

**Семинар Национального исследовательского комитета D2 РНК СИГРЭ по теме:
«Информационные технологии и телекоммуникации в создании цифровой электроэнергетики:
драйверы, решения, возможности и риски с учетом опыта СИГРЭ».**

Концептуальные положения цифровой трансформации электроэнергетики

Подготовлено по заказу АО «РАСУ»

Экспертной рабочей группой в составе:

Бахтадзе Н.Н., Веселов Ф.В., Волошин А.А., Дорофеев В.В.

Иванов Д.В., Кишиневский Д.В., Нурмагомедов Т.Н.

г. Москва

27 июня 2019 года

Концепция цифровой трансформации электроэнергетики – зачем?

Концепция – это мировоззрение с определением целевого состояния исследуемого объекта - энергосистема Российской Федерации. Подготовленные «Концептуальные положения» является самым общим, верхне-уровневым документом, определяющим возможное состояние энергосистемы будущего. Степень и направления дальнейшей корректировки, детализации и конкретизации «Концептуальных положений» должна определяться после широкого обсуждения документа профессиональным сообществом.

Проблемы и вызовы российской энергетики

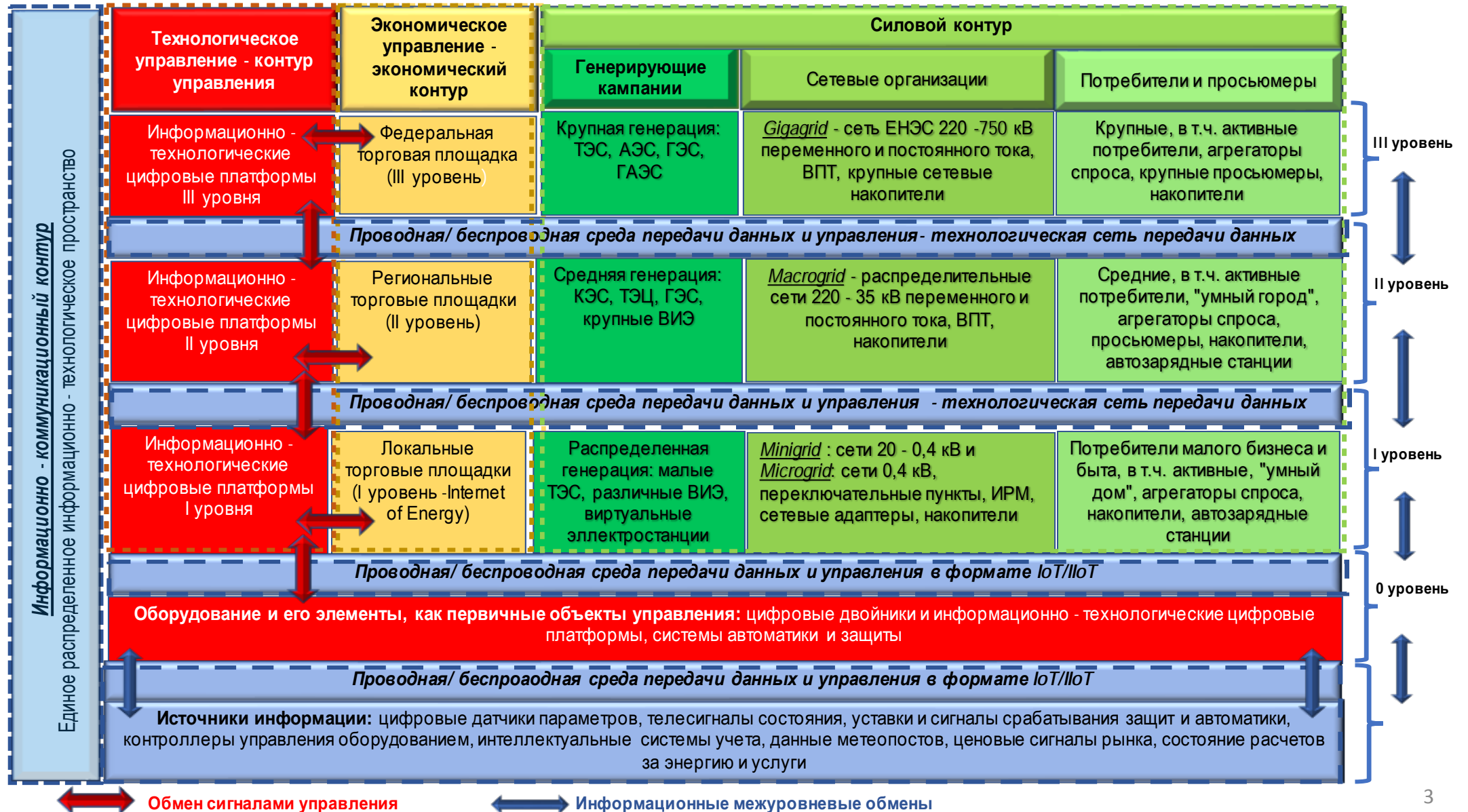
- Повышение требований к энергосистеме со стороны потребителей в части экономичности, надежности, качества и доступности ресурса и невозможность их удовлетворения по причине износа оборудования систем управления и несоответствия современным архитектурным решениям;
- Развитие альтернативных энергосистем на основе распределенной энергетики, включая НиВИЭ и системы накопления энергии;
- Необходимость повышения экологической чистоты при производстве и передаче электроэнергии;
- Использование современных цифровых технологий, систем управления и сервисных платформ, базирующихся на цифровых принципах;
- Соответствие требованиям построения в России современной «Цифровой экономики» и создания условий для повышения конкурентоспособности российской экономики на мировых рынках, что во многом зависит от состояния электроэнергетики;
- Учет мировых трендов развития энергетики и завоевание лидерских позиций на мировых рынках продуктов и технологий в сфере энергетики.

