УТВЕРЖДАЮ
Директор ИММС НАН Беларуси,
д.т.н., доцент
_____ Ю.М. Кривогуз
«15» _____ 2026 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
по предварительной экспертизе
диссертационной работы Киселевича Валентина Владимировича
«Влияние температуры и напряжённости электрического поля на эксплуатационные характеристики полимерных изоляционных материалов»,
представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности: 01.04.07 – физика конденсированного состояния

1. Диссертация выполнена под научным руководством кандидата технических наук, доцента Шабловского Ярослава Олеговича. Научный руководитель назначен приказом ректора учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» № 1025-с от 23.12.2011 г.

2. Диссертация представляется к защите впервые.

3. Тема диссертации утверждена приказом ректора учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» № 491-с от 04.05.2026 г.

4. Актуальность темы диссертационного исследования. Полимерные изоляционные материалы широко используются в электротехнике. Вместе с тем, диэлектрические свойства полимеров зависят от температуры, а в процессе эксплуатации наблюдается их деструкция, приводящая к потере электрической прочности (пробою). Несмотря на большой объём экспериментальных данных по электрической прочности полимеров, востребованы расчётные и экспериментальные оценки работоспособности и прогнозирования долговечности указанных материалов при длительном воздействии электрического поля, предполагающие фундаментальные исследования рассматриваемых свойств методами физики конденсированного состояния, а также математического моделирования.

Представленная диссертационная работа соответствует приоритетным направлениям научной, научно-технической и инновационной деятельности в Республике Беларусь, утверждённым Указами Президента Республики Беларусь: № 156 от 07.05.2020, раздел 4 «Машиностроение, машиностроительные технологии, приборостроение и инновационные материалы: композиционные и многофункциональные материалы», 2021–2025 годы; № 135 от 01.04.2025, раз-

дел 1 «Цифровые технологии и искусственный интеллект: математические теории и методы, высокопроизводительные вычислительные системы, цифровые модели и двойники», 2026–2030 годы (в части применения теории катастроф для математического описания влияния эксплуатационной напряжённости электрического поля и температуры на электрическую прочность и дендритостойкость полимерных изоляционных материалов, а также разработки математической модели отказа полимерной электрической изоляции) и раздел 2 «Инновационные технологии в промышленности: технологии и оборудование (техника) в металлургии, машиностроении, станко- и приборостроении» (в части разработки методики оценки технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса изоляции силовых кабелей, как важных элементов электрооборудования).

Вышесказанное подтверждает высокую степень научной и практической актуальности представленной диссертационной работы.

5. Соответствие названия диссертации её содержанию. Тема диссертационной работы соответствует её содержанию.

6. Соответствие содержания диссертации отрасли науки и специальности. Содержание диссертационной работы соответствует отрасли технических наук и паспорту специальности: 01.04.07 – физика конденсированного состояния по ряду пунктов:

1. Методы получения, измерения параметров и модификации материалов (физические и технические аспекты).

2. Элементный и фазовый состав, структура (строение) и физические свойства конденсированных сред (систем).

3. Фазовые превращения и диаграммы состояния конденсированных сред.

5. Изменение состава, структуры и свойств конденсированных сред под влиянием внешних воздействий.

7. Неравновесные состояния и процессы в конденсированных средах.

10. Моделирование структуры и свойств конденсированных сред.

7. Достоверность результатов проведённых исследований, обоснованность выводов и рекомендаций. Использование в диссертационной работе сложившихся научных представлений физики полимеров и достаточно серьёзная апробация предлагаемых соискателем новых исследовательских подходов с использованием современного математического аппарата (теории катастроф) позволяет считать полученные результаты достоверными. Электрические измерения проведены с использованием поверенного оборудования и средств измерения. Достоверность результатов, изложенных в диссертации, сомнений не вызывает. Выводы и рекомендации диссертации представляются корректными и обоснованными.

8. Степень новизны научных результатов, выносимых на защиту. К наиболее существенным научным результатам диссертации, обладающим новизной, относятся следующие:

1. Закономерности влияния напряжённости электрического поля и температуры на электрическую прочность и дендритостойкость полимерных изоляционных материалов и соответствующие аналитические зависимости, полученные на основе феноменологического описания явления электрического пробоя в рамках математической теории катастроф. К этим зависимостям относятся:

- температурная зависимость пробивной напряжённости полимеров с использованием функции катастрофы сборки, задаваемой рядом Тейлора четвёртого порядка, описывающая плавное, резкое и скачкообразное снижение напряжённости электрического пробоя в переходной области температур;
- зависимость электрической долговечности полимеров от напряжённости электрического поля с использованием функции катастрофы складки, задаваемой рядом Тейлора третьего порядка, пригодная для оценки долговечности при малых вероятностях пробоя (в отличие от известных расчётных подходов);
- зависимость между временем зарождения дендритов и максимальной локальной напряжённостью электрического поля в полимерной изоляции, базирующаяся на функции катастрофы складки, обеспечивающая возможность оценки пороговой напряжённости, исключающей образование дендритов в изоляции высоковольтных устройств на протяжении заданного времени её эксплуатации.

