к 2023 г. будет принято решение о целесообразности закрепления новых принципов работы на постоянной основе ...»

Источник: <https://minenergo.gov.ru/node/19321>

Общие источники:

<http://eepir.ru/news/item/13776-sistemnii-operator.html>

<https://energybase.ru/news/articles/onsite-power-generation-for-industrial-enterprises-2020-11-12>



<https://www.np-ace.ru>

Валерий Валерьевич Дзюбенко
Заместитель директора
Ассоциации «Сообщество потребителей энергии»

12.11.2020, Москва

«... Среди основных предпосылок для развития собственной генерации – особенности тарифного регулирования, надбавки ОРЭМ и перекрёстное субсидирование. Темпы роста тарифно-ценовой нагрузки на потребителей, приобретающих электроэнергию из общей сети, в последние годы существенно превышают инфляцию. Ранее ценовое давление на потребителя оказывали сетевые тарифы, включавшие в себя значительные объёмы перекрёстного субсидирования, сейчас же в ценовом давлении лидирует цена ОРЭМ, до 60% которой составляют разнообразные нерыночные надбавки к цене мощности. На этом фоне всё большую привлекательность приобретает распределённая и собственная генерация. Её развитию способствует возможность утилизации попутных и вторичных энергоресурсов основного производства, доступность природного газа, постепенное снижение кредитных ставок, уменьшение стоимости и повышение эффективности технологий и оборудования распределённой генерации ...».

«... Такое ценовое давление приводит к тому, что распределённая генерация становится всё более привлекательной, и за последние 10 лет интенсивность её развития достаточно устойчивы со среднегодовым темпом примерно 4,5%. По данным АО «СО ЕЭС», за 9 лет объёмы РГ выросли в 1,5 раза ...».

P.S. Руководитель проектов АЭК в АО «НТЦ ЕЭС» Н.Н. Зайцев на практическом вебинаре «Собственная генерация для промышленных предприятий: инструкция по применению. Как выбрать оптимальное решение?», посвящённый старту общероссийского пилотного проекта по созданию в ЕЭС России АЭК, проинформировал российский бизнес, что проявленный высокий интерес к участию в проекте со стороны промышленных потребителей уже позволил определить около 20-ти пилотных площадок для создания АЭК на территории России. Суммарная мощность генерирующих источников потенциальных участников проектов АЭК на сегодняшний день составляет 160 МВт, тогда как максимальная мощность создаваемых в России АЭК в рамках реализации первой фазы проекта ограничена мощностью 250 МВт.

СОБЫТИЕ КЕЙСА

На основании распоряжения Правительства Российской Федерации от 31.03.2020 №320 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам функционирования активных энергетических комплексов» со сроком действия до 31.12.2030, 08 октября 2020 года в России дан старт процессу сбора заявок на формирование площадок АЭК. Сбор заявок продлится до 01 марта 2023 года с выбором квоты всех АЭК в объёме до 250 МВт (итого), на исследования Правительство России выделило дополнительно 1.5 млрд ₽:

Предложите конкурентноспособные площадки и варианты архитектуры АЭК, которые могут быть реализованы в вашей региональной энергосистеме и дайте технологическое обоснование Вашего решения.

При решении кейса рекомендуется ознакомиться со следующими документами:

1. Стратегией развития электроэнергетики России до 2035 г.;
2. Схемой и программой развития ЕЭС России на период с 2020 по 2026-й годы;
3. Схемой и программой развития региональной энергосистемы (все версии);
4. Результатами совместной НИОКР, проведённой АО «СО ЕЭС» и АО «НТЦ ЕЭС» по разработке «Концепции функционирования пилотных АЭК/ЭССО» по ссылке:
<https://www.энергоинновация.рф/v-sostave-ees-rossii-budut-sozdany-aktivnye-energeticheskie-kompleksy;>
5. Сайта <https://активныйэнергокомплекс.рф;>
6. Экспертно-аналитический доклад EnergyNet «Активные энергетические комплексы – первый шаг к промышленным микрогридам в России»
[http://ntc-msk.ru/assets/upload/testimonials/Doklad_AEK_2020.pdf;](http://ntc-msk.ru/assets/upload/testimonials/Doklad_AEK_2020.pdf)

Отдельное внимание рекомендуется уделить изучению вопросов:

7. Балансы мощности и электроэнергии региональной энергосистемы, где планируется внедрение АЭК;
8. Особенности технологического функционирования региональной энергосистемы, где планируется внедрение и дальнейшее функционирование АЭК;
9. Потребностями субъектов региональной энергосистемы во внедрении АЭК (наличие спроса на технологии АЭК);
10. Экономические условия в регионе, планируемом для внедрения и дальнейшего функционирования АЭК.

