BRICS 2024 RUSSIA



Энергия стран БРИКС

энергетические практики для экономического развития

Информационно-аналитический обзор
подходов и решений партнерства Energynet

ЭНЕРГИЯ СТРАН БРИКС: ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРАКТИКИ ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Информационно-аналитический обзор

подходов и решений партнерства Energynet

Под общей редакцией:

О.В. Гринько, А.И. Кулапин

Авторы:

Д.В. Холкин, И.С. Чаусов

ЭНЕРГИЯ СТРАН БРИКС: ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРАКТИКИ ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ. Информационно-аналитический обзор подходов и решений партнерства Energynet / под общей ред. О.В. Гринько, А.И. Кулапин – 2024. – 38 с.

Обзор представляет подходы, практики и комплексные технологические продукты для решения актуальных задач развития электроэнергетики стран БРИКС, разработанные международным партнерством Energynet.

Партнерство Energynet руководствуется в своей деятельности сбалансированным подходом к развитию электроэнергетики, предлагающем путь к выполнению ЦУР 7 для обеспечения экономического и социального развития в условиях актуальных вызовов изменения климата и нарастающего неравенства. Для этого применяются передовые технологии обеспечения автономности, мобильности и интеллектуальности систем энергоснабжения. Предлагаемые технологии и практики позволяют по-новому решать важные энергетические задачи стран БРИКС.

Обзор адресован представителям органов власти, институтов развития, государственных компаний, крупного бизнеса и предпринимательских сообществ стран БРИКС.

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

(С) Автономная некоммерческая организация «Центр энергетических систем «Энерджинет», 2024

Оглавление

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ 4
АКУТАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОВЕСТКА СТРАН БРИКС 6
Стратегические вызовы 9
Новые технологические возможности 12
Принципы развития энергетики XXI века 15
КЛЮЧЕВЫЕ ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ СТРАН БРИКС 18
Рынки комплексных решений для развития энергетики в странах БРИКС 19
КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ ENERGYNET ДЛЯ РЕШЕНИЯ АКТУАЛЬНЫХ ЗАДАЧ 20
Микрогриды для электрификации изолированных и труднодоступных территорий 20
Кейс: Цифровое моделирование для оптимизации энергоснабжения изолированных микрогридов 22
Кейс: Создание универсальной CIM-модели для изолированных микрогридов 22
Кейс: Безуглеродный микрогрид международной арктической станции «Снежинка» 23
Цифровые решения для модернизации изношенной сетевой инфраструктуры 24
Кейс: Цифровой район электрической сети 25
Кейс: Распределенная автоматизация как подсистема Smart Grids 26
Кейс: Интеллектуальная система защиты и автоматики энергосистем 26
Интернет энергии для развития коммунальной инфраструктуры городов и поселений 28
Кейс: Умное потребление энергии 29
Кейс: Умный район города 31
Электрическая мобильность для развития транспорта, промышленности и сельского хозяйства 32
Кейс: Разработка национальных программ перехода к электромобильности 33
Кейс: Система управления электрозаправочными станциями 33
Кейс: Водородный полигон для развития электрической мобильности 34
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ – ОСНОВА ВЗАИМОВЫГОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА 35
Системные исследования и разработки 35
Инновационные хабы Energynet.Lab 36
Кейс: фабрики знаний Energynet.Lab 36
Сетевая инженерная школа Energynet.University 37

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Большинство стран БРИКС относятся к числу наиболее быстроразвивающихся крупных стран мира. Именно для этих стран критически важно при планировании энергетического перехода найти свой баланс между разными факторами устойчивого развития: энергетической безопасностью, экономичностью энергоснабжения, надежностью работы энергосистем, экологичностью энергообеспечения. Странам необходимо выбрать стратегические цели и ограничения в их достижении с учетом своих национальных интересов. Это заложит фундамент для справедливого энергетического перехода.

2. В достижении стратегических целей и задач развития энергетики необходимо опираться на новые полезные свойства энергетических систем, которые обеспечиваются современными технологиями: автономность, мобильность и интеллектуальность.

3. Новые технологии создают возможности для трансформации энергетики, которая будет существенно полнее соответствовать вызовам для развивающихся стран мира. Вместо распространенного в развитых экономиках подхода «3D» (декарбонизация, децентрализация, дигитализация) развивающимся экономикам адекватнее следовать другим принципам развития энергетики – «3С»: со-обеспечению, со-организации и со-развитию.

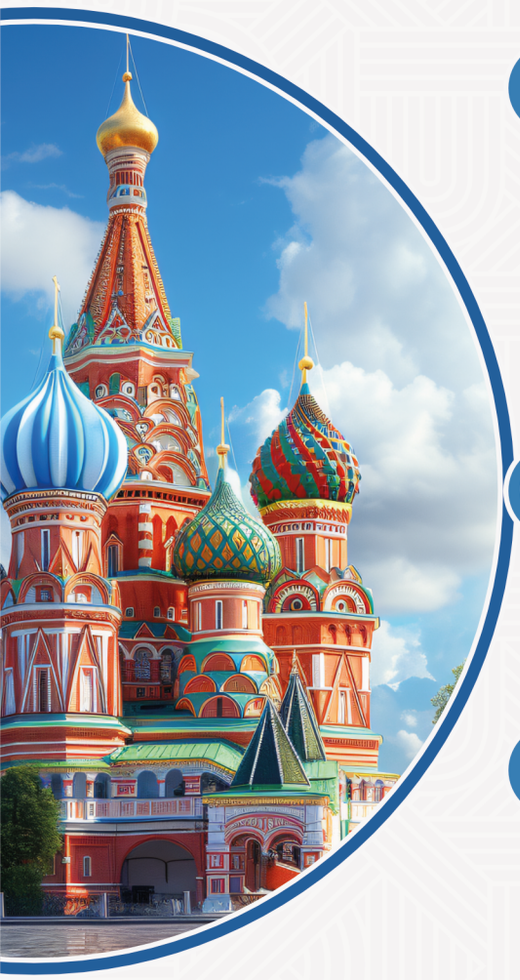
4. Страны БРИКС заинтересованы в устойчивом и быстром экономическом росте, достижении высокого уровня благосостояния и человеческого развития. В зависимости от уровня развития и типа экономики, а также национальных стратегий страны могут решать разные приоритетные задачи:

   - обеспечивать первичную электрификацию труднодоступных территорий;
   - вести модернизацию индустриальной централизованной энергосистемы;
   - осуществлять формирование нового энергетического уклада, в первую очередь, в быстро развивающихся городах;
   - развивать практики электромобильности в промышленности, сельском хозяйстве и на транспорте.

5. Партнерство Energynet предлагает странам БРИКС свои технологии, решения и компетенции в следующих сферах:

   - создание микрогридов изолированных и труднодоступных территорий;
   - модернизация изношенной сетевой инфраструктуры с использованием цифровых технологий;
   - развитие коммунальной инфраструктуры городов и поселений на базе систем Интернета энергии;
   - распространение электрической мобильности на транспорте, в промышленности и сельском хозяйстве.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ЭНЕРГЕТИКА РОССИИ

Сегодня		в 2035 году
Установленная мощность энергосистемы:		
248 ГВт	▸	**264 ГВт**
Годовое потребление электроэнергии:		
1122 млрд кВт·ч	▸	**1345 млрд кВт·ч**
Доступ населения к электроэнергии:		
100%	▸	**100%**

ЦЕНЫ НА ЭЛЕКТРО-ЭНЕРГИЮ, 2023, ДОЛЛ. США/МВТ·Ч

Домохозяйства **53**

Бизнес **78**

ОПТИМАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ В ОБЛАСТИ ЦЕН

Стратегия сдерживания роста цен в пределах целевой инфляции

ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Объем выбросов в энергетике: 1678 млн т CO_2-экв. в год

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

- Климатическая нейтральность к 2060 г.
- 70% от уровня 1990 г. – целевое сокращение выбросов парниковых газов к 2030 г.

ДОЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ – 20%

ПОТРЕБНОСТЬ В РЕШЕНИЯХ ПАРТНЕРСТВА ENERGY.NET

Микрогриды для электрификации территории	Цифровая модернизация сетевой инфраструктуры	Интернет энергии для развития городов и поселений	Электрическая мобильность для транспорта, промышленности и сельском хозяйстве
ВЫСОКАЯ	ВЫСОКАЯ	СРЕДНЯЯ	СРЕДНЯЯ

АКТУАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОВЕСТКА СТРАН БРИКС

Современная глобальная энергетическая повестка состоит в достижении седьмой цели ООН в области устойчивого развития: обеспечения всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех. В связи с ускорением в последние годы глобальных изменений климата часто эта повестка рассматривается только с позиции устойчивости, а точнее, с позиции необходимости снижения антропогенных выбросов углекислого газа. Однако для развивающихся экономик в вопросах энергетического перехода необходимо учитывать более сложный комплекс факторов устойчивого развития: энергетическую безопасность (доступность энергии), экономичность энергоснабжения, надежность работы энергосистем, экологичность энергообеспечения.

Под энергетическим переходом следует понимать смену энергетического уклада, переход к новым технологиям и практикам по всей цепочке получения первичной энергии и ее превращения в полезную работу. История смены энергетических укладов многократно демонстрировала, что такие переходы создают качественно новые возможности для развития экономики и общества.

