

Ельцов Станислав Николаевич

аспирант
Российская государственная академия
интеллектуальной собственности
Москва, Россия

**ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ИННОВАЦИЙ ПО УРОВНЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ
И СМАРТ-ИННОВАЦИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ****Аннотация**

Цель статьи состоит в обосновании параметров инноваций по уровню интеллектуализации и смарт-инноваций в электроэнергетике для оценки их экономической эффективности на региональном уровне. Учтены научные подходы к искусственному интеллекту, машинному обучению, интеллектуальному прогнозированию, объяснимым моделям, умным сетям, сенсорным технологиям и автоматической реакции энергосистемы. Результатом исследования является система параметров, охватывающая функции интеллектуального прогнозирования, выявления аномальных событий, рекомендательной поддержки решений, проверки моделей искусственного интеллекта, оснащения сетевых узлов контроллерами, координации распределённых ресурсов и реакции смарт-системы на отклонения.

Ключевые слова: смарт-инновации, интеллектуальное прогнозирование, электроэнергетика

В настоящее время целесообразной представляется комплексная оценка эффективности использования инноваций в электроэнергетике на региональном уровне. В её рамках предполагается авторская классификация инноваций, которая включает в себя 9 типов инноваций: продуктовые инновации (1); технологические инновации (2); процессные инновации (3); управленческие инновации (4); инновации бизнес-процессов (5), транзакционные инновации (6), институциональные инновации (7), инновации по уровню интеллектуализации (8), смарт-инновации (9). В рамках настоящего исследования внимание обращается на вопрос параметризации инноваций по уровню интеллектуализации и смарт-инноваций в электроэнергетике.

Развитие электроэнергетики всё сильнее зависит от способности энергосистемы обрабатывать большие массивы данных, прогнозировать нагрузку, выявлять отклонения и поддерживать решения диспетчерских, сетевых и сбытовых организаций. Рост доли распределённых ресурсов, возобновляемой генерации, силовой электроники и цифровых измерительных устройств усложняет работу отрасли, вследствие чего возрастает значение интеллектуальных моделей, интеллектуального мониторинга и технологий целостного восприятия состояния сети [10]. В связи с этим инновации по уровню интеллектуализации и смарт-инновации целесообразно рассматривать как отдельные типы инноваций, которые отражают как наличие цифровых решений, так и глубину их участия в анализе, прогнозировании,

диагностике, координации оборудования и реакции энергосистемы на изменение параметров.

Инновации по уровню интеллектуализации характеризуют степень использования искусственного интеллекта, машинного обучения, объяснимых моделей, прогнозных алгоритмов и рекомендательных систем в управлении электроэнергетикой. Их значение состоит в том, что цифровая система начинает выполнять как сбор и передачу данных, так и аналитическую работу, связанную с прогнозом спроса, оценкой выработки, выявлением аномалий, диагностикой оборудования и подготовкой решений для персонала [12]. В электроэнергетике важно качество интеллектуальной функции (точность прогноза, способность заранее обнаруживать отклонения, применимость рекомендаций для практического решения и объяснимость результатов) [13]. Поэтому параметры данного типа инноваций должны показывать уровень зрелости интеллектуального анализа, а не повторять общие показатели цифровизации, уже использованные в других блоках оценки.

Смарт-инновации отражают развитие «умной» энергетической инфраструктуры, в которой датчики, измерительные точки, контроллеры, устройства связи, распределённые ресурсы и автоматические функции сети работают как согласованная техническая среда. В электроэнергетике обычно это связывается с умными сетями, интернетом вещей, локальными интеллектуальными контроллерами, автоматической реакцией на отклонения и повышением живучести систем электроснабжения [5]. Смарт-инновации отличаются от процессных и технологических инноваций тем, что в фокусе анализа находится способность инфраструктуры воспринимать состояние сети, обмениваться данными, локально реагировать на нарушения и включать распределённые энергетические ресурсы в согласованную работу [9]. Вследствие этого актуальной задачей становится разработка параметров, которые позволят измерить инновации по уровню интеллектуализации и смарт-инновации в электроэнергетике.

