

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора, проректора по науке и коммерциализации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»

Ившина Игоря Владимировича

на диссертацию **Бояркова Дмитрия Андреевича**

на тему **«Разработка риск-ориентированной системы управления техническим состоянием электрических сетей»**, представленную на соискание учёной степени

кандидата технических наук по специальности

2.4.3 – Электроэнергетика

1 Актуальность темы исследования

Задача обеспечения надежного функционирования электросетевого комплекса, повышение его эффективности поставлена министром энергетики РФ Цивилевым С.Е. в ключевом документе «Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2050 года» (Распоряжение Правительства РФ № 908-р от 12 апреля 2025 г.) В этом документе перед наукой поставлены задачи проведения фундаментальных (прикладных) исследований для реализации технологии:

- природа возникновения аварий в распределительной сети;
- зависимости аварийности от возраста компонентов сети;
- физические проявления аварий и способы их устранения;
- имитационное моделирование объектов сети;
- зависимости аварийности от возраста компонентов сети.

Решению части этих задач посвящена диссертация соискателя ученой степени. Актуальность тематики проведённого исследования подчёркивается наличием проблемы высокого уровня износа электрических сетей на классах напряжения (до 110 кВ включительно), что оказывает отрицательное влияние на уровень надёжности электроснабжения потребителей. При этом в условиях необходимости снижения эксплуатационных затрат электросетевыми предприятиями реализуются меры, направленные на организацию ремонтов по фактическому состоянию электрооборудования, поскольку реализация планово-предупредительной системы ремонтов в настоящее время считается чрезмерно затратной.

Однако для поддержания оптимального уровня надёжности электрических сетей ремонтов по фактическому состоянию недостаточно – для более эффективного

распределения затрат необходимо применять риск-ориентированные системы управления техническим состоянием электрических сетей, направленные на идентификацию электрооборудования, которое находится в наиболее неудовлетворительном техническом состоянии и выход из строя которого приведет к наибольшим материальным потерям. Иными словами, такая система технического обслуживания электрических сетей помогает более эффективно выстраивать приоритеты по осуществлению технических воздействий на электрические сети.

Таким образом, исследования, направленные на повышение обоснованности и эффективности принимаемых решений при формировании инвестиционных и ремонтных программ электросетевых компаний на основе критериев риск-ориентированного управления, являются актуальными, а их результаты востребованы в энергетическом комплексе страны.

2 Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность результатов подтверждается применением научно обоснованных методов исследований, корректным использованием математического аппарата, апробацией основных результатов диссертации на конференциях, а также их практическим внедрением. При написании работы для анализа использовались методические указания Министерства энергетики РФ по расчету вероятности отказа функционального узла и единицы основного технологического оборудования и оценки последствий такого отказа, и опубликованные результаты исследователей по тематике диссертации. Основные результаты исследования согласуются с выводами Минэнерго РФ и с работами других авторов.

По теме настоящего диссертационного исследования опубликовано 30 научных работ, в том числе три работы в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, а одна работа опубликована в издании, индексируемом наукометрической базой данных *Scopus*, получено одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

3 Краткая характеристика основного содержания работы

Диссертация состоит из введения, трёх разделов, заключения, списка литературы и 4 приложений. Работа изложена на 179 страницах машинописного текста, включая приложения, содержит 42 рисунка, 22 таблицы. Список литературы включает 150 наименований.

Во введении обоснована актуальность выполняемых исследований, сформулированы цели и задачи исследования, обоснованы научная новизна, теоретическая и практическая значимости результатов работы, приведены сведения об апробации основных результатов

исследований, изложены основные положения диссертации, выносимые на защиту, личный вклад автора в работу. Также приводится основная информация о проведенном исследовании, в том числе указывается структура и объем работы.

В первой главе автор описывает проведенный анализ современного технического состояния, методов диагностики и технического обслуживания электрических сетей, рассматривает достоинства и недостатки существующих систем управления их техническим состоянием, а также раскрывает понятие риска в электрических сетях и анализирует различные методы его оценки. Выявлены и обоснованы недостатки имеющихся методов оценки рисков выхода из строя электрических сетей. При этом автор обращает внимание на необходимость обеспечения разрабатываемой риск-ориентированной системы управления методиками и алгоритмами обработки диагностической, статистической и справочной информации об элементах системы, что и является основной сутью данной работы.

