ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Горшунова Андрея Андреевича «Исследование надежности и технического состояния систем электроснабжения монопотребителей на основе риск-ориентированного подхода»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3 - Электроэнергетика

Актуальность темы исследования

Актуальность работы определяется необходимостью учитывать фактическое техническое состояние при эксплуатации для формирования планов технического обслуживания и ремонта (ТОиР). Предложенная постановка задачи позволяет включить эти состояния в процедуру обоснования ремонтных приоритетов. Ее практическая направленность соответствует условиям эксплуатации СЭС нефтедобывающих предприятий при ограниченных ресурсах.

Исследование объединяет методы расчета схемной надежности, моделирование состояния электрооборудования и оценку недополученной продукции. Такая постановка обеспечивает переход от характеристики отдельного элемента к оценке последствий нарушения электроснабжения куста скважин и далее к выбору очередности обслуживания объектов месторождения.

Общая характеристика содержания работы

При организации эксплуатации электрических сетей нефтяного промысла необходимо определять, обслуживание каких объектов должно выполняться в первую очередь. Такое решение связано одновременно с состоянием оборудования, возможностью сохранения питания при его отказе и потерями добычи за время восстановления. Поскольку последствия остановки разных кустов скважин неодинаковы, задача распределения ремонтных ресурсов требует количественного сопоставления.

Автор рассматривает надежность систем электроснабжения (СЭС) во взаимосвязи с текущим техническим состоянием электрооборудования. В качестве критерия, связывающего техническую и производственную стороны задачи, используется риск нарушения электроснабжения, выраженный математическим ожиданием ущерба.

Методическая основа работы включает теорию вероятностей, математическую статистику, теорию надежности и методы моделирования. Для оценки состояния при неполноте диагностических данных использован метод Монте-Карло. Расчет схемной надежности выполняется с учетом последовательного и параллельного соединения элементов, их резервирования как полного, так и частичного. Состав примененных методов соответствует характеру решаемых задач.

Расчетные параметры надежности опираются на эксплуатационную статистику за 11 лет эксплуатации. На этой основе исследованы варианты, различающиеся составом оборудования и условиями питания. Использование эксплуатационных данных и типовых конфигураций определяет предметную

основу моделирования и позволяет связать расчеты с рассматриваемыми электрическими сетями.

В модели индекса технического состояния (ИТС) генерируемые оценки функциональных узлов рассматриваются как независимые случайные величины с равномерным распределением. Исследование распределения итогового показателя проведено с использованием критерия согласия Пирсона. Для рассмотренных вариантов гипотеза о нормальном распределении моделируемого ИТС не была отвергнута. Данный вывод относится к результатам статистических испытаний в рамках принятой модели.

Показательным является сопоставление вероятности безотказной работы, рассчитанной с учетом и без учета технического состояния. На кусте № 356 различие составило 17 % в сторону снижения оценки при включении ИТС. Этот результат показывает, насколько существенным для расчетного решения может оказаться состояние оборудования. Дополнительно установлено влияние ограничений пропускной способности, что имеет значение при рассмотрении ремонтных и послеаварийных режимов.

Результаты расчета риска также дают количественную характеристику неоднородности исследуемых объектов. Различие подтверждает необходимость учитывать величину ожидаемых последствий при назначении очередности ТОиР. Приведенные показатели характеризуют расчетный пример для Салымской группы нефтяных месторождений.

Совокупность представленных расчетов обосновывает основные выводы о влиянии технического состояния на надежность и о возможности сопоставления потребителей по ожидаемому ущербу. Результаты работы получили достаточную профессиональную апробацию посредством их обсуждения на научных конференциях.

Научная новизна результатов исследования

Научной новизной обладают следующие результаты диссертационной работы:

Предложенный автором метод учета текущего технического состояния электрооборудования СЭС при оценке структурной надежности, позволяющий получить более реалистичные оценки надежности схем СЭС.

Предложенный и обоснованный классификационный признак выделения потребителей электрической энергии, заключающийся в выделении доминирующего технологического процесса, на который приходится основная доля электропотребления, что обеспечивает возможность более обоснованной оценки ущерба при нарушениях электроснабжения.

Предложенный и обоснованный способ оценки риска нарушения электроснабжения потребителей нефтяного месторождения, основанный на понимании риска, как математическое ожидание ущерба от недополученной продукции.

Разработанный риск-ориентированный алгоритм поддержки принятия решений о выводе электрооборудования СЭС в ремонт, основанный на совместном учете данных мониторинга текущего технического состояния и показателей надежности элементов СЭС и обеспечивающий ранжирование

оценок риска при определении приоритетности ремонтных мероприятий в планах ТОиР.

Степень обоснованности и достоверность научных положений

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, имеют достаточную степень обоснованности, которая определяется использованием апробированных методов теории надежности, теории вероятностей, математической статистики и моделирования. Разработанные математические модели учитывают структуру СЭС, резервирование, ограничения пропускной способности элементов и текущее техническое состояние электрооборудования. Оценка риска основана на установлении связи между показателями надежности электроснабжения и экономическими последствиями нарушения технологического процесса нефтедобычи.

