

ОТЗЫВ

**официального оппонента – доктора технических наук, профессора
Назарычева Александра Николаевича на диссертационную работу
Богданова Ильи Андреевича на тему «Оценка и прогнозирование ресурса
пожаробезопасной эксплуатации кабельных изделий», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.10.1. – «Пожарная безопасность (технические науки)»**

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ

Сложные режимы и условия функционирования технологических процессов на промышленных предприятиях, а также имеющие место нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования являются главными причинами возникновения пожаров на территории Российской Федерации. Причем кабельные линии имеют наибольшую пожароопасность, что связано с имеющей место высокой степенью эксплуатационного старения их изоляции. Это в полной мере относится и к кабельным линиям с поливинилхлоридной (ПВХ) изоляцией, которые в настоящее время получили широкое применение в электрических распределительных сетях различных классов напряжения. Основным негативный фактор, воздействующий на изоляционные материалы кабельных изделий внутри промышленных и жилых зданий – это повышенная температура. Несмотря на то, что в Российской Федерации действуют нормы, регулирующие оценку пожарной опасности кабельных изделий, они не учитывают влияние эксплуатационного старения на изменение уровня пожарной безопасности. Вопросы, связанные с оценкой изменения пожароопасных свойств электрических кабелей и проводов в процессе эксплуатации, а также учета износа их изоляции под воздействием различных факторов, являются до настоящего времени малоизученными.

Комплексное решение задачи обеспечения надежности кабельных изделий может быть основано на разработке подходов по определению ресурса их пожаробезопасного функционирования и оценки общей горючести на электроизоляционные свойства ПВХ изоляции с учетом термического старения в условиях длительной эксплуатации.

Таким образом, разработка новых и совершенствование имеющихся способов оценки и прогнозирования ресурса пожаробезопасной эксплуатации кабельных изделий, учитывающих термическое старение изоляции в условиях длительной работы в различных условиях и режимах функционирования, является актуальной научной задачей.

Все вышесказанное обуславливает цель выбранной темы диссертации по решению проблемы оценки и прогнозирования ресурса пожаробезопасной эксплуатации кабельных изделий.

Целью диссертационной работы Богданова Ильи Андреевича является разработка способа оценки и прогнозирования ресурса пожаробезопасной эксплуатации кабельных изделий с изоляцией на основе поливинилхлорида, учитывающего старение полимера в условиях длительной эксплуатации.

2. СТРУКТУРА И ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационная работа Богданова Ильи Андреевича состоит из введения, трёх глав, заключения, приложений и списка литературы, включающего 162 наименования. Объем диссертационной работы составляет 143 страницы машинописного текста, включает в себя 56 рисунков, 24 таблицы и 2 приложения.

Во введении обозначена актуальность исследования, сформулированы цель и задачи работы, приведены степень разработанности темы исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимости. Изложены положения, выносимые на защиту. Представлены источники апробации результатов работы, методология и методы исследования, степень достоверности полученных результатов и выводов.

Первая глава «Анализ проблем обеспечения пожарной безопасности кабельных изделий» рассматривает проблемы обеспечения пожарной безопасности, виды кабельных изделий и материалы, из которых они изготавливаются. Приведены статистические данные по пожарам, вызванным кабельными изделиями, и проанализированы основные причины возникновения и распространения пожаров. Проведен обзор системы нормативного правового регулирования обеспечения пожарной безопасности кабельных изделий. Рассмотрены подходы к оценке ресурса безопасной эксплуатации кабельных изделий, изложенные в различных литературных источниках. Сделан вывод об отсутствии научно обоснованного способа оценки влияния процессов термического старения на пожарную опасность изоляции кабельных изделий.

Вторая глава «Методика и техника экспериментального исследования» подробно описывает выбор образцов для проведения исследования. В главе описана методика моделирования термического эксплуатационного старения в лабораторных условиях, а также методики проведения исследований по влиянию процессов термического старения на пожарную опасность кабельных изделий с ПВХ изоляцией.