Нормативные документы:

1. Постановление Правительства России от 21.03.2020 № 320 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам функционирования активных энергетических комплексов»;
2. Постановление Правительства России от 30.06.2020 №507 «Об утверждении требований к управляемому интеллектуальному соединению активных энергетических комплексов».

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЭС РОССИИ



Единая энергетическая система России (ЕЭС России, I-я и II-я синхронные зоны) состоит из 71 региональной энергосистемы, которые, в свою очередь, образуют 7 объединённых энергетических систем (ОЭС): Северо-Запада, Центра, Средней Волги, Юга, Урала, Сибири (I-я синхронная зона) и Востока (II-я синхронная зона). Все энергосистемы соединены межсистемными высоковольтными линиями электропередачи напряжением 220-500 кВ и выше, работают в синхронном режиме (параллельно).

По состоянию на 01.01.2021, в ЕЭС России работают **880** электростанций установленной мощностью свыше 5 МВт, в т.ч. 12 АЭС, 13 ВЭС, 108 ГЭС, 75 СЭС, более 600 ТЭС, их суммарная мощность составляет **245 313,25 МВт**.

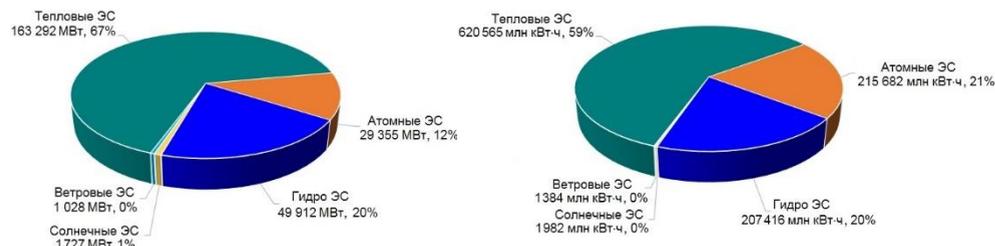


Схема 5. Установленная мощность и выработка электроэнергии на электростанциях ЕЭС России по итогам 2020 года

По итогам 2020 календарного года все электростанции ЕЭС России выработали 1,047 трлн кВт·ч электроэнергии. В т.ч. 620,6 млрд кВт·ч (~59,3%) выработали ТЭС за счёт сжигания угля и природного газа, АЭС работающие на ядерном топливе выработали 215,7 млрд кВт·ч (20,6%), ГЭС выработали 207,4 млрд кВт·ч (~19,8%). Электростанции на основе ВИЭ (ВЭС и СЭС) всего выработали в течение 2020 года 3,4 млрд кВт·ч (~0,3%).

ЕЭС России является общенациональным достоянием и гарантией энергетической безопасности страны. Основной её частью является Единая

национальная электрическая сеть (ЕНЭС), включающая в себя магистральные электрические сети (МЭС), которые объединяют большинство регионов страны и представляющие собой один из элементов гарантии целостности государства. Всего в составе ЕНЭС и всего электросетевого комплекса ЕЭС России находится более 10 700 ЛЭП классом напряжения 110 - 1150 кВ, из них 4200 ЛЭП находятся в оперативно-диспетчерском управлении Системного оператора.

