

УДК 338.28

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТОВ РАЗЛИЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

**С.Н. Ельцов, А.Т. Волков**

Российская государственная академия интеллектуальной собственности, Москва

**Аннотация.** В статье анализируются направления инновационного развития электроэнергетики и их взаимосвязь с прямыми измеряемыми и интегральными экономическими эффектами, определяющими результативность функционирования отрасли. Рассмотрены типы инноваций, что позволяет выявить их структурное влияние на техническое состояние инфраструктуры и экономику компаний. На основании типологии выделены ключевые направления инновационного развития в электроэнергетике: цифровая трансформация управления сетевым комплексом; повышение надёжности и живучести сетей; новые материалы и технологии оборудования; интеллектуальные системы учёта и управления энергопотреблением; экологическая и энергоэффективная модернизация; управление активами и техническое обслуживание; инновации в организации и управлении; институциональные и нормативные инновации; инновации в области человеческого капитала и знаний. Проанализирована система прямых и интегральных эффектов. В статье предложена авторская концептуальная модель, отражающая взаимосвязь девяти направлений инновационного развития с техническими, технологическими, организационными и институциональными параметрами воздействия, что позволяет представить инновационную деятельность электроэнергетики как многомерную систему взаимодействующих элементов. Научная новизна исследования заключается в интеграции классификационных оснований инноваций и системы эффектов, что формирует методическую основу для последующей оценки экономической эффективности инновационной деятельности в отрасли.

**Ключевые слова:** инновации в электроэнергетике, типология инноваций, прямые измеряемые эффекты, интегральные экономические эффекты, концептуальная модель.

## DETERMINING THE EFFECTS OF VARIOUS DIRECTIONS OF INNOVATIVE DEVELOPMENT IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

**S.N. Yeltsov, A.T. Volkov**

Russian State Academy of Intellectual Property, Moscow

**Abstract.** The article analyzes the directions of innovative development of the electric power industry and their relationship with direct measurable and integral economic effects that determine the effectiveness of the industry. The types of innovations are considered, which makes it possible to identify their structural impact on the technical condition of the infrastructure and the economy of companies. Based on the typology, the key directions of innovative development in the electric power industry are identified: digital transformation of grid complex management; improvement of reliability and survivability of networks; new materials and equipment technologies; intelligent energy accounting and management systems; environmental and energy efficient modernization; asset management and maintenance; organizational and management innovations; institutional and regulatory innovations; innovations in human capital and knowledge. The system of direct and integral effects is analyzed. The article offers the author's conceptual model reflecting the interrelation of nine directions of innovative development with technical, technological, organizational and institutional impact parameters, which makes it possible to present the innovative activity of the electric power industry as a multidimensional system of interacting elements. The scientific novelty of the research lies in the integration of the classification bases of innovations and the system of effects, which forms the methodological basis for the subsequent assessment of the economic efficiency of innovation in the industry.

**Keywords:** innovations in the electric power industry, typology of innovations, direct measurable effects, integral economic effects, the conceptual model.

Дата поступления статьи в редакцию: 15.01.2026

Дата принятия статьи в печать: 20.02.2026

### **Введение**

В условиях нарастающего мирового спроса на электроэнергию, когда в 2024 году мировое потребление электричества выросло на 4,3 % по сравнению с предыдущим годом [13], отрасль электроэнергетики переживает фазу глубокой трансформации. Вместе с тем усиливаются требования к эффективности эксплуатации сетей, снижению операционных расходов компаний и увеличению надёжности поставок.

В этих условиях инновации обуславливают технологические и структурные изменения в функционировании энергосистем. Так, например, в России широкое распространение получают цифровые решения, интеллектуальные сети (Smart Grid), системы мониторинга и анализа данных [15]. В таких условиях необходимо развивать методику, позволяющую согласовать тип инновации и ожидаемый эффект, выраженный как в технических, так и в экономических показателях [3]. Поскольку инновации могут проявляться в виде новых технологий, новых процессов и новых подходов к управлению и организации, важно чётко выделить типологию и классификацию инноваций, а также связать их с конкретными эффектами.

### **Цель исследования**

Целью статьи является типология и классификация инноваций в электроэнергетике.

### **Результаты исследования**

Основываясь на данных научной литературы [5-6], [8-9], [13-14], [17], все инновации в электроэнергетике можно типологически разделить на 2 группы: инновации, обусловленные изменением технологий, и инновации, обусловленные изменением рынка. В общем можно выделить следующие типы инновации в электроэнергетике:

1. Продуктовые инновации. Продуктовые инновации представляют собой создание или обновление оборудования и цифровых решений, изменяющее технические параметры надёжности, качества и безопасности поставки электроэнергии в логике Oslo Manual [17].

2. Инновации бизнес-процессов. Инновации бизнес-процессов связаны с преобразованием организационных процедур и цифровизацией управления, что влияет на технико-экономические показатели деятельности энергокомпаний [13].

3. Технологические инновации. Технологические инновации отражают внедрение новых технологий производства, передачи и потребления электроэнергии, влияющее на потери, эффективность потребления ресурсов и структуру затрат [1-3].

4. Процессные инновации. Процессные инновации направлены на обновление технологических операций эксплуатации сетевого комплекса и создание условий для снижения потерь, уменьшения трудоёмкости и повышения качества контроля режимов [7].

5. Управленческие инновации. Управленческие инновации связаны с изменением методов принятия решений и подходов к управлению активами, что приводит к росту производительности управленческого труда и улучшению согласованности стратегических и операционных действий [13].

6. Транзакционные инновации. Транзакционные инновации формируют новые механизмы взаимодействия участников рынка, уменьшают операционные расходы и повышают прозрачность коммерческих процессов в электроэнергетике [7].

7. Институциональные инновации. Институциональные инновации выражаются в изменении регуляторной среды и стимулов, влияющих на структуру рисков, распределение финансовых потоков и мотивацию компаний к внедрению новых технологий [14].

8. Инновации по уровню интеллектуализации. Инновации по уровню интеллектуализации отражают внедрение интеллектуальных систем управления и анализа данных, влияющих на параметры надёжности, качество снабжения и структуру эксплуатационных расходов [12].

9. Смарт-инновации. Смарт-инновации описывают комплекс цифровых и интеллектуальных решений, повышающих экологическую и экономическую результативность энергосистем за счёт интеграции автоматизированных устройств и распределённых сетевых технологий [7].

