# СКВОЗНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ГИПЕРСВЯЗНОСТЬ ДАННЫХ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

АВТОРЫ:

А.В. БАШНИН,
ООО «ИНФРАСЕТИ»

С.С. БАЧУРИНА,
РЭУ ИМЕНИ
Г.В. ПЛЕХАНОВА,
Д.Э.Н.,
ПРОФЕССОР

А.Н. АНТОНОВ,
САМАРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

**Распоряжением Правительства Российской Федерации от 28.07.2017 № 1632-р утверждена Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Программа направлена на создание условий для развития общества знаний в Российской Федерации, повышение благосостояния и качества жизни граждан нашей страны путем роста доступности и качества товаров и услуг, произведенных в цифровой экономике с использованием современных цифровых технологий, повышения степени информированности и цифровой грамотности, улучшения доступности и качества государственных услуг для граждан, а также безопасности как внутри страны, так и за ее пределами [1].**

***Ключевые слова:*** гиперсвязность данных; промышленный интернет вещей; распределенные реестры (блокчейн); цифровизация; цифровая экономика.

Цифровая экономика — это в первую очередь связность данных, используемых сквозными технологиями



Программа перечисляет приоритетные технологии, названные сквозными:

- большие данные;
- нейротехнологии и искусственный интеллект;
- системы распределенного реестра (блокчейн);
- квантовые технологии;
- новые производственные технологии;
- промышленный интернет;
- компоненты робототехники и сенсорика;
- технологии беспроводной связи;
- технологии виртуальной и дополненной реальностей.

Дорожная карта крайне оптимистична по срокам, но главное, выводит РФ на путь повышения внимания к качеству данных. Программа исходит из того, что цифровая экономика представляет собой хозяйственную деятельность, ключевым фактором производства в которой являются данные в цифровой форме. Однако цифровая форма представления данных — условие для цифровой экономики необходимое, но явно недостаточное. Есть угроза, что под лозунгом цифровой экономики начнется кампания технической трансформации без должного экономического эффекта.

Для цифровой экономики необходимо организовать гиперсвязность данных, которая открывает возможность взаимодействия между сквозными технологиями, их «переплетения» в течение всего жизненного цикла продукта или услуги. В цифровой экономике цифровая форма должна быть такой, чтобы элементы (люди или машины), задействованные в следующих фазах жизненного цикла, не имели затруднений с интерпретацией данных, созданных в предыдущих фазах. Технологию можно назвать сквозной, когда инженер эксплуатации имеет самостоятельную возможность получить проектную документацию и данные мониторинга текущего состояния в виде, пригодном для экспериментальных расчетов. Форматы хранения должны быть удобными для последующей автоматизированной интерпретации данных.

Сочетание полноты сквозной функциональности с гиперсвязностью данных образуют то, что в ИТ называют платформой. Цифровые трансформации требуют пересмотра парадигмы управления, преодоления стереотипов. Именно создание платформы, оперирующей гиперсвязными данными о местоположении водителя и потенциальных клиентов, данных об условиях поездки, финансовых расчетах, позволили UBER организовать одно из крупнейших предприятий мира.

В большинстве отраслей признали то, что ИТ стали фактором достижения предельной эффективности. Цифровизация ведет не только к серьезным экономическим последствиям, но и вызывает социальные и общественные изменения. Она создает потребность в новых лидерах, способных реагировать и использовать новые возможности, создаваемые новыми технологиями.

Принцип разделения данных в управлении органами власти и корпорациями с государственным участием образовал систему с положительной обратной связью: чем выше суверенитет функциональных блоков, тем глубже автономия данных. Практически повсеместное отсутствие статуса общекорпоративных ресурсов данных привело к сокращению их срока жизни. Они легко «сносятся» при смене руководителя подразделения или по его желанию. Отчасти это объясняется иерархической системой управления, разделенной на функциональные блоки. Иерархическая организационная структура позволяет разделить ответственность между руководителями функциональных блоков, но она порождает фрагментацию управления на корпоративном, отраслевом и межотраслевом уровнях. Зачастую при передаче данных от одного функционального блока к другому требуется «ручная» интерпретация данных. Возникшая фрагментация управления разрушает единство общей модели данных, провоцирует дублирование мастер-данных и в итоге затрудняет их кроссфункциональную интерпретацию. В свою очередь, фрагментированные данные определяют «ручное» управление как преимущественный способ, а бухгалтерский учет как главный источник достоверных индикаторов.

***ГИПЕРСВЯЗНОСТЬ ДАННЫХ*** — организация непротиворечивого информационного обмена на протяжении всего жизненного цикла продукта или услуги с возможностью автоматической интерпретации.

Управлению корпорациями с государственным участием категорически не хватает новых организационных форм [2]. Существующие политики и лидеры промышленных производств по-прежнему сосредоточены на старой экономической модели, основанной на разрозненных данных, а должны ориентироваться на современные технологии и экономику, основанную на знаниях. Только такая организация производства данных позволит выстроить сквозные технологии и в итоге создать условия для преодоления фрагментации на корпоративном, отраслевом и межотраслевом уровнях. Много инвестируя в инженерные решения, они очень мало тратят на управленческие инновации. Практика управления в основном копирует уже устаревшие западные организационные формы, поэтому цифровизацию не следует считать делом исклю-

чительно ИТ. Нужен новый, более широкий взгляд на собственную деятельность, чтобы можно было увидеть всю цепь создания ценности и стоимости товаров, продукции и услуг, дополнить технические аспекты развития экономическими. Нужно увидеть по-новому предмет автоматизации, создать основу для применения сквозных цифровых технологий и снять препятствия для привлечения частных инвестиций. Только тогда можно говорить о цифровой экономике.