Страны БРИКС – Федеративная Республика Бразилия, Российская Федерация, Республика Индия, Китайская Народная Республика, Южно-Африканская Республика, Объединенные Арабские Эмираты, Королевство Саудовская Аравия, Исламская Республика Иран, Арабская Республика Египет и Федеративная Демократическая Республика Эфиопия – преимущественно характеризуются как наиболее быстроразвивающиеся крупные страны мира. Именно для этих стран критически важно при планировании энергетического перехода найти свой баланс между факторами устойчивого развития, выбрать стратегические цели и ограничения с учетом национальных интересов.

ФЕДЕРАТИВНАЯ РЕСПУБЛИКА БРАЗИЛИЯ



ЭНЕРГЕТИКА БРАЗИЛИИ

Сегодня — **в 2031 году**

Установленная мощность энергосистемы:

208 ГВт ▸ **275 ГВт**

Годовое потребление электроэнергии:

551 млрд кВт·ч ▸ **792 млрд кВт·ч**

Доступ населения к электроэнергии:

99,5% ▸ **100%**

ЦЕНЫ НА ЭЛЕКТРО-ЭНЕРГИЮ, 2023, ДОЛЛ. США/МВТ·Ч

- Домохозяйства **136**
- Бизнес **120**

ОПТИМАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ В ОБЛАСТИ ЦЕН

Стратегия снижения цен до конкурентного уровня

ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Объем выбросов в энергетике: 413 млн т CO2-экв. в год

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

- Углеродная нейтральность к 2050 г.
- 50% от уровня 2005 г. – целевое сокращение выбросов парниковых газов к 2030 г.

ДОЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ – 87,92%

ПОТРЕБНОСТЬ В РЕШЕНИЯХ ПАРТНЕРСТВА ENERGY.NET

Микрогриды для электрификации территории	Цифровая модернизация сетевой инфраструктуры	Интернет энергии для развития городов и поселений	Электрическая мобильность для транспорта, промышленности и сельском хозяйстве
СРЕДНЯЯ	ВЫСОКАЯ	СРЕДНЯЯ	ВЫСОКАЯ

РЕСПУБЛИКА ИНДИЯ

ЭНЕРГЕТИКА ИНДИИ

Сегодня — **в 2032 году**

Установленная мощность энергосистемы:

410 ГВт ▸ **900 ГВт**

Годовое потребление электроэнергии:

1207 млрд кВт·ч ▸ **2133 млрд кВт·ч**

Доступ населения к электроэнергии:

99,6% ▸ **100%**



ЦЕНЫ НА ЭЛЕКТРО-ЭНЕРГИЮ, 2023, ДОЛЛ. США/МВТ·Ч

- Домохозяйства **65**
- Бизнес **107**

ОПТИМАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ В ОБЛАСТИ ЦЕН

Стратегия сдерживания роста цен в пределах целевой инфляции

ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Объем выбросов в энергетике: 2279 млн т CO2-экв. в год

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

- Углеродная нейтральность к 2070 г.
- 45% от уровня 2005 г. – целевое сокращение выбросов парниковых газов к 2030 г.
- 22% – снижение удельных выбросов CO_2 при производстве электроэнергии к 2032 г.

ДОЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ – 21,32%

ПОТРЕБНОСТЬ В РЕШЕНИЯХ ПАРТНЕРСТВА ENERGY.NET

Micro Grid			
Микрогриды для электрификации территории	Цифровая модернизация сетевой инфраструктуры	Интернет энергии для развития городов и поселений	Электрическая мобильность для транспорта, промышленности и сельском хозяйстве
СРЕДНЯЯ	ВЫСОКАЯ	ВЫСОКАЯ	ВЫСОКАЯ

Стратегические вызовы

В настоящее время свое стратегическое самоопределение страны мира осуществляют в рамках таких контекстов, как климат, экономика, ресурсы и технологии, и связанных с ними вызовов. Национальные программы перехода стран БРИКС к новому энергетическому укладу должны отвечать следующим вызовам:

1. **Климат**. Глобальная политика энергетического перехода до сих пор была преимущественно нацелена на снижение выбросов парниковых газов и сдерживание (митигацию) климатических изменений. В настоящее время происходит ускорение изменения климата, обостряется негативное влияние этих изменений на хозяйственную деятельность и безопасность жизни людей. Необходимо все больше ресурсов и усилий перенаправлять на адаптацию энергетической инфраструктуры к новым климатическим условиям. Надежность работы энергосистемы в этих новых условиях становится первостепенной задачей.

2. **Экономика**. Страны БРИКС позднее развитых экономик вступили на путь технологического прогресса и экономического роста. Их экономики еще не достигли того же высокого уровня продуктивности и производительности труда, что сказывается на недостаточно высоком уровне жизни. Достижение высокой производительности труда, развитие новых экономических практик, преодоление бедности и неравенства в уровнях жизни являются для стран БРИКС приоритетными задачами. Для этого нужна доступная и дешевая энергия, эффективно поддерживающая как старые, так и новые виды экономической деятельности.

3. **Ресурсы.** Климатические изменения, естественный прирост населения и усиливающиеся миграционные процессы, ресурсное истощение освоенных территорий приводят к необходимости реализации новых направлений пространственного развития. Многие страны БРИКС обладают территориями, до сих пор мало освоенными в связи с трудной доступностью для традиционных инфраструктур. Возникает необходимость – и одновременно открывается возможность – экономического освоения этих территорий для вовлечения бóльших ресурсов в оборот и потребление. Для этого важно развивать локальную энергетику, функционирующую на принципах ресурсной автономии.

4. **Технологии**. Мир в настоящее время переживает новую промышленную революцию, связанную с появлением и масштабным распространением кибер-физических систем. Предстоит и уже во многом происходит глубокая роботизация промышленности, транспорта и сельского хозяйства. В этой связи возникает огромный спрос на мобильную энергетику, обеспечиваемую различными технологиями накопления энергии и альтернативными видами топлива.

Адекватный ответ на эти вызовы для развивающихся стран мира состоит в подчинении энергетического перехода прежде всего целям и задачам развития экономики и общества. При этом вопросы изменения климата, пространственного развития и самостоятельного (суверенного) технологического развития относятся к важным, но граничным условиям реализации главной целевой функции – экономичного и потому доступного энергоснабжения. Учет ограничений при выработке стратегии определяется при этом и взятыми обязательствами, и актуальными возможностями каждой страны.

КИТАЙСКАЯ НАРОДНАЯ РЕСПУБЛИКА

ЭНЕРГЕТИКА КИТАЯ

Сегодня		в 2030 году
Установленная мощность энергосистемы:		
2563 ГВт	▸	**4000 ГВт**
Годовое потребление электроэнергии:		
7581 млрд кВт·ч	▸	**11800 млрд кВт·ч**
Доступ населения к электроэнергии:		
100%	▸	**100%**



ЦЕНЫ НА ЭЛЕКТРО-ЭНЕРГИЮ, 2023, ДОЛЛ. США/МВТ·Ч

Домохозяйства **68**

Бизнес **78**

ОПТИМАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ В ОБЛАСТИ ЦЕН

Стратегия сдерживания роста цен в пределах целевой инфляции

ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Объем выбросов в энергетике: 10649 млн т CO2-экв. в год

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

- Углеродная нейтральность к 2060 г.
- 30% – целевое сокращение выбросов метана

ДОЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ – 30,59%

ПОТРЕБНОСТЬ В РЕШЕНИЯХ ПАРТНЕРСТВА ENERGY.NET

Micro Grid			
Микрогриды для электрификации территории	Цифровая модернизация сетевой инфраструктуры	Интернет энергии для развития городов и поселений	Электрическая мобильность для транспорта, промышленности и сельском хозяйстве
СРЕДНЯЯ	ВЫСОКАЯ	ВЫСОКАЯ	ВЫСОКАЯ

ЮЖНО-АФРИКАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА



ЭНЕРГЕТИКА ЮАР

Сегодня — **в 2030 году**

Установленная мощность энергосистемы:

54 ГВт ▸ **83 ГВт**

Годовое потребление электроэнергии:

193 млрд кВт·ч ▸ **275 млрд кВт·ч**

Доступ населения к электроэнергии:

89,3% ▸ **~100%**

ЦЕНЫ НА ЭЛЕКТРО-ЭНЕРГИЮ, 2023, ДОЛЛ. США/МВТ·Ч

Домохозяйства **150**

Бизнес **72**

ОПТИМАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ В ОБЛАСТИ ЦЕН

Стратегия снижения цен до конкурентного уровня

ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Объем выбросов в энергетике: **392** млн т CO_2-экв. в год

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

- Климатическая нейтральность к 2050 г.
- Ограничение объема выбросов парниковых газов до 350–420 млн т CO_2-экв. к 2030 г

ДОЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ – 8,46%

ПОТРЕБНОСТЬ В РЕШЕНИЯХ ПАРТНЕРСТВА ENERGY.NET

Микрогриды для электрификации территории	Цифровая модернизация сетевой инфраструктуры	Интернет энергии для развития городов и поселений	Электрическая мобильность для транспорта, промышленности и сельском хозяйстве
ВЫСОКАЯ	ВЫСОКАЯ	СРЕДНЯЯ	ВЫСОКАЯ

Новые технологические возможности

Новый технологический пакет в энергетике, ускоренно формирующийся и развивающийся в последнее время, обеспечивает ответы на указанные вызовы. Новые открытия и технологии в сферах электрохимии, композитных материалов, силовой электроники, цифрового интеллектуального управления создают возможности для качественного изменения энергетических систем, а не только замещения в них одних элементов другими без создания новых потребительских свойств. Именно в этом состоит роль технологий в переходе к новому энергетическому укладу. Это не простой рост доли новых источников энергии в энергетических балансах.

