ISSN 1816-4528 (Print) **ISSN 2949-0634 (Online)**

Научная статья

УДК 621.316
DOI: 10.26730/1816-4528-2026-4-41-51

Беляевский Роман Владимирович, Джураев Рустам Фахритдинович

Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева

* для корреспонденции: dzhuraeffrustam@yandex.ru

АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ НОРМАТИВНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС РОССИИ

Аннотация.
Актуальность работы обусловлена глобальной цифровой трансформацией электроэнергетики, необходимостью интеграции возобновляемых источников энергии и повышения устойчивости систем, что требует пересмотра нормативно-правовой базы для адаптации технологий искусственного интеллекта (ИИ). Статья посвящена комплексному анализу стратегических документов и институциональных барьеров, сдерживающих внедрение ИИ в российскую электроэнергетику. Проведен сравнительный анализ отечественных стратегий развития ИИ и цифровизации топливно-энергетического комплекса (ТЭК) с обзором мирового опыта, включая материалы заседаний ЕЭК ООН (2024 г.). Применены методы контент-анализа, систематического обзора и экспертного синтеза. Выявлены системные вызовы: фрагментарность и низкое качество данных, отсутствие стандартов сертификации ИИ-алгоритмов для критической инфраструктуры, регуляторная инертность, а также междисциплинарный кадровый дефицит. На основе синтеза отечественного и международного опыта предложены приоритетные направления для совершенствования нормативной экосистемы: создание отраслевого пространства данных (data space) для ТЭК, переход к риск-ориентированному регулированию с использованием «регуляторных песочниц», внедрение требований объяснимости ИИ (XAI), легализация налоговых и тарифных стимулов для кооперации данных. Особое внимание уделено количественным оценкам: международный опыт показывает, что применение ИИ повышает точность прогнозирования ВИЭ на 15–30%, а в системах восстановления сети сокращает перерывы электроснабжения до 40%. Основные результаты заключаются в формулировке конкретных рекомендаций по гармонизации регулирования, стимулированию обмена обезличенными данными и развитию кадрового потенциала, включая сетевые образовательные программы магистратуры и ДПО. Практическая значимость подтверждена анализом внедренных проектов («Прогностика» на ТЭЦ «Академическая», АСИД СИ ЛЭП в «Россети Сибирь», «Сигма.ИВК» для интеллектуального учета), демонстрирующих эффективность ИИ в рутинных процессах и на труднодоступных объектах. Реализация предложенных мер позволит создать устойчивую экосистему для безопасного внедрения ИИ и обеспечить технологический суверенитет российской электроэнергетики.

CC BY

Информация о статье
Поступила:
26 мая 2026 г.

Одобрена после рецензирования:
01 сентября 2026 г.

Принята к печати:
15 сентября 2026 г.

Ключевые слова:
искусственный интеллект, электроэнергетика, цифровая трансформация, нормативное регулирование, интеллектуальные сети, цифровой двойник, кибербезопасность, управление данными

Для цитирования: Беляевский Р.В., Джураев Р.Ф. Актуальные аспекты формирования нормативной экосистемы для внедрения искусственного интеллекта в электроэнергетический комплекс России // Горное оборудование и электромеханика. 2026. № 4 (186). С. 41-51. DOI: 10.26730/1816-4528-2026-4-41-51, EDN: BICSBW

1. Введение

Мировая электроэнергетика переживает период фундаментальных изменений, движимых тремя взаимосвязанными факторами:

1) снижением выбросов при производстве электроэнергии и стремительным ростом доли переменчивой генерации на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ);

2) усложнением архитектуры сетей в сторону распределенных и активных систем;

3) ужесточением требований потребителей и регуляторов к надежности, эффективности и доступности энергии.

Эти вызовы делают традиционные методы управления энергосистемами недостаточными, открывая дорогу для глубокой цифровой трансформации. В данном контексте технологии искусственного интеллекта, включая машинное обучение, глубокие нейронные сети и предиктивную аналитику, перестают быть вспомогательным инструментом и становятся ключевым драйвером перехода к энергосистемам будущего – адаптивным, устойчивым и самооптимизирующимся.

Для Российской Федерации, обладающей одной из крупнейших в мире энергосистем, вопрос эффективного и безопасного внедрения ИИ имеет стратегическое значение. Это связано не только с необходимостью поддержания технологической конкурентоспособности, но и с внутренними задачами модернизации изношенной инфраструктуры, снижения потерь, интеграции ВИЭ в изолированные и объединенные энергорайоны, а также обеспечения энергобезопасности в условиях санкционного давления. Отечественная нормативная база в области ИИ и цифровизации ТЭК начала активно формироваться в последние годы, о чем свидетельствует принятие ряда ключевых стратегических документов.

Однако, как показывает международный опыт, между формулированием стратегических целей и их реализацией на практике часто возникает значительный разрыв, обусловленный институциональными, технологическими и кадровыми барьерами. Эти барьеры носят универсальный характер, что подтверждается дискуссиями на ведущих международных площадках. Так, международный опыт исследования влияния ИИ на цифровую трансформацию электроэнергетики в значительной степени сфокусирован на выявлении и поиске решений для подобных системных вызовов. Сравнительный анализ отечественных подходов с учетом изучения позиций международного опыта в сфере электроэнергетики позволяет не только диагностировать «узкие места» в российской практике, но и выявить потенциально эффективные механизмы их преодоления, уже апробированные в других отраслях.

Таким образом, научная проблема по внедрению ИИ в электроэнергетике заключается в недостаточной проработанности нормативно-правовых, организационных и инфраструктурных механизмов. Целью данной статьи является проведение комплексного анализа современного состояния и перспектив развития нормативно-правовой базы РФ в области применения ИИ в электроэнергетике, формулировка рекомендаций по ее совершенствованию, включая международный опыт. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1) проанализировать ключевые российские стратегические документы, задающие вектор цифровизации ТЭК;

2) изучить выводы и рекомендации зарубежных партнеров;

3) провести сравнительный анализ и выявить общие и специфические барьеры для внедрения ИИ;

4) сформулировать комплекс приоритетных мер для формирования адаптивной и стимулирующей нормативной экосистемы.