## КОРПОРАТИВНЫЙ СКВОЗНОЙ ИНФРАСТРУКТУРНЫЙ ЦИКЛ

Кризисные явления в экономике сдерживают градостроительные и инфраструктурные преобразования в развивающихся странах, а развитые имеют трудности с содержанием созданной инфраструктуры. Поскольку правительства все чаще обращаются к частным инвесторам с просьбой профинансировать инфраструктурные проекты, максимальная ясность и партнерские отношения имеют решающее значение. Большая часть традиционной непрозрачности вокруг жизненных циклов инвестиционных проектов проистекает из того факта, что обычный расчет на государственное финансирование не настраивает на оптимизацию отношений с частным сектором, выстраивание эффективных бизнес-моделей управления совместными проектами.

Изучение мирового опыта показывает, что масштабы использования и области применения государственно-частного партнерства (ГЧП) с каждым годом расширяются, появляются всё новые формы сотрудничества государства и частного сектора, создаются условия для инновационного развития экономики. В табл. 1 приведены наиболее распространенные механизмы ГЧП [3].

Существует взаимосвязь между уровнем развития страны и отраслью, которая выбирается для привлечения в нее инвестиций на основе ГЧП. В развитых странах на первом месте — ГЧП в здравоохранении, на втором — в образовании, на третьем — в строительстве и содержании автодорог. В развивающихся странах частный сектор наиболее активно финансирует по модели «концессия» инфраструктуру энергетической отрасли, транспорт, водоснабжение, телекоммуникации и системы трубопроводов. Особое внимание уделяется обеспечению четких и надежных сроков осуществления планирования, финансирования и исполнения инфраструктурных проектов.

В России как нигде актуальна задача развития ГЧП. Однако в российской практике получается, что инвестиционный цикл заканчивается сдачей объекта в эксплуатацию. Такое положение не устраивает частного инвестора. Для него инвестиционный цикл не может заканчиваться созданием объекта. Срок возврата инвестиций радикально зависит от успешности последующей эксплуатационной фазы. Для привлечения частного капитала в рамках ГЧП необходимо связать финансирование, правовое обеспечение и «физику» объекта по всему жизненному циклу. Задача менеджмента — контролировать синхронизацию этих циклов. Физическое состояние объекта не должно отставать от финансирования или опережать правовое обеспечение. Названия этапов отражают «физическое» состояние объекта.

Сегодня для предприятий энергетической отрасли характерно деление на инвестиционный и операционный циклы, что отражает практику финансирования. Инвестиционный цикл имеет следующие фазы:

- оценка инвестиционной привлекательности;
- проектирование;
- строительство или реконструкция;
- эксплуатация;
- утилизация.

На рис. 1 изображена схема трех основных составляющих инвестиционного цикла и операционный цикл сетевого объекта. Существует ряд других циклов: цикл отношений с потребителем; цикл контроля качества электроэнергии; координационный цикл с действующей инфраструктурой и проч.

## ОБОБЩЕННАЯ СХЕМА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТА ИНФРАСТРУКТУРЫ

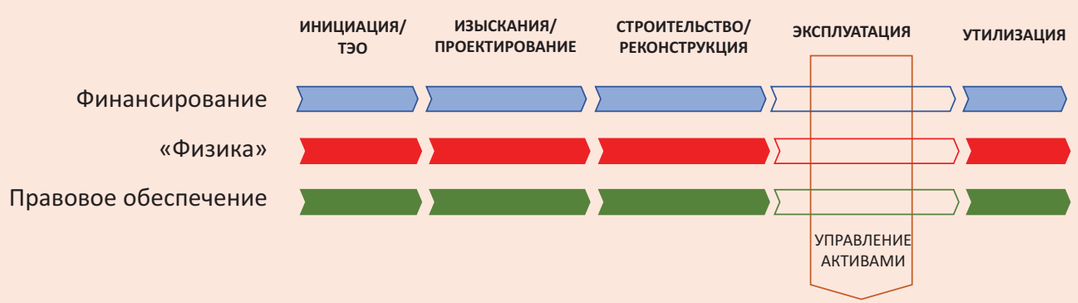


Рис. 1



## НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫЕ МЕХАНИЗМЫ ГЧП

| Название ГЧП | Комментарий |
|---|---|
| 1. BBO (Buy, Build, Operate — приобретение — строительство — эксплуатация/управление) | Механизм предусматривает передачу государственного имущества частной компании на условиях контракта, согласно которому имущество должно быть модернизировано и эксплуатироваться определенный период времени. При этом государственный контроль осуществляется на протяжении действия всего контракта о передаче имущества |
| 2. BOT (Build, Operate, Transfer — строительство — эксплуатация/управление — передача) | Этот механизм используется главным образом в концессиях. Инфраструктурный объект создается за счет концессионера, который после завершения строительства получает право эксплуатации сооруженного объекта в течение срока, достаточного для окупаемости вложенных средств. По его истечении объект передается государству. Концессионер получает правомочие использования, но не владения объектом, собственником которого является государство |
| 3. BOOT (Build, Own, Operate, Transfer — строительство — владение — эксплуатация/управление — передача) | В этом случае частный партнер получает правомочие не только пользования, но и владения объектом в течение срока действия соглашения, после чего он передается государству |
| 4. BTO (Build, Transfer, Operate — строительство — передача — эксплуатация/управление) | Этот механизм предполагает передачу объекта государству сразу по завершении строительства. Затем он поступает в пользование частного партнера, но без перехода к нему права владения |
| 5. BOO (Build, Own, Operate — строительство — владение — эксплуатация/управление) | В этом случае созданный объект по истечении срока действия соглашения не передается публичной власти, а остается в распоряжении инвестора |
| 6. BOMT (Build, Operate, Maintain, Transfer — строительство — эксплуатация/управление — обслуживание — передача) | Здесь акцент делается на ответственности частного партнера за содержание и текущий ремонт сооруженных им инфраструктурных объектов |
| 7. DBOOT (Design, Build, Own, Operate, Transfer — проектирование — строительство — владение — эксплуатация/управление — передача) | Особенность соглашений этого типа состоит в ответственности частного партнера не только за строительство инфраструктурного объекта, но и за его проектирование |
| 8. DBFO (Design, Build, Finance, Operate — проектирование — строительство — финансирование — эксплуатация/управление) | Компания частного сектора проектирует, строит, финансирует и эксплуатирует новое сооружение на основе и в период долгосрочной аренды, при этом специально оговаривается ответственность частного партнера за возврат нового сооружения государству по истечении аренды |
| 9. BLOT (Build, Lease, Operate, Transfer — строительство — аренда — эксплуатация/управление — передача) | В данном случае компания частного сектора получает франшизу на финансирование, проектирование, строительство и эксплуатацию арендуемого сооружения (а также и взимание платы с потребителей услуги) на период аренды, внося арендную плату |
| 10. DB (Design, Build — проектирование — строительство) | Компания частного сектора проектирует и строит объекты инфраструктуры на основе строительного контракта немедленной эксплуатации для удовлетворения запросов государственного сектора на услуги, часто оказываемые по фиксированной стоимости. Таким образом, риск за перерасход средств передается частному сектору. (Многие не рассматривают DB в рамках ГЧП и называют такие отношения контрактами на выполнение государственного заказа) |
| 11. O&M (Operation & Maintenance — контракт на эксплуатацию и обслуживание) | Данный механизм предусматривает, что частная компания в соответствии с условиями контракта эксплуатирует определенный период времени имущество, принадлежащее государству. (Многие не склонны рассматривать такую модель как ГЧП и называют подобные контракты сервисными, или контрактами на обслуживание) |
| 12. Право на эксплуатацию (OperationLicense) | В этом случае частный оператор получает право (лицензию) на производство и предоставление общественной услуги, как правило, на определенный период. Такая модель часто используется в проектах по информационным технологиям |

