

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 520.026.02
НА БАЗЕ ОТКРЫТОГО АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ,
ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ КАБЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ» ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 20 июня 2019 г., протокол № 5.

О присуждении **Горобцу Александру Николаевичу**, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка метода определения теплового состояния кабелей высокого напряжения с изоляцией из сшитого полиэтилена в условиях испытаний и эксплуатации» в виде рукописи по специальности 05.09.02 – «Электротехнические материалы и изделия» принята к защите 17 апреля 2019 г. диссертационным советом Д 520.026.02 (протокол № 4), созданным на базе Открытого акционерного общества «Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт кабельной промышленности», 111024, г. Москва, ш. Энтузиастов, д. 5, приказ Минобрнауки о создании диссертационного совета №1719/нк от 29.12.2015 г., изменения внесены приказом № 626/нк от 03.06.2016 г., приказом № 59/нк от 03.08.2018 и приказом № 301/нк от 23.11.2018 г.

Соискатель Горобец Александр Николаевич, 1987 года рождения, в 2010 году получил степень магистра в Московском Энергетическом Институте (техническом университете) по направлению «Электротехника, электромеханика и электротехнологии». С 2010 по 2014 год проходил обучение в аспирантуре ОАО «ВНИИКП». В настоящее время занимает должность инженера в отделении кабелей и проводов энергетического назначения ОАО «ВНИИКП».

Диссертация выполнена в ОАО «Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт кабельной промышленности».

Научный руководитель – Директор научного направления – Заведующий отделением «Кабели и провода энергетического назначения» ОАО «ВНИИКП», доктор технических наук Шувалов Михаил Юрьевич.

Официальные оппоненты:

1. Коржов Антон Вениаминович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Электрические станции, сети и системы электроснабжения» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет»;

2. Монастырский Александр Евгеньевич, кандидат технических наук, ведущий инженер ФГАОУ «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в своем положительном отзыве, составленном заведующим кафедры физики и технологии электротехнических материалов и компонентов, доктором технических наук, профессором Серебрянниковым Сергеем Владимировичем и доцентом кафедры физики и технологии электротехнических материалов и компонентов, кандидатом технических наук Сутченковым Антоном Анатольевичем и утвержденным проректором по научной работе ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», доктором технических наук, профессором Драгуновым В.К., отметила **научную новизну** исследований:

1. Создана оригинальная методика анализа теплового состояния кабельного изделия, учитывающая нелинейные зависимости теплофизических характеристик электропроводящих и изоляционных материалов от температуры, что позволяет выполнять анализ с высокой скоростью и точностью;

2. На основе экспериментальных исследований получены корректные временные зависимости температуры конструкционных элементов полноразмерных образцов кабелей на напряжение 110 и 500 кВ при циклической нагрузке.

В качестве **теоретической и практической значимости** диссертационной работы отмечается:

1. Полученные математическая модель и метод позволяют с высокой точностью и скоростью выполнять расчет теплового состояния высоковольтного кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) в условиях испытаний и эксплуатации.

2. Использование в расчете температурных зависимостей теплофизических свойств изоляционных и электропроводящих материалов, применяемых при производстве высоковольтных и сверхвысоковольтных кабелей, увеличивает

точность вычисления теплового поля во всех режимах эксплуатации КЛ.

3. Разработанное на основе математической модели и метода программное обеспечение позволяет в режиме реального времени производить расчет температурного поля высоковольтных кабелей с экструдированной изоляцией, основываясь на данных о токовой нагрузке и температуре медного экрана или оболочки кабеля.

4. Разработанные оборудование и программное обеспечение позволяют во время проведения испытаний в автоматическом режиме получать данные о токовой нагрузке ТПЖ и температуре экрана или оболочки кабеля, производить расчет теплового поля во всем сечении изоляционной системы, а также обрабатывать и хранить полученные результаты.

5. Применение разработанного оригинального метода и оборудования температурного контроля позволило впервые в России провести корректный эксперимент по циклическому нагреву отечественного кабеля на напряжение 500 кВ с изоляцией на основе СПЭ в рамках типовых и предквалификационных испытаний, а также выполнить анализ полученных результатов.