Диспетчерское технологическое управление энергетическими режимами 7 ОЭС и 71 региональной энергосистемы, расположенных на территории 81 субъекта России осуществляет Системный оператор (АО «СО ЕЭС», www.so-ups.ru). Управление сетевым комплексом ЕЭС России осуществляет ПАО «Россети» (www.rosseti.ru), при этом управление технологическим функционированием и развитием ЕНЭС осуществляет Федеральная сетевая компания (ПАО «ФСК ЕЭС», Россети ФСК ЕЭС, www.fsk-ees.ru). Технологическое управление электростанциями ЕЭС России осуществляют генерирующие компании, крупнейшими из которых являются ПАО «РусГидро» (www.rushydro.ru 39,7 ГВт), Группа «Интер РАО» (<https://www.interrao.ru> 33,7 ГВт), ООО «Газпром энергохолдинг» (<https://energoholding.gazprom.ru> 39,0 ГВт), ГК «РосАтом» (www.rosatom.ru 26,2 ГВт), и др.

Параллельно с ЕЭС России работают энергосистемы Азербайджана, Белоруссии, Грузии, Казахстана, Латвии, Литвы, Монголии, Украины, Эстонии, Киргизии, Узбекистана, Молдавии, Абхазии и Южной Осетии. Из ЕЭС России, в т.ч. через вставки постоянного тока или в островном режиме, осуществляется передача электроэнергии в Китай, Норвегию и Финляндию.

По данным АО «СО ЕЭС», по итогам 2020 г. отчётные показатели технологического функционирования ЕЭС России составили:

Параметр / Отчётный год	2019	2020	Абс.	о.е.
Установленная мощность электростанций, МВт	246342	245313	▼-1029	▼-0,4%
Максимум потребления мощности, МВт	151661	150434	▼-1227	▼-0,8%
Нагрузка электростанций на час максимума, МВт	153508	151962	▼-1546	▼-1,0%
Выработка электроэнергии, млрд кВт·ч	1080,6	1047,0	▼-33,6	▼-3,1%
Потребление электроэнергии, млрд кВт·ч	1059,4	1033,7	▼-25,7	▼-2,4%

Во всей России в течение 2020 года, включая технологически изолированные энергосистемы Чукотки, Камчатки, Сахалина, Магадана, Норильска и Якутии, выработка и потребление электроэнергии составили:

Параметр / Отчётный год	2019	2020	Абс.	о.е.
Выработка электроэнергии, млрд кВт·ч	1102	1063	▼-39,0	▼-3,5%
Потребление электроэнергии, млрд кВт·ч	1075	1050	▼-25,0	▼-2,3%

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ИНФОГРАФИКА. РАСПРЕДЕЛЁННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ В РЕГИОНАХ РОССИИ*

₽/кВт·ч

Средняя цена на электроэнергию для конечного потребителя



Источники: АО «НТЦ ЕЭС» А.М. Синельников <http://ntc-msk.ru/infocentre/news/aek-novyj-tehnologicheskij-trend-dlya-raspredelennoj-energetiki.html>, https://www.peipk.org/files/seminar/sinel_nikov_20181.pdf, www.energo-union.com/storage/articles...sinelnikov.pptx

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ИНФОГРАФИКА. ЦЕНЫ НА ГАЗ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ



График 4. Текущие цены на газ в мире на Нью-Йоркской товарной бирже NYMEX за период с 01.01.2019 по 04.01.2021

MMBtu = 1 000 000 Btu - British thermal unit
Btu - Британская тепловая единица: 1000 м³ природного газа = 35 800 000 BTU