Кроме прочего, в первой главе автор формулирует основные задачи диссертационного исследования, решение которых требуется для построения принципиально новой риск-ориентированной системы управления техническим состоянием электрических сетей.

Во второй главе произведена разработка методик и алгоритма риск-ориентированной системы управления техническим состоянием электрических сетей, которая состоит из следующих укрупненных блоков:

- методика оценки вероятностей выхода из строя электрических сетей (с указанием особенностей, характерных для различных видов и групп оборудования);
- методика оценки ущербов от перерыва электроснабжения (как для потребителей электрической энергии, так и для электросетевых компаний);
- алгоритм принятия управленческих решений по выбору технических воздействий на электросетевое оборудование на основе управления риском, позволяющий более обоснованно и эффективно принимать управленческие решения при формировании инвестиционных и ремонтных программ электросетевых компаний.

Также в данной главе производится определение адекватности и достоверности разработанных методик оценки вероятностей выхода из строя электрических сетей.

В третьей главе описывается программный комплекс ROSiE, выполненный на основании разработанных методик и алгоритма риск-ориентированного управления техническим состоянием электрических сетей для обеспечения автоматизированной оценки рисков выхода из строя электрооборудования. Рассматриваются возможности практического применения разработанной системы и программного комплекса на примере объектов электрических сетей реальной электросетевой компании. Для сравнения уровня рисков и принятия решений по приоритизации технического воздействия на электросетевое

оборудование было выбрано два объекта электросетевого хозяйства, в рамках которых был продемонстрирован механизм определения приоритетности вывода в ремонт.

Помимо указанного, в данной главе автор приводит обоснование экономической эффективности внедрения разработанной риск-ориентированной системы управления техническим состоянием электрических сетей.

В заключении автором приводится описание достигнутых теоретических и практических результатов, направленных на повышение обоснованности и эффективности принимаемых решений при формировании инвестиционных и ремонтных программ электросетевых компаний.

Оформление и стиль изложения диссертационной работы отвечает существующим требованиям. Исследование в полной мере раскрывает поставленные цель и задачи.

4 Научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов

Научная новизна работы заключается в разработке и совершенствовании методов использования информационных и телекоммуникационных технологий и систем, искусственного интеллекта в электроэнергетике для оперативного и ретроспективного мониторинга, анализа, прогнозирования и управления надёжностью электрических сетей:

- во введении новых поправочных коэффициентов, учитывающих статистику дефектов и отказов электросетевого оборудования, а также влияние окружающей среды и условий его эксплуатации: постоянная пробоя изоляции, постоянная выхода из строя токоведущих частей и постоянная механических повреждений;
- в создании алгоритма поддержки принятия управленческих решений по выбору технических воздействий на элементы электрической сети и систему электроснабжения в целом, на основе разработанных вероятностных моделей, который позволяет определять приоритеты необходимых технических воздействий;
- во введении риск-ориентированных критериев принятия решений при планировании технических воздействий на электрические сети.

Новизна полученных технических решений подтверждается полученным свидетельством о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Теоретическая значимость состоит в физическом и математическом доказательстве экспоненциальной формы вероятностных моделей выход из строя элементов электрических сетей.

Практическая значимость исследования состоит в том, что автором разработан алгоритм поддержки принятия управленческих решений по выбору технических воздействий на элементы электрической сети и методики, позволяющие производить расчёт вероятностей

выхода из строя элементов электрической сети, а также оценивать ущерб от перерывов электроснабжения.

Внедрение достигнутых результатов в деятельность электросетевых компаний, а также в учебный процесс ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова» подтверждает практическую ценность полученных результатов.