Ответ на вызовы обеспечивает:

- Развитие систем распределенной генерации и возможность их включения в общую энергосистему
- Увеличение числа просьюмеров и развитие «виртуальных» электростанций, АЭК и активных потребителей.
- Развитие информационно – технологических цифровых платформ для интеграции систем учета, систем контроля состояния и интеллектуальных систем управления.
- Появление возможности обработки больших объемов информации с использованием технологий Bigdata и распределенных реестров данных.
- Возможность использования высокоэффективных алгоритмов и программ, современных ИКТ технологий, систем управления технологическими и экономическими процессами с соблюдением баланса интересов субъектов энергетики и потребителей на рыночных принципах.
- Переход от иерархических систем управления к управлению, на основе сочетания систем иерархического и распределенного управления, включая принципы нейронных сетей и мультиагентных систем.

«Интеллектуальная цифровая электроэнергетическая система» (ИЦЭЭС) - инфраструктурная база для развития экономики и общества, обеспечивающая удовлетворение запросов всех субъектов общественных отношений: государства, бизнеса, науки и населения, а разработанный документ является обоснованием для ее создания в России.

Общая архитектура интеллектуальной цифровой энергосистемы



Основные функциональные контуры ИЦЭЭС (1)

Силовой контур – это:

- Наличие информационных элементов, позволяющих сформировать «цифровых двойников» оборудования, объектов и информационно – технологических платформ, с системами диагностики и контроля изменения состояния, для своевременного обслуживания (ремонт по состоянию);
- Способность изменять состояние по условиям самоконтроля (встроенные системы диагностики состояния), а также по сигналам внешних воздействий (в том числе, от систем автоматики), реализующих алгоритмы интеллектуального управления в соответствии с заданными критериями, управляемое изменение топологии сети;
- Системы взаимодействия различных видов оборудования с информационными ресурсами (информационно – коммуникационным контуром ИЦЭЭС), позволяющие воспринимать и обрабатывать сигналы интеллектуальных систем управления, на основе оценки и комплексного анализа состояния оборудования конкретных подсистем и ИЦЭЭС в целом;
- Возможность взаимодействия во всех режимных ситуациях с интеллектуальными системами управления, использующих различные имитационные модели, обеспечивая сочетание экономических принципов взаимодействия субъектов электроэнергетики и технических возможностей оборудования и технологических систем, реализующих эти принципы.