2. Методы проведения исследования

Методологическую основу исследования составил комплекс методов теоретического и сравнительного анализа, системного подхода и синтеза. Работа выполнена в несколько логически связанных этапов.

На первом этапе был проведен структурированный контент-анализ ключевых нормативно-правовых и стратегических документов Российской Федерации, определяющих политику в области ИИ и цифровизации энергетического сектора. В выборку вошли: Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года (с актуальными изменениями), Стратегическое направление в области цифровой трансформации ТЭК до 2030 года и Энергетическая стратегия РФ на период до 2050 года. Анализ был направлен на выявление закрепленных целей, приоритетных направлений внедрения ИИ, а также декларируемых механизмов поддержки и регулирования.

На втором этапе осуществлен систематический обзор и тематический анализ материалов заседаний международных форумов. Особое внимание уделялось вопросам управления данными, регуляторной адаптивности, кибербезопасности и этики ИИ.

Третий этап заключался в сравнительно-сопоставительном анализе результатов, полученных на первых двух этапах. Метод сравнения позволил выявить точки конвергенции и дивергенции между российскими стратегическими установками и международными экспертными оценками. Акцент делался на идентификации универсальных (сквозных) проблем, таких как фрагментация данных или кадровый дефицит, а также на специфике их проявления и предлагаемых путях решения в разных контекстах.

На четвертом, заключительном этапе, был применен метод синтеза и экспертного обобщения. На основе интеграции выводов отечественного и международного опыта были сформулированы системные рекомендации по развитию нормативно-правовой базы РФ. При разработке рекомендаций учитывался принцип прагматизма, ориентированный на поиск решений, реализуемых в среднесрочной перспективе в условиях действующих институциональных ограничений.

Для обеспечения достоверности анализа использовались только официальные и публично до-

ступные источники (нормативные акты, стратегии, отчеты госкорпораций, материалы ООН). Все выводы аргументированы ссылками на конкретные положения исследуемых документов.

3. Результаты исследования

3.1. Анализ российского стратегического контекста

Проведенный анализ стратегических документов РФ выявил формирование многоуровневой нормативной рамки для внедрения ИИ в ТЭК. Национальная стратегия развития ИИ до 2030 года задает базовые понятия, принципы и основы регулирования ИИ, позиционирует ИИ как сквозную технологию, критически важную для повышения производительности в секторах, включая энергетику [1]. В ней акцентируется необходимость стимулирования исследований, подготовки кадров и формирования «адекватного правового регулирования».

Более предметную детализацию для энергетического сектора содержит Стратегическое направление в области цифровой трансформации ТЭК до 2030 года, вводя, в частности, концепцию «регуляторных песочниц» [2]. Ключевыми направлениями, непосредственно связанными с ИИ, в документе названы:

1) создание цифровых двойников объектов генерации и сетевого хозяйства;

2) развитие интеллектуальных аналитических систем для обработки данных с интеллектуальных систем учета (АИИС КУЭ) и датчиков;

3) внедрение систем предиктивного технического обслуживания.

Энергетическая стратегия до 2050 года определяет долгосрочные цели повышения эффективности, надежности и экологичности, косвенно закрепляя за ИИ роль инструмента их достижения, особенно в задачах оптимизации режимов ЕЭС России, интеграции ВИЭ и управления спросом [3].

Для анализа интеграции ВИЭ приведем структуры производства электроэнергии (ЭЭ) в России и Китае за 2024 год (Рис. 1), которые показывают тенденцию увеличения использования ВИЭ, но при этом следует учитывать климатические условия каждой страны в отдельности. На территории РФ установка электростанций на основе ВИЭ от большей мощности до микрогенерации экономически целесообразна в южных регионах страны. Крупнейшие проекты ВИЭ в 2024 году демонстрируют технологический прогресс, но сталкиваются с проблемами финансирования, интеграции в сети. Без новой архитектуры построения энергосистем дальнейший существенный рост доли ВИЭ в них оказывается практически невозможен. Цифровизация энергетики, напротив, открывает технологические возможности для реализации распределенной энергетики в рамках нового архитектурного подхода, поскольку обеспечивает возможность необходимых для этого информационных потоков и определяет необходимую для этого плотность цифровых управляемых устройств, в том числе на стороне потребителей, в частности, цифровой учет электроэнергии и удаленный доступ к электроустановкам потребителей – «интернет энергии». Лидерство Китая в солнечной энергетике и рост офшорных ветропарков в Европе задают вектор развития [8, 10].

Несмотря на комплексный охват, анализ позволил выявить ряд вызовов:

1) регуляторная определенность: отсутствуют четкие процедуры валидации, сертификации и ответственности за ИИ-алгоритмы, применяемые в