В достижении стратегических целей и задач развития энергетики необходимо опираться на следующие новые полезные свойства энергетических систем, которые обеспечиваются современными технологиями:

- **Автономность** – способность производства энергии в близости к местам ее потребления без необходимости постоянного подвоза энергетических ресурсов извне;

- **Мобильность** – способность гибкого обеспечения доступной энергией в рамках различных динамических процессов (в т.ч. для транспортных средств, мобильных роботов, временных поселений);

- **Интеллектуальность** – способность оптимального управления качественно усложняющимися процессами энергоснабжения без постоянного участия в этом человека.

Эти новые свойства энергетических систем, возникающие в результате перехода к следующему пакету технологий, позволят увеличить производительность национальных экономик стран БРИКС, так как обеспечивают рост энерговооруженности труднодоступных территорий, интенсификацию производственных процессов в промышленности и сельском хозяйстве в результате их роботизации, рост скорости перевозки людей и грузов за счет перехода к большей удельной мощности источников энергии, достижения высокой эффективности управления энергетическими инфраструктурами во взаимодействии с другими инфраструктурами и различными процессами потребления энергии. Свойства автономности и интеллектуальности обеспечивают высокую надежность систем энергоснабжения в том числе, в ситуации усиления воздействия опасных природных явлений, связанных с климатическими изменениями. В то же время масштабирование таких энергетических систем с использованием низко-углеродных решений позволит при росте потребления энергии обеспечить низкие уровни антропогенных выбросов парниковых газов.

ИСЛАМСКАЯ РЕСПУБЛИКА ИРАН



ЭНЕРГЕТИКА ИРАНА

Сегодня — **в 2030 году**

Установленная мощность энергосистемы:

90 ГВт ▸ **100 ГВт**

Годовое потребление электроэнергии:

301 млрд кВт·ч ▸ **369 млрд кВт·ч**

Доступ населения к электроэнергии:

100% ▸ **~100%**

ЦЕНЫ НА ЭЛЕКТРО-ЭНЕРГИЮ, 2023, ДОЛЛ. США/МВТ·Ч

Домохозяйства **2,7**

Бизнес **н/д**

ОПТИМАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ В ОБЛАСТИ ЦЕН

Стратегия управляемого роста цен

ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Объем выбросов в энергетике: **643** млн т CO_2-экв. в год

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

- 12% – целевое сокращение выбросов парниковых газов к 2030 г. (от уровня 2015 г.)
- Публично не установлены цели по достижению климатической нейтральности

ДОЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ – 4,8%

ПОТРЕБНОСТЬ В РЕШЕНИЯХ ПАРТНЕРСТВА ENERGY.NET

Микрогриды для электрификации территории	Цифровая модернизация сетевой инфраструктуры	Интернет энергии для развития городов и поселений	Электрическая мобильность для транспорта, промышленности и сельском хозяйстве
СРЕДНЯЯ	ВЫСОКАЯ	НИЗКАЯ	СРЕДНЯЯ

АРАБСКАЯ РЕСПУБЛИКА ЕГИПЕТ

ЭНЕРГЕТИКА ЕГИПТА

Сегодня — **в 2030 году**

Установленная мощность энергосистемы:

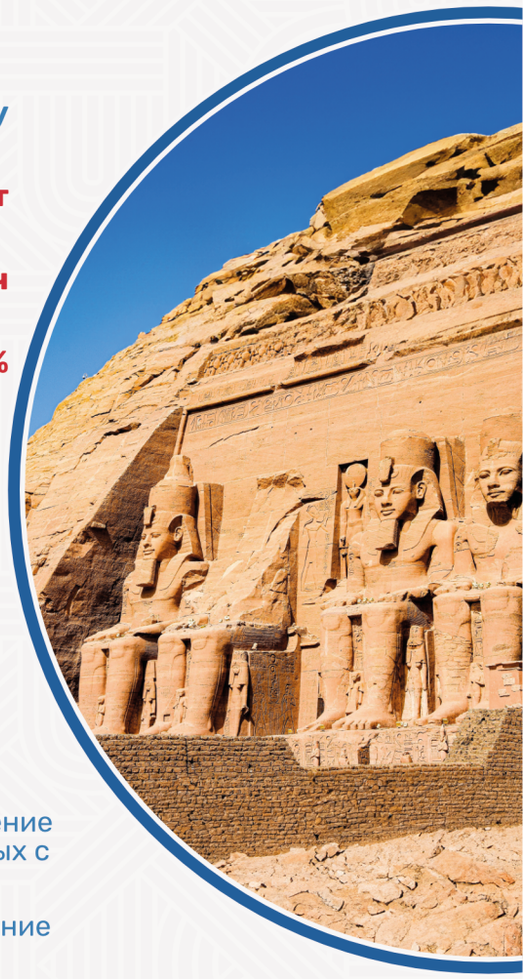
59 ГВт ▸ **117 ГВт**

Годовое потребление электроэнергии:

159 млрд кВт·ч ▸ **385 млрд кВт·ч**

Доступ населения к электроэнергии:

100% ▸ **100%**



ЦЕНЫ НА ЭЛЕКТРО-ЭНЕРГИЮ, 2023, ДОЛЛ. США/МВТ·Ч

Домохозяйства **25**

Бизнес **32**

ОПТИМАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ В ОБЛАСТИ ЦЕН

Стратегия управляемого роста цен

ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Объем выбросов в энергетике: 207 млн т CO_2-экв. в год

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

- 25% – целевое сокращение выбросов CO_2, связанных с энергетикой, к 2030 г.
- 37% – целевое сокращение выбросов парниковых газов к 2030 г.

ДОЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ – 11,47%

ПОТРЕБНОСТЬ В РЕШЕНИЯХ ПАРТНЕРСТВА ENERGY.NET

Микрогриды для электрификации территории	Цифровая модернизация сетевой инфраструктуры	Интернет энергии для развития городов и поселений	Электрическая мобильность для транспорта, промышленности и сельском хозяйстве
ВЫСОКАЯ	ВЫСОКАЯ	НИЗКАЯ	СРЕДНЯЯ

Принципы развития энергетики XXI века

Актуальная энергетическая повестка стран БРИКС выходит за рамки климатической политики и должна быть подчинена прежде всего целям и задачам развития экономики и общества. Поэтому им не подходят принципы энергетического перехода, распространенные в развитых странах мира, сделавших основной акцент на проблемах климата. Эти принципы принято обозначать словами декарбонизация, децентрализация, дигитализация («3D»). Новые технологии создают возможности для такой трансформации энергетики, которая будет существенно полнее соответствовать вызовам для развивающихся стран мира. Предлагается следовать другим принципам развития энергетики - «3С»:

1. **Со-обеспечение (co-sufficiency)**: получение рассеянной энергии (прежде всего, возобновляемой) из окружающей среды без необратимого нарушения ее полезных свойств в непосредственной близости от потребителя, её хранение и превращение в удобные для использования формы в сочетании с традиционной энергетикой и использованием высококонцентрированных форм энергии, снижающих потребность в ее доставке (например, малой атомной энергетики). Основным технологическим условием для реализации этого принципа являются решения по управлению энергетической гибкостью на основе устройств управления нагрузками, накопителей энергии и водородных технологий.

2. **Со-организация (co-assembly)**: интеграция и распределенное роботизированное управление источниками энергии и гибкости, а также активными потребителями (в т.ч. мобильными) и инфраструктурой для скоординированной оптимизации надежного энергообеспечения. Основным технологическим условием для реализации этого принципа являются решения по бесшовной интеграции в сеть активных абонентов и надежному управлению энергетическими транзакциями между ними.

3. **Со-развитие (co-development)**: конструирование и настройка экономических отношений, обеспечивающих расширенное воспроизводство энергетики с учетом актуальных задач общества и природных ограничений. Основным технологическим условием для реализации этого принципа являются платформенные решения по реализации интеллектуальных энергетических сервисов для энергетических абонентов различного типа.

Реализация принципов «3С» позволит создать энергетику XXI века, открывающую действительно новые возможности по развитию экономики и общества, дающую комплексный ответ на вызовы современности.