По актуальности темы, научной новизне и практической ценности полученных результатов, по обоснованности и достоверности научных положений диссертационная работа Горобца Александра Николаевича «Разработка метода определения теплового состояния кабелей высокого напряжения с изоляцией из сшитого полиэтилена в условиях испытаний и эксплуатации» является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения научных степеней» (Постановление правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. с изменениями, утвержденными Постановлениями Правительства РФ от 30.07.2014 N 723, от 21.04.2016 N 335, от 02.08.2016 N 748, от 29.05.2017 N 650, от 28.08.2017 N 1024, от 01.10.2018 N 1168), предъявляемым к кандидатским диссертациям. В результате проведенных исследований на основе метода конечных разностей впервые разработана методика определения теплового состояния кабелей среднего, высокого и сверхвысокого напряжения с экструдированной изоляцией в условиях испытаний. Результаты испытаний на полноразмерных образцах кабелей на номинальное напряжение 110 и 500 кВ показали, что разработанная методика обладает высокой скоростью и точностью расчёта. Полученные соискателем результаты имеют большое значение для современной кабельной техники, работа соответствует паспорту специальности 05.09.02 – «Электротехнические материалы и изделия», а её автор Горобец А.Н. заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук.

Работа прошла всестороннюю апробацию, докладывалась на конференциях

международного уровня и различных научных семинарах. Результаты диссертации опубликованы в 6 работах, в том числе в 2 статьях в журналах из списка ВАК.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Горобец А.Н. Опыт применения термического анализа для изучения теплопроводности полимерных материалов для кабельных изделий. /А.Н. Горобец, А.А. Крючков, В.Л. Овсиенко, Т.А. Степанова, М.Ю. Шувалов./ Кабели и провода. –2013, –№5(342), –С.16-18.

2. Горобец А.Н. Методика расчета температуры токопроводящей жилы высоковольтного кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена по известной температуре медного экрана в режиме реального времени. /А.Н. Горобец, В.Л. Овсиенко. / Кабели и провода. – 2018, – №1(585), – С.18-25.

3. Горобец А.Н. Успешно завершены первые в России испытания отечественного кабеля на максимальное напряжение 550 кВ / А.Н. Горобец, Д.А. Гук, И.Н. Носков, В.Л. Овсиенко, А.В. Хорьков, М.Ю. Шувалов // Руководящие материалы по проектированию и эксплуатации электрических сетей. – 2019. – №1 (585). –С.18-25.

Личный вклад автора не вызывает сомнений, поскольку все основные результаты, представленные в работе, получены при его непосредственном участии и по разработанным им методикам, доля участия соискателя в разработке которых составляет более 90 %. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты испытаний.

Диссертация отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» с изменениями, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г. № 335 «О внесении изменений в Положение о присуждении ученых степеней».

На диссертацию и автореферат поступило **8 положительных** отзывов от:

1) **Ярмаркина** Михаила Кирилловича, кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Электроэнергетическое оборудование» ФГАОУ ДПО «Петербургский энергетический институт повышения квалификации».

Замечание:

1. Сопоставляя различные методики расчёта теплового поля высоковольтных кабелей, автор показывает в отдельных случаях значительные отклонения от

результатов экспериментальных измерений. Практическую ценность имела бы рекомендация по выбору наибольшей допустимой температуры и наибольшего уровня передаваемой мощности при использовании предложенной автором методики с учётом разброса результатов измерений и возможных погрешностей расчётов.

2) **Кизеветтер** Дмитрия Владимировича, доктора физико-математических наук, профессора кафедры «Техника высоких напряжений, электроизоляционная и кабельная техника» института Энергетики и транспортных систем ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого».

Замечания:

1. В автореферате диссертации не приводятся исходные данные для расчетов, в частности, параметры, используемые в разработанном автором алгоритме, позволившие получить лучшую точность по сравнению с другими методами.
2. Материалы диссертации имели бы еще большую практическую ценность, если бы в методике расчета имелась возможность учета температуры, измеряемой волоконно-оптическими датчиками, входящими в различные типы конструкций силовых кабелей.

3) **Цветкова** Павла Владимировича, директора ООО «НИИ «Севкабель».

Замечание:

1. Автор провёл сравнение результатов полученных по трём методикам (МЭК, МКЭ и МКР) с практической зависимостью (рис. 19). В результате получается, что с каждым следующим циклом отклонение в результатах полученных МКЭ увеличивается. Требуются пояснения, с чем связано увеличение погрешности в каждом последующем цикле и как точно схожи геометрические модели, по которым производились исчисления в методике МКР и МКЭ.

4) **Савченко** Владимира Григорьевича, кандидата технических наук, генерального директора ООО «Богословский кабельный завод».