Таблица 1

## ОБОБЩЕННЫЙ ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ СОЗДАНИЯ И СОДЕРЖАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

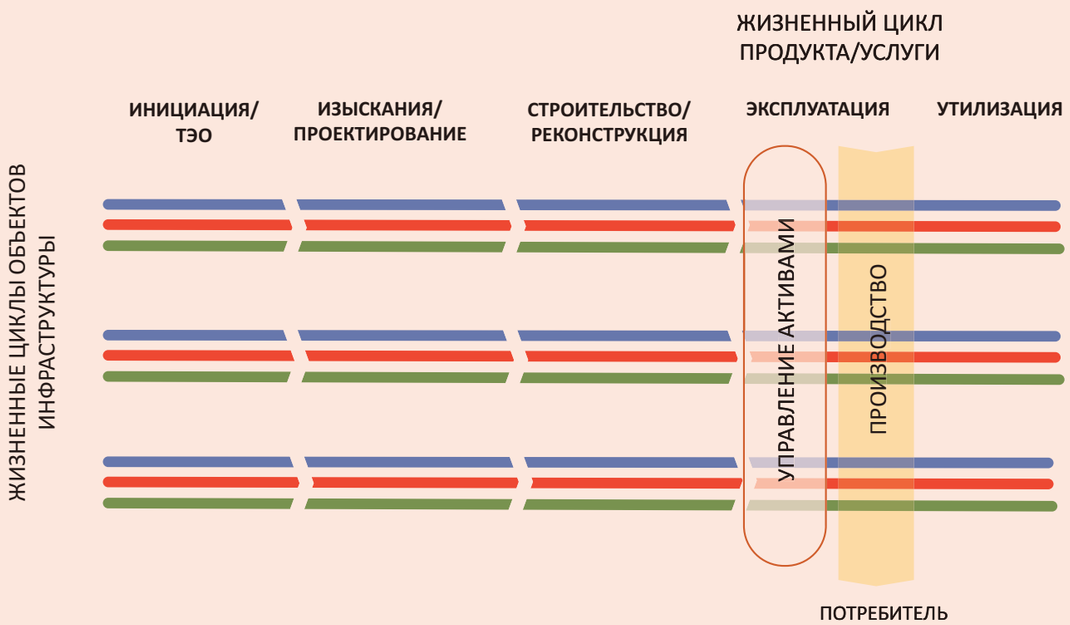


Рис. 2

## СПИРАЛЬ СМЕНЫ ПРЕИМУЩЕСТВЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ

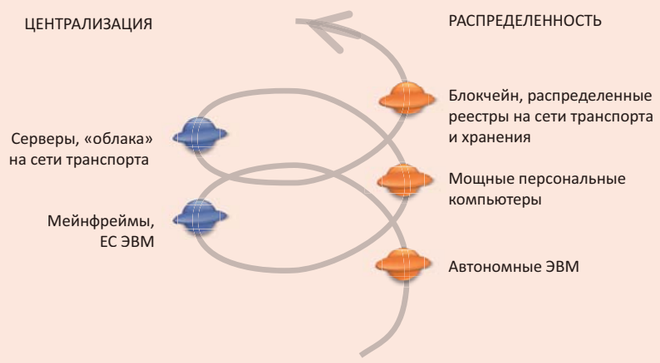


Рис. 3

На этапе эксплуатации объект становится элементом инфраструктуры, возникает управление активами в технологическом, диспетчерском и экономическом планах. По мере эксплуатации принимается решение о реконструкции объекта либо его утилизации. Любое из этих решений возвращает нас к обоснованию инвестиций и расчету ТЭО. На этапе эксплуатации сохраняются те же аспекты: права на объект могут быть переданы другой организации, физическое состояние изменяется за счет выполнения ТОиР, финансирование идет из операционного бюджета и т.д.

В статье «Фазы и этапы промышленного инвестиционного цикла» Владимир Дьяченко констатирует,



что обоснование инвестиций — наиболее закрытая часть, он предлагает более полную детализацию [4]. В итоге получается 7 фаз, но эти предложения не решают главной проблемы — завершение инвестиционного цикла передачей объекта в эксплуатацию. Цифровизация открывает перспективу решения этой проблемы, но требует предварительной модернизации процессов. Следует сделать сквозным предмет автоматизации.