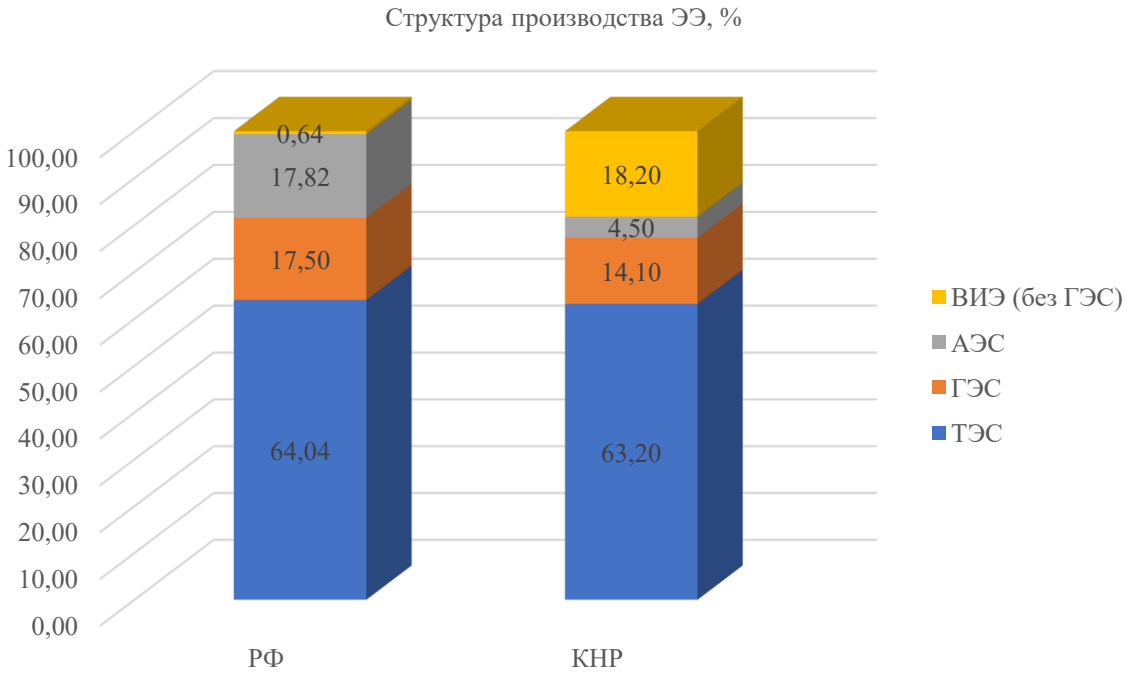

Рис. 1. Структура производства ЭЭ в РФ и КНР в 2024 году
Fig. 1. Structure of electric power production in Russia and China in 2024

объектах критической инфраструктуры (КИ);

2) управление данными: в документах не прописаны механизмы преодоления ключевого барьера – фрагментированности, закрытости и низкого качества данных внутри компаний ТЭК;

3) кадровый вопрос: проблема дефицита междисциплинарных специалистов (энергетика + IT) обозначена, но конкретные межведомственные программы по ее решению не детализированы.

3.2. Ключевые выводы международного опыта

Международная экспертиза, представленная на площадке ЕЭК ООН, подтвердила общность технологических трендов, но сместила фокус на институциональные и инфраструктурные условия для их реализации [7].

1) Данные как инфраструктура (Data as Infrastructure): подчеркивалась необходимость перехода от разрозненных корпоративных хранилищ к созданию отраслевых «пространств данных» (data spaces). Эти пространства должны функционировать на основе четких правил суверенитета данных, стандартизированных протоколов обмена и гарантий безопасности. Именно такая экосистема, а не отдельные алгоритмы, рассматривается как фундамент для эффективного ИИ.

2) Адаптивное регулирование на основе рисков: отмечено, что традиционное предписывающее регулирование сдерживает инновации. Рекомендован переход к регулированию, ориентированному на результат и оценку рисков. «Регуляторные песочницы» были одобрены как эффективный инструмент для тестирования новых бизнес-моделей и технологий в контролируемых условиях при обеспечении безопасности КИ.

3) Киберустойчивость и доверие: выделен императив обеспечения не только кибербезопасности, но и объяснимости и контролируемости человеком алгоритмов ИИ в энергетике. Это ключевое условие для принятия технологии со стороны регуляторов, операторов и общества, прямо направленное на решение проблемы «черного ящика».

4) Количественные оценки эффекта: эксперты привели данные, что внедрение ИИ в прогнозирование ВИЭ повышает точность на 15-30%, а в системах автоматического восстановления сети позволяет сократить время перерывов в электроснабжении до 40%.

3.3. Опыт внедрения ИИ в организациях ТЭК России

3.3.1. В настоящее время в рамках прогнозирования технического состояния на ряде объектов, в том числе на ТЭЦ «Академическая», ПАО «Т Плюс» реализована автоматизированная система предиктивного анализа и диагностики «Прогностика» (Рис. 2), разработанная ООО «ИТ Плюс» [11].

Прогностика помогает выявить возможный дефект, используя методы моделирования, статистического и параметрического анализа, а также машинное обучение, нейронные сети и ряд других современных моделей и технологий.

Когда данные собраны и проанализированы, на их основе строятся две динамические модели: физическая и математическая, которые позволяют спрогнозировать, как оборудование станции поведет себя в диапазоне до 7 дней. Модели постоянно соотносятся с данными, которые поступают от оборудования станции в реальном времени. Для этого на ТЭЦ установлены датчики на основном оборудовании (котлы, турбины) и вспомогательном (например, насосы). Датчики анализируют состояние и работу каждого элемента станции. Собранные данные поступают напрямую в систему Прогностики, а она, в свою очередь, сигнализирует оперативному персоналу о возможных отклонениях от оптимальных параметров. При помощи Прогностики выстраивается эталонная математическая модель оборудования с учетом его технологических особенностей в различных режимах работы: нагрузка, разгрузка, пуск и остановка (то есть как в идеале оно должно работать при любых внешних и внутренних факторах). Когда происходит отклоне-

Рис. 2. Прогностика. Принцип работы
Fig. 2. Prognostics. Operating principle

ние от этой модели, система оповещает, что произошел сбой.

Система «Прогностика» уже имеет опыт эксплуатации (Рис. 3), например, повышение температуры газодожимных компрессоров (ГДК). Причиной неисправности стал отказ системы вентиляции блочного пункта подготовки газа (БППГ) из-за перегорания в шкафах управления вентиляторами (Рис. 3) [11].

.3.2. В филиале ПАО «Россети Сибирь» – «Бурятэнерго» прошла апробация автоматизированная система интеллектуальной дефектации изоляторов линий электропередачи (АСИД СИ ЛЭП). Система одновременно применяет технологии компьютерного зрения и ИИ (Рис. 4).

Использование БПЛА позволяет точно увидеть и определить наличие и тип дефекта (загрязнение, разрушение изоляторов и т. д.), значительно повышая качество диагностики по сравнению с проведением низовых обходов-осмотров (Рис. 4).