Инновации по уровню интеллектуализации в электроэнергетике целесообразно понимать как внедрение решений, которые повышают способность энергосистемы анализировать данные, строить прогнозы, выявлять отклонения, предлагать решения персоналу и объяснять полученные результаты. В данном типе инноваций главным является степень участия интеллектуальных моделей в работе энергетической компании и энергосистемы. Так, А. Сафари, М. Данешвар и А. Анвари-Могаддам

рассматривают искусственный интеллект и машинное обучение как основу развития систем управления энергией, включая прогнозирование, выявление неисправностей, управление спросом, работу с рынками электроэнергии, зданиями и электромобилями [12]. В электроэнергетике это приводит к росту аналитической глубины управления, когда данные от счётчиков, датчиков, диспетчерских систем и внешних источников становятся материалом для расчётов, прогнозов и решений.

Сущность инноваций по уровню интеллектуализации связана с изменением качества технической и управленческой информации. Цифровые системы предоставляют возможность собирать и хранить данные, интеллектуальные модели позволяют получать прогноз, предупреждение, рекомендацию или объяснение причины отклонения. Так, Ф. Энао и коллеги связывают применение искусственного интеллекта в энергосистемах с операционными задачами, доверием к моделям, прозрачностью, кибербезопасностью, ответственностью и экономической целесообразностью [11]. Высокая цена ошибки в расчётах нагрузки, зависимость потребителей от качества энергоснабжения и сложная структура баланса между выработкой, потреблением, сетевыми ограничениями и резервами усиливают значение проверки точности, надёжности и объяснимости интеллектуальных моделей. Уровень интеллектуализации следует оценивать по тому, насколько модель помогает раньше увидеть проблему, точнее рассчитать нагрузку и понятнее обосновать решение.

Ключевые функции инноваций по уровню интеллектуализации в электроэнергетике связаны с прогнозированием, диагностикой, выявлением аномалий, поддержкой решений и объяснением результатов. М.Р. Шади, Х. Миршекали и Х.Р. Шакер раскрывают объяснимый искусственный интеллект в обслуживании энергетических систем, предиктивной диагностике, прозрачности моделей и доверии к результатам машинного анализа [13]. Для отрасли практический смысл заключается в том, что интеллектуальная система должна выдавать сигнал о возможной неисправности, показывать данные, которые привели к выводу, обозначать узлы сети с повышенным риском и предлагать действия для снижения вероятности нарушения энергоснабжения. Данная функция особенно значима для технического обслуживания оборудования, оценки состояния активов, планирования ремонтов и предупреждения аварийных ситуаций. Функции обобщены ниже (табл. 1).

Таблица 1 – Ключевые функции инноваций по уровню интеллектуализации в электроэнергетике

Функция	Содержание	Значение для отрасли
Прогнозирование состояния энергосистемы	Расчёт будущей нагрузки, выработки, потребления и возможных отклонений	Повышение точности планирования генерации, резервов и сетевой нагрузки
Интеллектуальная диагностика	Выявление неисправностей, аномалий и признаков ухудшения состояния оборудования	Сокращение риска аварийных нарушений и рост качества технического обслуживания
Поддержка решений персонала	Подготовка рекомендаций для диспетчерских, ремонтных и эксплуатационных решений	Снижение зависимости решений от ручной обработки больших массивов данных
Объяснение результатов анализа	Представление причин прогноза, сигнала или рекомендации в понятной для специалиста форме	Повышение доверия к интеллектуальным моделям и снижение риска ошибочного применения ИИ
Оценка качества интеллектуальных моделей	Проверка точности, надёжности, устойчивости и пригодности моделей к практическому использованию	Отбор моделей, которые могут применяться в задачах управления и обслуживания энергосистемы

Источник: авторская разработка

В российской научной литературе тема интеллектуализации электроэнергетики связана с цифровой трансформацией управления сетевым комплексом, интеллектуальными системами учёта и управления энергопотреблением, повышением надёжности и живучести сетей [2]. В частности, П.П. Лукашов, А.С. Капустин и В.К. Кузнецов рассматривают интеллектуализацию технологической инфраструктуры систем электроснабжения в связи с живучестью, автономностью, безопасностью и интеллектуальным мониторингом [5].

Смарт-инновации в электроэнергетике целесообразно понимать как внедрение решений, при которых элементы энергосистемы получают способность собирать данные о своём состоянии, обмениваться ими с другими элементами, выполнять локальные управляющие действия и поддерживать согласованную работу сети. В центре данного типа инноваций находится «умная» инфраструктура (датчики, интеллектуальные измерительные устройства, контроллеры, системы связи, периферийные вычисления, интернет вещей и автоматические функции реакции на отклонения). Т. Адефарати и коллеги связывают развитие энергосистем с высокой долей ВИЭ с сочетанием интернета вещей и искусственного интеллекта, что усиливает прогнозирование, управление спросом, выявление неисправностей, диспетчеризацию и оптимизацию работы сети [9]. В электроэнергетике смарт-инновации проявляются в

способности инфраструктуры работать более точно, быстрее реагировать на изменения нагрузки и поддерживать согласованность множества распределённых устройств.