Предлагается ввести два сквозных цикла: инфраструктурный и производственный. Инфраструктурный цикл — это сквозной цикл строительства и содержания объектов инфраструктуры, требуемой для создания продукта / оказания услуги. Производственный цикл должен опираться на управление активами и сделать информационный обмен абсолютно прозрачным, что позволит удовлетворить современные требования потребителя. Управление активами включает аспекты технологического, диспетчерско-технологического и экономического управления.

На рис. 2 представлены два цикла: цикл создания и поддержания инфраструктуры и цикл оказания услуг и производства продукта.

## КОРПОРАТИВНЫЙ СКВОЗНОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦИКЛ

Одной из главных задач внутри корпораций в ближайшем будущем станет конвергенция производственных операций, учета и управления. В западной терминологии закрепился термин «интеграция операционных и информационных технологий». Сетевые компании исторически развивали и управляли операционными технологиями (ОТ) и информационными технологиями (ИТ) как двумя различными областями, поддерживая отдельные технологические стеки, протоколы, стандарты, модели управления и организационные подразделения. С годами ОТ приняли методы, широко применяемые в ИТ. В среде производственных операций замена аналоговых устройств на цифровые стала уже нормой. Цифровые компоненты требуют конфигурации, управления коммуникациями и обслуживания. В результате базовая технология ОТ-систем, охватывающая платформы, программное обеспечение, безопасность и коммуникации, теперь напоминает ИТ-системы намного больше, чем в прошлом.

Общие стандарты и платформы для ИТ и ОТ могут упростить управление активами и предложить целостное видение. Объединение данных корпоративного масштаба позволит обеспечить целостный мониторинг, планирование и анализ производительности, что облегчит мониторинг и принятие адекватных решений «на лету». Успешная интеграция этих далеких областей обещает значительные преимущества, в частности, повышение производительности и гибкости, удовлетворенность клиентов, эффективность принятия решений и оптимизация бизнес-процессов, снижение рисков и затрат. Полноценная интеграция ИТ и ОТ дает возможность выбрать среди технически возможных решений наиболее экономически целесообразный вариант. Сквозная цепочка создания стоимости позволит интегрировать системы информационных технологий и операционных технологий и конвертировать доступ к данным в реальном времени. Использование систем управления данными об объектах позволяет достичь этой цели, повысить эффективность, минимизировать издержки и обеспечить взаимодействие с клиентами. Управление активами увеличивает рентабельность инвестиций (ROI) и снижает общую стоимость владения (TCO).

Проблема синхронизации процессов финансирования, правового обеспечения и физического продвижения объекта может быть решена как система распределенного реестра и смарт-контрактов между участниками проекта.

## НОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ — БЛОКЧЕЙН И СМАРТ-КОНТРАКТЫ

Крупные мировые компании нередко вводят новый термин и зарабатывают на нем. Блокчейн — пример такого нового термина, который отражает очередной период «маятника» ИТ-архитектур. Примерно за 15 лет происходит смена приоритета преимущественного варианта ИТ-решений от распределенной архитектуры к централизованной и наоборот. На смену разрозненным компьютерам 1970-х гг. пришли мейнфреймы и ЕС ЭВМ; с появлением мощных персональных компьютеров всем стало ясно, что в условиях неустойчивой связи распределенная система более устойчива; потом возник период жесткой централизации; теперь появились распределенные реестры (блокчейн). Банкиры превозносят эту технологию потому, что именно ее свойства им сегодня необходимы. Подразделения блокчейн появились в Сбербанке и Внешэкономбанке. На рис. 3 приведена схема смены приоритетов в ИТ-решениях.

Блокчейн — защита транзакционного учета от изменений. Хотя эта технология ассоциируется с криптовалютой, она имеет перспективу

применения и в промышленности. Главная часть блокчейна — это сама структура, цепочки данных, где каждый следующий блок данных связан с предыдущим таким образом, что историю невозможно изменить. Однако, вопреки публичному мнению, существующие системы на основе технологии блокчейна не гарантируют сохранности данных. Вторая существенная часть блокчейна — алгоритм консенсуса. Эта часть позволила создать децентрализованную систему, которая и воплотилась в биткоине. Блокчейн является неким ответом на проблему доверия, в отличие от традиционных баз данных, которые поддерживаются и хранятся в одном месте. Проблема доверия собранным данным или их интерпретации актуальна и для производства. По сути, единственное прорывное движение, которое совершил биткоин, — это децентрализация, когда нет единого центра, которому все вынуждены доверять. В итоге от элементарных функций смены правообладателя и хранения данных перешли к распределенному вычислению, которое выполняется независимо и децентрализовано. Фактически это смена концепции и парадигмы развития.

Сегодня важным шагом в технологическом развитии стали используемые в блокчейне смарт-контракты. Условия контракта записываются в виде программного текста, уменьшая разночтения и двусмысленности, что радикально снижает транзакционные издержки. Смарт-контракты позволяют значительно повысить уровень автоматизации, например, сделать расчеты за услуги ежедневными. На сегодня только на платформе Эфириум (Ethereum) смарт-контракты имеют статус тьюринг-полных. Это подразумевает, что теоретически может быть выполнен абсолютно любой программный код, но это создает и некие опасности для стабильности. Применение Эфириума до сих пор находится на уровне прототипа, но он показывает возможности смарт-контрактов. Однако сейчас использование смарт-контрактов упирается в организационные, административные и юридические трудности.