В третьей главе «Экспериментальные результаты и их обсуждение» проводится обсуждение результатов проведенного исследования. Представлены экспериментальные данные по потере массы образцов и сделаны выводы о характере процессов деструкции при термическом старении с разной степенью нагрева. Термогравиметрическим анализом установлена температура, при которой в ПВХ изоляции начинают протекать химические реакции деструкции, которые не носят термофлуктуационный характер. Методом ИК-спектроскопии установлен характер химических превращений при термическом старении ПВХ изоляции кабельных изделий. Представлены результаты экспериментов по оценке влияния термического старения на общую горючесть, а также на диэлектрические свойства ПВХ изоляции кабельных изделий. Методами математической статистики определена взаимосвязь между химическим составом, структурой ПВХ изоляции и пожарной опасностью кабельных изделий в условиях длительной эксплуатации. Выполнено описание предлагаемого метода и экспериментальной установки для ускоренного термического старения

кабельных изделий. Описаны методики оценки общей горючести и электроизоляционных свойств состаренных образцов кабельных изделий.

Каждая из трех глав заканчивается кратким анализом ее содержания и выводами.

В заключении представлены обобщающие выводы по диссертационной работе, полученные научные и практические результаты.

В приложении представлены копии актов внедрения результатов диссертационного исследования, а также копия патента на полезную модель.

3. НАУЧНАЯ НОВИЗНА РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Личный вклад соискателя заключается в теоретическом анализе проблем обеспечения пожарной безопасности кабельных изделий, в разработке экспериментальной установки и методики, получения экспериментальных результатов, их обработке и интерпретации.

Значимость для науки диссертационной работы заключается в выявлении взаимосвязей между процессами термической деструкции и пожарной опасностью кабельных изделий с ПВХ изоляцией в условиях длительной эксплуатации и возможности распространения выявленных взаимосвязей на кабельные изделия с другими видами изоляционных материалов на основе термопластов.

Научной новизной в представленной Богдановым Ильёй Андреевичем диссертационной работе обладают следующие результаты:

- проведенная комплексная оценка влияния изменения химического состава и структуры ПВХ изоляции на пожарную опасность кабельных изделий при термическом старении в условиях длительной эксплуатации;
- предложенный научно обоснованный подход к определению ресурса пожаробезопасной эксплуатации кабельных изделий при термическом старении в условиях длительной эксплуатации;
- полученные релевантные условия и разработанная экспериментальная установка для ускоренного термического старения кабельных изделий с целью оценивания их пожарной опасности в процессе эксплуатации;
- предложенная методика оценки общей горючести и электроизоляционных свойств кабельных изделий, учитывающие термическое старение ПВХ изоляции в условиях длительной эксплуатации.

4. ДОСТОВЕРНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ И ОБОСНОВАННОСТЬ ВЫВОДОВ

Достоверность и обоснованность полученных научных результатов подтверждается использованием надежного и поверенного оборудования, воспроизводимостью полученных результатов и их сопоставимостью с результатами, изложенными в научных трудах других исследователей изучавших полимерные материалы и обеспечение пожарной безопасности кабельных изделий, а также обсуждением основного материала на научных

мероприятиях различного уровня и публикацией в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК Российской Федерации.

Представленные в диссертационной работе Богданова Ильи Андреевича основные научные положения, выводы по главам, заключительные выводы и рекомендации являются в целом обоснованными.

Выводы, сформулированные в диссертации, не только прошли обсуждение в научном сообществе в рамках различных конференций, но и проверены в производственных условиях. В целом обоснованность научных положений и выводов сомнений не вызывает.

Автореферат соответствует содержанию диссертации. Работа оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11-2011, написана в научном стиле, с соблюдением правил стилистики, орфографии и пунктуации.

5. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Диссертационная работа Богданова И.А. имеет конкретную практическую направленность. Наиболее важные результаты, имеющие практическую значимость, заключаются в том, что предложенный способ оценки и прогнозирования ресурса пожаробезопасной эксплуатации позволит обеспечить пожарную безопасность в течение всего срока службы кабельных изделий. Практическая значимость полученных научных результатов подтверждается актами внедрения в АО «Ивхимпром» и в образовательный процесс Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России.

6. СООТВЕТСТВИЕ ДИССЕРТАЦИИ УСТАНОВЛЕННЫМ КРИТЕРИЯМ

Диссертационная работа Богданова И.А. отвечает критериям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 25.01.2024). В ней соблюдены следующие принципы соответствия:

6.1. Указанная соискателем цель работы – разработка способа оценки и прогнозирования ресурса пожаробезопасной эксплуатации кабельных изделий с изоляцией на основе поливинилхлорида, учитывающего старение полимера в условиях длительной эксплуатации – 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 пожарной безопасности кабельных изделий с ПВХ изоляцией за счет учёта старения полимера при действии температурного фактора в условиях длительной эксплуатации (п. 9).