Замечание:

1. В своей работе автор отмечает, что теплофизические свойства изоляционных материалов, применяемых в кабельном производстве, зависят от температуры. В тексте автореферата не приводятся примеры этих зависимостей, однако, в тексте работы (рис. 1.7-1.9) они присутствуют, при этом согласно источнику, они датируются 1991 годом. Рассматривались ли

автором современные изоляционные материалы и проводилось ли их исследование?

5) **Щербинина** Алексея Григорьевича, доктора технических наук, доцента, профессора кафедры «Конструирование и технологии в электротехнике» ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Замечания:

1. В п. 2.2 диссертации отсутствует дифференциальное уравнение нестационарной теплопроводности, которое решается методом конечных элементов с использованием программного комплекса ELCUT.

2. Спорным является утверждение в п. 2.3 диссертации об осесимметричности теплового поля в высоковольтном кабеле, поскольку при прокладке кабелей треугольником или в плоскости без зазора температурный градиент по окружной координате каждого кабеля будет значительным.

3. Необходимо отметить сложность нахождения температурных зависимостей теплофизических характеристик полимерных материалов, используемых в конкретном кабеле. В данной работе, например, нет данных о температурной зависимости плотности. В связи с этим, автору надо было провести сравнительный анализ между температурными полями, полученными с помощью разработанной осесимметричной математической модели после подстановки температурных зависимостей теплофизических характеристик и среднеинтегральных величин теплофизических параметров, представленных в литературе.

6) **Коровкина** Николая Владимировича, доктора технических наук, профессора, заведующий кафедрой «Теоретическая электротехника и электромеханика» ФГАОУ «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого».

Замечания:

1. Отмечается, что для точной оценки теплового состояния высоковольтного кабеля необходимо учитывать степень старения изоляции из сшитого полиэтилена. Однако автор не приводит пример того, как именно разработанная математическая модель и алгоритм расчёта учитывает этот процесс.

2. Из рисунка 8, где приведена схема испытаний высоковольтного кабеля, не ясно, как располагается кабель, лежит ли он непосредственно на полу, и не

вносит ли это искажения в картину теплового поля?

3. Автор не поясняет, с чем связано столь значительное расхождение результатов расчёта температуры токопроводящей жилы в ПО ELCUT с результатами, полученными при испытаниях?

7) **Бабушкина** Андрея Владимировича, заместителя главного инженера по эксплуатации ВКЛ филиала ПАО «МОЭСК» - «Московские высоковольтные сети».

Замечание:

1. Дифференциальное уравнение теплопроводности (1) получено автором с учётом того, что тепловое поле в кабеле обладает осевой симметрией. В реальных условиях добиться такой картины поля крайне проблематично. Это связано и с неоднородностью песчаной засыпки при прокладке в земле и с размещением кабелей «треугольником». Автору необходимо пояснить, каким образом в экспериментах достигалось осесимметричное тепловое поле и требуется ли дополнительные мероприятия при использовании разработанной методики на реальных кабельных линиях.

8) **Шульга** Роберта Николаевича, кандидата технических наук, ведущего научного сотрудника «Всероссийского электротехнического института» - филиал ФГУП «Российский Федеральный Ядерный Центр - Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е. И. Забабахина».

Замечание:

1. Полученные результаты по изменению температуры в интервале 4-9 часов нагрузок (рисунки 9-13 реферата) было бы целесообразно прокомментировать либо сопроводить материалами по ресурсным испытаниям, которые в конечном результате интересуют эксплуатацию. Возможный в настоящее время мониторинг состояния кабеля с использованием оптических кабелей в составе силовых кабелей СПЭ также мог бы оценен в автореферате на предмет точности измерений и дополнительных затрат.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются компетентными учеными и имеют публикации в области исследования кабельных изделий; ведущая организация широко известна своими работами, учебными пособиями и методическими

указаниями, посвященными расчёту и анализу высоковольтных кабелей, в том числе и с изоляцией из СПЭ, для различных условий эксплуатации и назначений.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем работ:

- **проведены** расчёты теплового состояния высоковольтного кабеля с изоляцией из СПЭ методом конечных разностей с учётом нелинейных температурных зависимостей теплофизических характеристик электропроводящих и изоляционных материалов от температуры;

- **разработан оригинальный метод** оценки теплового состояния кабеля в режиме реального времени в условиях испытаний;

- **получены** температурные зависимости тепловых характеристик элементов конструкции реальных образцов кабелей на номинальное напряжение 110 и 500 кВ при циклической нагрузке;

- **проведено** сравнение результатов тепловых расчётов циклических нагрузок выполненных аналитическим методом, методом конечных элементов и разработанным автором методом, основанным на методе конечных разностей, с результатами полученными путём фактического измерения при испытаниях на нагрев.