Сущность смарт-инноваций связана с превращением энергетической инфраструктуры из пассивного объекта управления в техническую среду, способную воспринимать параметры сети и реагировать на изменения почти в реальном времени. Т. Хэ и коллеги раскрывают значение передовых сенсорных технологий, широкополосных измерений, точной синхронизации времени, периферийных вычислений, интернета вещей и искусственного интеллекта для новых энергосистем [10], что представляет ценность для сетей с большим числом силовых электронных устройств, распределённых источников, накопителей и управляемой нагрузки. Смарт-инновация в данном случае выражается в согласованной работе измерения, передачи данных, локальной обработки и автоматического ответа энергосистемы на изменение напряжения, частоты, нагрузки или состояния оборудования.

Ключевые функции смарт-инноваций в электроэнергетике включают в себя наблюдение за состоянием сети, выявление повреждений, локализацию нарушений, восстановление питания, координацию распределённых энергетических ресурсов и поддержку живучести энергосистемы (табл. 2).

Таблица 2 – Ключевые функции смарт-инноваций в электроэнергетике

Функция	Содержание	Значение для отрасли
Восприятие состояния сети	Сбор данных с датчиков, измерительных точек, контроллеров и устройств учёта	Повышение наблюдаемости сетевых узлов, оборудования и параметров энергоснабжения
Локальная автоматическая реакция	Быстрое выполнение управляющих действий на уровне узла, участка сети или устройства	Сокращение времени реакции на отклонения напряжения, частоты, нагрузки и состояния оборудования
Координация распределённых ресурсов	Согласование работы малой генерации, накопителей, зарядной инфраструктуры и управляемой нагрузки	Более точное использование распределённых ресурсов в работе энергосистемы
Самовосстановление сети	Автоматическая локализация повреждений и восстановление питания на доступных участках	Снижение длительности нарушений электроснабжения и повышение живучести сети
Обмен данными между элементами инфраструктуры	Передача информации между устройствами, узлами сети, центрами управления и цифровыми системами	Согласованная работа технических элементов умной энергосистемы

Источник: авторская разработка

Так, П.П. Лукашов, А.С. Капустин и В.К. Кузнецов рассматривают интеллектуализацию технологической инфраструктуры систем электроснабжения в связи с надёжностью, живучестью, автономностью, безопасностью и интеллектуальным мониторингом [5]. При аварийных воздействиях, киберугрозах, резких изменениях нагрузки и нестабильной выработке смарт-инновации поддерживают более быструю реакцию инфраструктуры и согласованную работу сетевых узлов. Автоматическая локализация повреждений, быстрая реакция узлов сети и распределение управляющих действий между устройствами сокращают время нарушения электроснабжения и повышают качество работы инфраструктуры.

В научной литературе смарт-инновации часто связываются с более широкой смарт-индустриализацией, киберфизическими платформами, сквозными данными, децентрализацией управления и технологической синергией. Например, Э.Р. Аблитаров рассматривает смарт-индустриализацию как соединение киберфизических систем, данных и алгоритмов искусственного интеллекта, которое ускоряет производственные и управленческие процессы [6]. В электроэнергетике эта идея связана с умными сетями, интеллектуальными измерительными точками, локальными контроллерами, датчиками состояния оборудования, автоматической реакцией сети и цифровой координацией распределённых ресурсов.

Смарт-инновации отличаются высокой прикладной направленностью, поскольку их результат виден в скорости реакции инфраструктуры, снижении числа длительных нарушений, росте наблюдаемости сети и более точном управлении потоками энергии.

Далее целесообразно перейти от описания содержания рассматриваемых инноваций к измерению. Теоретические признаки данных типов инноваций безусловно важны, однако для оценки экономической эффективности электроэнергетики необходима система показателей, применимых для сопоставления компаний, регионов и направлений развития. Интеллектуализация раскрывается в качестве прогноза, диагностики, выявления отклонений, поддержке решений и объяснимости результатов, смарт-инновации – в работе датчиков, измерительных точек, локальных контроллеров, автоматической реакции сети и координации распределённых ресурсов.