# ОТРАСЛЕВАЯ ЦИФРОВИЗАЦИЯ

## НОВЫЕ ЗАДАЧИ ОТРАСЛИ

В Программе инновационного развития ПАО «Россети» [5] мировым трендом развития инновационных технологий в области электрических сетей считается создание «умной» сети (Smart Grid). Инновационные проекты и мероприятия ПАО «Россети» направлены на создание электрической сети нового технологического уклада. Среди рассматриваемых приоритетных инновационных технологий можно отметить:

- интеллектуальные системы учета электроэнергии и повышение качества обслуживания потребителей;
- внедрение современных систем автоматизации и сетевой автоматики;
- развитие и интеграция распределенной генерации, в том числе возобновляемые источники электроэнергии (ВИЭ);
- цифровые подстанции (на открытых стандартах IEC (МЭК) 61850);
- технологии компенсации реактивной мощности;
- электромобили и инфраструктура их зарядки;
- системы сетевого накопления энергии.

Целью Программы инновационного развития является переход к электрической сети нового технологического уклада с качественно новыми характеристиками надежности, эффективности, доступности, управляемости и клиентоориентированности электросетевого комплекса России в целом.

Можно ли будет результат реализации этих планов назвать созданием электрической сети нового технологического уклада? На наш взгляд, нужны более радикальные трансформации.

В электроэнергетике производственный цикл состоит из четырех основных фаз, затрагивающих генерацию, трансмиссию, дистрибуцию и сбыт электроэнергии. Несмотря на то что на каждом предприятии свои циклы, они образуют сквозной потребительский цикл продукта / услуги. Потребительский цикл должен пронизать инфраструктуру цикла этих предприятий и сделать информационный обмен абсолютно прозрачным, что позволит удовлетворить современные требования потребителя. Для отрасли схема выглядит так, как показано на рис. 4.

В дополнение к традиционным задачам электросетевой отрасли — надежности, наблюдаемости сети, качества услуг и электроэнергии Давосский форум [6] — поставил новые: декарбонизация и децентрализация. ВИЭ и электромобили являются ключевыми технологиями декарбонизации. Ожидается, что они будут широко распространены и одновременно разрушительны для традиционного бизнеса электроэнергетической отрасли. Как ВИЭ, так и массово используемые электромобили подразумевают, что электрическая система должна быть намного более гибкой, чем раньше. Цифровизация здесь неизбежна. Эффективность использования активов электроэнергетической отрасли может в значительной степени быть улучшена за счет появления инновационных подходов. Однако повышение доли «зеленой» энергии несет риски потери устойчивости энергетической системы.



## ПЕРЕСЕЧЕНИЕ СКВОЗНОГО ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО ЦИКЛА НЕСКОЛЬКИХ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ЦИКЛОВ ГЕНЕРАЦИИ, ТРАНСМИССИИ, ДИСТРИБУЦИИ И РОЗНИЧНОЙ ПРОДАЖИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

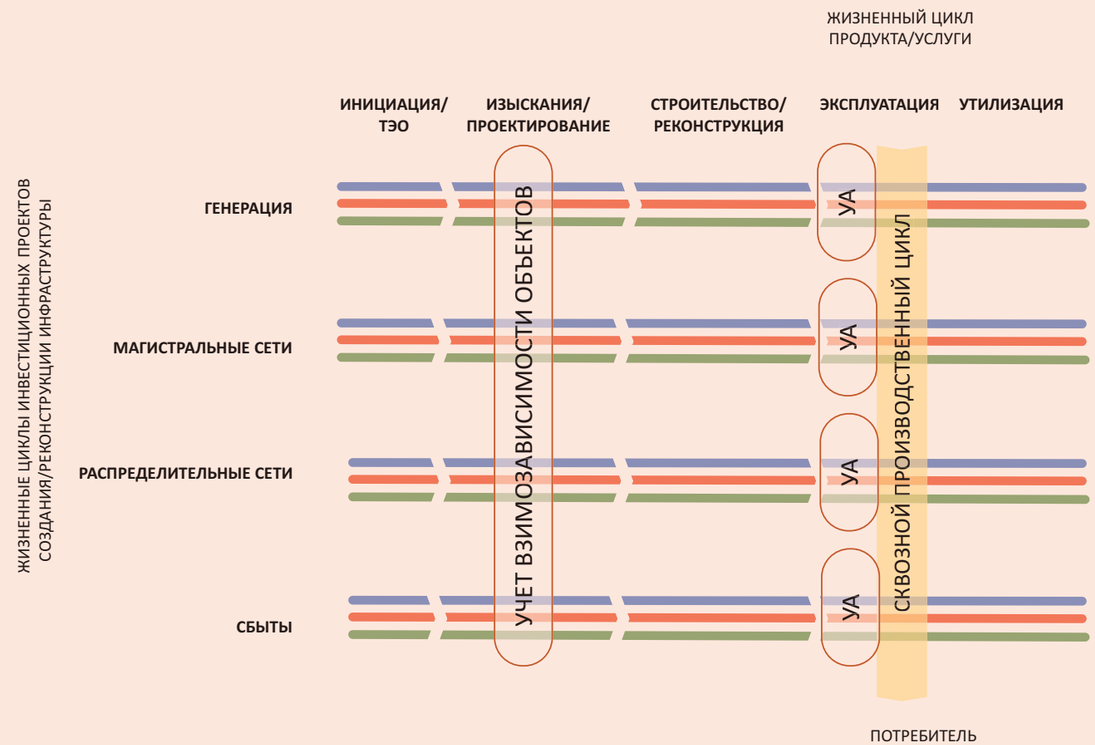


Рис. 4

Например, французы сетуют [7], что увлеченность немцев, отказавшихся от АЭС, «зеленой» энергией вызывает нестабильность нагрузки французских АЭС. В соседних Германии и Дании то недостаточно солнца, то ветра нет, а в итоге меняется нагрузка на французские АЭС.

Децентрализация поддержана существующими тарифами, локальная генерация становится выгодной. Еще больше децентрализация подразумевает новую роль для электроэнергетической сети, которая становится платформой, позволяющей создавать новые бизнес-модели. В данном контексте клиенты ожидают взаимодействия в режиме реального времени, при котором требуется постоянное управление всеми энергоресурсами на всех уровнях напряжения. Все это подразумевает необходимость обеспечения высокой координации между магистральными и распределительными сетями, которые могут быть достигнуты за счет использования цифровых технологий. Локальная генерация и ВИЭ усложнят этот набор, в итоге появятся новые игроки.