2. Закономерности влияния структурных особенностей полимерных материалов на критическую напряжённость их электрического пробоя в области релаксационных переходов, а именно, возрастание этой напряжённости при уменьшении гибкости полимерной цепи и увеличении размера боковых групп и степени полярности полимера.

3. Корреляционная зависимость пробивной напряжённости от энергии активации релаксационных переходов, наблюдаемых вблизи критической температуры пробоя полимерного материала, выступающая отражением взаимосвязи кинетических явлений стеклования и электрического разрушения полимеров.

4. Математическая модель отказа полимерной электрической изоляции, основанная на суперпозиции экспоненциального и равномерного законов распределения вероятностей, способствующая достоверному определению ключевых показателей надёжности изоляции силовых кабелей на длительном интервале времени эксплуатации.

5. Методика оценки технического состояния полимерной электрической изоляции кабелей, позволяющая прогнозировать её остаточный ресурс по результатам измерения активного сопротивления при вводе кабеля в эксплуатацию и в момент текущего контроля изоляции.

9. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертационного исследования.

Научная значимость результатов работы состоит в установлении закономерностей влияния напряжённости электрического поля и температуры на

электрическую прочность и дендритостойкость полимерных изоляционных материалов.

Практическая значимость работы заключается в возможности упрощённой и уточнённой оценки долговечности и остаточного ресурса полимерных электроизоляционных материалов, а также определении пороговой напряжённости, исключающей электрический пробой изоляции высоковольтных устройств в течение заданного периода эксплуатации.

Экономическая и социальная значимость работы состоит в повышении эффективности использования полимерной кабельной изоляции в электротехническом оборудовании, а именно, рациональном выборе полимерных диэлектрических материалов, определении срока эксплуатации электрических кабелей, снижении аварийности и потерь, связанных с недоотпуском электроэнергии во время аварийных простоев.

10. Апробация диссертации и сведения об использовании её результатов, подтверждающие научную и практическую значимость, экономическую и социальную ценность. Результаты диссертации получены, в частности, при выполнении НИР по теме «Электрические свойства изоляционных материалов на основе органических диэлектриков с частично упорядоченной структурой» (грант Министерства образования РБ, 2013 г.), обсуждены на 10-ти республиканских и международных научных конференциях, выставке инновационных разработок и 2-х междисциплинарных форумах в период 2013–2026 гг.

Практическая значимость работы подтверждена актами о внедрении в образовательный процесс 3-х учреждений образования технического профиля и практику работы 2-х энергетических служб, приведёнными в приложении к диссертации. Использование разработанной методики оценки технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса электрической изоляции выражается в упрощении и повышении достоверности оценки текущего состояния и ресурсных характеристик силовых кабелей с получением экономического эффекта. Работа имеет также социальную ценность, обусловленную снижением аварийности систем электроснабжения и повышением стабильности подачи электроэнергии потребителям.

11. Полнота изложения научных результатов диссертации в опубликованных работах. Результаты диссертации опубликованы в 25-ти печатных работах, включая 10 статей в рецензируемых журналах из Перечня ВАК РБ, 3 статьи в сборниках материалов конференций, 11 тезисов докладов. Получен патент РБ на изобретение. Общий объём опубликованных материалов – 8,26 авторских листов. Наиболее значимые публикации:

1. Kiselevich, V.V. Field dependence of the initiation time of electrical trees in polymer insulation / B.B. Киселевич / Physics of Complex Systems. – 2024. – Vol. 5, № 4. – P. 187–194.

2. Киселевич, В.В. Электрическая долговечность полимеров с точки зрения теории катастроф / В.В. Киселевич // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки. – 2025. – Т. 18, № 2. – С. 93–108.

3. Киселевич, В.В. Применение теории катастроф для описания температурных зависимостей пробивной напряженности полимерных диэлектриков / В.В. Киселевич // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки. – 2026. – Т. 19, № 1. – С. 43–61.

4. Киселевич, В.В. Взаимосвязь характеристических температур процессов стеклования и электрического разрушения полимеров / В.В. Киселевич // Полимерные материалы и технологии. – 2026. – Т. 12, № 1. – С. 71–82.

5. Шабловский, Я.О. Прогнозирование ресурсных характеристик полимерной электрической изоляции / Я.О. Шабловский, В.В. Киселевич // Полимерные материалы и технологии. – 2026. – Т. 12, № 2. – С. 27–35.