Экономический контур – это:

Экономические отношения на основе – рыночных механизмов с основными элементами:

- Объединение оптового и розничных рынков с многоуровневой иерархической структурой конкурентных торговых площадок с едиными правилами выполнения торговых операций, учета поставок и системой расчетов между субъектами отношений.
- Различными сегментами рынка электроэнергии с торговыми периодами – от спотовой торговли, до долгосрочных контрактов и отдельным сегментом рынка услуг с включением в него потребителей.
- Организации локальных рынков в рамках Microgrid с активным участием субъектов, использующих энергокомплексы на основе возобновляемых источников и накопителей энергии, «виртуальных электростанций» и активных энергокомплексов.
- Использование технологий «распределенных реестров» (блокчейн и смарт контрактов), для организации учета обменов электроэнергией и предоставленных услуг и расчетов с контрагентами.
- Изменение роли сетевых организаций, как стороны поставки электроэнергии по прямым договорам с определением наиболее выгодного сторонам маршрута поставки.

Основные функциональные контуры ИЦЭЭС (2)

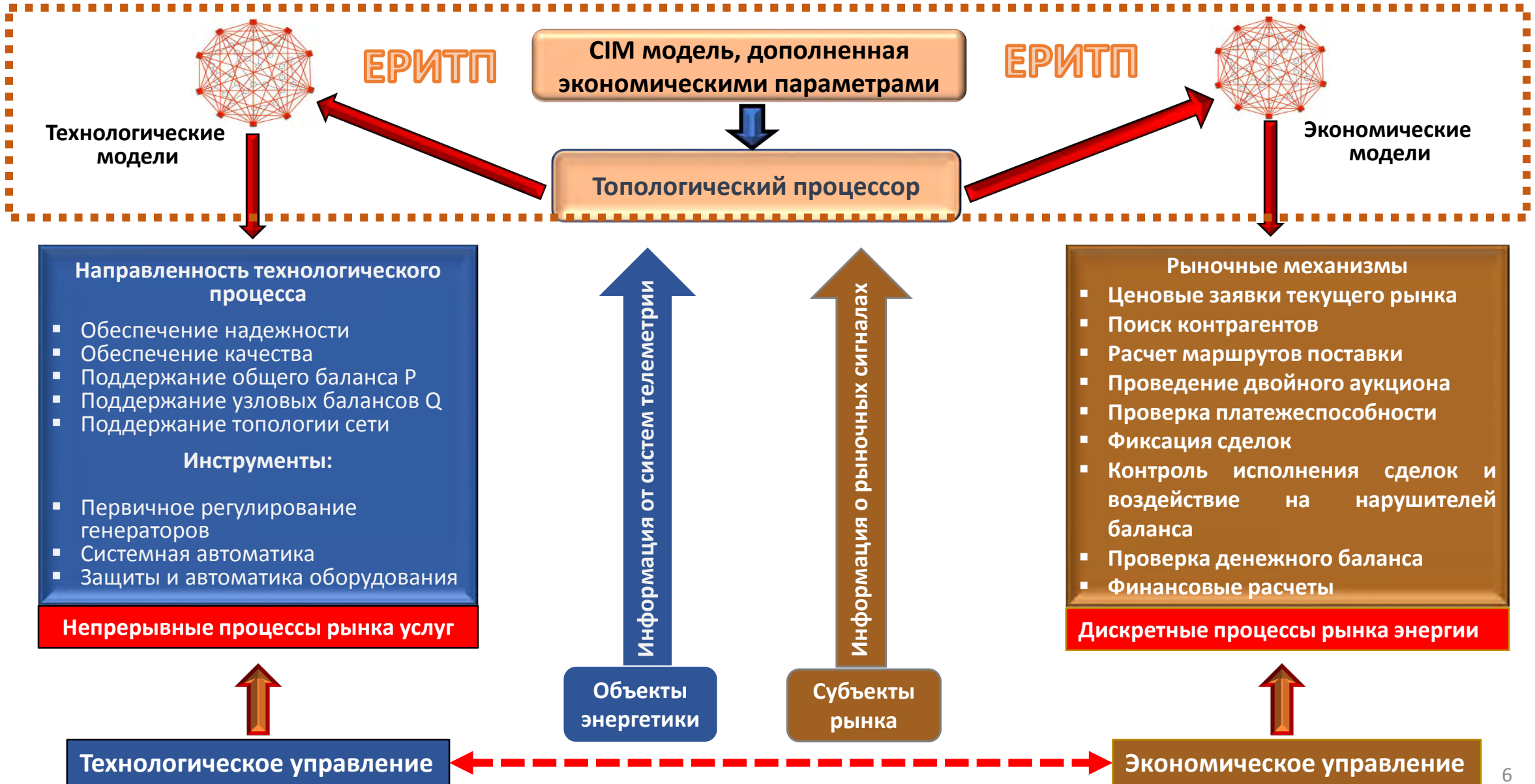
Контур управления- это:

- Система управления на основе сочетания иерархического и распределенного принципов управления,
- Существенное повышение уровня автоматизации, базирующееся на методологии, использующий генерирование знаний на основе интеллектуального анализа производственных и экономических данных,
- На уровне Gigagrid и Macrogrid иерархическая система автоматики, контролирует основные параметры межсегментных связей и выдавая сигналы управления на объекты этого уровня, а также корректирующие воздействия распределенным системам уровня Mini/Microgrid с целью поддержания устойчивой работы общей системы,
- На уровне Mini/Microgrid распределенная система управления (мультиагентная) реализует «горизонтальные» обмены информацией и управляющими сигналами между объектами интеллектуального управления, воспринимая информацию и обрабатывая сигналы, по условиям экономического взаимодействия между субъектами ЭЭР.
- Применение современных систем управления на принципах прогнозирующего управление на основе модели (предикт-контроллер) для сложных технологических объектов типа энергосистемы, при котором используется введение математической модели объекта в контур автоматического управления.
- Особым элементом, обеспечивающим связь между контуром управления и информационно –коммуникационным контуром, является **Топологический процессор**, который, используя информацию о состоянии объектов энергосистемы, получаемую из ЕРИТП, на основе специализированных алгоритмов, преобразуют эту информацию в управляющие элементы – модели различной функциональной направленности.

Информационно – коммуникационный контур – это:

- **Единое распределенное информационно – технологическое пространство (ЕРИТП)** - базовый элемент информационно-коммуникационной системы ИЦЭЭС
 - ЕРИТП - отраслевая цифровая экосистема, как совокупность информационно-технологических цифровых платформы (ИТЦП) разного уровня, образующих единую среду, основанную на общей семантике и онтологии, единых правилах информационных и управляющих обменов с возможностью доступа аккредитованных пользователей к информации любого уровня.
 - **Информационно-технологическая цифровая платформа (ИТЦП)** – это сервер (микро-сервер) с набором алгоритмизированных, технологически обоснованных решений и имитационных управляющих моделей соответствующего уровня, использующих единую информационную среду для обмена и управления данными, информацией и процессами при большом количестве объектов управления, а также функциональные сервисы:
 - **информационные**, организующие прием, обработку, хранение и доступ к информации, а также информационное взаимодействие с базой знаний (использование и пополнение);
 - **коммуникационные**, обеспечивающие обмены информацией и сигналами управления по горизонтали и вертикали (между уровнями), а также защиту информации от несанкционированного доступа и внешних угроз различного рода;
 - **моделирующие**, создающие на соответствующем уровне цифровые имитационные модели: технологические, экономические, прогнозные и поведенческие с включением их в систему управления;
 - **управляющие**, обеспечивающие прием, обработку и выдачу сигналов (команд) управления исполнительным устройствам и механизмам объекта управления;
 - **контролирующие доступ к информации** – обеспечивающие защиту от несанкционированного доступа.
- Особым элементом в структуре ЕРИТП являются «цифровые двойники» и функциональные имитационные цифровые модели.

Принципиальная схема управления ИЦЭС с использованием рыночных механизмов (контур управления)



ЕРИТП – базовая часть информационно – коммуникационного контура. Обмен информацией и сигналами управления.



Топологический процессор – ядро системы управления.

Топологический процессор на основе мультиагентной системы – группы взаимодействующих в реальном времени агентов МАСУ с целевой установкой на создание и поддержание в актуальном состоянии топологических моделей различного назначения: технологических, экономических, прогнозных и поведенческих, используемых при управлении энергосистемой



Агенты уровня оборудования:

- обеспечивают информацией ТП МАСУ на уровне оборудования и его элементов;
- формируют математическую модель «цифрового двойника» оборудования;
- модифицируют модель, в зависимости от состояния элементов при изменении базовых параметров оборудования.