ФЕДЕРАТИВНАЯ ДЕМОКРАТИЧЕСКАЯ РЕСПУБЛИКА ЭФИОПИЯ

ЭНЕРГЕТИКА ЭФИОПИИ

Сегодня		в 2030 году
Установленная мощность энергосистемы:		
5,6 ГВт	▸	**19,9 ГВт**
Годовое потребление электроэнергии:		
11,2 млрд кВт·ч	▸	**39,8 млрд кВт·ч**
Доступ населения к электроэнергии:		
54,2%	▸	**96%**



ЦЕНЫ НА ЭЛЕКТРО-ЭНЕРГИЮ, 2023, ДОЛЛ. США/МВТ·Ч

Домохозяйства **5,1**

Бизнес **19,5**

ОПТИМАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ В ОБЛАСТИ ЦЕН

Стратегия управляемого роста цен

ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Объем выбросов в энергетике: 13 млн т CO_2-экв. в год

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

- Углеродная нейтральность к 2050 г.
- Снижение до 1,1 т на душу населения выбросов CO_2 к 2030 г
-

ДОЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ – 30,59%

ПОТРЕБНОСТЬ В РЕШЕНИЯХ ПАРТНЕРСТВА ENERGY.NET

Микрогриды для электрификации территории	Цифровая модернизация сетевой инфраструктуры	Интернет энергии для развития городов и поселений	Электрическая мобильность для транспорта, промышленности и сельском хозяйстве
ВЫСОКАЯ	СРЕДНЯЯ	НИЗКАЯ	НИЗКАЯ

ОБЪЕДИНЁННЫЕ АРАБСКИЕ ЭМИРАТЫ



ЭНЕРГЕТИКА ОАЭ

Сегодня — **в 2030 году**

Установленная мощность энергосистемы:

38 ГВт ▸ **52 ГВт**

Годовое потребление электроэнергии:

135 млрд кВт·ч ▸ **369 млрд кВт·ч**

Доступ населения к электроэнергии:

100% ▸ **100%**

ЦЕНЫ НА ЭЛЕКТРО-ЭНЕРГИЮ, 2023, ДОЛЛ. США/МВТ·Ч

Домохозяйства **80**

Бизнес **110**

ОПТИМАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ В ОБЛАСТИ ЦЕН

Стратегия снижения цен до конкурентного уровня

ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Объем выбросов в энергетике: **181** млн т CO_2-экв. в год

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

- Климатическая нейтральность к 2050 г.
- 100% – целевое сокращение выбросов CO_2 от производства электроэнергии к 2050 г.

ДОЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ – 3,99%

ПОТРЕБНОСТЬ В РЕШЕНИЯХ ПАРТНЕРСТВА ENERGY.NET

Micro Grid			
Микрогриды для электрификации территории	Цифровая модернизация сетевой инфраструктуры	Интернет энергии для развития городов и поселений	Электрическая мобильность для транспорта, промышленности и сельском хозяйстве
СРЕДНЯЯ	ВЫСОКАЯ	ВЫСОКАЯ	СРЕДНЯЯ

КЛЮЧЕВЫЕ ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ СТРАН БРИКС

Страны БРИКС относятся к странам с развивающимися экономиками. Все они заинтересованы в устойчивом и быстром экономическом росте, достижении высокого уровня благосостояния и человеческого развития своего населения. Одним из значимых факторов в этих процессах является устойчивость взаимодействия экономики и общества с окружающей средой. Однако в зависимости от уровня развития и типа экономики и электроэнергетики, а также национальных стратегий страны могут решать разные группы задач развития: обеспечивать первичную электрификацию труднодоступных территорий, вести модернизацию индустриальной энергосистемы или осуществлять формирование нового уклада, развивать практики электромобильности в промышленности, сельском хозяйстве и транспорте.

Электрификация изолированных и труднодоступных территорий на базе старых технологий приводит к высокой стоимости энергоснабжения, что ограничивает потенциал освоения этих территорий. Технологии построения **микрогридов (микроэнергосистем)** на базе возобновляемых источников энергии, топливной генерации, накопителей энергии и водородных технологий, а также систем управления позволяют реализовывать экономически более привлекательные решения по их энергоснабжению. Ключевой задачей является обеспечение низкой стоимости поставляемой потребителям энергии.

Модернизация энергетических систем существующего уклада связана с естественным замещением выбывающих генерирующих и сетевых мощностей, появлением новых типов источников энергии, ростом требований потребителей к надежности и качеству энергоснабжения. В этом контексте особую роль играют новые решения для распределительных электрических сетей, обеспечивающие образование инфраструктуры нового поколения – **цифровых электрических сетей**. Ключевой задачей в этом направлении является такая модернизация электрической сети, которая лучше всего отвечает новым требованиям участников энергосистемы и при этом позволяет сдерживать рост стоимости владения инфраструктурой.

Развитие коммунальной инфраструктуры городов и поселений в рамках перехода к новому укладу связано с распространением эффективных практик использования новых возможностей автономности, мобильности и интеллектуальности энергосистем. Ключевую роль в решении этой задачи будут играть сложные взаимосвязанные коммунальные системы, управляющие гибким преобразованием широкого набора источников энергии в разные её формы (электричество, тепло, водород), использующие распределенные источники энергетической гибкости (от электромобилей до просьюмеров) и создающие разнообразные кастомизированные сервисы для потребителей. Такой класс решений часто называют **Интернетом энергии**. Ключевой задачей в этом направлении работ является обеспечение высокой степени гибкости и управляемости процессов, а также обеспечение значительных экономических эффектов от согласованного управления инфраструктурами и абонентами на всем их жизненном цикле.

Символом времени становится **масштабное развитие электромобильности** и вторичная электрификация промышленности, сельского хозяйства, транс-

порта различных типов. Это не только привычные уже электромобили и электробусы, но и беспилотные летательные аппараты, речные и морские суда, роботы. Ведущую роль в развитии этого направления будут играть технологии создания энергетических установок с высоким запасом хода и плотностью мощности, а также решения для зарядной и водородной заправочной инфраструктуры мобильных систем. Ключевая задача – обеспечение доступности энергии для мобильных систем с приемлемой стоимостью.

Рынки комплексных решений для развития энергетики в странах БРИКС

Прогнозируемые объемы рынков комплексных решений для развития энергетики в странах БРИКС, которые сложатся к 2030 году, приведены в Таблице 1. Рынок решений для электрификации труднодоступных территорий оценивает затраты на строительство микро- и минигридов, работающих в изолированном от сети режиме. Рынок решений по цифровой модернизации сетевой энергетики включает затраты на строительство новых цифровых сетей и модернизацию существующих распределительных сетей до цифрового состояния, включая затраты на сетевое оборудование и строительно-монтажные работы, обновление программных средств и систем управления. Рынок решений для Интернета энергии включает затраты на систему управления, датчики, сенсоры и актуаторы, средства управления электропотреблением и городское оборудование для управления энергетической гибкостью. Рынок электрической мобильности включает затраты на зарядную инфраструктуру электрического транспорта, программное обеспечение и системы управления.

Таблица 1. Прогнозируемые объемы рынков комплексных решений для развития энергетики в странах БРИКС в 2030 году, $ млн в год.

	Электрификация труднодоступных территорий	**Цифровая модернизация сетевой энергетики**	**Интернет энергии для развития городов и поселений**	**Электрическая мобильность для транспорта, промышленности и сельского хозяйства**
Бразилия	160 – 180	10 400 – 12 100	195 – 275	1 250 – 1 450
Россия	170 – 200	3 550 – 4 150	170 – 240	900 – 1 050
Индия	320 – 360	29 100 – 33 800	2 050 – 2 850	2 500 – 2 950
Китай	210 – 240	26 900 – 31 300	2 100 – 2 940	6 500 – 7 600
Южная Африка	1 700 – 1 900	4 450 – 5 250	160 – 230	1 150 – 1 350
Иран	110 – 130	3 350 – 3 900	11 – 16	750 – 880
Египет	135 – 155	2 400 – 2 750	16 – 23	510 – 600
Эфиопия	1 600 – 1 800	750 – 850	4 – 6	90 – 105
Объединенные Арабские Эмираты	95 – 105	800 – 900	82 – 115	320 – 370
БРИКС всего	**4 500 – 5 100**	**81 700 – 95 100**	**4 800 – 6 700**	**13 900 – 16 400**

Оценки, приведенные в Таблице 1, подготовлены на основе данных World Bank, ESMAP, SE4All, BNEF, Kept, Statista как усредненный прогноз, частично полученный экстраполяцией исторических данных о темпах развития энергетической инфраструктуры и соответствующих рынков, частично – на основе модельных оценок потребности в инвестициях для развития страновых энергосистем, обеспечения доступа населения стран к электроэнергии и энергетическим услугам.

КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ ENERGYNET ДЛЯ РЕШЕНИЯ АКТУАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Партнерство Energynet представляет собой объединение бизнес-компаний и исследовательских университетов, занимающихся развитием новых технологий и практик в электроэнергетике. Партнерство объединено идеями формирования новых комплексных рыночных решений для справедливого, сбалансированного энергетического перехода, накопления и передачи отраслевых знаний при подготовке новых поколений инженеров, кооперации с заинтересованными сообществами специалистов по всему миру в целях реализации совместных научно-исследовательских и практических задач.

Партнерство Energynet сформировалась в 2016 году и к настоящему моменту включает в свой состав:

- Более 5000 отраслевых экспертов, инженеров и специалистов в сферах надежных и гибких сетей, интеллектуальной распределенной энергетики, цифровых пользовательских сервисов, кибербезопасности, систем накопления энергии, водородных технологий;
- Более 100 технологических компаний различного профиля;
- Более 40 исследовательских университетов, готовящих специалистов по инженерно-техническим специальностям, в Российской Федерации и мире;
- Передовые Центры компетенций по направлениям «Новые и мобильные источники энергии», «Водородная инфраструктура и технологии», «Технологии транспортировки электрической энергии и распределенных интеллектуальных энергосистем», «Диагностика объектов распределительных сетей»;
- Центр энергетических систем будущего «Энерджинет», осуществляющий исследования, экспертизу, нормирование, проектную поддержку новых технологий и бизнес-практик.