Развитие цифровизации изменяет структуру потребления и взаимодействия с потребителями. Наблюдается переход от владения активом к готовности просто иметь к нему доступ через аренду или схожие инструменты. Потребители переносят полученный в других отраслях опыт на электроэнергетику и ожидают

## ОБОБЩЕННАЯ СХЕМА ИНФРАСТРУКТУРНОГО ЦИКЛА И ЕДИНОГО ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО ЦИКЛА СЕТИ ИНФРАСТРУКТУРЫ

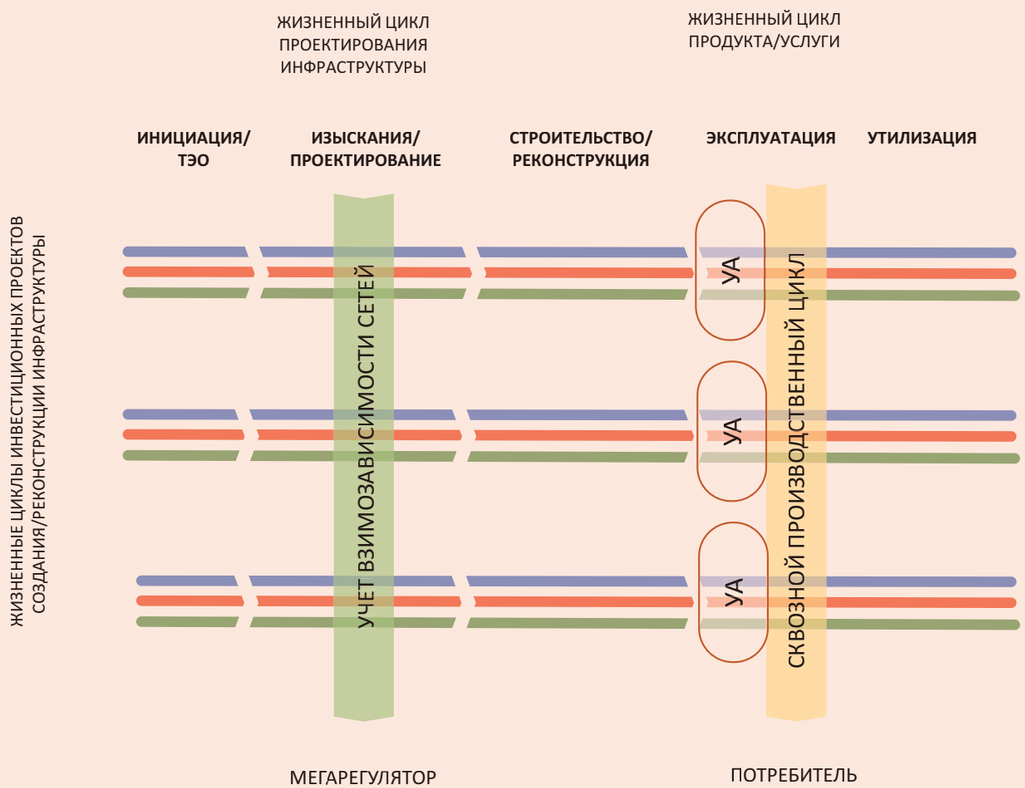


Рис. 5

того же уровня сервиса. Заявленная ПАО «Россети» клиентоориентированность должна наполниться новым содержанием. Цифровой диалог необходим обеим сторонам — и сетям электроснабжения, и потребителям.

### ЦИФРОВИЗАЦИЯ ТРЕБУЕТ СТРАТЕГИИ

Владелец электросети и потребитель решают свои прагматические задачи. Интересы в чем-то совпадают, но в чем-то буквально противоположны. Понятие Smart Grid (или, как принято у нас называть, активно-адаптивная сеть) должно быть дополнено интересами потребителя — Smart Utility. Следует задуматься, как изменится рынок электроэнергии, когда цифровизация достигнет высокого уровня? Что будет с владельцем электросетевой инфраструктуры, когда агрегаторы предложат потребителям умные системы, в реальном времени выбирающие более экономичный вариант получения электроэнергии: от газовой генерации, ВИЭ или сетевого ресурса? Когда предложат автоматический ежедневный расчет и, соответственно, сниженный тариф за потребленную энергию?

В 1992 г. Конгресс США принял закон о национальной энергетической политике. Согласно ему, единая энергосистема делилась на отдельные компании по трем группам: генерирующие, передающие и распределительные. Предполагалось,



что новые игроки начнут конкурировать друг с другом, что приведет к снижению цен и росту инвестиций. На практике крупные потребители в поисках дешевой энергии нередко обращались на удаленные электростанции. В результате нагрузка на магистральные сети значительно возросла, усложнились маршруты передачи энергии от производителя потребителю. Побочным эффектом таких перегрузок стал феномен под названием «островизация» (islanding) сети: из-за перегрузки энергосистемы появлялись барьеры, которые делили ее на отдельные секторы, или «острова», энергообмен между которыми оказывался невозможным. После «разбора полетов» аналитики заговорили о необходимости возврата к централизованной, вертикально интегрированной структуре, а страны, собравшиеся было проводить реформы по американскому сценарию, отложили их на неопределенное время.

В условиях цифровизации традиционные формы ведения дел значительно проигрывают новым формам. Здесь целесообразно привести пример из другой области, перспективы которого довольно прозрачны. UBER собрал платформу, наладил сквозной информационный обмен по всему жизненному циклу. Однако UBER в высокой степени использует несовершенство старых норм в новых условиях и эффективен, пока есть владельцы автомобилей. Главное, именно UBER проводит испытания беспилотных транспортных средств и оттесняет традиционных инвесторов таксопарков. Выигрыш сопровождается рисками, что его получит не инвестор, а предприимчивый агрегатор. Сегодня мировые тренды отражают необходимость серьезной реформы рыночного капитализма. Наряду с движением волонтеров, свободным программным обеспечением, организация бесприбыльного производства становится все более актуальной.