Основываясь на данной типологии, можно классифицировать инновации в электроэнергетике, выделив основные направления инновационного развития электроэнергетических компаний, а также два вида эффектов: а) прямые измеряемые эффекты (технические и технологические); б) интегральные экономические и эксплуатационные эффекты).

**Направления инновационного развития в электроэнергетике**

Предлагается выделить следующие направления:

1. Цифровая трансформация, которая связывается с использованием автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), автоматизированных систем диспетчерского управления (АСДУ), систем локализации и автоматического восстановления электроснабжения при повреждениях (FLISR – Fault Location, Isolation and Service Restoration), а также систем управления распределительными сетями и ликвидации аварийных ситуаций (DMS/OMS – Distribution Management System / Outage Management System), повышающих наблюдаемость сети, точность диагностики и уровень автоматизации операций, что снижает эксплуатационные затраты и усиливает управление активами [16].

2. Направление повышения надёжности и живучести сетей, которое отражает внедрение цифровых РЗА, WAMS/PMU, сенсоров и самоадаптивных систем, обеспечивающих ускоренное срабатывание защит, рост точности измерений и снижение аварийных отключений [7].

3. Новые материалы и технологии оборудования в форме композитных элементов, HTLS-проводов, наноматериалов и полимерных изоляторов, сокращающие трудоёмкость монтажа, увеличивают ресурс и электробезопасность, уменьшая стоимость жизненного цикла активов [10].

4. Интеллектуальные системы учёта и управления энергопотреблением, включающие автоматизированные системы коммерческого учёта электроэнергии (АСКУЭ), интеллектуальные приборы учёта («умные» счётчики), механизмы управления спросом на электроэнергию (Demand Response) и энергосервисные платформы, обеспечивают рост точности учёта, сокращение потерь энергии и формирование условий для оптимизации баланса спроса и предложения [17].

5. Экологическая и энергоэффективная модернизация в виде накопителей энергии, модулей возобновляемых источников энергии (ВИЭ), компенсаторов реактивной мощности и микрогенерации снижает реактивные потери, повышает коэффициент мощности и уменьшает выбросы CO<sub>2</sub>, что улучшает себестоимость генерируемой энергии [16].

6. Управление активами и техническое обслуживание на базе систем управления активами (AMS – asset management systems), цифровых паспортов, цифровых двойников и предиктивных моделей уменьшает число отказов, которое увеличивает межремонтные интервалы и улучшает прогноз ресурса, обеспечивая более высокую эффективность использования активов [14].

7. Инновации в организации и управлении, представленные центрами управления сетями, фабриками данных и аналитическими платформами бизнес-аналитики (BI – business intelligence), которые ускоряют принятие решений и увеличивают автоматизацию диспетчерских функций, что повышает производительность управленческого труда [12].

8. Наконец, следует выделить институциональные и нормативные инновации, а также инновации человеческого капитала, включая регуляторные песочницы, цифровые стандарты, тарифные стимулы, центры компетенций, образовательные платформы и корпоративные образовательные платформы и тренажёры виртуальной и дополненной реальности (VR/AR – virtual reality / augmented reality), которые ускоряют согласования, повышают окупаемость проектов, улучшают квалификацию персонала и качество эксплуатации инфраструктуры [14].

Таким образом, можно обобщить указанные направления (табл. 1).

Далее можно предложить схему, которая визуализирует соотношение типов и направлений инноваций в электроэнергетике.

В её структуре показано, каким образом технологически обусловленные инновации (продуктовые, процессные, технологические, по уровню интеллектуализации, смарт-инновации) формируют изменения в техническом состоянии инфраструктуры и операционных процессах, тогда как рыночно обусловленные (инновации бизнес-процессов, управленческие, транзакционные, институциональные) связаны с организацией, регулированием и взаимодействием участников рынка (рис. 1).

В таблице 2 также приводится соответствие типа инновации, сферы проявления и наиболее характерных направлений инновационного развития (табл. 2).

Безусловно, данные инновации не могут быть единоразовыми, они носят скорее системный характер, и потому могут проявиться даже за пределами, определёнными Энергетической Стратегией России на период до 2035 года. Как отмечает А. Д. Ляпина, «эффекты от системной трансформации могут проявляться за пределами горизонта планирования» [10]. В этом смысле целесообразно выделить прямые измеряемые эффекты (технические и технологические) и интегральные экономические и эксплуатационные эффекты для каждого направления инновационного развития.

## Направления инновационного развития в электроэнергетике

| Направление  | Содержание   | Тип инновации   |
|--|--|---|
| Цифровая трансформация управления сетевым комплексом           | Совокупность решений, ориентированных на внедрение интеллектуальных систем наблюдения, алгоритмического управления и автоматизированного анализа режимов, изменяющих характер функционирования распределительных и магистральных сетей | Процессные / По уровню интеллектуализации / Смарт-инновации |
| Повышение надёжности и живучести сетей                         | Направление, включающее цифровые средства контроля и адаптивные механизмы функционирования сети, что усиливает способность инфраструктуры поддерживать требуемые режимы при внешних и внутренних возмущениях                           | Технологические / Процессные                                |
| Новые материалы и технологии оборудования                      | Использование инновационных конструкционных материалов и технологических решений, влияющих на ресурсные характеристики элементов системы и условия их эксплуатации   | Продуктовые / Технологические                               |
| Интеллектуальные системы учёта и управления энергопотреблением | Развитие платформ учёта и механизмов управления нагрузкой, обеспечивающих новые формы взаимодействия потребителей и энергосистем   | Продуктовые / Транзакционные / Управленческие               |
| Экологическая и энергоэффективная модернизация                 | Внедрение технологических решений, влияющих на параметры энергоэффективности и экологического профиля функционирования электроэнергетических объектов  | Технологические / Продуктовые                               |
| Управление активами и техническое обслуживание                 | Применение цифровых инструментов прогнозирования состояния оборудования и планирования обслуживания, изменяющих организацию эксплуатации инфраструктуры  | Управленческие / Процессные / По уровню интеллектуализации  |
| Инновации в организации и управлении                           | Развитие структурных и управленческих решений, основанных на анализе данных и автоматизации процессов, влияющих на распределение функций и принятие решений  | Управленческие  |
| Институциональные и нормативные инновации                      | Формирование регуляторных и организационных условий, задающих рамки развития технологических и управленческих нововведений в отрасли   | Институциональные   |
| Инновации в области человеческого капитала и знаний            | Развитие механизмов подготовки и обучения персонала, влияющих на квалификационную структуру и качество выполнения производственных и управленческих функций  | Инновации бизнес-процессов                                  |

Источник: авторская разработка на основе [7], [10], [12-14], [17].