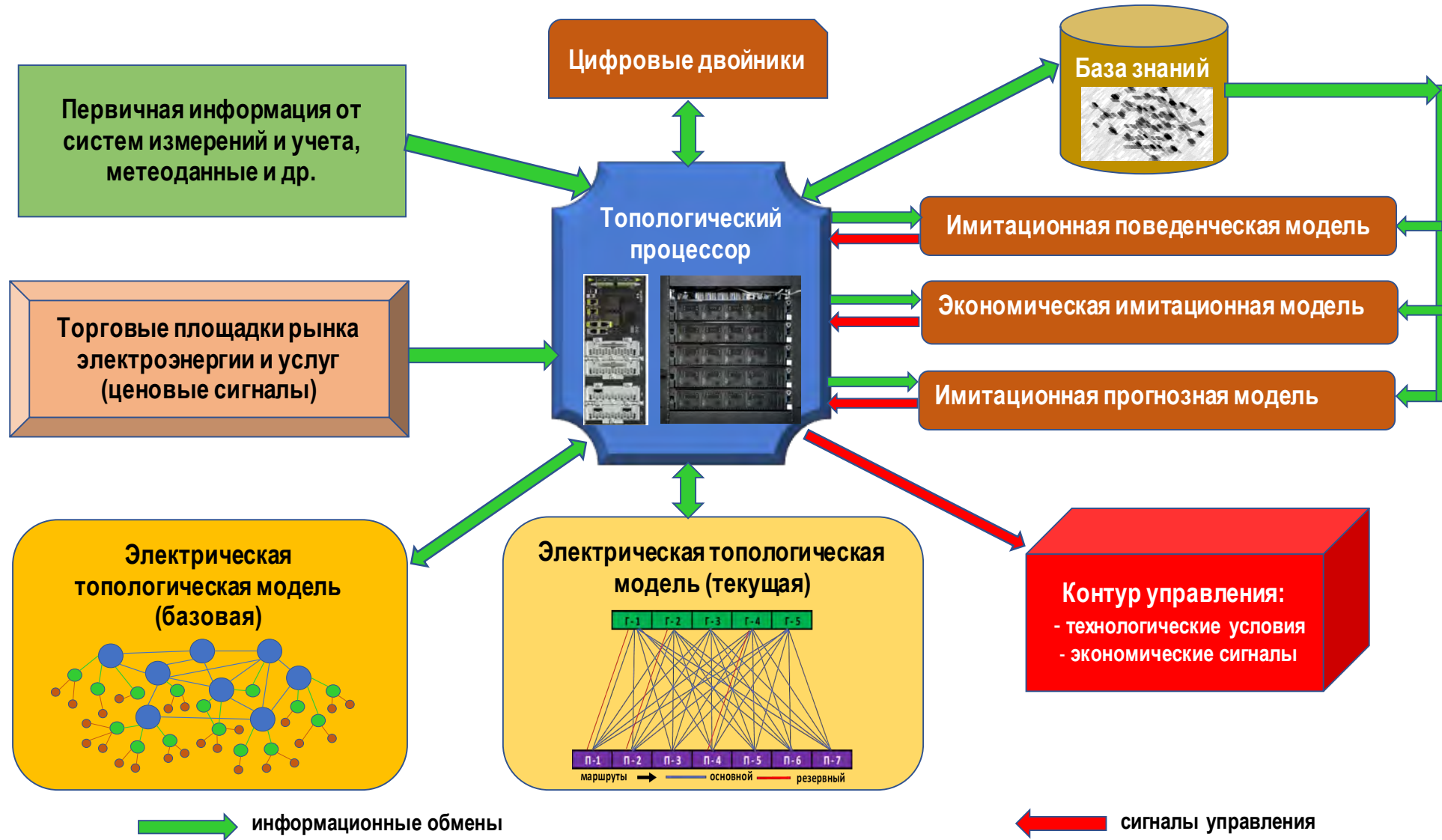
Агенты уровня объекта

- обеспечивают информацией ТП МАСУ на уровне объекта;
- формируют математическую модель «цифровой двойник» объекта, основываясь на базовой топологической схеме объекта;
- обеспечивают контроль и реакцию на изменения топологической схемы объекта, взаимодействуя с агентами оборудования в составе объекта.