6.2. Диссертация написана соискателем самостоятельно, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, что свидетельствует о личном вкладе ее автора в науку. Кроме того, в диссертации имеются сведения о практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов (акты о внедрении результатов исследования в АО «Ивхимпром» (г. Иваново), и в образовательный процесс Ивановской

пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России). Предложенные соискателем научно-практические решения аргументированы и сопоставлены с результатами исследований других авторов (п. 10).

6.3. Научные публикации Богданова И.А. – 16 печатных работ, в том числе в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК – 5 (по соответствующей научной специальности), в изданиях, входящих в базу данных Web of Science и Scopus – 1, монография и патент на полезную модель – 1. Основные научные положения и результаты диссертации рассматривались на 9 международных и Всероссийских научных конференциях (п.п. 11-13).

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

6.5. Тема и содержание диссертации Богданова И.А. соответствует паспорту научной специальности 2.10.1. – «Пожарная безопасность (технические науки)» по следующим пунктам:

п. 3 «Разработка научных основ, моделей и методов исследования процессов горения, пожаро- и взрывоопасных свойств веществ материалов, производственного оборудования и конструкций» в части, касающейся разработки научных методов исследования пожароопасных свойств ПВХ изоляции;

п. 13. «Разработка методов оценки и прогнозирования ресурса безопасной эксплуатации устройств технических систем на объектах защиты и прилегающих к ним территориях» в части оценки и прогнозирования ресурса пожаробезопасной эксплуатации кабельных изделий.

7. ВОПРОСЫ И ЗАМЕЧАНИЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ ДИССЕРТАЦИИ

При ознакомлении с диссертационной работой и авторефератом Богданова Ильи Андреевича возникли следующие вопросы и замечания:

1. Разработанный в диссертации способ оценки и прогнозирования ресурса пожаробезопасной эксплуатации кабельных изделий с ПВХ изоляцией (раздел 3.5) основан на учёте термического старения в условиях длительной эксплуатации. Однако, в настоящей диссертационной работе рассматривается реализация подхода при производстве кабельных изделий (см. стр. 109), когда кабель еще не эксплуатировался. Тогда, каким образом можно количественно оценить ресурс пожаробезопасной эксплуатации конкретного кабельного изделия на определённую дату, если неизвестны условия и режимы его эксплуатации в реальном производственном процессе, или в бытовом секторе? Необходимо также отдельно дать пояснение, как в этом случае выполняется прогнозирование изменения ресурса кабельного изделия, и какие методы прогнозирования используются?

2. Как следует, из раздел 3.5.2 диссертации, срок ускоренного термического старения ПВХ изоляции кабельных изделий определяется по хорошо известному уравнению Вант-Гоффа–Аррениуса по выражению (3.12), а для ПВХ материалов одного класса нагревостойкости по выражению (3.13), приведенных на стр.111. Тогда, требуется пояснить, в чём новизна

предложенного подхода оценки ресурса, и насколько правомерно использовать при определении ресурса кабельных изделий с ПВХ изоляцией значения коэффициента «В» для изоляционных материалов разных классов нагревостойкости, принятых для изоляции электрических машин по литературе [105]? К какому классу изоляции и почему, относится ПВХ изоляция кабельных изделий, в соответствии с табл. 3.8 (стр.111)?

3. В диссертации рассматриваются различные аварийные режимы работы кабельных изделий (короткие замыкания, токовые перегрузки, большое переходное соединение). При каждом из указанных аварийных режимов работы характер термического воздействия на ПВХ изоляцию кабельных изделий различается и имеет свои особенности. Кроме того, время действия указанных режимов ограничивается временем срабатывания основных и резервных аппаратов защиты, которое составляет от долей секунд до нескольких секунд, в зависимости от силы тока и типа устройств релейной защиты. Каким образом, это учитывалось в диссертационном исследовании?

4. Какими экспериментальными данными подтверждается утверждение о том, что наиболее релевантными являются следующие условия ускоренного термического старения: 664 часа (около 28 суток) при 150 ± 3 °C и прохождении электрического тока с длительно допустимыми значениями, что эквивалентно 30 годам эксплуатации при предельно допустимом значении температуры нагрева токопроводящих жил? Справедливо ли это утверждения для всех типов и марок ПВХ пластикатов, применяемых для производства кабельных изделий и представленных в табл. 1.5 (стр. 28), или эти параметры относятся лишь к пяти исследованным образцам, показанным в табл. 2.1 (стр.53)?