Партнерство Energynet сконцентрировало свои усилия на современных технологиях распределения электрической энергии и управления энергетической гибкостью, интеграции распределенных источников энергии, производства, хранения и энергетического применения водорода, накопления электроэнергии, электромобильности, интеллектуального управления энергосистемами, использования распределенных реестров. Эти технологии позволяют в партнерстве с национальными поставщиками энергетического оборудования создавать эффективные комплексные решения и практики по развитию систем энергоснабжения.

Микрогриды для электрификации изолированных и труднодоступных территорий

Во многих странах БРИКС имеются изолированные и труднодоступные территории, на которых развитие централизованной энергетической инфраструктуры является невозможным или экономически не доступным шагом. Для организации энергоснабжения таких территорий обычно используется дизельная генерация, работающая на завозном топливе. Однако в последнее время реали-

зуется все больше проектов энергоснабжения на базе гибридной генерации, задействующей доступные на территории возобновляемые источники энергии и местные виды топлива. Такие гибридные источники энергии в комбинации с системами накопления энергии, управляемыми нагрузками и интеллектуальными системами управления образуют комплексные технические решения – микрогриды. По результатам проведенного анализа рынок решений для энергоснабжения изолированных и труднодоступных территории стран БРИКС в 2035 году составит около 4,5 млрд долларов.

Во многих случаях энергоснабжение изолированных и труднодоступных территорий при помощи традиционных решений имеет высокую стоимость (от $0,5 до $2 долларов за кВт•ч или более). Кроме того, дизельная генерация, функционирующая на основе углеводородного топлива, обладает высокими удельными выбросами углекислого газа (около 750 г CO2-экв./кВт•ч). **Ключевой проблемой** для этого класса систем энергоснабжения является достижение существенного снижения стоимости энергоснабжения при одновременном сокращении выбросов углекислого газа и обеспечении необходимого уровня надежности.

Для решения указанной проблемы при создании микрогридов необходимо опираться на создание гибридной генерации, сочетающей генераторы на основе возобновляемых источников энергии и местных видов топлива с дизельной генерацией, работающей на базе завозного топлива. Правильный баланс различных видов генерации позволяет получить лучшую стоимость энергоснабжения при обеспечении нужного уровня выбросов углекислого газа и надежности энергоснабжения. Вторым важным средством решения проблемы является интеллектуальное управление энергетической гибкостью объектов микрогрида (маневренной генерацией, накопителями электроэнергии, управляемой нагрузкой). Часто дополнительные затраты, связанные с созданием в рамках микрогрида необходимых источников энергетической гибкости и средств управления ими, могут дать дополнительные 10–20% снижения стоимости энергоснабжения.

Ключевыми технологическими решениями для организации микрогридов изолированных и труднодоступных территорий являются:

- Средства цифрового многопараметрического моделирования для определения состава энергетического оборудования, оптимального по критерию стоимости энергоснабжения с учетом достижения требуемого уровня выбросов углекислого газа и уровня надежности энергоснабжения;
- Автоматизированные гибридные энергетические комплексы, обеспечивающие совместное управление генераторами, работающими на различных источниках энергии;
- Системы накопления энергии различного типа (в т.ч. накопление энергии в водородном цикле), обеспечивающие микрогрид дополнительными источниками энергетической гибкости;
- Средства поддержания режимной устойчивости в ситуации работы без опорной функции дизельной генерации;
- Интеллектуальные системы управления, обеспечивающие комплексное оптимальное управление источниками энергии и энергетической гибкости;
- Онтологические платформы, оснащённые средствами семантических технологий и производства логического вывода, основанные на применении международных стандартов CIM и OWL, для создания и ведения отраслевых информационных моделей энергетических объектов.

Кейс: Цифровое моделирование для оптимизации энергоснабжения изолированных микрогридов



Локация: дальневосточные регионы России, объекты на Ближнем Востоке.

Проблематика: определение экономически оптимального состава мощностей для энергоснабжения изолированной территории с достижением существенного снижения уровня выбросов CO2.

Решение: создание гибридных электростанций и мини-сетей в составе дизельной генерации, ВИЭ и источников энергетической гибкости (управляемой нагрузки и\или систем накопления энергии).

Эффект (расчетный): сокращение стоимости энергоснабжения изолированной территории на 40%, сокращение выбросов CO2 на 80%.

Кейс: Создание универсальной CIM-модели для изолированных микрогридов

Локация: дальневосточные регионы России.

Проблематика: высокая трудоёмкость и стоимость интеграции информационных систем и систем автоматизации, высокая трудоёмкость и стоимость сбора данных, необходимых для надёжной работы и регламентированной эксплуатации изолированных микрогридов.

Решение: создание машиночитаемых онтологических моделей микрогридов на базе CIM, интеграция на основе моделей разнородных информационных систем.

Эффект (ожидаемый): снижение более чем на 30% стоимости создания и эксплуатации информационных систем для изолированных микрогридов за счёт повторного использования и интероперабельности элементов систем.

Кейс: Безуглеродный микрогрид международной арктической станции «Снежинка»

Локация: арктический регион России.



Проблематика: организация автономного безуглеродного энергоснабжения объектов изолированных и труднодоступных территорий с суровыми климатическими условиями.

Решение: создание полигона для апробации и экономической оценки использования водородных технологий для изолированных и труднодоступных поселков, создание гибридной электростанции на основе энергии ветра с накоплением энергии в форме водорода и тепла/холода.

Эффект (ожидаемый): высокая ресурсная автономность на базе безуглеродных источников энергии, обеспечиваемая за счет накопления энергии в форме водорода на семь суток штиля.

Партнерство Energynet **предлагает** заинтересованным представителям стран БРИКС:

1. Инструментальные средства технико-экономического моделирования и услуги по расчету оптимальных конфигураций и экономических эффектов создания и модернизации микрогридов;
2. Проектирование микрогридов с возможностями управления энергетической гибкостью;
3. Создание микро- и минигридов различной сложности;
4. Онтологическую платформу OSA, предназначенную для решения задач системного инжиниринга, в том числе CIM-моделирования энергетических объектов;
5. Создание экспериментальных полигонов для изучения и демонстрации новых технических решений для микрогридов (в том числе, на основе водородных технологий).

Цифровые решения для модернизации изношенной сетевой инфраструктуры

В странах БРИКС централизованные энергетические системы индустриального уклада начали складываться в прошлом веке, когда были распространены другие требования к доступности, надежности, качеству энергоснабжения. Кроме того, за годы существования распределительной сети в индустриальных энергосистемах ей на практике уделялось меньше внимания, чем системообразующим электростанциям и объектам магистральной сети. В этой связи распределительные электрические комплексы часто характеризуются сегодня высокой степенью износа и морального старения оборудования. В то же время распределительные сети являются последним инфраструктурным звеном в цепочке поставки электрической энергии потребителям, от их работоспособности зависит удовлетворенность потребителей деятельностью всей энергетической системы. Одновременно с этим, масштабное развитие распределённой энергетики, появление новых типов участников энергообмена, а также задачи углубления электрификации территорий существенно повышают требования к распределительным сетям как ключевой инфраструктурной компоненте энергетического перехода. В настоящее время благодаря новым цифровым технологиям и достижениям в электротехнике появилась возможность для существенного улучшения потребительских характеристик распределительной сети. Новое поколение таких сетей можно назвать цифровым. По результатам проведенного анализа рынок цифровых распределительных электрических сетей стран БРИКС в 2035 году составит более 95,1 млрд долларов США.

Ключевой проблемой модернизации распределительной сети на основе современных цифровых и электротехнических технологий является заметное увеличение расходов на капитальные и операционные затраты и, как следствие, увеличение тарифов на транспорт электрической энергии. Однако лучшие практики модернизации демонстрируют возможность существенного улучшения доступности, надежности и качества энергоснабжения без увеличения тарифа на сетевые услуги.

Для решения проблемы необходимо осуществлять комплексное изменение технической, функционально-организационной и экономико-правовой моделей сетевой организации при помощи следующих решений:

- Планирование развития сети на основе структурированной геоинформационной математической модели, сформированной на принципах открытой онтологии (стандартах построения модели сети);
- Переход от радиальной к кольцевой и сложно-замкнутой топологиям сети за счет ввода альтернативных маршрутов поставки электроэнергии потребителю и автоматических противоаварийных оперативных переключений;
- Использование высокоавтоматизированных коммутационных аппаратов, переход от использования традиционных двух-трансформаторных подстанций к точкам трансформации;
- Внедрение применения геоинформационной модели сети во всех бизнес-процессах сетевой компании (управление отключениями, управление развитием, управление транспортом электрической энергии, управление фондами и активами);
- Внедрение автоматизированных алгоритмов выявления, локализации и ликвидации аварий, поддерживающих работу с объектами распределённой энергетики, онлайн систем поддержки принятия решений;