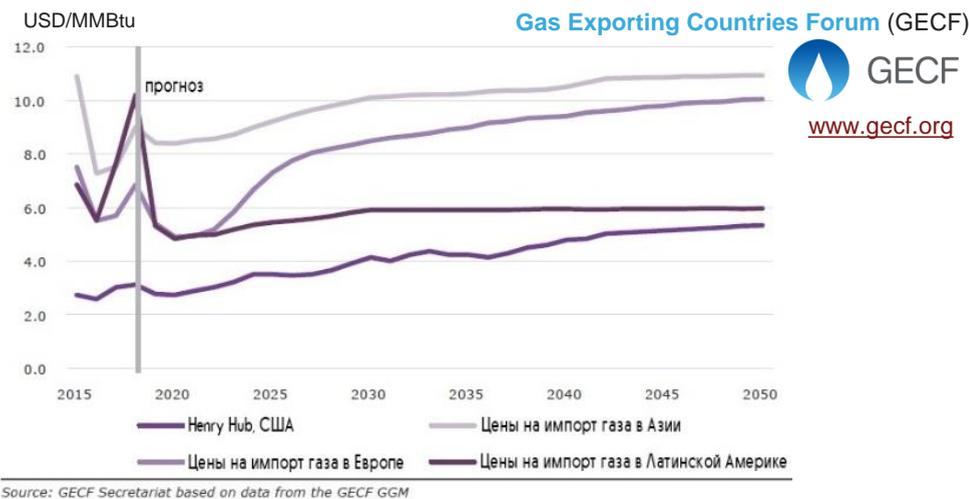


График 5. Ретроспектива и прогноз цены на газ в различных регионах мира до 2050 года, USD/MMBtu



График 6. Текущие цены на электроэнергию в ЕЭС России за период с 01.03.2019 по 01.01.2021. Суточные индексы и объёмы РСВ. Динамика цен на электроэнергию на ОРЭМ. I ценовая зона (Европейская часть)

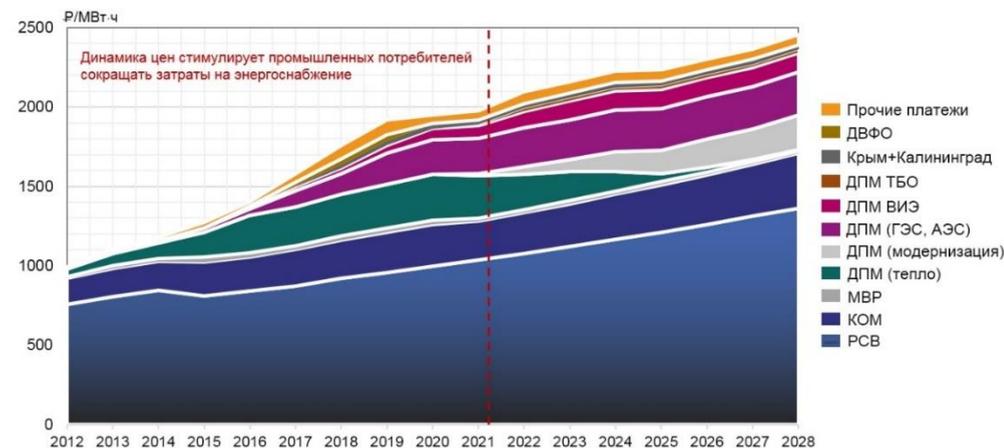


График 7. Ретроспектива и прогноз цены на электроэнергию в ЕЭС России на период до 2028 года. Структура цены, Р/МВт·ч

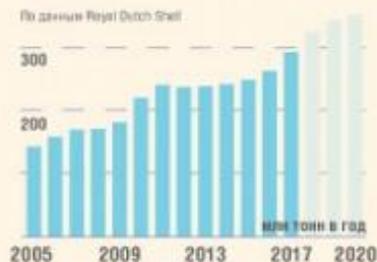
Основные источники: <https://oilcapital.ru/article/general/14-02-2020/gaz-2050-vse-budet-horoshu>, www.energo-union.com/storage/articles...sinelnikov.pptx, https://www.np-ace.ru/media/presentations_documents/NPACE_presentation_2_2.pdf

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ИНФОГРАФИКА. БУДУЩЕЕ ГАЗОВОГО РЫНКА В РОССИИ И МИРЕ ДО 2035 ГОДА

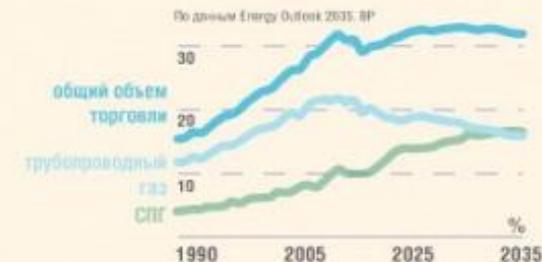
Доля СПГ среди разных источников поставок газа