5. Реальное старение ПВХ изоляции кабельных изделий и сокращение ресурса пожаробезопасной эксплуатации могут отличаться большим разнообразием, связанным с многообразием воздействующих условий и режимов работы, а также комплексом эксплуатационных факторов – теплового, электрического, механического, химического воздействия и других. Чем можно подтвердить воспроизводимость полученных в диссертации результатов, и как автор оценивает точность предлагаемого подхода по определению остаточного ресурса пожаробезопасной эксплуатации для пяти исследованных образцов?

6. В главе 2 диссертационной работы применялись различные известные методы исследования: гравиметрического анализа (п. 2.3); термического анализ (п. 2.4); инфракрасной спектроскопии (п. 2.5); определения предельного кислородного индекса (п. 2.6); измерение электрического сопротивления (п. 2.7); измерения тангенса угла диэлектрических потерь (п. 2.8); измерения межпроводной емкости (п. 2.9); испытания токовой перегрузкой (п. 2.10). Все эти методы используют приборы (в основном иностранного производства) для определения экспериментальных данных. Каким образом, метрологическая поверка этих приборов и имеющиеся у них погрешности могут влиять на выводы полученные в главе 2 диссертации?

7. Вероятность короткого замыкания в диссертации рассчитывается по формуле (2.12) на стр. 73. Следует пояснить, как на практике были получены значения m – количество элементарных исходов, благоприятствующих короткому замыканию, и достаточно ли иметь $n = 5$ – общее число всех

равновозможных, элементарных исходов испытаний на короткое замыкание, что бы выборка была репрезентативной, а расчет средних выборочных значений, приведенный в таблице 3.7 на стр. 98, имел доверительную вероятность 0,95? Как при этом учитывалось вид короткого замыкания (3-х фазное, 1-фазное и т.д.), схема замещения прилегающей сети, источники подпитки места замыкания, сечение кабеля (для разных токов), материал проводника (медь или алюминий), способ прокладки (в воздухе, в земле, в трубе), температура окружающего воздуха (которая может резко меняться) и т.д.?

8. Представляется целесообразным привести количественный пример расчета по оценке ресурса конкретного кабельного изделия на выбранную дату после длительной эксплуатации и прогноз его изменения при принятых параметрах ускоренного старения. Особенно интересным может быть пример для выбранного образца – кабеля марки ВВГ-Пнг(А)-LS 2х1,5, у которого ПВХ материал изоляции и оболочки имеют пониженную горючесть.

Приведенные замечания и вопросы, хотя и носят принципиальный характер, однако не снижают общей положительной оценки диссертационной работы, поскольку существенно не влияют на основные выводы, а также полученные научные и практические результаты.

8. ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная диссертационная работа Богданова Ильи Андреевича является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, обладающей как актуальностью и научной новизной, так и практической значимостью полученных результатов, что подтверждается внедрением результатов исследования. В диссертационной работе решена важная научная и практическая задача – оценки и прогнозирования ресурса пожаробезопасной эксплуатации кабельных изделий, что имеет существенное значение для обеспечения надёжной и безопасной эксплуатации объектов защиты – жилых и производственных зданий.

Содержание диссертационной работы соответствует поставленным задачам и подробно отражает последовательность их решения. Текст диссертационной работы изложен доступным языком, корректным в научном и техническом отношении. Материалы диссертационного исследования представлены в объеме, достаточном для понимания, доступно и репрезентативно. Сделанные в диссертационной работе выводы и сформулированные рекомендации аргументированы.

Аннотация диссертации Богданова Ильи Андреевича 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 Богданова Ильи Андреевича на тему «Оценка и прогнозирование ресурса пожаробезопасной эксплуатации кабельных изделий», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук является актуальной, обладает научной новизной и практической значимостью, соответствует паспорту специальности 2.10.1 – «Пожарная

безопасность». Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а именно критериям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 25.01.2024), а ее автор **Богданов Илья Андреевич** заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.1 – «Пожарная безопасность (технические науки)».

Даю согласие на обработку персональных данных.

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ

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

Александр Николаевич Назарычев

5 ноября 2025 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» (Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II)

Контактные данные: Россия, 199106, город Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., дом 2.

E-mail: rectorat@spmi.ru. Тел.: +7 (812) 328-82-00 Тел. (моб): +7(921) 961-41-34

E-mail: Nazarychev_AN@pers.spmi.ru, Web-сайт: <https://www.spmi.ru/>

Подпись А.Н. Назарычев
Завещаю:
Начальник управления делопроизводства
и контроля документооборота

Е.Р. Яковлева

05.11.2025