ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора Назарычева Александра Николаевича 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

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация Горшунова А.А. посвящена – исследованию надежности и технического состояния (ТС) систем электроснабжения (СЭС) нефтяных месторождений, а также разработке способа поддержки принятия решений о выводе электрооборудования в ремонт. Потеря электроснабжения таких монопотребителей с доминирующим технологическим процессом позволяет учесть последствия отказов в СЭС в сопоставимом денежном эквиваленте в виде экономического ущерба, возникающего при нарушении электроснабжения. Но использование усредненных статистических показателей надежности не позволяет учитывать фактическое ТС электрооборудования СЭС, а учет ограничений пропускной способности элементов в послеаварийных режимах необходим для оценки последствий нарушения электроснабжения. При рассмотрении нескольких СЭС с монопотребителем возникает возможность применения риск-ориентированного подхода (РОП), основанного на совместном учете вероятности отказов элементов системы и тяжести их последствий.

Поэтому, тема диссертации, объединяющая анализ существующих методов расчета схемной надежности СЭС, моделирование и оценку ТС, формирование ремонтных приоритетов и математическое ожидание ущерба от нарушения электроснабжения нефтяных месторождений является актуальной научно-практической проблемой, т.к. представляет научный и практический интерес, способствует совершенствованию методов управления надежностью и ТС электрооборудования промышленных монопотребителей.

Целью диссертационной работы Горшунова А.А. является разработка математических моделей оценки надежности и текущего ТС СЭС потребителей нефтяного месторождения на основе РОП, обеспечивающих высокую эффективность управления ремонтами при эксплуатации электрооборудования.

Объектом исследования является высоковольтное электрооборудование системы электроснабжения нефтяного месторождения.

Предметом исследования является методы и математические модели оценки последствий отказов электрооборудования с учетом надежности и текущего технического состояния СЭС.

2. СТРУКТУРА И ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационная работа Горшунова А.А. состоит из введения, четырех глав, заключения, пяти приложений и списка литературы, включающего 142 библиографические ссылки. Объем диссертационной работы составляет 209 страниц машинописного текста, включает в себя 61 рисунок и 17 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы, представлены положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрены методы оценки надежности СЭС, диагностики и мониторинга электрооборудования. Обоснована необходимость учета текущего ТС при оценке вероятности отказов и их последствий. Показана необходимость применения РОП к монопотребителям.

Во второй главе предложена модель оценки ТС на основе индекса технического состояния (ИТС), учитывающего текущее ТС деталей и функциональных узлов оборудования. В условиях недостаточности статистической и диагностической информации применено моделирование методом Монте-Карло. Выполнено исследование распределений моделируемого ИТС для различных схем электроснабжения.

В третьей главе разработаны модели расчета схемной надежности с учетом ИТС и ограничений пропускной способности элементов. Исходные показатели надежности получены при обработке статистических данных за 11 лет эксплуатации. Реализован алгоритм в виде программного комплекса для преобразования последовательно и параллельно соединенных элементов в эквивалентную схему. Показано, что совместный учет ТС и схемной надежности снижает расчетную вероятность безотказной работы схем электроснабжения.

В четвертой главе риск нарушения электроснабжения представлен математическим ожиданием ущерба от недополученной продукции. Модель учитывает вероятности отказов, характеристики нефтедобывающих скважин и восстановление оборудования при ограниченном числе свободных ремонтных бригад. Разработаны алгоритм ранжирования по риску и программные модули поддержки принятия решений о приоритетности ТОиР.

В заключении сформулированы основные обобщающие выводы и результаты диссертационного исследования.

3. НАУЧНАЯ НОВИЗНА РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Личный научный вклад соискателя состоит в разработке метода учета ТС при оценке надежности СЭС, способа оценки риска и алгоритма определения ремонтных приоритетов. Эти положения работы объединены общей целью исследования и доведены до расчетной и программной реализации.

Научной новизной в представленной Горшуновым Андреем Андреевичем диссертационной работе обладают следующие результаты:

1. Метод учета текущего ТС электрооборудования при оценке структурной надежности СЭС. Использование ИТС позволяет учитывать состояние элементов в расчетных оценках надежности и выявлять завышение вероятности безотказной работы при использовании только усредненных эксплуатационных показателей.

2. Классификационный признак выделения потребителей с доминирующим технологическим процессом по выпуску однотипной продукции, на который приходится основная доля электропотребления – около 95 %. Его значение состоит в обосновании условий, при которых последствия

нарушения электроснабжения могут быть связаны с потерями основного продукта и представлены в едином денежном эквиваленте.