Следовательно, параметры должны отражать степень зрелости конкретной функции энергосистемы. При таком подходе инновации становятся измеряемыми, так как можно оценить, какая часть прогнозных задач выполняется интеллектуальными

моделями, насколько точны результаты анализа, какая доля сетевых узлов способна к локальной реакции, как быстро смарт-система отвечает на отклонение параметров сети и т.п. На этой основе далее предлагаются параметры инноваций по уровню интеллектуализации в электроэнергетике (табл. 3).

Таблица 3 – Параметры инноваций по уровню интеллектуализации в электроэнергетике

№	Параметр	Единица измерения	Сущность
1	Доля функций прогнозирования спроса, выработки и сетевой нагрузки, выполняемых интеллектуальными моделями	%	Масштаб применения ИИ и машинного обучения для прогнозных расчётов в энергосистеме
2	Средняя ошибка интеллектуальных прогнозов спроса и выработки электроэнергии	%	Качество прогнозирования, от которого зависит планирование нагрузки, генерации и резервов
3	Доля аварийных и аномальных событий, выявленных интеллектуальными алгоритмами до ручного вмешательства оператора	%	Способность цифровой системы заранее обнаруживать отклонения в работе оборудования и сети
4	Доля оперативных решений, сопровождаемых интеллектуальными рекомендательными системами	%	Уровень использования ИИ в поддержке диспетчерских, ремонтных и эксплуатационных решений
5	Доля моделей ИИ, прошедших проверку качества данных, точности и объяснимости результатов	%	Надёжность интеллектуальных моделей для применения в управлении электроэнергетикой

Источник: авторская разработка

Доля функций прогнозирования спроса, выработки и сетевой нагрузки, выполняемых интеллектуальными моделями, характеризует масштаб участия искусственного интеллекта в расчёте будущего состояния энергосистемы. Показатель охватывает прогнозные задачи, связанные с сезонностью потребления, погодными условиями, режимами генерации, сетевыми ограничениями и изменением нагрузки. В электроэнергетике данные расчёты влияют на планирование резервов, загрузку оборудования и распределение потоков электроэнергии [1]. Рост данного параметра отражает расширение аналитических возможностей электроэнергетической компании и степень включения интеллектуальных моделей в расчётную работу.

Средняя ошибка интеллектуальных прогнозов спроса и выработки электроэнергии – это про качество расчётов, выполняемых моделями искусственного интеллекта. Данный параметр выражает расхождение между прогнозными и фактическими значениями, поэтому он напрямую связан с планированием нагрузки,

выработки, резервов и графиков работы оборудования. Систематическая ошибка прогноза способна увеличить затраты на соблюдение баланса, исказить оценку загрузки сети и осложнить выбор режима работы энергетических объектов [15]. Средняя ошибка прогноза показывает практический результат интеллектуализации и позволяет оценить применимость модели для расчётной работы энергокомпаний.

Доля аварийных и аномальных событий, выявленных интеллектуальными алгоритмами до ручного вмешательства оператора, представляется особенно интересным – данный параметр отражает способность цифровой системы заранее распознавать отклонения в работе оборудования и сети. Так, в расчёт могут включаться нетипичные изменения нагрузки, признаки ухудшения состояния узлов, резкие колебания параметров и сигналы о возможном нарушении энергоснабжения. Большой объём данных от датчиков и измерительных устройств повышает значение автоматического анализа, поскольку скорость реакции персонала ограничена объёмом поступающей информации [8], поэтому рост показателя свидетельствует о развитии функции предупреждения аварийных ситуаций.

Доля оперативных решений, сопровождаемых интеллектуальными рекомендательными системами, отражает степень участия искусственного интеллекта в подготовке действий персонала. Система рекомендаций может предлагать вариант реагирования, оценку последствий, очередность работ, распределение ресурсов или расчёт риска. В диспетчерских, ремонтных и эксплуатационных задачах такого рода рекомендации помогают сопоставлять сведения о состоянии сети, нагрузке, ограничениях и доступных технических возможностях [7]. Показатель отражает уровень включения интеллектуального анализа в производственные решения электроэнергетической компании.