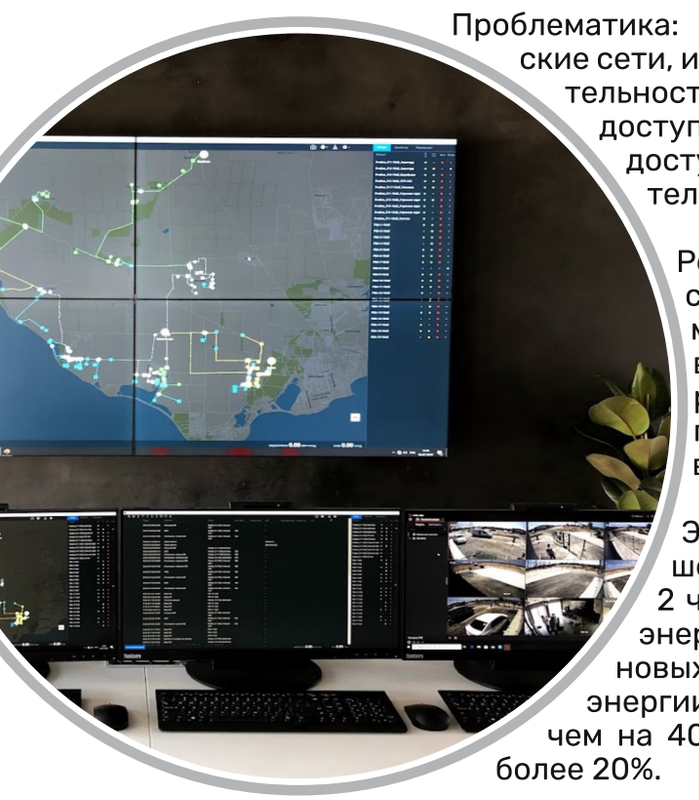
- Переход на предиктивную систему управления активами, когда все активы распределительной сети формально классифицированы, описаны виды их дефектов, последствий этих дефектов, способов и стоимости устранения этих дефектов и последствий в привязке к геоинформационной модели сети;
- Реинжиниринг всей полноты бизнес-процессов и организационных моделей работы сетевой компании – полная цифровая трансформация деятельности;
- Развитие и внедрение профессиональной подготовки и переподготовки инженеров и оперативного персонала в области цифровых сетей.

Для создания цифровой распределительной электрической сети используются следующие основные **технические решения**:

- Структурированная геоинформационная математическая модель сети – цифровой двойник;
- Система цифрового проектирования, работающая на базе цифрового двойника электрической сети;
- Компактные и простые функциональные аналоги цифровых подстанций – точки трансформации;
- Интеллектуальные, не требующие индивидуальных настроек автоматические коммутационные аппараты;
- Система оперативного управления, работающая на базе цифрового двойника электрической сети;
- Интеллектуальная система релейной защиты, построенная на базе мультиагентного подхода.

Кейс: Цифровой район электрической сети

Локация: южные регионы России.



Проблематика: преимущественно воздушные электрические сети, износ более - 70%, SAIDI (средняя продолжительность отключения потребителей) - 16 час./год, доступность по качеству электроэнергии - 68%, доступность для подключения новых потребителей – 34%.

Решение: создание автокластерной сети с оптимальной кольцевой топологией, модернизация изношенного оборудования, внедрение системы поддержки принятия решений на основе цифрового двойника, проведение организационных изменений в сетевой компании.

Эффект (ожидаемый): критически изношенные активы – отсутствуют; SAIDI – менее 2 час./год; доступность по качеству электроэнергии – 100%; доступность для подключения новых потребителей – 100%, потери электроэнергии – менее 5%, снижение OPEX – не менее чем на 40%, EBITDA оператора сетевой компании – более 20%.

Кейс: Распределенная автоматизация как подсистема Smart Grids



Локация: сетевые компании Бразилии

Проблематика: преимущественно воздушные электрические сети, значительная повреждаемость, ответственность сетевых компаний – концессионеров перед потребителями.

Решение: Установка в воздушных распределительных сетях более 4000 интеллектуальных секционирующих устройств (реклоузеров), обеспечивающих автоматическое выделение поврежденного участка сети при возникновении аварий.

Эффект: Улучшение показателя SAIDI на 20%.

Кейс: Интеллектуальная система защиты и автоматики энергосистем





Локация: регионы России.

Проблематика: внедрение цифровых технологий по стандарту МЭК 61850 в подавляющем большинстве случаев приводит к увеличению CAPEX и OPEX на создание цифровых систем защиты и автоматики на 50–70% для подстанций 110–500 кВ. При этом также происходит снижение показателей надежности - коэффициент готовности по ряду функций снижается с 0,96 до 0,8 и ниже.

Решение: создание интеллектуальной системы защиты и автоматики, обладающей свойствами самонастройки, самоорганизации и самовосстановления. Решение строится на базе применения методов программного резервирования функций вместо аппаратной избыточности. Т.е. при отказе микропроцессорного устройства защиты резервирование обеспечивается за счет миграции (за время, не превышающее 100 мс) функций отказавшего устройства на другие устройства, находящиеся в работе.

Эффект: снижение CAPEX и OPEX на 30–40% по сравнению с традиционными (нецифровыми решениями), снижение стоимости владения до 2-х раз по сравнению с типовыми решениями для цифровых подстанций, повышение коэффициента готовности до 0,98-0,99.

Партнерство Energynet **предлагает** заинтересованным представителям стран БРИКС:

1. Комплексные решения по модернизации распределительных сетей, обеспечивающие рост надежности, качества, доступности энергоснабжения без увеличения тарифов для потребителей;

2. Цифровые инструменты для автоматизированного порождающего проектирования распределительных электрических сетей, в том числе с объектами распределенной энергетики, с возможностью оптимального подбора оборудования и автоматического формирования схем и параметров технологических защит;

3. Технологические решения для интеллектуальных систем защиты и автоматики электрических сетей;

4. Интеллектуальное коммутационное и силовое преобразовательное оборудование для строительства и модернизации распределительных сетей, а также интеграции объектов распределенной энергетики в распределительные сети;

5. Испытательные комплексы, оборудование и услуги по тестированию и проведению испытаний электротехнического оборудования, схем и параметров защиты и автоматики распределительных электрических сетей.

Интернет энергии для развития коммунальной инфраструктуры городов и поселений

Преследуя цель формирования нового технико-экономического уклада, связанного с постиндустриальной трансформацией городов, широким распространением в промышленности, сельском хозяйстве и на транспорте кибер-физических систем, переходом к интеллектуальным цифровым системам управления городскими инфраструктурами и сервисами, страны БРИКС заинтересованы в создании энергетических систем нового поколения. Часто такие системы называют Интернетом энергии, так как они обеспечивают бесшовную интеграцию распределенных активных потребителей, источников энергии и энергетической гибкости, а также интеллектуальное управление энергетическим обменом между ними. Интернет энергии создает возможности для развития новых энергетических практик, повышения эффективности использования распределенных источников энергии, вовлечения в оборот источников энергетической гибкости, оказания абонентам сети разнообразных цифровых и энергетических сервисов, в будущем – интеграции различных городских систем в единую мульти-инфраструктуру. По результатам проведенного анализа рынок систем Интернета энергии стран БРИКС в 2035 году составит около 4,8 млрд долларов.

Ключевой проблемой интеграции и согласованного управления распределенных активных абонентов энергосистемы, таких как просьюмеры, распределенных источников энергии, систем накопления энергии, электромобилей является рост связанных с этим издержек в условиях нарастающей сложности управления. Можно выделить три типа таких издержек:

- Трансакционные издержки, связанные с организацией экономического взаимодействия (заключение договоров, учет, финансовые расчеты, урегулирование разногласий), растущие по мере роста числа активных участников работы энергосистемы;

- Издержки информационной интеграции, связанные с необходимостью включения большого числа участников работы энергосистемы в контуры управления и информационные каналы обмена данными и командами;

- Издержки физической (электротехнической) интеграции нового оборудования в электрическую сеть, связанные со сложностью обеспечения надежности и безопасности работы сети, а также устойчивости режимов ее функционирования при большом числе активных абонентов.

Без решения этой ключевой проблемы ожидаемый рост функциональности энергосистемы будет сопровождаться существенным ростом стоимости её содержания. Основной подход к решению описанной проблемы состоит в том, чтобы перейти от раздельного управления экономическими отношениями, информационным обменом и силовыми устройствами при формировании режимов передачи электроэнергии к управлению энергетическими трансакциями, объединяющими все эти три типа взаимодействия. Технически это обеспечивается за счет согласованной работы следующих систем:

- **Transactive energy**: осуществление коммерческой составляющей энергетических трансакций, в которой происходит полностью автоматическое формирование и защищенное хранение смарт-контрактов, фиксирующих параметры энергетических трансакций, верификация их исполнения, финансовый расчет

по исполненным обязательствам, фиксация расхождений и споров, использование данных для их разрешения и исполнение клиринговых функций.

- **Internet of Things**: осуществление информационной составляющей энергетических трансакций, в которой происходит межмашинное (M2M) взаимодействие и обмен всеми необходимыми для энергетических трансакций информационно-управляющими сигналами между оборудованием абонентов и их программными системами, доступ программных систем к локальной автоматике оборудования и/или локальным системам управления, а также формирование, хранение и предоставление цифровых двойников и цифровых теней систем абонентов и их оборудования, работа вспомогательного программного обеспечения для межмашинного взаимодействия.
- **Neural Grid**: осуществление физической (электротехнической) составляющей энергетических трансакций, которая при необходимости поддерживает децентрализованное регулирование параметров перетока электроэнергии в целях формирования необходимого для реализации энергетических трансакций режима передачи электроэнергии в условиях одновременной реализации множества энергетических трансакций.

Для создания системы Интернета энергии используются следующие основные технические решения:

- Трансакционная цифровая платформа и пользовательские приложения;
- IoT-платформа, интеллектуальные счетчики, датчики, сенсоры и актуаторы;
- Регуляторы перетока мощности (энергетические роутеры), опорные регуляторы баланса мощности (энергетические хабы), регуляторы выдачи (потребления) мощности (энергетические порты), адаптивная релейная защита и автоматика;
- Интеллектуальные системы управления, в том числе организованные на принципах децентрализованного мультиагентного управления.