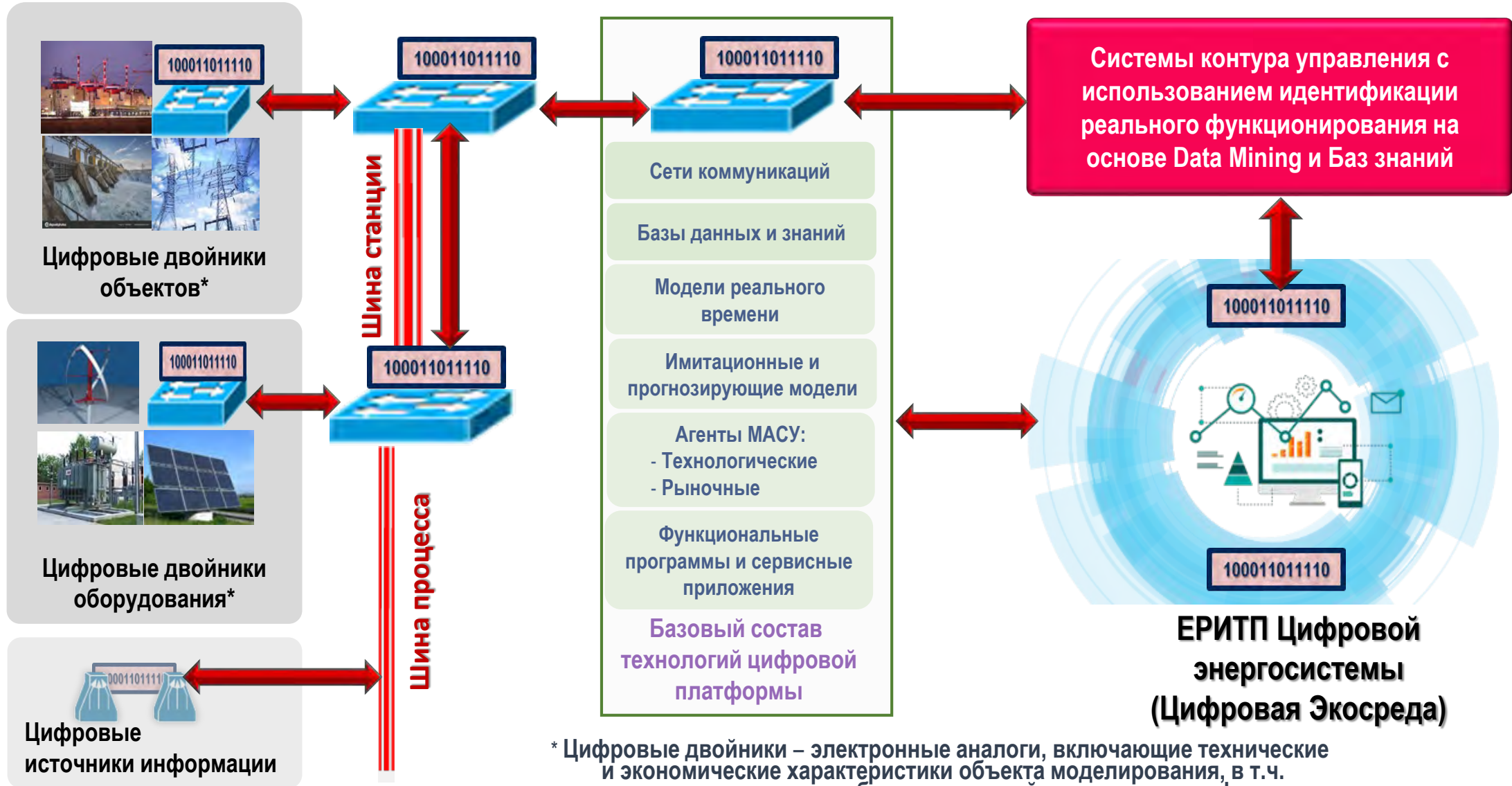
Агенты уровня энергосистемы (фрагмента энергосистемы):

- обеспечивают информацией ТП МАСУ на уровне энергосистемы или ее части, на основе описания связей между объектами, входящими в состав энергосистемы рассматриваемого уровня;
- формируют итоговую математическую модель энергосистемы «цифровой двойник», на основе базовой топологической схемы энергосистемы; формируют функциональные имитационные модели;
- отслеживают текущие изменения в составе оборудования и коммутационных аппаратов, обеспечивающих включение или отключение оборудования, или ЛЭП, получая текущую топологическую схему энергосистемы;
- реагируют на изменения топологической схемы объектов, контролируют связность и целостность топологии энергосистемы в целом.