Таблица 2

## Соответствие типа инновации, сферы проявления и наиболее характерных направлений инновационного развития

| Тип                          | Доминирующая сфера                   | Дополнительные сферы  | Наиболее характерные направления инновационного развития   |
|------------------------------|--------------------------------------|---|--|
| Продуктовые                  | Техническое состояние инфраструктуры | Энергоэффективность и потери в энергосистеме; надёжность и качество электроснабжения            | Новые материалы и технологии оборудования; экологическая и энергоэффективная модернизация; повышение надёжности и живучести сетей                                    |
| Технологические              | Техническое состояние инфраструктуры | Энергоэффективность и потери в энергосистеме; эксплуатационные затраты и жизненный цикл активов | Экологическая и энергоэффективная модернизация; новые материалы и технологии оборудования; повышение надёжности и живучести сетей                                    |
| Процессные                   | Организация и управление в компаниях | Техническое состояние инфраструктуры; эксплуатационные затраты и жизненный цикл активов         | Цифровая трансформация управления сетевым комплексом; управление активами и техническое обслуживание; повышение надёжности и живучести сетей                         |
| По уровню интеллектуализации | Техническое состояние инфраструктуры | Организация и управление в компаниях; энергоэффективность и потери в энергосистеме              | Цифровая трансформация управления сетевым комплексом; управление активами и техническое обслуживание; интеллектуальные системы учёта и управления энергопотреблением |
| Смарт-инновации              | Организация и управление в компаниях | Техническое состояние инфраструктуры; расчёты и взаимодействие участников рынка и потребителей  | Цифровая трансформация управления сетевым комплексом; интеллектуальные системы учёта и управления энергопотреблением; экологическая и энергоэффективная модернизация |

продолжение табл. 2

| окончание табл. 2          |  |  |  |
|----------------------------|--|--|--|
| Инновации бизнес-процессов | Организация и управление в компаниях                     | Расчёты и взаимодействие участников рынка и потребителей; регуляторная и институциональная среда | Инновации в организации и управлении; институциональные и нормативные инновации; инновации в области человеческого капитала и знаний                       |
| Управленческие             | Организация и управление в компаниях                     | Эксплуатационные затраты и жизненный цикл активов; надёжность и качество электроснабжения        | Управление активами и техническое обслуживание; инновации в организации и управлении; цифровая трансформация управления сетевым комплексом                 |
| Транзакционные             | Расчёты и взаимодействие участников рынка и потребителей | Организация и управление в компаниях   | Интеллектуальные системы учёта и управления энергопотреблением; инновации в организации и управлении; цифровая трансформация управления сетевым комплексом |
| Институциональные          | Регуляторная и институциональная среда                   | Организация и управление в компаниях; расчёты и взаимодействие участников рынка и потребителей   | Институциональные и нормативные инновации; инновации в области человеческого капитала и знаний; цифровая трансформация управления сетевым комплексом       |

Источник: авторская разработка.

Прямые измеряемые эффекты направления инновационного развития в электроэнергетике

Суть этих эффектов заключается в том, они отражают итоговое влияние инноваций на структуру издержек, параметры работы оборудования и эффективность функционирования инфраструктуры:

1. В рамках цифровой трансформации управления сетевым комплексом повышение наблюдаемости сети отражает расширение измерительной инфраструктуры и детализированное описание режимов [16], тогда как сокращение времени реагирования характеризует уменьшение интервала между фиксацией события и управляющим воздействием автоматизированных систем [14]; в дополнение рост точности диагностики описывает использование многофакторного анализа состояния оборудования [10], тогда как автоматизация операций связана с переходом повторяющихся действий в алгоритмический формат [7].

2. В направлении повышения надёжности и живучести сетей сокращение времени срабатывания защит отражает применение высокоскоростных цифровых платформ [13], повышение точности измерений связано с использованием современных синхрофазорных технологий [17], а увеличение автоматизированных элементов сети описывает расширение оснащённости управляемыми устройствами [7].

3. В направлении новых материалов и технологий оборудования снижение массы и трудоёмкости монтажа характеризует применение облегчённых конструкций [10], повышение коррозионной стойкости описывает использование устойчивых к внешним воздействиям покрытий [3], увеличение ресурса оборудования связано с более длительным сохранением технических характеристик [14], а повышение электробезопасности отражает применение защитных и изоляционных решений [12].

4. В развитии интеллектуальных систем учёта и управления энергопотреблением повышение точности учёта характеризует применение измерительных устройств с улучшенными метрологическими параметрами [10], снижение потерь электроэнергии связано с возможностью выявления несанкционированных режимов [16], рост контроля потребления описывает использование дистанционных средств управления нагрузкой [10].

5. В направлении экологической и энергоэффективной модернизации снижение реактивных потерь отражает внедрение компенсирующих устройств [7], повышение коэффициента мощности показывает изменение соотношения активной и полной мощности [14], снижение выбросов CO<sub>2</sub> характеризует применение эффективных технологий генерации и накопления энергии [16].

6. В направлении управления активами и технического обслуживания сокращение числа отказов описывает влияние предиктивной диагностики [10], увеличение межремонтных интервалов связано с переходом к обслуживанию по состоянию [14], рост точности прогнозирования ресурса отражает использование моделей деградации и анализа отказов [12].

7. В направлении инноваций в организации и управлении сокращение времени принятия решений характеризует интеграцию информационно-аналитических систем [14], автоматизированная подготовка расчётов и сценариев действий уменьшает длительность согласований [14], рост автоматизации диспетчерских функций связан с внедрением комплексов алгоритмического управления [12].