3. Способ оценки риска нарушения электроснабжения потребителей нефтяного месторождения через математическое ожидание ущерба от недополученной нефти. Разработанная модель связывает вероятностные характеристики СЭС с технологическими и экономическими последствиями отказов, обеспечивая сопоставимость оценок для различных кустов скважин.

4. Риск-ориентированный алгоритм поддержки принятия решений о выводе электрооборудования в ремонт. Совместное использование показателей надежности и данных о текущем ТС позволяет ранжировать оценки риска и определять очередность ремонтных мероприятий с учетом последствий нарушения электроснабжения.

Совокупность указанных научных результатов развивает методы оценки показателей надежности СЭС за счет учёта ТС оборудования и экономических последствий его отказов в общий РОП принятия решений. Научный интерес представляет взаимосвязь разработанных моделей оценки ТС при расчете надежности, результаты которого используются при определении риска и приоритета вывода в ремонт оборудования.

4. ДОСТОВЕРНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ И ОБОСНОВАННОСТЬ ВЫВОДОВ

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается корректным использованием математического аппарата теории надежности, теории вероятностей, математической статистики и статистического моделирования. Количественная оценка выбранных показателей связана с решаемыми задачами: надежность характеризуется вероятностными оценками работоспособности СЭС, техническое состояние – индексом технического состояния (ИТС), а последствия отказов – математическим ожиданием экономического ущерба. Показатели надежности элементов СЭС, используемые в расчетах, получены на основе обработки статистических данных об отказах электрооборудования рассматриваемых электрических сетей, что обеспечивает соответствие расчетных параметров условиям реальной эксплуатации.

Основные результаты и положения диссертации докладывались и обсуждались на различных всероссийских и международных конференциях с привлечением специалистов службы эксплуатации электросетевых компаний.

Представленные в диссертационной работе Горшунова А.А. основные научные положения, выводы по главам, заключительные выводы и рекомендации являются в целом обоснованными.

5. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Диссертационная работа Горшунова А.А. имеет конкретную теоретическую и практическую направленность. Теоретическая значимость заключается в развитии методов оценки структурной надежности СЭС посредством учета текущего ТС оборудования, а также в формализации связи

между вероятностью нарушения электроснабжения и ожидаемыми потерями продукции. Предложенные модели образуют расчетную основу для совместного анализа технических и экономических характеристик эксплуатации СЭС.

Практическая значимость определяется возможностью применения программного комплекса эксплуатационными службами нефтедобывающих предприятий. Его использование позволяет сопоставлять схемы электроснабжения по надежности и риску, выделять объекты с наиболее существенными ожидаемыми потерями и обосновывать очередность ремонтных мероприятий. Учет доступности ремонтных бригад при расчете последствий отказов дополнительно связывает оценку ущерба с условиями восстановления оборудования.

Апробация результатов диссертации на базе СЭС Салымской группы нефтяных месторождений показывает применимость предложенной последовательности расчетов к рассматриваемому объекту. Приведенные в диссертации результаты согласуются с выводами о влиянии ТС и необходимости учета неодинаковых последствий отказов при планировании ТОиР. Поэтому, полученные результаты целесообразно использовать при формировании и корректировке планов ТОиР, подготовке решений по обслуживанию наиболее значимых элементов СЭС и сравнении вариантов распределения ремонтных ресурсов. Отдельные модели и программные модули могут применяться в учебном процессе по направлениям, связанным с надежностью электроснабжения и эксплуатацией электрооборудования.

6. СООТВЕТСТВИЕ ДИССЕРТАЦИИ УСТАНОВЛЕННЫМ КРИТЕРИЯМ

Диссертационная работа Горшунова А.А. отвечает критериям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в актуальной редакции). В ней соблюдены следующие принципы соответствия:

6.1. Указанная соискателем цель работы достигнута в рамках представленной диссертационной работы. В целом диссертация является законченной научно-квалифицированной работой, так как содержит решение научной и практической задачи, имеющей существенное значение для обеспечения эффективности и надёжности функционирования систем электроснабжения нефтяных месторождений (п. 9).

6.2. Диссертация написана соискателем самостоятельно, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, что свидетельствует о личном вкладе её автора в науку. Кроме того, в диссертации имеются сведения о практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов (акт о внедрении результатов исследования в ООО «Якутская электросетевая компания»). Предложенные соискателем научно-практические решения аргументированы и сопоставлены с результатами исследований других авторов (п. 10).