## МЕЖОТРАСЛЕВАЯ ЦИФРОВИЗАЦИЯ

Национальная экономика и благосостояние граждан зависят от непрерывного и надежного функционирования инфраструктурных сетей. Инфраструктурная сеть — это сеть антропогенных систем и процессов, которые функционируют совместно и производят и распределяют непрерывный поток товаров и услуг. Те из инфраструктурных сетей, чья неработоспособность или разрушение оказывают существенное воздействие на оборону и экономическую безопасность, относятся к критическим. Высокая значимость ИТ в области управления критической инфраструктурой выражена понятием критической информационной инфраструктуры (КИИ).

В последние годы растет понимание того, что взаимозависимости между сетями инфраструктуры имеют значительные экономические, технические и технологические последствия, которые могут повлиять на их отказоустойчивость, производительность и эффективность. Чтобы охватить различные типы взаимозависимостей инфраструктуры и включить их в процессы принятия решений, необходимо рассматривать совокупность инфраструктурных сетей и их взаимную зависимость. Существует необходимость адаптации и модернизации физической инфраструктуры при помощи новых технологий. Современная большая взаимозависимость между разными инфраструктурными сетями может привести к увеличению вероятности того, что отказ такой системы или ошибка в ней приведет к эффекту домино и непредсказуемым образом повлияет на общество. В мировой практике появились работы, описывающие «развал» сетевой инфраструктуры на анкла-

В Российской Федерации к субъектам критической информационной инфраструктуры относятся: государственные органы, государственные учреждения, российские юридические лица и (или) индивидуальные предприниматели, которым на праве собственности, аренды или на ином законном основании принадлежат информационные системы, информационно-телекоммуникационные сети, автоматизированные системы управления, функционирующие в сфере здравоохранения, науки, транспорта, связи, энергетики, банковской и иных сферах финансового рынка, топливно-энергетического комплекса, в области атомной энергии, оборонной, ракетно-космической, горнодобывающей, металлургической и химической промышленности, российские юридические лица и (или) индивидуальные предприниматели, которые обеспечивают взаимодействие указанных систем или сетей.

Национальная экономика и благосостояние граждан зависят от непрерывного и надежного функционирования инфраструктурных сетей. Инфраструктурная сеть — это сеть антропогенных систем и процессов, которые функционируют совместно и производят и распределяют непрерывный поток товаров и услуг. Те из инфраструктурных сетей, чья неработоспособность или разрушение оказывают существенное воздействие на оборону и экономическую безопасность, относятся к критическим. Высокое значение ИТ в области управления критической инфраструктурой выражено понятием критической информационной инфраструктуры.

вы в результате серьезной аварии на другой инфраструктурной сети, например, сети водоснабжения при аварии в электросети. В каждой отрасли появляется возможность проводить более согласованное проектирование, как показано на рис. 5 на с. 58.

Современные общества становятся все более зависимыми от критической инфраструктуры предоставления основных услуг. Качество взаимодействия и координации на разных уровнях повышают их общую производительность. Объективное повышение взаимозависимости между КИИ увеличивают потенциал каскадных сбоев и усиливают влияние аварий как крупного, так и малого масштаба. В целях поддержки планирования, технического обслуживания и принятия решений в чрезвычайных ситуациях моделирование и симуляция взаимозависимостей в КИИ в последнее время стали одной из ключевых областей исследований. Цифровизация экономики открывает возможность учитывать взаимозависимость инфраструктурных сетей при проектировании. На рис. 6 предложена схема координации развития сетей инфраструктуры. Роль мегарегулятора может выполнять координирующий орган либо закон.

В современных зарубежных работах рассматриваются пары сетей, например, сеть электроснабжения и сеть газоснабжения или электроснабжения и связи, электроснабжения и водоснабжения и т.д. [8, 9]. Однако есть работы, объединяющие концепцию многоуровневой инфраструктуры, техническую и экономическую стороны. Такая модель описывает эволюцию взаимозависимостей инфраструктуры и взаимодействия между различными системами посредством динамических параметров, которые связывают разные периоды времени. Проводится анализ чувствительности модели к различным параметрам и способности формулировать и решать практические задачи, такие как каскадные сбои, аварийное восстановление и распределение бюджета в динамическом режиме. Чтобы понять реакцию взаимозависимых КИИ на различные опасности и улучшить их защиту, предложено множество подходов к моделированию и имитации для определения эффективных мер по предотвращению и пресечению последствий. Существующие подходы объединяются в шесть типов:

1. эмпирические подходы;
2. подходы, основанные на агентах;

## КООРДИНАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ СЕТЕЙ СНИЖАЕТ РИСКИ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ИХ ВЗАИМОЗАВИСИМОСТЬЮ