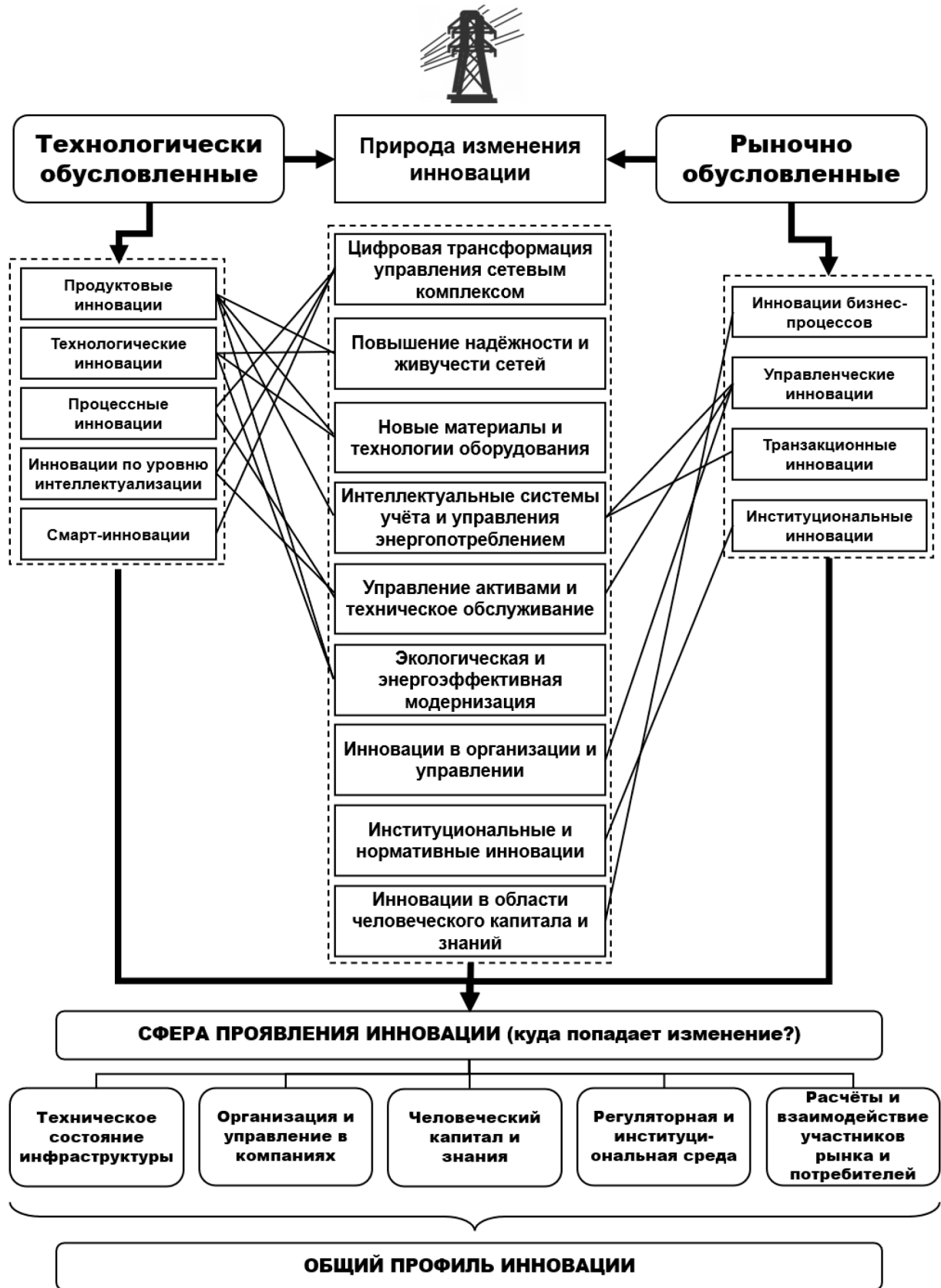


Рис. 1. Классификация инноваций в электроэнергетике

Примечание: пунктирные линии обозначают сгруппированные составляющие.  
 Источник: авторская разработка.

8. В развитии институциональных и нормативных инноваций оптимизация процедур согласований отражает изменение регламентов и цифровизацию документооборота [14], ускорение внедрения инноваций характеризует влияние регуляторных песочниц и целевых программ [16].

9. Наконец, в направлении инноваций в области человеческого капитала и знаний повышение квалификации персонала описывает рост компетенций для работы с инновационными технологиями [12], использование образовательных платформ формирует навыки работы с оборудованием [13], тогда как снижение числа ошибок и нарушений техники безопасности связано с внедрением инструментов моделирования нештатных ситуаций и контроля знаний [14].

Данные положения можно развить до уровня измеряемых показателей (табл. 3).

Таблица 3

**Пример измеряемых показателей прямых измеряемых эффектов направления инновационного развития в электроэнергетике**

| Направление  | Показатель  | Ед. изм.                  |
|--|---|---------------------------|
| Цифровая трансформация управления сетевым комплексом           | Доля объектов сети, охваченных измерительной инфраструктурой                            | %                         |
|  | Среднее время реагирования на событие   | мин                       |
|  | Доля технологических операций, выполняемых автоматически                                | %                         |
| Повышение надёжности и живучести сетей                         | Среднее время срабатывания защиты   | мс                        |
|  | Доля узлов сети с синхрофазорными измерениями   | %                         |
|  | Доля управляемых или автоматизированных элементов сети                                  | %                         |
| Новые материалы и технологии оборудования                      | Удельная масса конструктивного элемента/узла  | кг/ед.                    |
|  | Трудоёмкость монтажа  | чел.-ч/ед.                |
|  | Расчётный ресурс оборудования   | лет                       |
| Интеллектуальные системы учёта и управления энергопотреблением | Класс точности приборов учёта (вводимых/эксплуатируемых)                                | класс (0,2S; 0,5S и т.п.) |
|  | Уровень потерь электроэнергии   | %                         |
|  | Доля потребителей с дистанционным контролем/управлением нагрузкой                       | %                         |
| Экологическая и энергоэффективная модернизация                 | Объём перетоков реактивной энергии  | Мвар·ч                    |
|  | Коэффициент мощности  | cos φ                     |
|  | Удельные выбросы CO <sub>2</sub>  | т CO <sub>2</sub> /МВт·ч  |
| Управление активами и техническое обслуживание                 | Частота отказов оборудования  | 1 отказ/100 ед.           |
|  | Средняя длительность межремонтного интервала  | мес (или лет)             |
|  | Точность прогнозирования ресурса/состояния  | %                         |
| Инновации в организации и управлении                           | Среднее время подготовки управленческого решения  | ч (или мин)               |
|  | Средняя длительность согласования расчётов/сценариев                                    | дни                       |
|  | Доля диспетчерских функций, выполняемых с применением алгоритмических комплексов        | %                         |
| Институциональные и нормативные инновации                      | Средняя длительность процедур согласований  | дни                       |
|  | Доля процессов, переведённых в цифровой документооборот                                 | %                         |
|  | Число инновационных проектов, прошедших через специальные режимы (песочницы, программы) | ед.                       |
| Инновации в области человеческого капитала и знаний            | Доля персонала, прошедшего обучение по новым технологиям                                | %                         |
|  | Доля обучающих модулей, реализуемых на цифровых платформах                              | %                         |
|  | Частота нарушений требований охраны труда   | случаев/год               |

Источник: авторская разработка.