Наконец, *доля моделей ИИ, прошедших проверку качества данных, точности и объяснимости результатов*, характеризует надёжность интеллектуальных инструментов перед использованием в отраслевых задачах. Проверка охватывает полноту исходных данных, устойчивость расчётов, понятность вывода для специалиста и пригодность модели к работе в меняющихся условиях энергосистемы. Значение данного параметра связано с доверием к результатам машинного анализа, поскольку непрозрачная модель с нестабильными выводами повышает риск ошибочного решения. Проверка качества, точности и объяснимости показывает, насколько применение ИИ в электроэнергетике связано с безопасностью и

обоснованностью решений [4].

Также предлагаются параметры смарт-инноваций (табл. 4)

Доля сетевых узлов, оснащённых локальными интеллектуальными контроллерами, отражает насыщенность энергосистемы устройствами встроенной обработки данных и локального управления. Контроллеры на подстанциях, распределительных пунктах и участках сети сокращают путь от измерения параметра до управляющего действия [3]. Рост данного показателя отражает расширение функций умной сети на уровне конкретных технических узлов. За счёт встроенной обработки данных в сетевых узлах сокращается время реакции на колебания напряжения, частоты, нагрузки и состояния оборудования.

Таблица 4 – Параметры смарт-инноваций в электроэнергетике

№	Параметр	Единица измерения	Сущность
1	Доля сетевых узлов, оснащённых локальными интеллектуальными контроллерами	%	Насыщенность сети устройствами, которые способны обрабатывать данные и выполнять локальные управляющие действия
2	Доля распределённых энергетических ресурсов, включённых в автоматизированную координацию энергосистемы	%	Вовлечение малой генерации, накопителей, зарядной инфраструктуры и управляемой нагрузки в согласованную работу сети
3	Доля участков сети с автоматической локализацией повреждений и восстановлением питания	%	Наличие функций самовосстановления сети после аварийных или нештатных событий
4	Доля измерительных точек с передачей данных в режиме, близком к реальному времени	%	Техническая готовность сети к оперативному учёту, анализу состояния и управлению нагрузкой
5	Среднее время реакции смарт-системы на отклонение параметров сети	секунды или минуты	Скорость автоматического ответа умной сети на изменение напряжения, частоты, нагрузки или состояния оборудования

Источник: авторская разработка

Доля распределённых энергетических ресурсов, включённых в автоматизированную координацию энергосистемы, отражает степень согласованной работы малой генерации, накопителей энергии, зарядной инфраструктуры и управляемой нагрузки. Рост числа распределённых ресурсов усложняет балансировку, планирование нагрузки и работу сети на локальном уровне. Автоматизированная

координация учитывает доступную мощность, состояние накопителей, графики потребления и сетевые ограничения [15]. Данный параметр таким образом показывает, насколько распределённые ресурсы участвуют в покрытии нагрузки, снижении перегрузок и поддержании качества энергоснабжения.

Доля участков сети с автоматической локализацией повреждений и восстановлением питания отражает степень развития функций самовосстановления энергосистемы. Данный параметр относится к участкам, на которых оборудование и управляющие системы обнаруживают место повреждения, изолируют проблемный фрагмент и восстанавливают питание потребителей по резервным направлениям [15]. Значение параметра зависит от скорости поступления информации, готовности коммутационного оборудования и согласованности работы автоматики. Высокая доля таких участков сокращает длительность нарушений электроснабжения и ускоряет восстановление нормального режима.

Доля измерительных точек с передачей данных в режиме, близком к реальному времени, – про техническую готовность сети к оперативному учёту, анализу состояния и управлению нагрузкой. Измерительные точки передают сведения о напряжении, токе, мощности, качестве электроэнергии, состоянии оборудования и характере потребления. Большой охват сети точками с малой задержкой передачи данных повышает точность представления о текущем состоянии инфраструктуры [15]. Данный параметр важен для смарт-инноваций, поскольку своевременные данные служат материалом для автоматического анализа и дальнейших управляющих действий.

Наконец, *среднее время реакции смарт-системы на отклонение параметров сети* характеризует скорость автоматического ответа инфраструктуры на изменение напряжения, частоты, нагрузки или состояния оборудования. Показатель измеряется в секундах или минутах и отражает промежуток между появлением отклонения и началом корректирующего действия. Малое время реакции усиливает практическую ценность локальных контроллеров, датчиков, измерительных точек и автоматических функций сети [8]. Для руководства электроэнергетической компании данный параметр показывает, насколько быстро смарт-инфраструктура воздействует на состояние сети после выявления нарушения.