Функциональное построение Топологического процессора

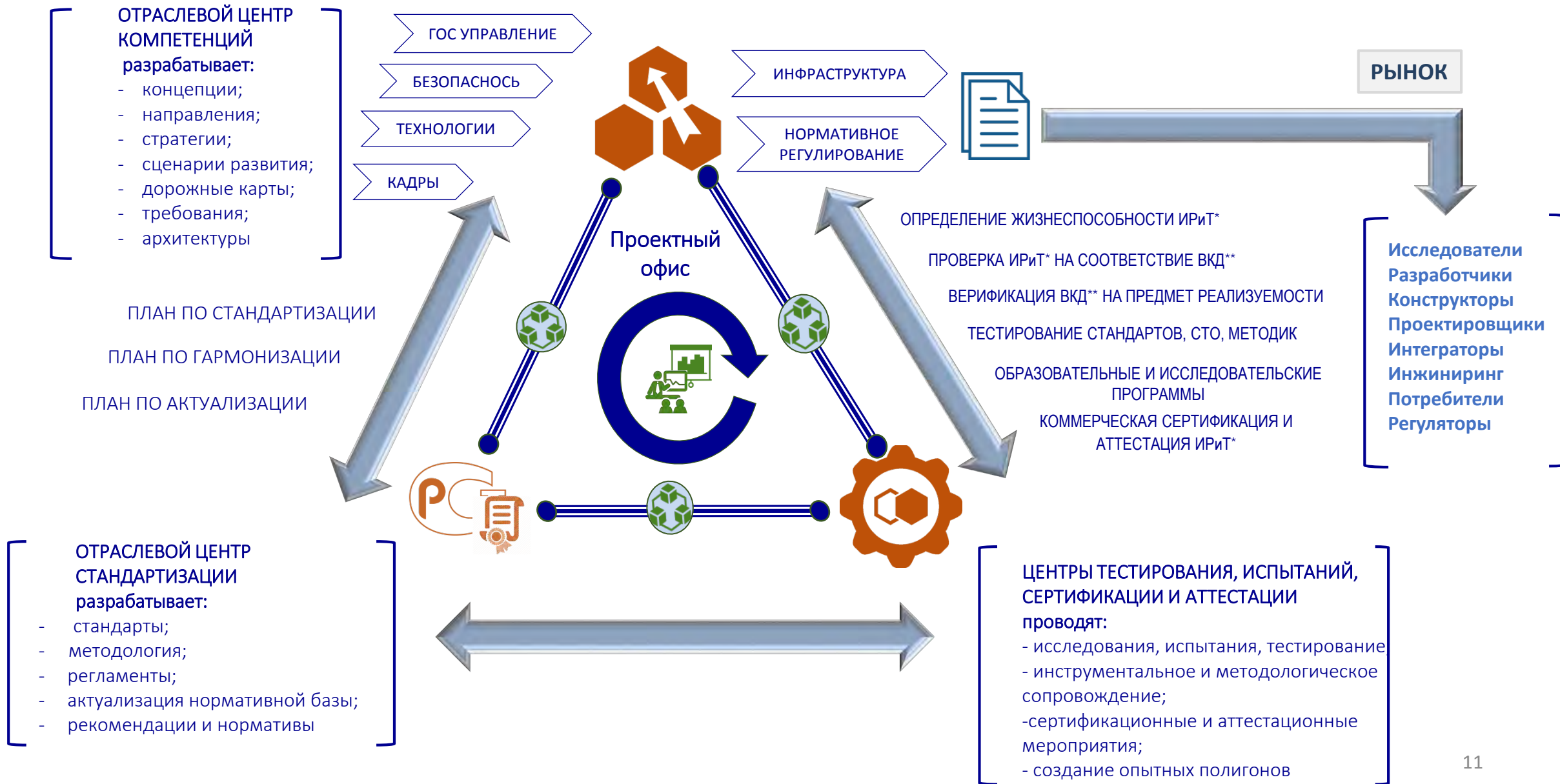


Структурная схема взаимодействия цифровых технологий ИЦЭЭС с использованием цифровых двойников и платформенных решений