**Интегральные экономические и эксплуатационные эффекты направления инновационного развития в электроэнергетике**

Суть интегральных экономических и эксплуатационных эффектов направления инновационного развития в электроэнергетике сводится к тому, что они показывают совокупное изменение затрат, надёжности и результативности процессов в результате внедрения технологий и организационных решений.

В контексте цифровой трансформации управления сетевым комплексом значимым является эффект снижения эксплуатационных затрат, который выражает совокупный результат автоматизации операций и уменьшения объёма регламентных вмешательств и отражает изменение структуры текущих расходов на содержание инфраструктуры [16].

Для того же направления важным интегральным результатом рассматривается эффект сокращения времени простоев, который описывает уменьшение длительности перерывов в передаче электроэнергии и снижает риски потерь продукции и сбоев технологических процессов у потребителей [10].

В рамках цифровой трансформации управления сетевым комплексом особое место занимает эффект повышения эффективности управления активами, который показывает улучшение качества распределения ресурсов между объектами и формирует более высокую отдачу от вложений в инфраструктуру [14].

В направлении повышения надёжности и живучести сетей одним из ключевых интегральных результатов признаётся эффект снижения частоты и длительности отключений, который демонстрирует влияние цифровых средств защиты на уменьшение недоотпуска электроэнергии и связанных потерь [7]. Дополняет повышение надёжности и живучести сетей эффект снижения аварийных потерь электроэнергии, который отражает уменьшение объёма энергии, теряемой при нештатных режимах, и приводит к сокращению затрат на компенсацию потерь и восстановление режимов [16].

В блоке новых материалов и технологий оборудования значимым показателем служит эффект сокращения затрат на эксплуатацию и ремонт, который объясняет влияние ресурсосберегающих конструкций на уменьшение потребности в частых вмешательствах и снижает трудозатраты ремонтного персонала [10]. Для того же направления принципиальное значение имеет эффект увеличения срока службы активов, который показывает смещение момента крупной замены оборудования и уменьшает инвестиционную нагрузку на энергетические компании [14]. В этой группе важен и эффект снижения совокупной стоимости жизненного цикла [17].

В направлении интеллектуальных систем учёта и управления энергопотреблением центральным интегральным результатом выступает эффект оптимизации баланса спроса и предложения, который описывает согласование графиков нагрузки и режимов генерации на основе точных данных и механизмов управления спросом. Чем более согласованы эти параметры, тем ниже потребность в резервных мощностях и тем выше степень использования существующей инфраструктуры [3].

Для интеллектуальных систем учёта и управления энергопотреблением также значим эффект повышения эффективности расчётов, который охватывает снижение числа разногласий по объёмам отпуска и потребления, уменьшение объёма доначислений и перерасчётов и ускорение финансовых расчётов между участниками рынка. Упорядочивание расчётных процедур уменьшает транзакционные издержки и снижает потребность в создании дополнительных финансовых резервов [10]. Также здесь важен эффект роста удовлетворённости клиентов [12].

В направлении экологической и энергоэффективной модернизации первым по значению часто рассматривается эффект сокращения себестоимости электроэнергии, который формируется за счёт снижения потерь, улучшения топливной эффективности и применения решений, менее затратных в эксплуатации.

Уменьшение удельных издержек на производство и передачу единицы энергии создаёт возможности для более гибкой тарифной политики и улучшения конкурентных позиций компаний [16].

В этой же группе мероприятий выделяется эффект повышения энергетической устойчивости, который описывает способность энергосистемы сохранять требуемые параметры электроснабжения в условиях колебаний нагрузки, погодных аномалий и изменения структуры генерации. Развитие распределённых источников, накопителей и средств управления режимами уменьшает чувствительность системы к отдельным сбоям, что имеет и эксплуатационное, и экономическое значение [14].

В направлении управления активами и технического обслуживания одним из базовых результатов выступает эффект снижения затрат на ТОиР (техническое обслуживание и ремонт), который отражает влияние диагностики по состоянию и предиктивных моделей на объём выполняемых работ. Более точное планирование вмешательств и отказ от избыточных операций ведут к сокращению текущих расходов и уменьшению доли непроизводительных затрат [10].

Для управления активами и технического обслуживания принципиальным интегральным показателем является эффект повышения коэффициента использования активов, который демонстрирует рост доли времени работы оборудования в продуктивных режимах. Сокращение простоев, согласование графиков ремонтов и устранение «узких мест» в сети позволяют извлекать больший полезный результат из уже установленных мощностей [14]. В этом же направлении важен эффект роста инвестиционной эффективности [16].

В блоке инноваций в организации и управлении значимым результатом служит эффект повышения производительности управленческого труда, который демонстрирует, насколько возрастает объём управленческих задач, решаемых тем же штатом при использовании цифровых инструментов. Сокращение времени на сбор и обработку информации, внедрение стандартных регламентов и аналитических модулей высвобождает ресурсы для более сложных и стратегически значимых решений [14].

Для этой же группы организационных изменений важен эффект снижения административных издержек, который отражает влияние цифрового документооборота, стандартизированных процедур и оптимизированных каналов взаимодействия на расходы управленческого аппарата.

Уменьшение числа согласований, дублирующих операций и бумажных процессов приводит к сокращению затрат, не связанных напрямую с производством и передачей электроэнергии [7].

В направлении институциональных и нормативных инноваций на первый план выходит эффект сокращения сроков реализации проектов, который показывает, как изменение правил регулирования и процедур экспертизы влияет на календарные графики строительства и модернизации объектов. Специальные режимы регулирования, типовые решения и упорядоченные последовательности согласований уменьшают длительность инвестиционного цикла и снижают риск удорожания проектов из-за затягивания сроков [14].

В институциональной плоскости значимым также является эффект повышения окупаемости инновационных инвестиций, который отражает воздействие тарифных стимулов, программ поддержки и регуляторных механизмов на соотношение дополнительных доходов и вложений [16].

В направлении инноваций в области человеческого капитала и знаний центральным экономическим результатом выступает эффект роста производительности труда, который связан с тем, что обученный персонал выполняет больший объём операций или сопровождает большее число объектов при сохранении качества работы. Современные программы подготовки, тренажёры и системы передачи знаний позволяют уменьшить время адаптации работников к новым технологиям и расширить их функциональные возможности [7].