Новые энергетические практики, связанные с вовлечением в активное взаимодействие множества участников энергообмена, такие как умное потребление энергии, учетно-расчетные сервисы (meter-to-cache), агрегаторы распределенных энергетических ресурсов, умные сообщества и локальные энергетические рынки, по мере масштабирования будут реализовываться на технологиях Интернета энергии.

Кейс: Умное потребление энергии



Локация: объекты с большим энергопотреблением (торговые центры, ледовые арены, рестораны фаст-фуд, промышленные предприятия) – более 150 объектов в России.

Проблематика: активные потребители, используя новое энергетическое оборудование (ВИЭ, тепловые насосы, накопители, управляемую нагрузку, зарядные станции), встречаются со множеством трудностей, для решения которых требуется привлечение десятка высококвалифицированных специалистов, что может себе позволить не каждый бизнес.

Решение: программно-аппаратный комплекс управления потреблением на базе искусственного интеллекта превращает энергохозяйство потребителя в «умную» микросеть, связывая между собой на приборном уровне при помощи датчиков и контроллеров все устройства и выстраивая на уровне «цифровых двойников» эталонное потребление конкретного объекта. Главная задача комплекса при соблюдении заданных потребительских параметров (например, температуры и уровня CO2 в помещении и т.д.) приблизить энергопотребление объекта к эталону и добиться максимально экономичного режима.

Эффекты: сокращение потребности в присоединенной мощности на 10–20%, сокращение затрат на электричество, тепло, газ на 8–32% в месяц, сокращение углеродного следа, продление срока службы дорогого энергетического оборудования.

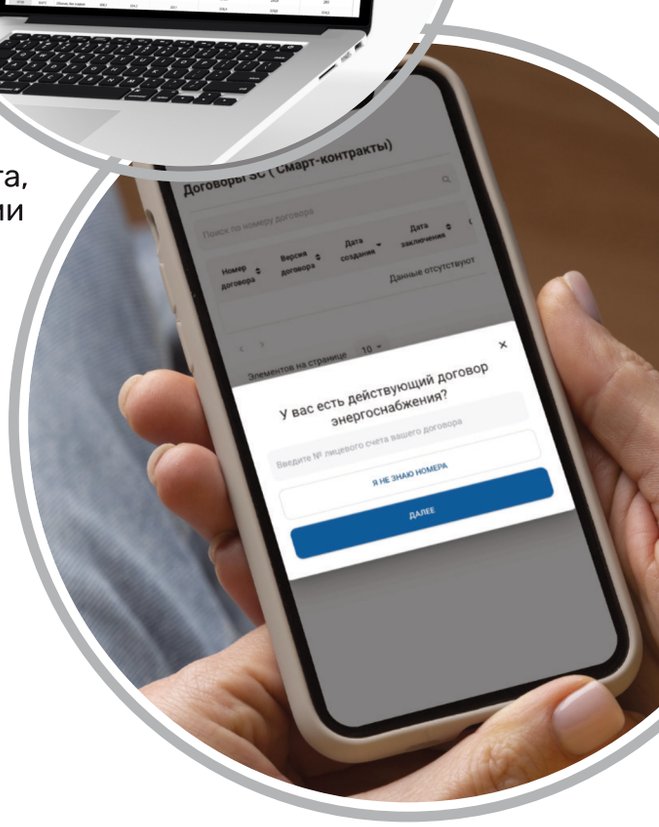
Кейс: Цифровой энергосбыт



Локация: западные регионы России.

Проблематика: серьезные разногласия по объемам потребления, длительное согласование данных, высокие транзакционные издержки и значительная дебиторская задолженность между сетевыми и сбытовыми компаниями.

Решение: доверенная информационная среда на базе технологии блокчейн и смарт-контрактов, автоматическое снятие показаний приборов учета, алгоритмы расчета, расщепления, арбитража между поставщиками и потребителями ресурсов.



Эффект: 100% достоверность данных и точность расчетов на их базе, снижение на 20% OPEX на учет, расчеты и работу с разногласиями, снижение на 10–35% дебиторской задолженности между сетевыми и сбытовыми компаниями, возможность наращивания дополнительных сервисов для потребителей (зеленые тарифы и пр.).

Кейс: Умный район города



Локация: центральные регионы России.

Проблематика: создание нового района города с высокими требованиями по надежности, качеству и эффективности снабжения электроэнергией, теплом и холодом.

Решение: создание энергетического сообщества масштаба района города с распределенными источниками электрической энергии (в т.ч. на основе ВИЭ) и тепла (в т.ч. тепловые насосы), распределенными источниками энергетической гибкости (накопители энергии, управляемая нагрузка) с общей системой интеллектуального управления.

Эффекты (ожидаемые): сокращение капитальных и операционных затрат (на 20–30%) относительно уровня затрат старого (традиционного) решения.

Партнерство Energynet **предлагает** заинтересованным представителям стран БРИКС:

1. Решения для «умного» управления потреблением и коммунальными ресурсами в зданиях коммерческого назначения, в многоквартирных домах, подключенных к городской сети;

2. Решения для организации абонентских энергетических сервисов на основе распределенных реестров;

3. Проектирование энергетических сообществ, подключенных к городской сети, локальных энергетических рынков и систем управления ими.

Электрическая мобильность для развития транспорта, промышленности и сельского хозяйства

Одним из признаков нашего времени является резкий рост электрической мобильности, состоящей в переходе на «беспроводные» электрические источники энергии движущихся транспортных средств и устройств. Наиболее ярко эта тенденция выражена в сфере транспорта – на электрическую тягу массово переводятся городской транспорт, личные автомобили, катера и речные суда, малая авиация и беспилотные летательные аппараты, специальная, строительная и сельскохозяйственная техника. Однако вторичная электрификация и электрическая мобильность становятся все более актуальными и в промышленности, логистике, сельском хозяйстве по мере их роботизации. Для стран БРИКС, решающих проблемы транспортной связности больших территорий, развития городов, новой индустриализации, повышения эффективности сельского хозяйства и продовольственной безопасности этот тренд является очень важным. По результатам проведенного анализа рынок электрической мобильности стран БРИКС в 2035 году составит около 14,0 млрд долларов.

Учитывая то, что пока в большинстве случаев решения по электрической мобильности проигрывают по каталожной стоимости покупки решениям на базе традиционных двигателей внутреннего сгорания, основной задачей является снижение стоимости владения электрическими транспортными средствами и мобильными системами, а оно прежде всего зависит от развития технологий хранения и получения энергии на борту мобильного устройства. Другим ограничением для развития электрической мобильности является отсутствие или недостаточное развитие зарядной инфраструктуры и заправочных систем для использования альтернативных топлив. В целом же стоит задача обеспечения эффективного комплексного перехода к электромобильности на территории.

Для решения данных задач предлагается подход по сбалансированному сочетанию батарейных и водородных бортовых источников энергии как в рамках одной мобильной системы, так и в рамках парка различных мобильных устройств, а также применение платформенных решений для управления зарядной инфраструктурой.

Основными технологическими направлениями развития электрической мобильности является:

- Повышение плотности мощности источников энергии и плотности хранения энергии на борту, в частности, за счет использования водородных топливных элементов;

- Гибридизация различных источников на борту мобильного устройства и использование систем интеллектуального управления ими;

- Развитие технологий электрозарядки мобильных систем;

- Создание цифровых моделей и систем принятия решений в части управления зарядной инфраструктурой.

Кейс: Разработка национальных программ перехода к электромобильности



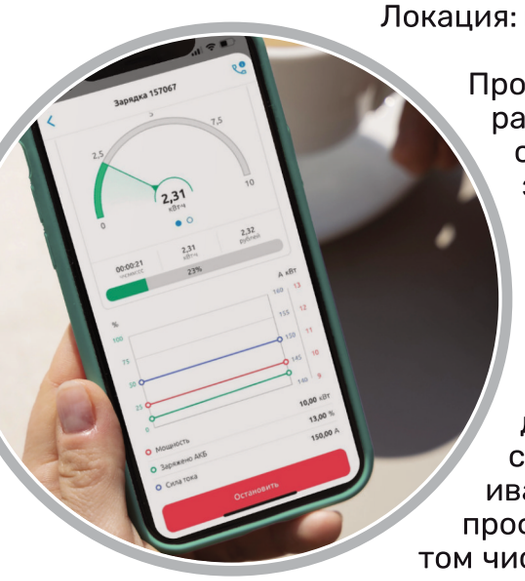
Локация: одна из стран Закавказья.

Проблематика: экономически оптимальное развитие электрозарядной инфраструктуры и энергетической системы для обеспечения перехода к электрической мобильности.

Решение: анализ рынка и регуляторной среды, разработка экономических и технических моделей, подготовка предложений по созданию национальной цифровой платформы электромобильности, разработка политики и крупноблочного инвестиционного плана.

Эффекты (ожидаемые): оптимизированный инвестиционный план с учетом развития механизмов частно-государственного партнерства.

Кейс: Система управления электрозаправочными станциями



Локация: центральные и восточные регионы России.

Проблематика: сегодня в России активными темпами развивается инфраструктура электрозаправочных станций (ЭЗС), однако остается вопрос максимизации загрузки территориально распределенных ЭЗС для обеспечения возврата инвестиций и повышения доходности.