Применение дронов для определения дефектов устраняет ряд недостатков, которые обнаружились при выполнении ручной обработки и анализе результатов: затраты времени на обработку и анализ, ручной ввод данных в дефектную ведомость, высокий риск ошибок при обработке большого объема фотографий, ограничение количества обследованных ЛЭП.

3.3.3. Для целей автоматизации сбора, обработки, накопления, хранения, отображения и передачи информации об электроэнергии и мощности для коммерческих расчетов на энергообъектах ООО «Сигма» разработана система «Сигма.ИВК», заказчиком выступил «Интре РАО ЕЭС» [13].

«Умные счетчики» подключаются к СИГМА.ИВК, которая автоматически собирает информацию с приборов учета, хранит ее, обрабатывает и обменивается данными с другими системами гарантирующих поставщиков и интеллектуальными системами учета сетевых организаций [13].

Система позволяет минимизировать расхождение взаиморасчетов между участниками процесса поставки электроэнергии, повысить скорость сбора и обмена данными и снизить риск человеческого фактора.

4. Обсуждение результатов и практики

Сравнительный анализ выявил значительную схожесть в понимании технологических приоритетов между российскими стратегиями и зарубежными концепциями. Цифровые двойники, предиктивная аналитика и интеллектуальные сети единогласно признаются ключевыми направлениями. Однако

Рис. 3. Опыт эксплуатации. Повышение температуры обмоток ГДК
Fig. 3. Operating experience. Increasing the temperature of the gas turbine windings

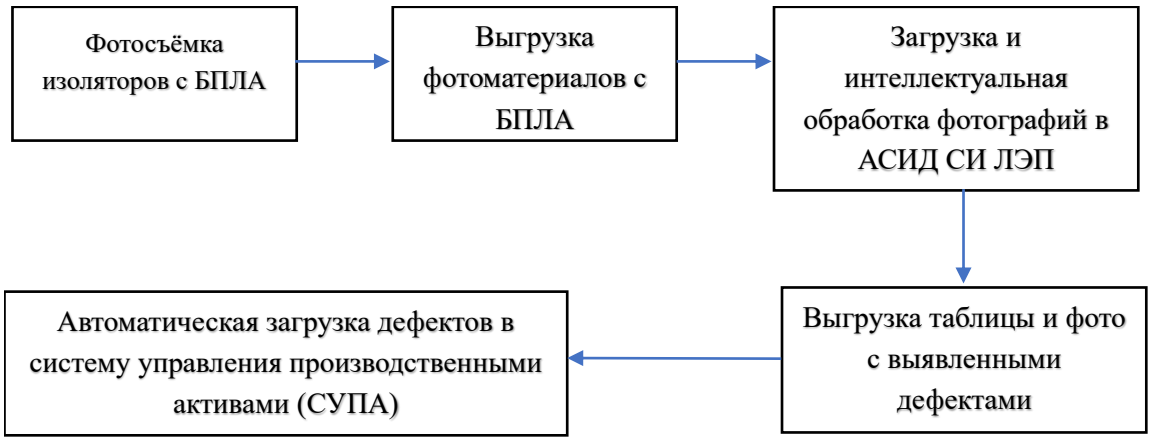

Рис. 4. Блок-схема дефектирования с помощью АСИД СИ ЛЭП
Fig. 4. Block diagram of fault detection using an automated intelligent fault detection system for power transmission line insulators

обнаруживаются некоторые различия на уровне подходов к созданию условий для их реализации.

Российские документы фокусируются преимущественно на формировании конкретных целей и стимулировании разработки технологий для организаций ТЭК (через финансирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР). Международный опыт смещен в сторону формирования инфраструктуры, в целом в масштабах страны: концепция «data spaces» является наглядным примером.

Выявленные системные вызовы носят универсальный характер, но их острота в российском контексте может быть выше в силу двух факторов. Во-первых, это исторически сложившаяся культура закрытости данных внутри крупных вертикально интегрированных компаний ТЭК, подкрепленная вопросами коммерческой и режимной тайны. Во-вторых, высокая степень централизации и жесткости отраслевого регулирования, которое, защищая надежность, может инерционно сопротивляться внедрению гибких подходов.

Предлагаемый международным сообществом акцент на объяснимость ИИ ставит перед российским регулятором и бизнесом новую сложную задачу. Требования к прозрачности алгоритмов для критической инфраструктуры потребуют развития новых компетенций в области тестирования и сертификации ИИ, которые в настоящее время находятся в зачаточном состоянии.

Финансовые показатели роста инвестиций в ИИ со стороны российских компаний («Россети» [5, с. 49], «Росатом» [6, с. 62] (Таблица 1, Рис. 5) соответствуют глобальному тренду. Однако возврат таких инвестиций проявится только при наличии зрелой экосистемы, позволяющей обучать ИИ-модели на качественных, собранных на едином сервере данных, а не на изолированных корпоративных массивах.

Таким образом, основной вывод заключается в том, что для России следующий этап цифровой трансформации электроэнергетики должен заключаться не столько в увеличении финансирования отдельных пилотных проектов по ИИ, сколько в целенаправленном формировании национальной инфраструктуры данных и адаптивной нормативной среды, которая снизит издержки внедрения инноваций для всех участников рынка.

Опыт внедренных проектов на предприятиях ТЭК показывает, что в первую очередь внедрение технологий на основе ИИ применяется при выполнении монотонных (рутинных) процессов (сбор и анализ информации со счетчиков и/или датчиков), а также для выполнения работ в труднодоступных местах без отключения оборудования (осмотр ЛЭП с помощью БПЛА).