6.3. Научные публикации Горшунова А.А. – 21 печатная работа, в том числе в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК – 5, в изданиях, индексируемых в наукометрических базах Scopus и Web of Science – 1, свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ – 3.

Основные научные положения и результаты диссертации рассматривались на 6 международных и Всероссийских научных конференциях (п.п. 11-13).

6.4. В диссертационной работе Горшунова А.А. сделаны необходимые ссылки на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов (п. 14).

6.5. Тема и содержание диссертации Горшунова А.А. соответствует паспорту научной специальности 2.4.3 – «Электроэнергетика» по пунктам:

п. 18 «Разработка методов анализа структурной, балансовой и функциональной надежности электроэнергетических систем и систем электроснабжения, мини- и микрогрид»;

п. 20 «Разработка 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».

7. ВОПРОСЫ И ЗАМЕЧАНИЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ ДИССЕРТАЦИИ

При ознакомлении с диссертационной работой и авторефератом Горшунова А.А. возникли вопросы и замечания по главам 2, 3 и 4.

1. В главе 2 диссертации реальная оценка ИТС оборудования СЭС, выполняемая в настоящее время согласно приказа Минэнерго России от 26.07.2017 № 676 на основании результатов диагностического мониторинга, и вычисляемая по формулам (2.1) и (2.2) (стр. 65 – 66), подменяется в работе моделью (2.3) (стр. 69), согласно которой имитируется вычисление ИТС оборудования на основе использования генератор псевдослучайных чисел для диапазона [0; 1], в связи с чем возникли следующие вопросы:

– значения фактического и сымитированного ИТС, могут существенно различаться, тогда почему в работе не выполнялось сопоставление значений ИТС, полученных по выражениям (2.1) и (2.2), и смоделированных значений ИТС, полученных по выражению (2.3) ? ;

– известно, что генератор псевдослучайных чисел (ГПСЧ) с равномерным законом распределения создаёт детерминированную последовательность ИТС, определённую заложенным в него скрытым математическим алгоритмом, в то время как последовательность значений фактического (реального) ИТС, определяемая результатами диагностики, создаётся случайным набором воздействующих эксплуатационных факторов, условий и режимов работы оборудования. Можно ли применять ГПСЧ для оценки ТС конкретных единиц оборудования СЭС нефтедобывающих предприятий? ;

– непонятно, каким образом вычисляется, и какой величиной ограничивается количество испытаний (циклов) n в выражении (2.3) ? ;

– весовые коэффициенты, используемы в работе при вычислении ИТС (формулы 2.4 и 2.5 – стр. 70 – 71) были получены специалистами ПАО «Газпромнефть» для воздушных ЛЭП 35 кВ и силовых трансформаторов.

Какова достоверность этих экспертных оценок, и какая библиографическая ссылка из списка литературы, соответствует этим исследованиям? ;

– функция распределения ИТС является убывающей и принимает значения в диапазоне [0; 1], а её конкретная форма (зависимость) для каждого вида электрооборудования должна определяться репрезентативной выборкой, полученной в ходе статистических исследований с учётом множества факторов. Тогда, гистограммы частот фактического ИТС могут существенно отличаться от распределения смоделированных значений ИТС, приведенных на рис. 2.7 (стр. 83). Поэтому, непонятно, что даёт для практики приятия решений в реальной эксплуатации, приведённое в работе (см. п. 2.3 на стр. 73 – 83) доказательство распределения моделируемой случайной величины ИТС по нормальному закону? ;

– почему в алгоритме моделирования ИТС для воздушной ЛЭП 35 кВ, приведенном на рис. 2.8 (стр. 89) учитывается всего 7 (семь) дефектов, а сколько дефектов учитывается для силовых трансформаторов, и все ли эти дефекты приводят к отказу оборудования? ;

– можно ли использовать, полученные в работе результаты расчёта ИТС, для текущей оценки реального ТС конкретных воздушных ЛЭП 35 кВ и силовых трансформаторов, а также принятия любых эксплуатационных решений, если применение метода Монте-Карло позволяет сформировать выборку случайной моделируемой величины ИТС, по которой определяется среднее арифметическое значение ИТС, используемое во всех расчётах, и не связанное с реальным ТС конкретного электрооборудования СЭС монопотребителей нефтедобывающих предприятий?

2. В главе 3 выполнена оценка схемной надёжности СЭС монопотребителей для Салымской группы нефтяных месторождений. Для 11 типовых схем выполнен расчет показателей надёжности с учётов ТС и пропускной способности, что требует ответа на следующие вопросы:

– чем можно обосновать возможность расчёта вероятности безотказной работы по экспоненциальному закону (см. выражение 1.3 на стр. 29 и рис. 3.18 на стр. 131)?