12. Конкретное личное участие автора в получении научных результатов, представленных в диссертации. Основные результаты диссертации, выносимые на защиту, получены соискателем лично, о чём свидетельствует значительная доля самостоятельно подготовленных публикаций (17 из 25-ти). Киселевичем В.В. описаны закономерности поведения полимеров в сильном электрическом поле, разработана математическая модель отказа полимерной электроизоляции и методика оценки её технического состояния, проведены испытания изоляционных материалов на электрическую прочность. Соискателем были проанализированы результаты указанных испытаний и большой объём известных экспериментальных данных, подготовлены публикации и организовано внедрение предложенных технических решений.

13. В диссертации приведены необходимые ссылки на литературные источники, отражающие основные результаты, достигнутые в рассматриваемой области исследований на современном этапе. Положения, выносимые на защиту, подтверждены содержанием работы и ссылками на собственные публикации. Нецитированных заимствований и использования неавторских результатов не выявлено. В диссертации соблюдены требования п. 26 Положения о присуждении учёных степеней и присвоении учёных званий в Республике Беларусь.

Проверка диссертационной работы на корректность использования в ней материалов, содержащихся в опубликованных работах других авторов, осуществлялась с использованием сервиса «Антиплагиат» http://nlb.antiplagiat.ru (13.08.2026). В результате проверки установлено, что оригинальность полного текста диссертации составляет 99,32 %. Результаты проверки представлены в приложении 1.

14. Соответствие автореферата тексту диссертации и основным её результатам. Автореферат содержит основные научные и практические результаты, изложенные в диссертационной работе, и полностью соответствует её содержанию.

Экспертная комиссия в составе председателя к.т.н. Шилько С.В. и членов д.т.н. Е.М. Толстопятова, к.т.н. С.Н. Бухарова назначена Приказом директора ИММС НАН Беларуси № 71 от 14.07.2026 г.

Заключение.

По результатам рассмотрения диссертационной работы Киселевича В.В. «Влияние температуры и напряжённости электрического поля на эксплуатационные характеристики полимерных изоляционных материалов», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности: 01.04.07 – физика конденсированного состояния, экспертная комиссия пришла к следующему:

1. Рекомендовать название диссертационной работы Киселевича В.В. в новой редакции «Прогнозирование эксплуатационной долговечности полимерных электроизоляционных материалов при воздействии электрического поля и температуры».

2. Диссертационная работа по новизне результатов, их научной и практической значимости соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям по техническим наукам. Содержание автореферата и диссертационной работы соответствует специальности: 01.04.07 – физика конденсированного состояния. Анализ опубликованных работ и содержания диссертации свидетельствует о том, что все основные результаты и положения, выносимые на защиту, обоснованы, достоверны и получены соискателем самостоятельно.

3. Рекомендовать диссертационную работу Киселевича В.В. к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния на совете по защите диссертаций Д 01.14.01 при ИММС НАН Беларуси за новые научно обоснованные результаты в области физики электрического пробоя полимерных диэлектриков и разработку методик оценки технического состояния, показателей надёжности и остаточного ресурса полимерной электроизоляции, включающие закономерности влияния напряжённости электрического поля и эксплуатационной температуры на электрическую прочность и дендритостойкость полимерных изоляционных материалов в рамках феноменологического описания явления электрического пробоя средствами математической теории катастроф; закономерности влияния структурных особенностей полимеров на пробивную напряжённость электроизоляционных материалов на их основе в области релаксационных переходов и установление корреляционных зависимостей, отражающих взаимосвязь кинетических явлений стеклования и электрического разрушения полимеров; математическую модель отказа полимерной электрической изоляции и получение аналитических соотношений для определения показателей надёжности изоляции силовых кабелей; а также методику оценки технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса электрической изоляции кабель-

ных изделий по данным о кинетике изменения её активного сопротивления в эксплуатационных условиях,

что в совокупности позволило предложить обоснованное решение актуальной научно-технической задачи характеризации эксплуатационных свойств полимерных изоляционных материалов электротехнического назначения.

Заключение по предварительной экспертизе диссертации принято по результатам заслушивания Киселевича В.В. на заседании секции «Физика конденсированного состояния» Ученого совета ИММС НАН Беларуси (Протокол № 2 от 15 сентября 2026 г.). На заседании присутствовало 8 членов секции, в том числе 8 с учёными степенями, результаты голосования по заключению: «за» 8 , «против» 0 , «воздержались» 8.

По результатам голосования принято заключение в целом и решение рекомендовать диссертационную работу к защите.

Председатель собрания,
к.т.н., доцент,
заведующий отделом — Л.Ф. Иванов

Председатель экспертной комиссии,
к.т.н., доцент, заведующий лабораторией — С.В. Шилько

Член комиссии, д.т.н., доцент
главный научный сотрудник — Е.М. Толстопятов

Член комиссии, к.т.н., доцент,
ведущий научный сотрудник — С.Н. Бухаров

Секретарь собрания
к.т.н., доцент,
ведущий научный сотрудник — В.А. Шелестова