Решение:

– создание удобной системы управления для владельцев ЭЗС, которое позволяет подключать станции и управлять ими (включать, выключать, настраивать и собирать диагностическую информацию), вести профили пользователей, управлять платежами (в том числе через тарифную политику и использование абонементов и промокодов), а также вести аналитику;

– предоставление пользовательского приложения для автомобилистов, которое позволит найти ближайшую станцию, просмотреть состояние электростанции, доступный тип коннекторов, оплатить зарядку через телефон и контролировать процесс зарядки в режиме реального времени.

Эффект: повышение загрузки территориально распределенной ЭЗС за счет увеличения числа пользователей ЭЗС и оптимального распределения их по разным станциям. Повышение удобства для пользователей за счет развития маркетплейса услуг для автомобилистов на базе пользовательского приложения, внедрения зеленого тарифа для электромобилистов и пр.

Кейс: Водородный полигон для развития электрической мобильности



Локация: дальневосточный регион России.

Проблематика: экономически обоснованный переход к водородным технологиям в транспорте и других областях применения электрической мобильности.

Решение: создание водородного полигона для реализации пилотных проектов, направленных на апробацию и экономическую оценку использования водородных технологий на городском и железнодорожном транспорте, специальной городской технике, мобильных средств энергоснабжения в чрезвычайных ситуациях.

Эффект (ожидаемый): обеспечение приемлемой стоимости решений для перехода к электрической мобильности с использованием водородных технологий.

Партнерство Energynet **предлагает** заинтересованным представителям стран БРИКС следующие решения и услуги:

1. Технико-экономическое моделирование для реализации национальных программ и проектов перехода к электромобильности;

2. Поставка ультрабыстрых зарядных станций для электромобилей и электробусов;

3. Поставка и развитие системы управления электрозарядными станциями;

4. Разработка платформы открытого доступа для национальной информационной системы управления электромобильностью;

5. Создание экспериментальных полигонов для изучения и демонстрации новых технических решений в области электрической мобильности (в т.ч. на основе водородных технологий).

НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ – ОСНОВА ВЗАИМОВЫГОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

Сотрудничество стран БРИКС, формирующих и реализующих свое представление о справедливом, сбалансированном энергетическом переходе, должно основываться на фундаменте передовых, открытых к международной кооперации науки и инновационного образования. В этих сферах уже достигнуты значительные успехи. Обмен студентами и совместные научные исследования стали повседневной практикой, что способствует распространению передовых знаний и лучших практик, а также увеличению межкультурного взаимопонимания. Разработка и реализация совместных учебных программ и научных проектов позволяет решать более сложные и комплексные научные задачи и привлекать новые идеи и подходы.

Однако потенциал сотрудничества в этой сфере далеко не исчерпан, его перспективы в рамках БРИКС огромны. Участники объединения имеют обширные ресурсы и значительный потенциал в различных предметных и практических областях, что позволяет создать благоприятные условия для сотрудничества и совместных инноваций. Развитие цифрового образования, создание совместных научных центров и содействие инновациям могут стать ключевыми направлениями сотрудничества в ближайшем будущем.

Основным фокусом внимания в вопросах сотрудничества в сферах науки и образования должны стать совместные системные исследования в сфере трансформации энергетики и её влияния на развитие экономики и общества развивающихся стран, создание полигонов для испытания и демонстрации новых технологий и их компонент, реализация инновационных пилотных проектов, интенсивное развитие компетенций инженеров нового поколения.

Для решения перечисленных задач предлагается реализовать следующие инициативы в сфере новой энергетики:

1. Проведение совместных системных исследований и разработка национальных или международных программно-стратегических документов;
2. Формирование международной сети инновационных научно-образовательных хабов Energynet.Lab;
3. Создание сетевой инженерной школы по подготовке инженеров нового поколения.

Системные исследования и разработки

Странам БРИКС целесообразно выработать совместный комплексный подход к реализации справедливого, сбалансированного энергоперехода для развивающихся стран мира. Для этого им необходимо проанализировать комплекс вопросов, связанных с определением баланса между климатическими обязательствами и экономическим развитием в разных странах БРИКС и других развивающихся экономиках, выявить базовые идеи справедливого, сбалансированного энергоперехода развивающихся стран, наметить шаги по детализации и имплементации этого подхода в политике стран БРИКС, изучать лучшие практики реализации такого подхода.

В настоящее время в России успешно функционирует Центр энергетических систем будущего «Энерджинет», осуществляющий аналитические исследования новых

рынков, технологий и практик в энергетике, разработку национальных и корпоративных программно-стратегических документов, поддержку и структурирование сложных инновационных проектов. Центр «Энерджинет» в кооперации с партнерами реализовывал исследовательские работы в различных странах мира: России, ОАЭ, Сингапуре, Азербайджане.

Предлагается при экспертно-методической поддержке Центра «Энерджинет» на базе Платформы энергетических исследований стран БРИКС провести серию аналитических исследований и экспертных обсуждений различных аспектов планирования энергетического перехода в связи с определением экономических и социальных выгод от смены технологического уклада в энергетике. Кроме того, Центр «Энерджинет» открыт к сотрудничеству по вопросам практической реализации разработанного странами БРИКС подхода к справедливому, сбалансированному энергетическому переходу.

Инновационные хабы Energynet.Lab

Формирование международной сети инновационных научно-образовательных хабов в сфере интеллектуальной распределенной энергетики послужит задаче быстрого распространения и имплементации новых знаний, технологий и практик в странах БРИКС.

Хабы Energynet.Lab организуются на площадках национальных университетов, где при поддержке национальных партнеров и партнерства Energynet проводятся исследования и разработки, создаются полигоны для испытания новой техники и систем, выполняются работы по цифровому моделированию, осуществляется инжиниринг инновационных решений, проводится обучение в сфере новых технологий и практик. Данные хабы уже созданы в нескольких технологических университетах России, Белоруси, Казахстана. Ведутся переговоры по созданию научно-образовательного центра с водородным полигоном в Университете Халифа (Абу-Даби, ОАЭ).

Кейс: фабрики знаний Energynet.Lab



Локация: Россия, Беларусь, Казахстан

Проблематика: Энергетика будущего остро нуждается в новых кадрах. Темпы развития технологий опережают скорость развития образовательных программ. Вместе с тем, количество экспертов мирового уровня по направлениям подготовки специалистов энергетики будущего ограничено, что не позволяет обеспечить равный доступ к знаниям студентам разных университетов.

Решение: Создание инновационного хаба - лаборатории моделирования распределённых интеллектуальных энергосистем будущего Energynet.Lab. Лаборатория представляет собой современные образовательные пространства в формате коворкинга, она оснащена современным компьютерным и мультимедийным оборудованием со специализированным программным обеспечением. Студенты могут пройти обучение на базе Energynet.Lab в рамках сетевых образовательных программ по направ-

лениям энергетики будущего за счет интеграции лаборатории с сетевой инженерной школой Energynet.University.

В случае заинтересованности мы готовы предложить странам БРИКС сотрудничество по созданию хабов Energynet.Lab на базе национальных университетов.

Сетевая инженерная школа Energynet.University

Сотрудничество в области новой энергетики является одним из важнейших факторов устойчивого развития. Однако мало создать технологии, необходимо также довести их до отраслевых практик: это интеллектуальные сети, микроэнергосистемы, системы хранения энергии, умное потребление, зарядная инфраструктура для электротранспорта.

Партнерство Energynet следует решениям, принятым странами БРИКС относительно развития таких образовательных проектов, как Университет БРИКС и BRICS SKILLS report. В рамках данных проектов предлагается для практической реализации инициатива по расширению сетевой инженерной школы Energynet.University на основе специализированной онтологической платформы.

Задачи сетевой инженерной школы Energynet.University:
- Разработка учебных курсов на основе анализа опыта реализации новых энергетических технологий и практик;
- Адаптация учебных курсов с учетом интересов и отраслевой специфики стран БРИКС;
- Запуск учебных курсов на национальных языках стран БРИКС.

К настоящему моменту при участии отраслевых специалистов и экспертов партнерства Energynet сформированы курсы по следующим темам:

1. Машинное обучение в энергетике;
2. Кибербезопасность в энергетике;
3. Режимы работы распределенной генерации;
4. Инженерная онтология;
5. CIM в электроэнергетике;
6. Цифровой район электрической сети;
7. Оптимизированное моделирование систем и компонент ТЭК;
8. Применение беспилотных воздушных судов в сфере энергетики;
9. Водородная энергетика и водородная экономика;
10. Химические источники тока;
11. Электрохимические источники энергии и водородная энергетика;
12. Инженерно-спортивные конкурсы «Первый элемент».

Совершенствование компетенций обучающихся происходит за счет интеграции актуальной теории и практических заданий, основанных на проектах ведущих компаний в отрасли. Курсы адаптируются под различные образовательные структуры вузов, а материалы постоянно актуализируются. Использование онтологической платформы значительно сокращает время и усилия, необходимые для приобретения новых навыков.

Мы предлагаем начать с совместного запуска курса «Что такое цифровая распределенная сеть и как ее внедрить», который уже успешно апробирован в 10 университетах, а в дальнейшем разработать платформу, включающую и другие курсы мирового уровня.

Информационно-аналитический обзор

ЭНЕРГИЯ СТРАН БРИКС:
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРАКТИКИ ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Руководитель проекта подготовки доклада: Д.В. Холкин