Также важным представляется интегральный эффект повышения безопасности и качества эксплуатации, который в том же направлении описывает влияние образовательных и культурных изменений на частоту ошибок и инцидентов. Чем лучше персонал понимает последствия нарушений регламентов и чем чаще отрабатываются алгоритмы безопасной работы, тем реже возникают аварийные ситуации и тем дольше сохраняются требуемые характеристики оборудования, что имеет прямое экономическое выражение [9].

Данные положения также можно развить до уровня измеряемых показателей (табл. 4).

На основании рассмотренных эффектов в рамках согласования прямых измеряемых и интегральных эффектов инноваций в электроэнергетике можно выделить укрупнённые критерии (табл. 5).

Таблица 4

**Пример интегральных экономических и эксплуатационных эффектов направления инновационного развития в электроэнергетике**

| Направление  | Показатель  | Ед. изм.           |
|--|---|--------------------|
| Цифровая трансформация управления сетевым комплексом           | Эксплуатационные затраты на содержание сетевой инфраструктуры (ОРЕХ)                          | рублей/ед.         |
|  | Суммарная длительность простоев/перерывов в передаче электроэнергии                           | ч/год              |
|  | Эффективность управления активами (например, удельные затраты жизненного цикла активов)       | рублей/ед.         |
| Повышение надёжности и живучести сетей                         | Частота отключений электроснабжения   | случаев/год        |
|  | Суммарная длительность отключений   | ч/год              |
|  | Недоотпуск электроэнергии (энергия, не поставленная из-за отключений)                         | МВт·ч/год          |
| Новые материалы и технологии оборудования                      | Затраты на эксплуатацию и ремонт оборудования   | рублей/год         |
|  | Средний срок службы активов   | лет                |
|  | Совокупная стоимость жизненного цикла   | рублей/цикл        |
| Интеллектуальные системы учёта и управления энергопотреблением | Отклонение фактического графика нагрузки от планового (точность баланса спроса и предложения) | % (или МВт в пике) |
|  | Удельные транзакционные издержки расчётов (администрирование, споры, перерасчёты)             | рублей/расчёт      |
|  | Индекс удовлетворённости потребителей качеством учёта и сервисов                              | баллы (1–5)        |

продолжение табл. 4

|   |   | окончание табл. 4    |
|---|---|----------------------|
| Экологическая и энергоэффективная модернизация      | Себестоимость электроэнергии (удельные затраты на производство/передачу)              | рублей/кВт·ч         |
|   | Показатель надёжности электроснабжения  | мин/год              |
|   | Доля энергии из распределённых источников/накопителей в покрытии нагрузки             | %                    |
| Управление активами и техническое обслуживание      | Затраты на техническое обслуживание и ремонт  | рублей/год           |
|   | Коэффициент использования активов (доля времени в продуктивных режимах)               | %                    |
|   | Инвестиционная эффективность портфеля (например, NPV/IRR проектов модернизации)       | руб. (NPV) / % (IRR) |
| Инновации в организации и управлении                | Производительность управленческого труда (объём управленческих задач на 1 сотрудника) | ед./человек*год      |
|   | Административные издержки управления  | рублей/год           |
|   | Доля управленческих процессов, выполняемых в стандартизированном цифровом контуре     | %                    |
| Институциональные и нормативные инновации           | Средняя длительность реализации проектов модернизации/строительства                   | мес. (дни)           |
|   | Окупаемость инновационных инвестиций (срок окупаемости)                               | лет                  |
|   | Удельные регуляторные/административные издержки проектов                              | рублей/проект        |
| Инновации в области человеческого капитала и знаний | Производительность труда (например, отпуск/передача на 1 сотрудника)                  | кВт·ч/человек*год    |
|   | Частота инцидентов/ошибок персонала, влияющих на режимы и безопасность                | случаев/год          |
|   | Ущерб от ошибок/инцидентов (простой, восстановление, штрафы)                          | рублей/год           |

Источник: авторская разработка.

Таблица 5

### Согласование прямых измеряемых и интегральных эффектов инноваций в электроэнергетике

| Критерий оценки   | Прямые измеряемые эффекты (технические и технологические)   | Интегральные экономические и эксплуатационные эффекты  |
|---|---|--|
| Управление режимами и наблюдаемость сети                  | Повышение наблюдаемости сети, сокращение времени реагирования, рост точности диагностики, автоматизация операций, сокращение времени срабатывания защит, повышение точности измерений, увеличение автоматизации                                 | Снижение частоты и длительности отключений, сокращение времени простоев, снижение аварийных потерь электроэнергии, уменьшение недоотпуска энергии и сопутствующих издержек у потребителей  |
| Ресурс и эксплуатационные характеристики инфраструктуры   | Снижение массы и трудоёмкости монтажа, повышение коррозионной стойкости, увеличение ресурса оборудования, повышение электробезопасности, сокращение числа отказов, увеличение межремонтных интервалов, рост точности прогнозирования ресурса    | Сокращение затрат на эксплуатацию и ремонт, увеличение срока службы активов, снижение совокупной стоимости жизненного цикла, снижение затрат на техническое обслуживание и ремонт, повышение коэффициента использования активов, повышение безопасности эксплуатации |
| Энерго-эффективность и потери в энергосистеме             | Повышение точности учёта, снижение потерь электроэнергии, снижение реактивных потерь, повышение коэффициента мощности, применение решений, ориентированных на уменьшение удельных топливных и сетевых потерь, снижение выбросов CO <sub>2</sub> | Сокращение себестоимости электроэнергии, улучшение параметров энергоснабжения при тех же установленных мощностях, снижение затрат на компенсацию потерь и выполнение природоохранных требований  |
| Качество учёта, расчётов и взаимодействия с потребителями | Применение интеллектуальных систем учёта, рост управляемости потребления, использование цифровых сервисов и платформ для обмена данными и управления нагрузкой  | Оптимизация баланса спроса и предложения, повышение эффективности расчётов, сокращение числа разногласий и перерасчётов, рост клиентской удовлетворённости и лояльности потребителей   |
| Организация управления и процессов в компаниях            | Сокращение времени принятия решений, рост автоматизации диспетчерских функций, использование цифровых систем анализа и подготовки управленческих решений  | Повышение производительности управленческого труда, снижение административных издержек, уменьшение затрат на вспомогательные функции управления  |
| Институциональная и регуляторная среда инноваций          | Оптимизация процедур согласований, ускорение внедрения инноваций за счёт специальных режимов регулирования и цифрового документооборота   | Сокращение сроков реализации проектов, повышение окупаемости инновационных инвестиций, снижение регуляторных и административных барьеров для новых технологий  |
| Человеческий капитал и компетенции                        | Повышение квалификации персонала, снижение числа ошибок и нарушений техники безопасности, использование корпоративных платформ обучения и тренажёров  | Рост производительности труда, повышение безопасности и качества эксплуатации, уменьшение ущерба от ошибок персонала и связанных с ними простоев   |

Источник: авторская разработка.