Следует отметить, что данные параметры могут быть расширены за счёт учёта официальных статистических показателей Росстата (табл. 5).

Таблица 5 – Потенциальные применимые статистические показатели в рамках оценки инноваций по уровню интеллектуализации и смарт-инноваций в электроэнергетике

№	Параметр	Потенциальная роль параметра
Для инноваций по уровню интеллектуализации		
17.1.8.	Организации, использовавшие технологии искусственного интеллекта	Использование искусственного интеллекта
17.1.6.	Организации, использовавшие технологии сбора, обработки и анализа больших данных	Аналитика данных
17.1.7.	Организации, использовавшие Интернет вещей	Машинный сбор технических данных
17.1.9.	Организации, использовавшие цифровые платформы	Платформенная обработка процессов
17.1.5.	Организации, использовавшие «облачные» сервисы	Вычислительная база интеллектуализации
Для смарт-инноваций		
17.1.7.	Организации, использовавшие Интернет вещей	Датчики, удалённые объекты, сбор данных
17.5.2.	Организации, использовавшие электронный обмен данными между своими и внешними информационными системами, по форматам обмена	Обмен данными между системами
17.1.9.	Организации, использовавшие цифровые платформы	Смарт-взаимодействие участников
17.3.	Использование широкополосного доступа к сети Интернет в организациях	Инфраструктура цифровой связности
17.1.4.	Организации, использовавшие глобальные информационные сети	Базовая подключённость организаций к сети

Источник: авторская разработка на основе данных Росстата [14]

Таким образом, выделенные параметры показывают два разных измерения цифрового развития электроэнергетики. Инновации по уровню интеллектуализации отражают качество анализа, прогноза, диагностики и поддержки решений, смарт-инновации, в свою очередь, характеризуют техническую способность сети воспринимать своё состояние и быстро реагировать на отклонения. На этом основании также предлагается модель их взаимосвязи на региональном уровне (рис. 1).