5. Выводы

Проведенное исследование позволяет сформулировать следующие основные выводы и рекомендации, направленные на совершенствование нормативно-правовой базы для внедрения ИИ в электроэнергетике РФ:

1) Приоритет развития инфраструктуры данных. Целесообразно инициировать разработку национальной дорожной карты по созданию отраслевого пространства данных для ТЭК. Эта инициатива должна включать: выработку стандартов интероперабельности и метаданных; создание правовых механизмов обмена данными на принципах суверенитета данных и коммерческой конфиденци-

Таблица 1. Финансирование НИОКР
Table 1. R&D funding

Компания	Финансирование в год, млрд руб.			
	2021	2022	2023	2024
Росатом	11,4	10,3	10,1	7,5
Россети	1,35	1,02	1,13	1,09

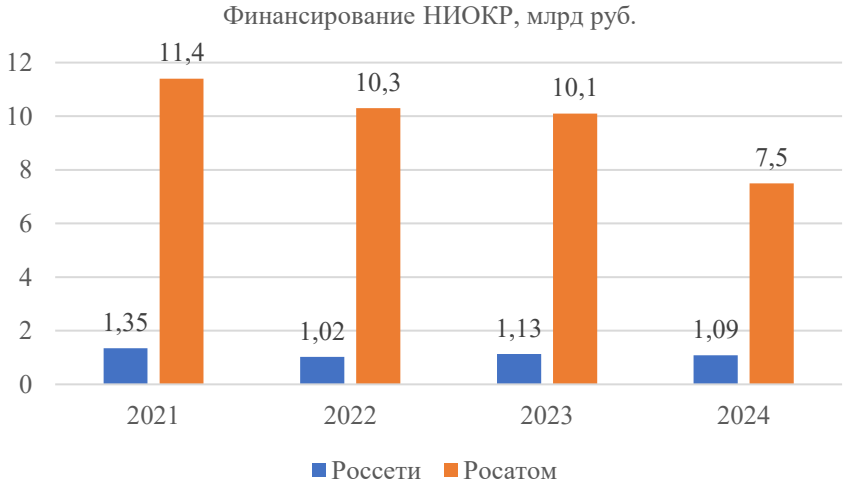

Рис. 5. Финансирование НИОКР
Fig. 5. R&D funding

альности; формирование доверенной технологической платформы для агрегации анонимизированных данных с объектов генерации и сетей.

2) Эволюция регуляторной модели. Рекомендуется поэтапный переход от жесткого предписывающего регулирования к гибкой модели, основанной на оценке рисков. В краткосрочной перспективе это требует разработки и утверждения методических рекомендаций по валидации и сертификации ИИ-решений для критической инфраструктуры, с обязательным включением требований к объяснимости (XAI — Explainable AI) и наличию человеческого контроля в контуре принятия решений.

3) Системное решение кадрового вопроса. Для преодоления междисциплинарного дефицита необходима координация между Минэнерго, Минцифры и Минобрнауки с целью запуска сетевых образовательных программ магистратуры и дополнительного профессионального образования (ДПО) на базе ведущих технических и IT-вузов. Программы должны быть практико-ориентированными, с обязательным участием компаний ТЭК в разработке учебных планов и проведении стажировок. Примеры такого взаимодействия определены по программе «Интеллектуальные системы и технологии» – подготовка разработчиков цифровых моделей и интеллектуальных систем управления для предприятий топливно-энергетического комплекса России на базе Томского политехнического университета (Передовая инженерная школа).

4) Легализация и стимулирование кооперации. Следует рассмотреть возможность введения налоговых и тарифных стимулов для компаний ТЭК, участвующих в совместных пилотных проектах по ИИ и предоставляющих обезличенные данные для формирования общеотраслевых тренировочных наборов, а также осуществить перевод затрат на цифровую инфраструктуру (инвестиции) в категорию капитальных, а не операционных расходов, что позволит операторам электросетей возмещать затраты в течение более длительного периода амортизации и сделает эти инвестиции более финансово жизнеспособными. Такой подход позволит увязать цифровые инвестиции с традиционными процессами капитального планирования и восстановления и таким образом интегрировать их в более общие финансовые стратегии операторов энергосистем, что в свою очередь снизит барьеры для входа малого и среднего инновационного бизнеса в отрасль.

5) На сегодняшний день опыт внедрения ИИ в организациях ТЭК показывает, что внедренные системы все еще требуют активного участия человека, что открывает возможности для дальнейшего развития технологий на основе ИИ. Например, в АСИД СИ ЛЭП БПЛА управляется оператором, следующим шагом развития такой системы предлагается проводить сбор информации с помощью БПЛА без участия человека, заранее запрограммированные маршруты полета БПЛА, при этом сохраняя контроль над БПЛА и иными технологиями за человеком.

Реализация указанных мер позволит преодолеть ключевые институциональные барьеры и создать устойчивую экосистему для массового и безопасного внедрения технологий искусственного интеллекта, что является необходимым условием для обеспечения технологического суверенитета и конкурентоспособности российской электроэнергетики в долгосрочной перспективе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении Национальной стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 года: Указ Президента РФ от 10.10.2019 № 490. Редакция от 20.07.2023. Режим доступа: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/727389 46/ (дата обращения: 13.06.2026);

2. Об утверждении Стратегического направления в области цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса до 2030 года: Распоряжение Правительства РФ от 12.03.2024 № 581-р. Режим доступа: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408610169/ (дата обращения: 13.06.2026);

3. Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2050 года: Распоряжение Правительства РФ от 12.04.2025 № 908-р. Режим доступа: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/411766542/ (дата обращения: 13.06.2026);

4. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. Федеральный проект «Искусственный интеллект». Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_398627/ (дата обращения: 13.06.2026);

5. ПАО «Россети» Годовой отчет за 2024 год. Режим доступа: https://www.rosseti.ru/upload/iblock/9cc/xrcr44rvmwkk2javplzogiwmqkxirbrm/Rosseti_AR2024.pdf (дата обращения: 13.06.2026);

6. Государственная корпорация «Росатом» Годовой отчет за 2024 год Режим доступа: https://report.rosatom.ru/go/rosatom/go_rosatom_2024/rosatom_2024_ru.pdf (дата обращения: 13.06.2026);