Продажа СПГ



Доли СПГ и природного газа

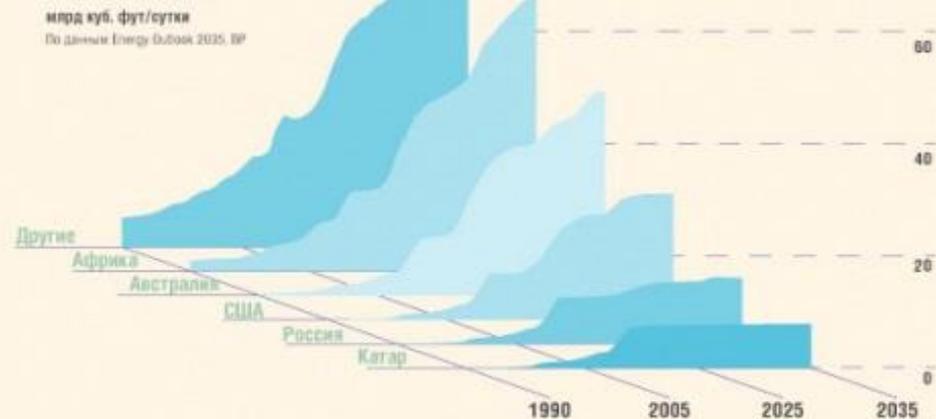


Объемы поставок СПГ значительно выросли в последнее время, достигнув по итогам прошлого года 35 млн т, что составляет 14% всего рынка.

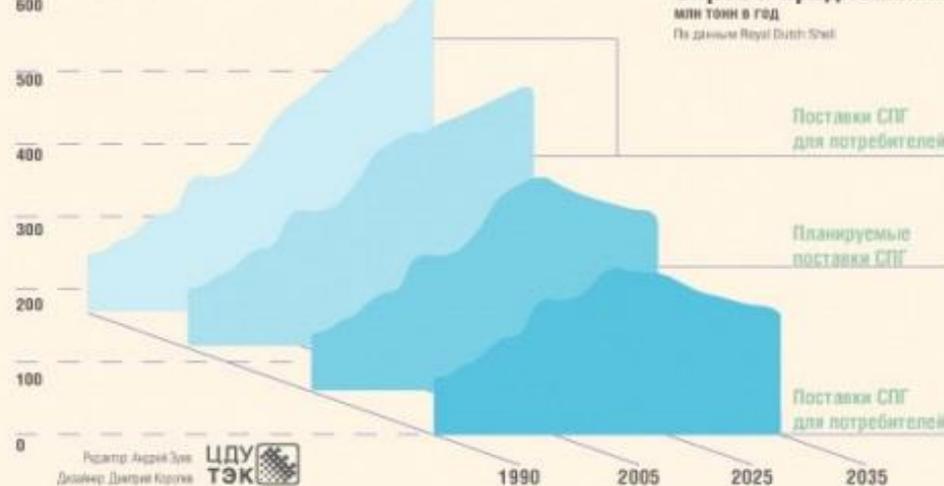


На СПГ постепенно начинают переходить различные типы судов. Растет число автозаправочных станций, на которых можно выполнять заправку большегрузного транспорта сжиженным газом.

Поставки СПГ



Спрос и предложение





МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ИНЖЕНЕРНЫЙ ЧЕМПИОНАТ
CASE-IN

УДАЧИ В РЕШЕНИИ КЕЙСА!



Данный кейс (содержание кейса) является интеллектуальной собственностью, право на которую принадлежит Благотворительному фонду «Надежная смена». Данный кейс (содержание кейса) охраняется законом РФ о защите прав на результаты интеллектуальной деятельности, международным законодательством в этой области, а также законодательством в области защиты информации. Данный кейс и/или любая его часть могут быть использованы исключительно в рамках и в период проведения Международного инженерного чемпионата «CASE-IN». Лица, виновные в нарушении авторских прав и исключительных прав на использование кейса (содержания кейса), будут привлечены к гражданско-правовой, административной, уголовной ответственности в соответствии с действующим на территории РФ законодательством - Гражданским кодексом РФ (в частности глава 4), Кодексом РФ об административных нарушениях, Уголовным кодексом РФ, а также международным законодательством.

© Благотворительный фонд «Надежная смена»