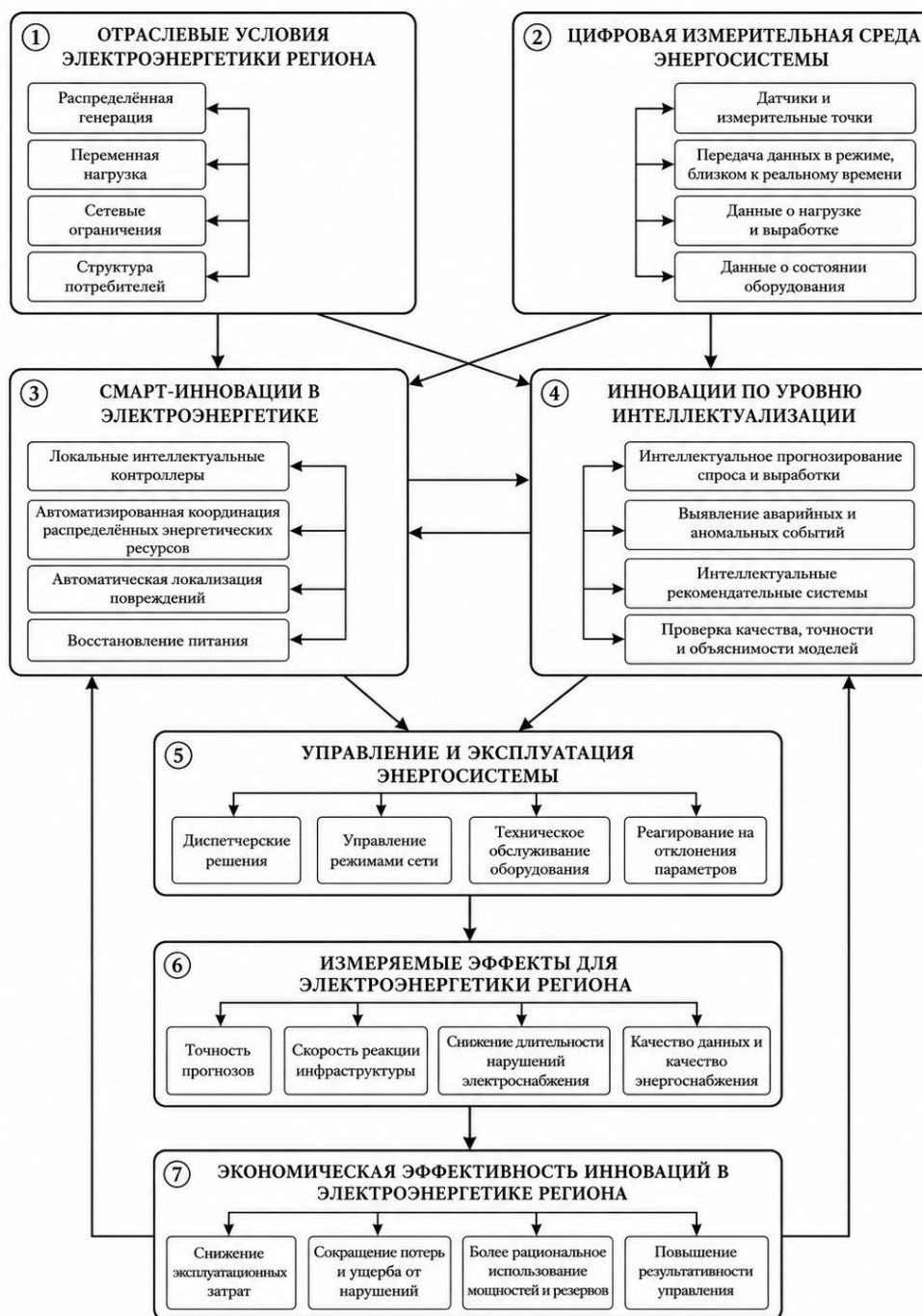


Рисунок 1 – Модель взаимосвязи инноваций по уровню интеллектуализации и смарт-инноваций в электроэнергетике региона
 Источник: авторская разработка

В предложенной модели центральное место отведено двум группам инноваций, которые раскрывают цифровое развитие электроэнергетики региона с разных сторон. Начальные блоки схемы показывают условия, в рамках которых развиваются оба типа инноваций. С одной стороны, на них влияют распределённая генерация, переменная нагрузка, сетевые ограничения и структура потребителей. С другой стороны, для их работы необходима цифровая измерительная среда, включающая датчики, *Научный журнал «Бизнес и общество» №3 (51), 2026*
 СМИ Эл № ФС77-63304, ISSN 2409-6040

измерительные точки, данные о нагрузке, выработке и состоянии оборудования. Взаимная направленность стрелок между смарт-инновациями и инновациями по уровню интеллектуализации подчёркивает их тесную связь. Умная инфраструктура формирует поток данных для интеллектуальных моделей, интеллектуальные модели повышают качество реакции инфраструктуры.

Оба типа инноваций включаются в управление и эксплуатацию энергосистемы, поскольку диспетчерские решения, управление режимами сети, техническое обслуживание оборудования и реагирование на отклонения параметров зависят от точности данных, скорости обработки информации и готовности технических узлов к автоматическим действиям. Измеряемые эффекты в схеме расположены ниже блока управления, что отражает прикладной смысл параметризации. Точность прогнозов, скорость реакции инфраструктуры, снижение длительности нарушений электроснабжения, качество данных и качество энергоснабжения выступают промежуточными результатами, по которым можно судить о практической пользе интеллектуальных и смарт-решений. Нижний блок связывает данные эффекты с экономической эффективностью инноваций в электроэнергетике региона. Снижение эксплуатационных затрат, сокращение потерь и ущерба от нарушений, более рациональное использование мощностей и резервов, повышение результативности управления позволяют рассматривать интеллектуализацию и смарт-инновации как измеряемые факторы экономического результата энергокомпаний. Обратные стрелки от экономической эффективности к двум центральным блокам отражают возможность дальнейшего выбора направлений развития, когда результаты оценки помогают уточнять, какие интеллектуальные функции и элементы умной инфраструктуры имеют наибольшее значение для развития региональной электроэнергетики.

Заключение. Развитие инноваций по уровню интеллектуализации и смарт-инноваций в электроэнергетике Российской Федерации должно идти в направлении более точного прогнозирования, раннего выявления отклонений и более быстрой реакции сетевой инфраструктуры. Интеллектуальные модели, датчики, измерительные точки, локальные контроллеры, автоматизированная координация распределённых энергетических ресурсов и функции восстановления питания расширяют возможности энергокомпаний в управлении нагрузкой, выработкой, состоянием оборудования и качеством энергоснабжения. Главным ориентиром должна выступать параметрическая оценка, в рамках которой энергокомпания сопоставляет

точность прогнозов, долю выявленных аномальных событий, качество рекомендаций, проверку моделей искусственного интеллекта, насыщенность сети интеллектуальными устройствами и скорость автоматической реакции на отклонения. В условиях роста распределённой генерации, переменной нагрузки и сетевых ограничений данный вектор развития повышает надёжность электроснабжения, снижает эксплуатационные затраты и усиливает экономическую эффективность инноваций в электроэнергетике региона.