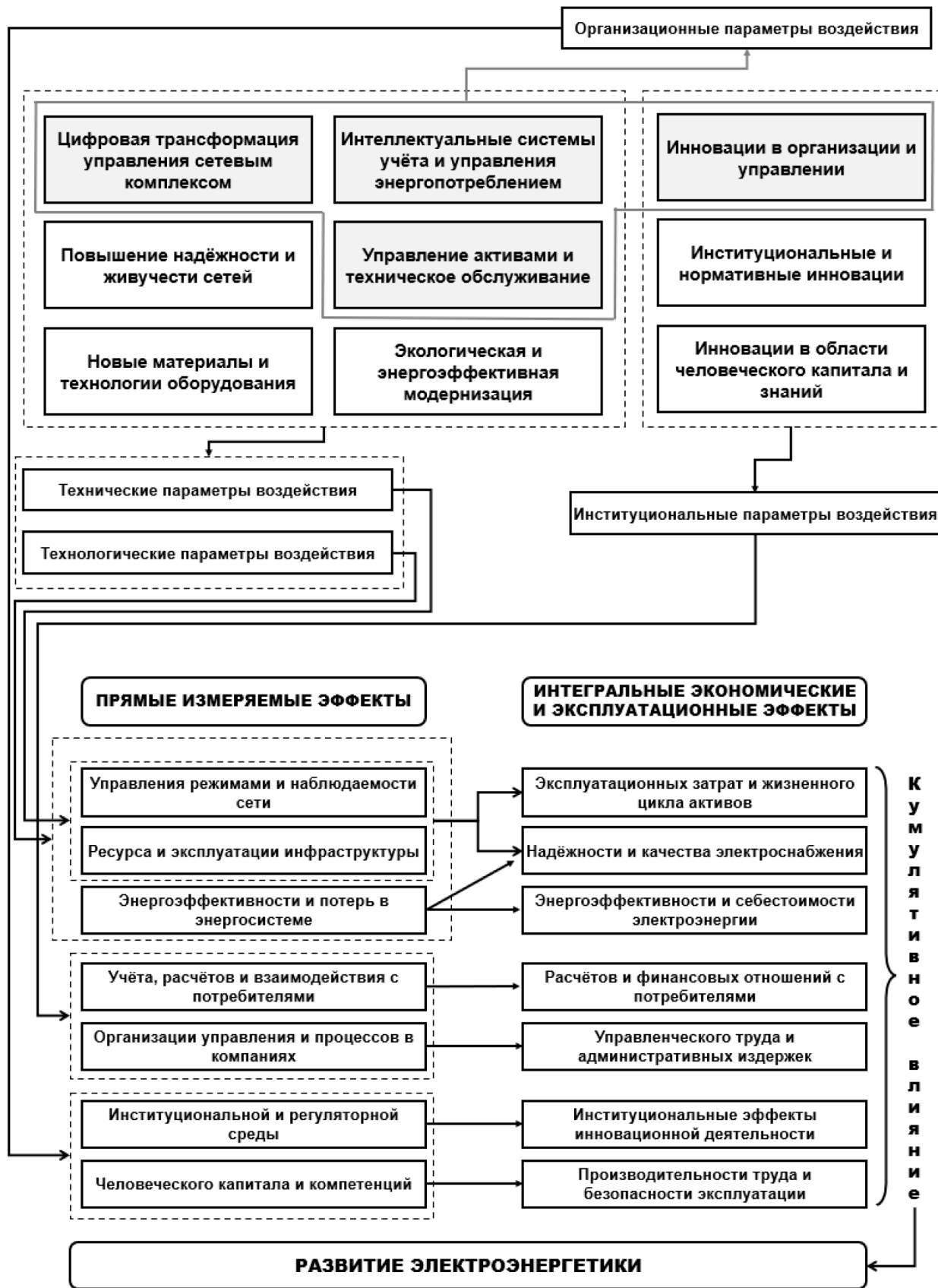


Рис. 2. Концептуальная модель взаимодействия иновационных направлений и эффектов в электроэнергетике

Источник: авторская разработка

Примечание: пунктирные линии обозначают сгруппированные составляющие

Также целесообразно предложить концептуальную модель взаимодействия инновационных направлений и эффектов в электроэнергетике (рис. 2).

Предложенная концептуальная модель отражает системный характер инновационного развития электроэнергетики, поскольку показывает, что направления трансформации формируют многоуровневое воздействие на инфраструктуру, процессы и экономические результаты.

В структуре модели направления инновационной деятельности образуют исходный блок, задающий рамки изменения технических, технологических, организационных и институциональных параметров.

Их совокупное размещение в едином поле показывает, что инновации формируют взаимосвязанные траектории преобразований, влияющие на режимы функционирования энергосистемы и структуру затрат компаний.

Следующий элемент модели отражает параметры воздействия, которые формируют промежуточное пространство между направлениями инновационной деятельности и эффектами. Разделение параметров на технические, технологические, организационные и институциональные демонстрирует, что любое инновационное решение изменяет свойства системы посредством конкретных механизмов. Размещение параметров подчёркивает необходимость различать физические изменения оборудования, модификацию процессов управления, трансформацию нормативной среды и влияние на структуру принятия решений, что позволяет формировать корректные основания для оценки возникающих эффектов.

В рамках концептуальной модели прямые измеряемые эффекты образуют обособленную группу, которая описывает технические и технологические результаты модернизации. Блок прямых эффектов включает в себя изменения наблюдаемости сети, скорости реагирования, характеристик оборудования, режимов учёта и операций управления.

Их объединение в единой зоне указывает на то, что данные эффекты представляют собой первичную реакцию системы на внедрение инноваций, отражённую в параметрах, поддающихся количественной оценке и сопоставлению, что подчёркивает необходимость анализа того, как инновации изменяют параметры надёжности, ресурса, потерь и качества управления.