- **разработано** оригинальное программное обеспечение и экспериментальный прибор, позволяющий автоматически, в режиме реального времени обеспечивать быстрый и точный контроль теплового состояния кабеля с изоляцией из СПЭ при проведении предквалификационных и типовых испытаний;

- **использование** разработанного оборудования и программного обеспечения позволило провести предквалификационные испытания первого отечественного кабеля на номинальное напряжение 500 кВ с точным контролем температурного режима.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что впервые была **разработана** математическая модель и метод расчёта теплового поля высоковольтного кабеля с изоляцией из СПЭ методом конечных разностей с учётом нелинейных температурных зависимостей теплофизических характеристик электропроводящих и изоляционных материалов в режиме реального времени; **получены** фактические зависимости температуры конструктивных элементов реальных образцов кабелей при циклической нагрузке (рабочий режим и режим перегрузки); **разработан** алгоритм и программное обеспечение позволяющий в соответствии с оригинальной методикой в автоматическом режиме по известной

температуре медного экрана или оболочки и току нагрева выполнять анализ теплового поля кабеля.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что при непосредственном участии соискателя:

- разработано программное обеспечение и испытательный прибор;
- внедрена методика определения теплового состояния кабелей среднего, высокого и сверхвысокого напряжения с экструдированной изоляцией из СПЭ в условиях испытаний;
- при помощи разработанного автором оборудования проведены предквалификационные испытания первого отечественного кабеля на номинальное напряжение 500 кВ.

Оценка достоверности результатов. Достоверность результатов обеспечена тем, что все измерения и испытания в работе проводились на аттестованном оборудовании с применением поверенных измерительных приборов, а обработка данных проводилась с использованием современного программного обеспечения.

Личный вклад автора состоял в том, что он:

- самостоятельно разработал метод определения теплового состояния кабеля с изоляцией из СПЭ методом конечных разностей;
- под руководством и при непосредственном участии автора была составлена программа и были проведены тепловые испытания реальных образцов высоковольтного и сверхвысоковольтного кабелей;
- разработал и сконструировал компактный испытательный прибор;
- разработал программное обеспечение;
- провёл эксперименты, позволившие внедрить разработанную автором методику при проведении предквалификационных испытаний отечественного кабеля на номинальное напряжение 500 кВ;
- разработал методику определения теплового состояния кабелей среднего, высокого и сверхвысокого напряжения с экструдированной изоляцией из СПЭ в условиях испытаний.

Рекомендации по использованию результатов диссертационного исследования:

Результаты диссертационной работы использовались при проведении предквалификационных и типовых испытаний кабелей высокого и сверхвысокого напряжения. Разработанный метод также может использоваться при проведении исследования поведения при нагреве экспериментальных кабельных конструкций.

Разработана и утверждена ОАО «ВНИИКП» методика определения теплового состояния кабелей среднего, высокого и сверхвысокого напряжения с экструдированной изоляцией из СПЭ в условиях испытаний.

Разработанные в диссертации методы оценки состояния кабельных изделий можно применять при тепловом контроле высоковольтных кабельных линий. Предложенная автором методика позволит существенно увеличить точность теплового контроля и повысить экономическую эффективность высоковольтных кабельных сетей.

Принимая во внимание новизну и практическую ценность результатов исследования, представляется целесообразным рекомендовать их использование при проведении типовых и предквалификационных испытаний, а также для теплового контроля существующих высоковольтных кабельных систем на основе кабелей с изоляцией из СПЭ.

На заседании 20.06.2019 г. Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация Горобца А.Н. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным п.п. 9 – 14 действующего Положения о присуждении ученых степеней и принял решение присудить Горобцу Александру Николаевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.09.02 – «Электротехнические материалы и изделия» за разработку метода определения теплового состояния кабелей высокого напряжения с изоляцией из сшитого полиэтилена в условиях испытаний и эксплуатации, существенно повышающего точность теплового контроля при проведении испытаний и в процессе эксплуатации указанных кабелей, что является решением важной научно-технической задачи, имеющей существенное значение для развития

электротехники и электроэнергетики.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек (из них 14 докторов наук по специальности 05.09.02-«Электротехнические материалы и изделия»), участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – **15**, против – **0**, недействительных бюллетеней – **нет**.

Председатель

диссертационного совета, д.т.н.

Пешков Изяслав Борисович

Ученый секретарь

диссертационного совета, к.т.н.

Овчинникова Ирина Александровна

Дата оформления заключения

20.06.2019 г.