* Цифровые двойники – электронные аналоги, включающие технические и экономические характеристики объекта моделирования, в т.ч. их изменение в процессе работы под воздействием внешних факторов

Функциональная модель системы управления трансформацией



Целевое видение отрасли (ключевые характеристики) в результате цифровой трансформации

- Унификация применяемых организационно-технических решений и стандартов.
- Конкурентный недискриминационный доступ потребителя к энергоресурсам.
- Превращение потребителя электроэнергии в активного участника отрасли (двунаправленное взаимодействие).
- Наличие единого информационно - технологического и экономического пространства, организованного на принципах регулируемой доступности, технологической и информационной безопасности, реализованного на основе мультиагентных технологий и платформенных инструментов.
- Активное присутствие на рынке нового института: цифровых платформ/ операторов цифровых платформ и сервисов.
- Критическая масса отечественных технологий и продукции во всех переделах электроэнергетики.
- Тесная интеграция различных сегментов ТЭК, в первую очередь на уровне сервисов для конечного потребителя.
- Прозрачное формирование себестоимости и ценообразование по всей отраслевой цепочке создания стоимости (при сохранении дифференцированного доступа с этим данным).
- Один из признаков отраслей, уже прошедших трансформацию: наличие на рынке игроков, совмещающих как роль технологических компаний (в первую очередь «в цифре»), так провайдеров сервиса для конечных потребителей.

Основные этапы цифровой трансформации отрасли, задачи и направления работ

2019 – 2021 годы

Концептуальное проектирование, формирование инфраструктуры и «правил игры»

Основные работы по подготовке к реализации программы цифровой трансформации энергетики:

- ❑ **Широкое обсуждение** со всеми заинтересованными сторонами процесса цифровой трансформации энергетики – формирование **детальной дорожной карты**
- ❑ Выполнение научно – исследовательских и опытно – конструкторских работ **по разработке и опробованию базовых технологических решений**, обеспечивающих возможность достижения результатов цифровой трансформации
- ❑ Разработка и **принятие нормативно-правовых и законодательных актов** для новых технологических решений и экономических механизмов, поддерживающих процессы трансформации.
- ❑ Организация **центра исследований и разработки решений**, для создания и цифровых технологий и инфраструктуры интеллектуальной цифровой энергосистемы, с привлечением основных заинтересованных сторон.
- ❑ **Оценка потенциала** реализации разработанных решений на зарубежных рынках, определение стратегии продвижения в ЕАЭС и БРИКС с целью цифровизации энергетики этих стран и России.

2022 – 2026 годы

Реализация пилотных проектов, отработка технологий и решений

- ❑ Определение критериев отбора пилотных зон, на их основе формирование **пула пилотных проектов от уровня Mini/Microgrid до отдельных энергетических зон**, с отработкой на этих проектах локальных и комплексных решений с оценкой их эффективности.
- ❑ **Согласование с администрациями территорий**, на которых запланированы пилоты формата участия в проектах: административная, нормативно – правовая и финансовая поддержка, привлечение различных бизнес структур к участию в проектах.
- ❑ **Оценка реализованных проектов** с определением наиболее целесообразных решений для тиражирования и масштабирования в рамках общей электроэнергетической системы России.

* **При разработке «Дорожной карты цифровой трансформации электроэнергетики России»** каждый из приведенных пунктов должен быть развернут в набор конкретных шагов с указанием: **необходимых финансовых и материальных ресурсов и их источников; ответственных сторон по каждой из позиций; результата, который должен быть получен; срока исполнения каждого пункта и этапов Дорожной карты.** 13

2026 – 2035 годы

Внедрение, масштабирование и создание регулярных орг.-технологических механизмов

- ❑ Разворачивание работ по **масштабному применению отобранных технологий** в рамках электроэнергетической системы, **создание новой интеллектуальной цифровой электроэнергетической системы России.**
- ❑ **Определение** возможности и целесообразности, а также **форм участия российских структур** в реализации **цифровых преобразований** в странах – членах **ЕАЭС и БРИКС.**
- ❑ Создание **системы постоянного мониторинга** и оценки **реализации дорожной карты**, с рассмотрением результатов продвижения и, в случае необходимости, принятия соответствующих мер.

Спасибо за внимание!