– почему при расчётах надёжности, учитываются только воздушные ЛЭП и силовые трансформаторы, и почему в расчётных блок-схемах типовых потребителей (см. приложение В стр. 198 – 203) не учитываются параметры потока отказов таких элементов схемы, как высоковольтные выключатели, разъединители, измерительные трансформаторы тока и напряжения, шины генерации (ШГ) и шины подстанции (ШП), хотя о необходимости такого учёта соискателем сказано на стр. 132?

– что представляет собой параметр $\mathbf{P}_{\text{итс}}$, получаемый, как произведение вероятности безотказной работы на значение ИТС (формула (3.4) на стр 119), какой физический смысл у этого параметра, можно ли его считать вероятностью, или это некий критерий, и почему параметр потока отказов с учётом ИТС $\omega_{\text{итс}}$ вычисляется через натуральный логарифм (см. формулу 3.5 на стр. 119)?

3. В главе 4 предложен риск-ориентированный подход (РОП) в части поддержки принятия решений для обоснования вывода электрооборудования

СЭС в ремонт с учётом особенностей возникновения ущербов у монопотребителей предприятий нефтедобычи. В соответствии с классическим подходом (см., например, МЭК 60812) количественная оценка риска (ранга приоритетности риска) является произведением трёх показателей: значимости последствий отказов, вероятности отказа, и обнаруживаемости отказа. Указанные величины могут быть учтены в виде оценки их ранга или непосредственно в натуральном выражении. Далее для принятия риск-ориентированного решения вырабатываются критерии приемлемости риска для конкретного предприятия в зависимости от целей, поставленных в его уставе, его объема оборотных средств и множества других факторов. В связи с этим возникают следующие вопросы по главе 4:

– почему в качестве риска может быть принят ИТС (см. выражение на стр. 152)? ;

– почему риск нарушения электроснабжения можно определять, как математическое ожидание ущерба потерь добычи нефти по формуле (4.5) на стр. 154 ? ;

– каким образом, на основе предложенного РОП решаются вопросы о сроках и объёмах, выполняемых ремонтных воздействий в СЭС?

Таким образом, представляется, что в работе не обосновано понятие «риска», которое упрощено выродилось в понятие (величину) математического ожидания ущерба от потери электроснабжения, а также, что ещё более спорно, в понятие (величину) ИТС. При этом нельзя не отметить, что эти величины, действительно, следует учитывать при оценке рисков.

Приведенные замечания и вопросы не снижают общей положительной оценки диссертационной работы, так как, по мнению оппонента, поставленная цель диссертационной работы достигнута, а сформулированные вопросы и замечания могут быть учтены и решены в ходе дальнейших исследований.

8. ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Содержание диссертационной работы Горшунова Андрея Андреевича на тему «Исследование надежности и технического состояния систем электроснабжения монопотребителей на основе риск-ориентированного подхода» соответствует поставленным задачам и подробно отражает последовательность их решения. Текст диссертационной работы изложен доступным языком, корректным в научном и техническом отношениях. Материалы диссертационного исследования представлены доступно в объеме, достаточном для понимания. Сделанные в диссертации выводы и рекомендации в целом аргументированы. Автореферат соответствует диссертационной работе по основным квалификационным признакам: цель, задачи исследования, основные положения, выносимые на защиту, актуальность, научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В целом диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно-обоснованные технические решения и разработки по совершенствованию методов оценки надежности и

моделирования текущего технического состояния оборудования СЭС потребителей нефтяного месторождения на основе риск-ориентированного подхода, обеспечивающих эффективность управления техническим обслуживанием и ремонтами электрооборудования, что имеет существенное значение для развития управления эксплуатацией СЭС монопотребителей.

По своему теоретическому уровню и практическому значению диссертационная работа соответствует всем требованиям к кандидатским диссертациям и критериям пунктов 9-11, 13-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, **Горшунов Андрей Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.3. – Электроэнергетика.**

Даю согласие на обработку персональных данных.

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ
доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры Электроэнергетика и электромеханика
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»

Александр Николаевич Назарычев

12 октября 2026 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»
Контактные данные: 199106, Россия, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21-я линия, дом 2.
Тел. (моб): +7(921) 961-41-34; E-mail: Nazarychev_AN@pers.spmi.ru ;
Web-сайт: https://www.spmi.ru/

Отзов получен 23.10.2026г. / Оппонент А.Н./
С отзывом ознакомлен 23.10.2026г. / Горшунов А.А./