7. The Impact of Artificial Intelligence on Digital Transformation and Data Conversion in the Electricity Sector: United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). Geneva, 2024. 45 p. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://unece.org/sites/default/files/2024-08/ECE_ENERGY_GE.6_2024_3−ECE_ENERGY_GE.5_2024_3_RU.pdf (дата обращения: 13.06.2026);

8. Сайт «Мировая энергетика». Режим доступа: https://www.eeseaec.org/elektroenergeticeskij-kompleks-rossii (дата обращения: 13.06.2026);

9. Новостной портал РИА-Томск. Режим доступа https://www.riatomsk.ru/article/20240702/pish-tpu-budet-gotovitj-bakalavrov-v-sfere-ii-dlya-energetiki/ (дата обращения: 13.06.2026);

10. Газета «Энергетика и промышленность России», № 08 (508), апрель 2025 года «ТОП-7 крупнейших проектов ВИЭ в мире в 2024 году».

https://www.eprussia.ru/epr/508/4741533.htm?ysclid=miu4pg9tc4818244733 (дата обращения: 13.06.2026);

11. Проект цифровизации производства ПАО «Т Плюс» Прогностика. Режим доступа: https://itplus.energy/pdf/Презентация%20Прогностика.pdf (дата обращения: 13.06.2026);

12. Журнал «Электроэнергия. Передача и распределение» спецвыпуск «Россети» №3(38). Режим доступа https://eepir.ru/release/specvypusk-rosseti-nbsp-3-38-sentyabr-2025/# (дата обращения: 13.06.2026);

13. Программный комплекс «Сигма.ИВК». Руководство по эксплуатации. Режим доступа: https://sigma-it.ru/solutions/sigma-ivk/ (дата обращения: 13.06.2026);

14. Воропай Н. И. Интеллектуальные электроэнергетические системы: концепция, состояние, перспективы // Автоматизация и IT в энергетике. 2011. № 3(20). С. 11–16;

15. Клюев Р. В., Моргоева А. Д., Гаврина О. А., Босиков И. И., Моргоев И. Д. Прогнозирование планового потребления электроэнергии для объединенной энергосистемы с помощью машинного обучения // Записки Горного института. 2025. Т. 261. С. 392–402;

16. Темников Е. А., Никитин К. И. Анализ целесообразности применения нейронных сетей в релейной защите с использованием схемы противоречий // Universum: технические науки. 2025. № 2 (131). DOI: 10.32743/UniTech.2025.131.2.19195;

17. Антоненко Л. О., Проталинский О. М., Ягупова Ю. Ю., Феткуллин Т. Р., Андрюшин А. В. Идентификация дефектов паровой турбины на основе нейросетевых моделей // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2025. Т. 33. № 3. DOI: 10.14498/tech.2025.3.4. EDN: YQATVX

18. Чернигов Л. М., Мисюль А. С. Импортозамещение в системах управления и контроля. Вопросы диагностики с использованием искусственного интеллекта на объектах электроэнергетики // Промышленный искусственный интеллект (ПИИ'2025): Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием, 3–4 июля 2025 года: сборник научных трудов. Санкт-Петербург : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2025. Режим доступа: https://elib.spbstu.ru/dl/2/id25-508.pdf (дата обращения: 13.06.2026);

19. Матренин П. В. Архитектура доверенной системы искусственного интеллекта в задачах прогнозирования временных рядов в электроэнергетике // International Journal of Open Information Technologies. 2025. Т. 13. № 9. С. 103–110. ISSN: 2307-8162. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_82810970_94641091.pdf (дата обращения: 13.06.2026);

20. Аннагурбанов Х., Пионтковская С. А. Применение искусственного интеллекта в управлении энергосистемами // Международный журнал «Вестник науки». 2025. №7(88). Том 1. С. 258–266;

21. Манюкевич М. С. Цифровой двойник для электрических сетей / науч. рук. С. Г. Жуковец // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XXIV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 25–26 апр. 2024 г. : в 2 ч. Ч. 1 / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П.О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. С. 180–182. Режим доступа: https://elib.gstu.by/handle/220612/38258 (дата обращения: 13.06.2026);

22. Pourmirza Z., Bozdal M., Khalil M., Judson E., Walker S. Digital Transformation of Energy Systems: Technologies, Data, Governance and Cyber Security // IET Smart Grid. 2026. DOI: 10.1049/stg2.70068;

23. Peng S., Liu M., Zhang Z., Deng R. Machine Learning-Based Applications for Cyberattack and Defense in Smart Energy Systems // Artificial Intelligence Empowered Smart Energy Systems / eds. Q. Yang, G. Huang. Wiley, 2026. Chapter 1. DOI: 10.1002/9781394253647.ch1;

24. The Common European Energy Data Space and the Energy Networks // Current Sustainable/Renewable Energy Reports. 2026. Vol. 13. Art. 7. DOI: 10.1007/s40518-026-00288-x;

25. Artificial Intelligence Techniques With Digital Twin for Fault Diagnosis in Interconnected Systems: A Review // IEEE Access. 2025. Vol. 13. Pp. 91860–91874. DOI: 10.1109/ACCESS.2025.11009177;

26. The application of big data and artificial intelligence technology in power system state monitoring and fault diagnosis: A review // Advances in Resources Research. 2025. Vol. 5. № 3. Pp. 1318–1334;

27. Искусственный интеллект может применяться для решения большого количества задач в области энергоперехода: новость от 29.01.2024. ICC Russia. Режим доступа: https://iccwbo.ru/commissions/eco/news/tpost/c33z2hh5e1-iskusstvennii-intellekt-mozhet-primenyat (дата обращения: 13.06.2026).