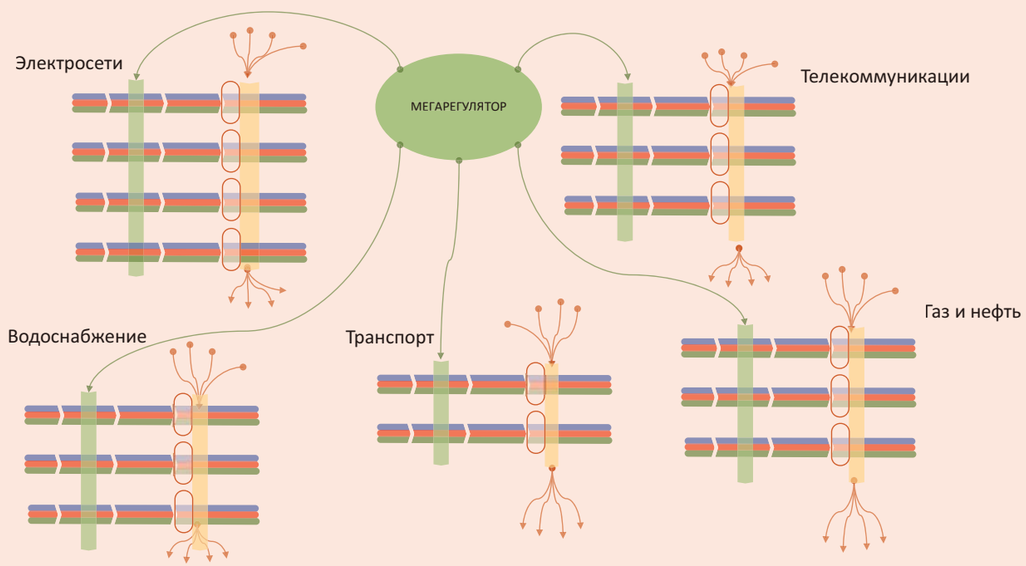


Рис. 6



3. подходы, основанные на системной динамике;
4. подходы, основанные на экономической теории;
5. сетевые подходы;
6. прочие подходы.

Различные исследования для каждого типа подходов классифицируются и рассматриваются с точки зрения основополагающих принципов, таких как объект исследований, обоснование моделирования и метод анализа; затем различные типы подходов сравниваются по критерию устойчивости. Статья исследователя из Хуачжунского университета науки и технологии Мин Оянга (Min Ouyang) «Обзор моделирования и имитации взаимозависимой критической инфраструктуры» [10] описывает современные достижения в этой области. Взаимозависимость инфраструктурных сетей становится ключевым фактором оценки уязвимости технических инфраструктур. Сбои в инфраструктуре одного типа часто пересекаются с другими зависимыми инфраструктурами и возможно даже их опосредованное обратное воздействие на инфраструктуру, в которой произошел сбой.

В контексте цифровизации экономики станет возможным новый уровень информационного обмена между отраслями. Это даст дополнительный импульс анализу взаимозависимости инфраструктурных сетей и их сбалансированному проектированию. Важно, что КИИ не автономны, а сильно взаимосвязаны и взаимозависимы. Например, водопроводные и телекоммуникационные системы нуждаются в стабильной поставке электрической энергии для поддержания нормальной работы, в то время как электроэнергетические системы требуют предоставления воды и различных телекоммуникационных услуг для производства и поставки электроэнергии. Небольшие аварии в одной КИИ могут распространиться на другие КИИ и привести к катастрофическому событию, в значительной степени влияя на экономику и жизнь людей.

В настоящей статье упор сделан на электроэнергетической сети, однако соображения в высокой степени относятся к сетям водоснабжения, транспорта и связи, а также к трубопроводным. Единая цифровая платформа страны смогла бы обеспечить не только интеграцию интересов бизнес-структур, но и лечь в основу реформы госуправления.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цифровые преобразования уже оказали сильное влияние на глобальный бизнес. Современные ИТ стали фактором предельной эффективности, и игнорировать этот факт — значит, обрекать себя на роль аутсайдера. Принятие программы «Цифровая экономика Российской Федерации» следует понимать как желание активизировать существующие тенденции.

Гиперсвязность данных открыла возможности для устранения фрагментации управления на корпоративном, отраслевом и межотраслевом уровнях. Развитие цифровизации изменяет структуру потребления и взаимодействия с потребителями, стимулирует переход от владения активом к готовности просто иметь к нему доступ. Агрегаторы могут предложить потребителю новые условия «умности», когда будет делаться экономически оправданный вывод об использовании электросети, автономной генерации или ВИЭ. Поэтому наряду с цифровизацией владельцам инфраструктуры необходимо озаботиться проблемами децентрализации и альянсов энергетических инфраструктур. Это даст дополнительный импульс анализу взаимозависимости инфраструктурных сетей и их сбалансированному проектированию, лучше станет видна взаимозависимость инфраструктурных сетей, необходимость координации их развития. Стратегия цифровизации должна быть хорошо продумана, продолжать заниматься точечными улучшениями процессов становится опасно.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [Интернет-ресурс] URL: http://government.ru/docs/28653/.
2. Песков Д. АСИ: технологический прорыв требует развития управленческих навыков и правовых форм. [Интернет-ресурс] URL: https://tass.ru/ekonomika/5016307.
3. Борщевский Г. Государственно-частное партнерство. М.: Юрайт, 2015.
4. Дьяченко В. Фазы и этапы промышленного инвестиционного цикла // Главный инженер. 2014. № 11.
5. Программа инновационного развития ПАО «Россети» на период 2016–2020 гг. с перспективой до 2025 г. [Интернет-ресурс] URL: https://www.rosseti.ru/investment/policy_innovation_development/doc/innovation_program.pdf.
6. Ежегодное собрание Всемирного экономического форума, 21–24 января 2015, Давос-Клостерс, Швейцария. [Интернет-ресурс] URL: https://www.weforum.org/centre-for-the-fourth-industrial-revolution/.
7. Ле Флош-Прижан Л. Энергетический курс Европы — фиаско. [Интернет-ресурс] URL: https://inosmi.ru/economic/20180214/241464377.html.
8. Bobbio A., Bonanni G., Ciancamerla E., Clemente R., Lacomini A., Minichino M. et al. Unavailability of critical SCADA communication links interconnecting a power grid and a telco network // Reliability Engineering and System Safety. 2010. No. 95. Pp. 1345–1357.
9. Chou C.C., Tseng S.M. Collection and analysis of critical infrastructure inter-dependency relationships // Journal of Computing in Civil Engineering. 2010. No. 24 (6). Pp. 539–547.
10. Ouyang M. Review on modeling and simulation of interdependent critical infrastructure systems // Reliability Engineering and System Safety. 2014. No. 121.