Достоверность расчетных оценок надежности опирается на эксплуатационные данные за 11-летний период наблюдений. Обработка указанных данных позволила определить параметр потока отказов и среднее время восстановления элементов рассматриваемых СЭС. Анализ схем электроснабжения объектов нефтедобычи обеспечил учет характерных схемных решений при проведении расчетных исследований.

Разработанные модели и алгоритмы реализованы в программном комплексе и использованы для оценки надежности и ранжирования оборудования по риску, что подтверждает возможность их практического применения в рамках принятых допущений.

Теоретическая и практическая значимость

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в развитии научно-методического аппарата оценки структурной надежности СЭС с учетом текущего технического состояния электрооборудования и в формализации риска нарушения электроснабжения потребителей нефтяного промысла через математическое ожидание ущерба от недополученной продукции.

Практическое применение разработок связано с подготовкой планов ТОиР СЭС нефтяных месторождений.

Предложенные модели могут использоваться как расчетная основа при корректировке ремонтных приоритетов по мере поступления сведений о состоянии оборудования. Перспективным направлением применения является включение соответствующих модулей в информационные средства эксплуатационных подразделений. Представленная программная реализация и апробация на сетях Салымской группы месторождений характеризуют прикладную направленность полученных результатов.

Соответствие научной специальности и общая оценка работы

Исследование относится к научной специальности 2.4.3 - Электроэнергетика, и соответствует паспорту специальности, в частности,

области исследования 18. Разработка методов анализа структурной, балансовой и функциональной надежности электроэнергетических систем и систем электроснабжения …

Вопросы и замечания по диссертационной работе

1. По тексту диссертации автор использует термины «система электроснабжения (СЭС) нефтяного месторождения» и «СЭС нефтяного промысла». Всё-таки правильнее говорить «СЭС нефтяного промысла», так как нефтяное месторождение — это природное явление (геологический объект), а нефтяной промысел — это созданное человеком предприятие.

2. Согласно **ведомственным нормам технологического проектирования ВНТП 3-85** («Нормы технологического проектирования объектов сбора, транспорта, подготовки нефти, газа и воды нефтяных месторождений») нефтяные промыслы и объекты нефтедобычи в основном относятся к **I (первой) и II (второй) категориям** надёжности электроснабжения, однако из текста диссертации не ясно, как влияет эта категорийность на расчёты рисков отказов.

3. На стр. 52 символ RANDOM в числителе формулы (1.25) расшифрован как генератор псевдослучайных чисел, но как может быть сумма генераторов псевдослучайных чисел? А на стр. 89 «RANDOM – псевдослучайное число».

4. Первый раздел излишне затянут, и носит не столько аналитический, сколько описательный характер.

5. В названиях подраздела 2.2 и раздела 3 написано «Модели мониторинга **за техническим состоянием** электрооборудования», правильно было бы назвать «Модели мониторинга технического состояния электрооборудования».

6. Диссертация называется «Исследование надежности и технического состояния систем электроснабжения монопотребителей …», однако, судя по подразделу 2.3 и далее, речь идёт только о системе внешнего электроснабжения, хотя СЭС **куста нефтяных скважин** включает в себя внешние сетевые элементы, распределительные устройства на площадке и силовое электрооборудование самих скважин.

7 Автор несколько раз по тексту говорит о сложности, и даже невозможности, получения достоверной информации об отказах элементов системы электроснабжения, но в п.1 выводов по разделу 3 сказано: «Для оценки схемной надежности монопотребителей была применена достоверная статистическая информации об отказах элементов системы электроснабжения». Вопрос – как подтверждается её достоверность?

Общее заключение по диссертации

Отмеченные недостатки не изменяют общей положительной оценки диссертации, которая обобщает достигнутые результаты научной и

практической деятельности автора и представляет собой комплексное завершенное исследование, выполненное автором самостоятельно.

Диссертация может квалифицироваться как содержащая новое решение актуальной задачи, имеющей существенное значение для развития методов анализа структурной, балансовой и функциональной надежности электроэнергетических систем и систем электроснабжения.

Считаю, что диссертационная работа Горшунова Андрея Андреевича по своей актуальности, новизне, научной и практической значимости результатов соответствует требованиям Положения ВАК РФ (п. 9-14) в части, касающейся кандидатских диссертаций, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3 – Электроэнергетика.

Официальный оппонент, профессор, д-р техн. наук, (05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы), профессор кафедры электроэнергетики Политехнического института ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Заслуженный работник высшей школы РФ

Василий Иванович Пантелеев
21.10.2026

Я, Пантелеев Василий Иванович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой кандидатской диссертации Горшунова Андрея Андреевича, и их дальнейшую обработку.

Василий Иванович Пантелеев
21.10.2026

Подпись Пантел

Учёный секретарь учёного совета СФУ

Адрес: 660074, г. Красноярск, ул. акад. Кирен
Телефон: 8 (391) 2064454, e-mail: vpanteleev@

Отзыв получен 26.10.2026г. / Пантелеев В.И. /
С отзывом ознакомлен 26.10.2026г. / Горшунов А.А. /