© 2026 Авторы. Эта статья доступна по лицензии CreativeCommons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Беляевский Роман Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения горных и промышленных предприятий, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева (650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28), e-mail: brv.egpp@kuzstu.ru

Джураев Рустам Фахритдинович, аспирант гр. ЭТа-251 кафедры электропривода и автоматизации, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева (650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28), e-mail: dzhuraeffrustam@yandex.ru

Заявленный вклад авторов:
Беляевский Роман Владимирович – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, концептуализация исследования, выводы, написание текста.
Джураев Рустам Фахритдинович – обзор литературы, сбор и анализ данных, выводы, написание текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

DOI: 10.26730/1816-4528-2026-4-41-51

Roman V. Belyaevsky, Rustam F. Dzhuraev

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

***** for correspondence: dzhuraeffrustam@yandex.ru

CURRENT ASPECTS OF FORMING A REGULATORY ECOSYSTEM FOR THE INTRODUCTION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE RUSSIAN ELECTRIC POWER INDUSTRY

Abstract.
The relevance of the study is driven by the global digital transformation of the electric power industry, the need to integrate renewable energy sources and enhance system resilience, which necessitates revising the regulatory framework to adapt artificial intelligence (AI) technologies. The article presents a comprehensive analysis of strategic documents and institutional barriers hindering the implementation of AI in the Russian electric power sector. A comparative analysis of domestic AI development strategies and digitalization strategies for the fuel and energy complex (FEC) is conducted, alongside a review of global experience, including materials from the 2024 UNECE meetings. The methods employed include content analysis, systematic review, and expert synthesis. Systemic challenges are identified: fragmented and poor-quality data, the lack of certification standards for AI algorithms in critical infrastructure, regulatory inertia, and an interdisciplinary skills gap. Based on a synthesis of domestic and international practices, priority areas for improving the regulatory ecosystem are proposed: creating an industry-wide data space for the FEC, transitioning to risk-based regulation using "regulatory sandboxes", implementing explainable AI (XAI) requirements, and introducing tax and tariff incentives for data cooperation. Special attention is given to quantitative estimates: international experience shows that AI improves renewable energy forecasting accuracy by 15–30% and reduces power supply interruptions by up to 40% in grid restoration systems. The key findings involve formulating specific recommendations for harmonizing regulations, incentivizing the exchange of anonymized data, and developing human resources, including networked master's degree and continuing education programs. The practical significance is confirmed by an analysis of deployed projects («Prognostika» at the «Akademicheskaya» CHP plant, the automated intelligent fault detection system for power transmission line insulators at Rosseti Siberia, and 2Sigma.IVK» for smart metering), demonstrating AI's effectiveness in routine processes and hard-to-reach facilities. The implementation of the proposed measures will create a sustainable ecosystem for the safe deployment of AI and ensure the technological sovereignty of the Russian electric power industry.

CC BY

Article info
Received:
26 May 2026

Accepted for publication:
01 September 2026

Accepted:
15 September 2026

Keywords: *artificial intelligence, electric power industry, digital transformation, regulatory framework, smart grid, digital twin, cybersecurity, data management*

For citation: Belyaevsky R.V., Dzhuraev R.F., Current aspects of forming a regulatory ecosystem for the introduction of artificial intelligence in the Russian electric power industry. Mining Equipment and Electromechanics, 2026; 4(186):41-51 (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1816-4528-2026-4-41-51, EDN: BICSBW

REFERENCES

1. On the Approval of the National Strategy for the Development of Artificial Intelligence for the Period until 2030: Decree of the President of the Russian Federation № 490 dated October 10, 2019. Version as of July 20, 2023. Available at: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72738946/ (accessed: 13.06.2026);

2. On the Approval of the Strategic Direction for the Digital Transformation of the Fuel and Energy Complex until 2030: Order of the Government of the Russian Federation № 581-r dated March 12, 2024. Available at: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408610169/ (accessed: 13.06.2026);

3. On the Approval of the Energy Strategy of the Russian Federation for the Period until 2050: Order of the Government of the Russian Federation № 908-r dated April 12, 2025. Available at: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/411766542/ (accessed: 13.06.2026);

4. Ministry of Digital Development, Communications and Mass Media of the Russian Federation. Federal Project "Artificial Intelligence". Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_398627/ (accessed: 13.06.2026);

5. PJSC Rosseti Annual Report for 2024. Available at: https://www.rosseti.ru/upload/iblock/9cc/xrcr44rvmwkk2javplzogiwmqkxirbrm/Rosseti_AR2024.pdf (accessed: 13.06.2026);

6. State Corporation Rosatom Annual Report for 2024. Available at: https://report.rosatom.ru/go/rosatom/go_rosatom_2024/rosatom_2024_ru.pdf (accessed: 06.12.2025);

7. The Impact of Artificial Intelligence on Digital Transformation and Data Conversion in the Electricity Sector: United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). Geneva, 2024. 45 p. [Electronic resource]. Available at: https://unece.org/sites/default/files/2024-08/ECE_ENERGY_GE.6_2024_3−ECE_ENERGY_GE.5_2024_3_RU.pdf (accessed: 13.06.2026);

8. «World Energy» Website Available at: https://www.eeseaec.org/elektroenergeticeskij-kompleks-rossii (accessed: 13.06.2026);

9. RIA-Tomsk News Portal. Available at: https://www.riatomsk.ru/article/20240702/pish-tpu-budet-gotovitj-bakalavrov-v-sfere-ii-dlya-energetiki/ (accessed: 13.06.2026);

10. Newspaper «Energy and Industry of Russia», № 08 (508), April 2025 «TOP-7 Largest Renewable Energy Projects in the World in 2024». Available at: https://www.eprussia.ru/epr/508/4741533.htm?ysclid=miu4pg9tc4818244733 (accessed: 13.06.2026);

11. Digitalization of Production Project of PJSC «T Plus» Prognostika. Available at: https://itplus.energy/pdf/Презентация%20Прогностика.pdf (accessed: 13.06.2026);

12. Journal «Electric Power. Transmission and Distribution» Special Issue «Rosseti» № 3(38). Available at: https://eepir.ru/release/specvypusk-rosseti-nbsp-3-38-sentyabr-2025/# (accessed: 13.06.2026);