Интегральные экономические и эксплуатационные эффекты в модели представлены как результирующее пространство, формируемое совокупным влиянием прямых технических и организационных изменений. Блок интегральных эффектов включает изменения эксплуатационных затрат, срока службы активов, параметров электроснабжения, расчётных отношений с потребителями, производительности труда и эффективности инвестиций. Иными словами, долгосрочные результаты инноваций зависят от того, насколько глубоко прямые эффекты преобразуют процессы эксплуатации, технические решения и поведение участников рынка.

Особенность модели заключается в выделении сектора кумулятивного влияния, который показывает, что инновации различных направлений могут приводить к общим результатам, влияющим на развитие отрасли в целом. В данном секторе объединяются эффекты, которые проявляются при наложении нескольких групп инноваций, например изменения в жизненном цикле активов, качестве электроснабжения или структуре эксплуатационных затрат. Наличие кумулятивного блока подчёркивает необходимость рассматривать инновационные решения в логике их пересекающегося воздействия, что особенно важно для отрасли с высокой взаимосвязанностью объектов и процессов.

В нижней части модели располагается результирующий блок, описывающий влияние совокупности инноваций на развитие электроэнергетики. Размещение данного блока подчёркивает итоговый характер совокупных изменений, складывающихся из прямых и интегральных эффектов, параметров воздействия и их пересекающегося влияния.

Предложенная структура отражает методологическую логику оценки инновационной деятельности, согласно которой измеряемые технические результаты формируют основу для долгосрочных экономических последствий, тогда как перекрёстные связи между направлениями инновационной деятельности создают системный эффект, влияющий на функционирование и модернизацию отрасли.

### **Заключение**

Проведённый анализ показал, что инновационное развитие электроэнергетики формирует многомерное пространство преобразований, в котором технические, технологические,



организационные и институциональные решения оказываются взаимосвязанными и влияют на структуру затрат, надёжность сетевой инфраструктуры, качество управления и экономические результаты компаний. Систематизация направлений инновационной деятельности и их эффектов позволила выявить особенности формирования измеряемых технических результатов и их последующее преобразование в интегральные эксплуатационные и финансовые показатели. Разработанная концептуальная модель отражает, что инновации различной природы образуют комплекс воздействий, усиливающих друг друга и формирующих кумулятивный эффект для отрасли, что, в частности, может представлять ценность для экономического иррационализма политики «социальной справедливости». Полученные положения формируют основу для дальнейшего развития методики оценки экономической эффективности инновационной деятельности.

### Литература

1. Арефьев Н. В., Стенников В. А., Лачуга Ю. Ф., Бутырин П. А., Воротницкий В. Э., Редько И. Я., Матюхин В. Ф. Системные проблемы отечественной электроэнергетики и пути их комплексного решения // *Электричество*. 2025. № 5. С. 4-15.
2. Бородин А. Е., Черняев М. В. Инструменты развития электроэнергетики России в текущих реалиях // *Экономика промышленности*. 2024. Т. 17. № 3. С. 300-310.
3. Веселов Ф. В., Малахов В. А., Хоршев А. А., Ерохина И. В. Стоимость энергии в России и перспективы ускоренного экономического роста // *Проблемы прогнозирования*. 2025. № 4 (211). С. 169-183.
4. Коржаневский А. В., Куровский С. В., Мишин Д. А., Лапин А. К. Инвестиционная деятельность в электроэнергетике: инструменты повышения её качества // ЧУПО «Краснознаменский городской колледж», Москва, 2025. 220 с.
5. Коржаневский А. В., Куровский С. В., Мишин Д. А. Базовые экономические характеристики и принципы привлечения инвестиционных вложений в инновационные проекты электроэнергетической отрасли Краснодарского края // *Экономика и предпринимательство*. 2025. № 3 (176). С. 614-621.
6. Коржаневский А. В., Куровский С. В., Мишин Д. А., Бурдик В., Козлова О. Л. Технологические и экономические инструменты развития инвестиционной деятельности в отечественной электроэнергетике // В сборнике: *актуальные вопросы экономических наук и современного менеджмента. Сборник статей по материалам LXXXVI международной научно-практической конференции*. Новосибирск, 2024. С. 81-88.
7. Кумратова Ж. Р., Овсепян Г. С., Чебанов К. А. Инновационные технологии и инновации в электроэнергетике // *Новости науки* 2019. 2019. С. 282-287.
8. Куровский С. В., Коржаневский А. В., Мишин Д. А. Разработка методики оценки эффективности проектов в энергетическом секторе // *Инновации и инвестиции*. 2024. № 5. С. 258-262.
9. Куровский С. В., Мишин Д. А., Коржаневский А. В. Методический подход к оценке эффективности инвестиций в электроэнергетический сектор // *Экономика строительства*. 2024. № 4. С. 86-90.
10. Ляпина А. Д. Оценка эффектов инновационной деятельности в электроэнергетике // *Modern Science*. 2022. № 6-3. С. 79-84.
11. Манаширов Э. С. Математическое доказательство экономического иррационализма политики «социальной справедливости» // *Экономическое развитие России*. 2025. № 10. С. 308-313.
12. Тимофеев Д. И. Инновации и культурный барьер в электроэнергетике // *Форсайт*. 2010. Т. 4. № 4. С. 4-14.
13. Ховалова Т. В. Инновации в электроэнергетике: виды, классификация и эффекты внедрения // *Стратегические решения и риск-менеджмент*. 2019. Т. 10. № 3. С. 274-283.
14. Ховалова, Т. В. Инструменты стимулирования внедрения инноваций в электроэнергетике: автореферат дис. ... канд. экон. наук. Москва, 2021. 206 с.
15. Как цифровая трансформация меняет энергетику России: тренды и инновации 2025 // *Надежный партнер [Электронный ресурс]*. URL: <https://nprating.ru/kak-cifrovaya-transformaciya-menyaet-en/> (дата обращения: 12.11.2025).
16. *Global Energy Review 2025. Electricity* // IEA [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025/electricity> (дата обращения: 12.11.2025).
17. *Oslo Manual 2018. Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4<sup>th</sup> Edition* // OECD [Электронный ресурс]. URL: [https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2018/10/oslo-manual-2018\\_g1g9373b/9789264304604-en.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2018/10/oslo-manual-2018_g1g9373b/9789264304604-en.pdf) (дата обращения: 12.11.2025).