Список использованных источников

1. Вылгина Ю.В., Шишова А.С. Особенности и методы решений проблем коммерциализации инноваций на рынке оборудования для электроэнергетики // Информация и инновации. – 2021. – Т. 16. – № 1. – С. 40-44. – DOI: 10.31432/1994-2443-2021-16-1-40-44. – EDN: EYWBNV
2. Ельцов С.Н., Волков А.Т. Определение эффектов различных направлений инновационного развития в электроэнергетике // Управленческий учет. – 2026. – № 1. – С. 149-161. – EDN: PRCMMD
3. Королёв А.Э., Лившиц С.А., Юдина Н.А. Возможность изменения услуг электроснабжения потребителей под воздействием введения инновационных технологий // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. – 2025. – Т. 12. – № 1. – С. 8-14. – DOI: 10.24892/RIJIE/20250102. – EDN: AIDDGR
4. Ляпина А.Д. Оценка эффектов инновационной деятельности в электроэнергетике // Modern Science. – 2022. – № 6-3. – С. 79-84. – EDN: BBBHZZ
5. Лукашов П.П., Капустин А.С., Кузнецов В.К. Фактор живучести в концепции модернизации систем электроснабжения // Вестник НИЦ ВА РВСН. – 2025. – № 8. – С. 7-15. – EDN: FFXTXQ
6. Аблитаров Э.Р. Ускорительные эффекты смарт-индустриализации предприятия // Экономика и парадигма нового времени. - 2025. - № 7 (40). – С. 14-25. – EDN: IUXXZU
7. Ховалова Т.В. Инновации в электроэнергетике: виды, классификация и эффекты внедрения // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2019. – Т. 10. – № 3. – С. 274-283. – DOI: 10.17747/2618-947X-2019-3-274-283. – EDN: KWRKXU
8. Шпакова А.А. Распространение смарт-контрактов с позиций теории диффузии инноваций // Ars Administrandi (Искусство управления). - 2022. – Т. 14. – №

1. – С. 82-105. – DOI: 10.17072/2218-9173-2022-1-82-105. – EDN: MTUYUR
9. Adefarati T. et al. Advancing Renewable-Dominant Power Systems Through Internet of Things and Artificial Intelligence: A Comprehensive Review // *Energies*. – 2025. – Vol. 18. – No. 19. – P. 1-54. – DOI: 10.3390/en18195243. – EDN: XIIRTK
10. He T. et al. Advanced Sensing and Holistic Perception Technologies for New-Type Power Systems: A Comprehensive Review // *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. – 2025. – Vol. 223. – P. 1-18. – DOI: 10.1016/j.rser.2025.116023. – EDN: AZZWPF
11. Henao F. et al. AI in power systems: A systematic review of key matters of concern // *Energy Informatics*. – 2025. – Vol. 8. – No. 1. – P. 1-30. – DOI: 10.1186/s42162-025-00529-1. – EDN: TXUFOT
12. Safari A., Daneshvar M., Anvari-Moghaddam A. Energy Intelligence: A Systematic Review of Artificial Intelligence for Energy Management // *Applied Sciences*. – 2024. – Vol. 14. – No. 23. – P. 1-41. – DOI: 10.3390/app142311112. – EDN: PFKESG
13. Shadi M.R., Mirshekali H., Shaker H.R. Explainable Artificial Intelligence for Energy Systems Maintenance: A Review on Concepts, Current Techniques, Challenges, and Prospects // *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. – 2025. – Vol. 216. – P. 1-24. – DOI: 10.1016/j.rser.2025.115668. – EDN: YAIFTK
14. Приложение к сборнику «Регионы России. Социально-экономические показатели» // Федеральная служба государственной статистики. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/47652> (дата обращения: 15.05.2026).
15. Oslo Manual 2018. Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition // OECD. – URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2018/10/oslo-manual-2018_g1g9373b/9789264304604-en.pdf (дата обращения: 15.05.2026).