13. Software Package "Sigma.IVK". User Manual. Available at: https://sigma-it.ru/solutions/sigma-ivk/ (accessed 13.06.2026);

14. Voropai N.I. Intelligent Electric Power Systems: Concept, Status, and Prospects. *Automation and IT in Power Engineering.* 2011; 3(20):11-16. Available at: https://isem.irk.ru/publications/article2011000000005/ (accessed: 13.06.2026);

15. Klyuev R.V., Morgoeva A.D., Gavrina O.A., Bosikov I.I., Morgoev I.D. Forecasting Planned Electricity Consumption for the Unified Power System Using Machine Learning. *Zapiski Gornogo Instituta.* 2025; 261:392-402. Access mode: https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/16185?setLocale=ru_RU (accessed: 13.06.2026);

16. Temnikov E.A., Nikitin K.I. Analysis of the feasibility of applying neural networks in relay protection using contradiction scheme. *Universum: technical sciences.* 2025; 2(131). DOI: 10.32743/UniTech.2025.131.2.19195. Access mode: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/19195 (accessed: 13.06.2026);

17. Antonenko L.O., Protalinsky O.M., Yagubova Yu.Yu., Fetkullin T.R., Andryushin A.V. Steam Turbine Fault Identification Based on Neural Network Models. *Bulletin of Samara State Technical University. Series: Technical Sciences.* 2025; 33(3). DOI: 10.14498/tech.2025.3.4. EDN: YQATVX. Access mode: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_83238755_57452371.pdf (accessed: 13.06.2026);

18. Chernigov L.M., Misyul A.S. Import Substitution in Control and Monitoring Systems. Issues of Diagnostics Using Artificial Intelligence at Electric Power Plants. *Industrial Artificial Intelligence (IAI'2025): All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation*. July 3–4, 2025: Collection of Scientific Papers. Saint Petersburg: POLYTECH-PRESS; 2025. Available at: https://elib.spbstu.ru/dl/2/id25-508.pdf (accessed: 13.06.2026);

19. Matrenin P.V. Architecture of a Trusted Artificial Intelligence System for Time Series Forecasting in Power Industry. *International Journal of Open Information Technologies.* 2025; 13(9):103–110. ISSN: 2307-8162. Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_82810970_94641091.pdf (accessed: 13.06.2026);

20. Annagurbanov H., Piontkovskaya S.A. Application of Artificial Intelligence in Power System Man-

agement. *International Journal "Bulletin of Science".* 2025; 7(88(1):258-266. Access mode: https://www.вестник-науки.рф/article/25028 (accessed: 13.06.2026);

21. Manyukevich M.S. Digital Twin for Electrical Grids / research supervisor S.G. Zhukovets. *Research and Development in Mechanical Engineering, Power Engineering and Management: Proc. of the XXIV Int. Scientific and Technical Conf. of Students, Postgraduates and Young Scientists.* Gomel, April 25-26, 2024: in 2 parts. Part 1 / Ministry of Education of the Republic of Belarus, Gomel State Technical University named after P.O. Sukhoi; under the general editorship of A.A. Boyko. Gomel: GGTU im. P.O. Sukhoi; 2024. Pp. 180-182. Access mode: https://elib.gstu.by/handle/220612/38258 (accessed: 13.06.2026);

22. Pourmirza Z., Bozdal M., Khalil M., Judson E., Walker S. Digital Transformation of Energy Systems: Technologies, Data, Governance and Cyber Security. *IET Smart Grid.* 2026. DOI: 10.1049/stg2.70068. Access mode: https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1049/stg2.70068 (accessed: 13.06.2026);

23. Peng S., Liu M., Zhang Z., Deng R. Machine Learning-Based Applications for Cyberattack and Defense in Smart Energy Systems. *Artificial Intelligence Empowered Smart Energy Systems*. Eds. Q. Yang, G. Huang. Wiley, 2026. Chapter 1. DOI: 10.1002/9781394253647.ch1. Access mode: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781394253647.ch1 (accessed: 13.06.2026);

24. The Common European Energy Data Space and the Energy Networks. *Current Sustainable/Renewable Energy Reports.* 2026; 13. Art. 7. DOI: 10.1007/s40518-026-00288-x. Access mode: https://rd.springer.com/article/10.1007/s40518-026-00288-x (accessed: 13.06.2026);

25. Artificial Intelligence Techniques With Digital Twin for Fault Diagnosis in Interconnected Systems: A Review. *IEEE Access.* 2025; 13:91860–91874. DOI: 10.1109/ACCESS.2025.11009177. Access mode: https://ieeexplore.ieee.org/document/11009177 (accessed: 13.06.2026);

26. The application of big data and artificial intelligence technology in power system state monitoring and fault diagnosis: A review. *Advances in Resources Research.* 2025; 5(3):1318–1334. Access mode: https://www.jstage.jst.go.jp/article/arr/5/3/5_1318/_article/-char/en (accessed: 13.06.2026);

27. Artificial intelligence can be applied to a wide range of energy transition tasks: news from 29.01.2024. ICC Russia. Available at: https://iccwbo.ru/commissions/eco/news/tpost/c33z2hh5e1-iskusstvennii-intellekt-mozhet-primenyat (accessed: 13.06.2026).

© 2026 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

The authors declare no conflict of interest.

About the author:
Roman V. Belyaevsky, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Power Supply for Mining and Industrial Enterprises, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (28 Vesennaya Street, Kemerovo, 650000, Russia), e-mail: brv.egpp@kuzstu.ru
Rustam F. Dzhuraev, Graduate Student, Group ETa-251, Department of Electric Drives and Automation, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (28 Vesennaya Street, Kemerovo, 650000, Russia), e-mail: dzhuraeffrustam@yandex.ru

Contribution of the authors:
Roman V. Belyaevsky – research problem statement; scientific management, conceptualization of research, drawing the conclusions, writing the text;
Rustam F. Dzhuraev – literature reviewing, data collection, data analysis, drawing the conclusions, writing the text.

Authors have read and approved the final manuscript.