5 Соответствие диссертации и автореферата паспорту специальности 2.4.3 – Электроэнергетика

Материалы диссертации и автореферата соответствуют пункту 20 направления исследований, указанных в паспорте научной специальности 2.4.3 – Электроэнергетика в части разработки методов использования информационных и телекоммуникационных технологий и систем, искусственного интеллекта в электроэнергетике, включая проблемы разработки и применения информационно-измерительных, геоинформационных и управляющих систем для оперативного и ретроспективного мониторинга, анализа, прогнозирования и управления электропотреблением, режимами, надежностью, уровнем потерь энергии и качеством электроэнергии.

6 Замечания по работе

При рассмотрении диссертационной работы появились следующие вопросы и замечания:

1. В материалах диссертации и автореферата не приведено достаточное описание причин возникновения аварий, вызванных недостатками эксплуатации (рисунок 1.3 диссертации).

2. В диссертации на странице 48 указано «...в тех случаях, когда математическую модель риска будет проблематично четко формализовать, то...», однако не приводятся критерии проблематичности формализации.

3. Приводимая шкала экспертных оценок состояния электрооборудования (например, показанная в таблице 2.1) содержит показатели, характерные для частей оборудования, непосредственно участвующих в транспортировании электрической энергии, однако, в то же время, надёжная работа оборудования (например, разъединителя, как указано в упомянутой таблице) во многом зависит от состояния других частей оборудования, например, приводного устройства ножей разъединителя.

4. На стр. 49 в формуле 2.1 два одинаковых обозначения P для разных величин.

5. В работе рассматриваются только постепенные отказы, но не обосновано, почему рассматриваются только эти отказы.

6. На стр. 60 в выражении 2.8 не понятно, как численно будет подбираться значение постоянной C .

7. На стр. 69 в выражении 2.24 опять принимается обозначение постоянной C , которое уже применялось в диссертации ранее. Не понятно, как будет определяться значение постоянной C ?

8. На стр. 90 ссылка на формулу 2.46, которой нет в диссертации.

9. На стр. 97 не указана погрешность измерения параметров, приведенных в таблице 2.8. Не понятно, как формировалась выборка из 40 разъединителей. Соответствует ли она требованиям к выборкам: случайного отбора, объективности, полноте представления, достаточному объему, отсутствием выбросов. Можно ли по показателям одного элемента сети и по одной выборке делать заключение по адекватности математической модели?

10. На странице 109 диссертации указано «...по формуле Байса», что является ошибкой, поскольку применяемая формула именуется как «формула Байеса».

11. На странице 131 диссертации при перечислении положительных эффектов от внедрения результатов исследования заявлено, что возможно обеспечить «снижение фонда оплаты труда эксплуатационного персонала в среднем на 1 % в год за счет его соответствующего сокращения», при этом под сокращением в данном контексте автор понимает перевод на другие должности внутри компании. Кроме того, автором поднимается вопрос о кадровом дефиците в организации, но каким образом в данном случае будет обеспечено снижение фонда оплаты труда?

Однако отмеченные замечания не снижают положительного впечатления от представленной диссертационной работы и не влияют на общую положительную оценку.

7 Общее заключение о соответствии выполненной работы требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям

Представленная диссертационная работа Бояркова Дмитрия Андреевича на тему «Разработка риск-ориентированной системы управления техническим состоянием электрических сетей» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научно-техническом уровне, результаты которой достоверны, обладают научной новизной и практической значимостью. В работе изложены новые научно обоснованные технические решения, внедрение которых вносит существенный вклад в развитие электроэнергетики. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 в ред. от 16.10.2024, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Боярков

Дмитрий Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3 – Электроэнергетика.

Согласен на включение моих данных в аттестационное дело и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент,
доктор технических наук (20.02.14), профессор,
проректор по науке и коммерциализации
ФГБОУ ВО «КГЭУ»

И. В. Ившин

«10» сентября 2026 года

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» (ФГБОУ ВО «КГЭУ»).

Адрес организации: 420066, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, д. 51.

Телефон: +7 (843) 519-43-72, +7 (843) 519-43-01.

Озав посетил 22.09.2026г. *Осипов А.А.*

С отзывом ознакомлен 22.09.2026 *Басарков Д.А.*