

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д520.026.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ОТКРЫТОГО АКЦИОНЕРНОГО
ОБЩЕСТВА «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ, ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ И
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ КАБЕЛЬНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

Аттестационное дело № _____

Решение Диссертационного совета от 5 сентября 2018 г. протокол № 3.

О присуждении **Грешнякову Георгию Викторовичу**, гражданину РФ,
учёной степени доктора технических наук.

Диссертация «Комплексная оценка технологических и эксплуатационных характеристик XLPE-кабельных систем среднего и высокого напряжения» в виде рукописи по специальности 05.09.02. «Электротехнические материалы и изделия» принята к защите 11 апреля 2018 г. Диссертационным советом Д 520.026.02 (протокол № 2), 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 29.12.2015г., изменения внесены Приказом № 626/нк от 03.06.2016 г. и Приказом № 59/нк от 03.08.2018 г.

Соискатель Грешняков Георгий Викторович 1960 года рождения диссертацию на соискание учёной степени кандидата технических наук «Аналоговые и гибридные модели для анализа электромагнитных полей и вихревых токов» защитил в 1992 году в Диссертационном совете Санкт-Петербургского Государственного Технического Университета. С 2004 года по настоящее время работает в ООО «НИИ «Севкабель» сначала старшим

научным сотрудником, затем заведующим лабораторией, затем главным конструктором.

Диссертация выполнена в ФГАОУВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» и в Санкт-Петербургском научно-исследовательском, проектно-конструкторском и технологическом кабельном институте «Севкабель» (ООО «НИИ «Севкабель»).

Научный консультант Коровкин Николай Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической электротехники и электромеханики.

Официальные оппоненты:

1. Таджибаев Алексей Ибрагимович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Диагностика и управление техническим состоянием энергетического оборудования» ФГАОУ ДПО «Петербургский энергетический институт повышения квалификации»;
2. Кузнецов Павел Алексеевич, доктор технических наук, начальник НИО «Наноматериалы и нанотехнологии» ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей» г. Санкт-Петербург;
3. Коржов Антон Вениаминович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Электрические станции, сети и системы электроснабжения» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный Университет.

Дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет «МЭИ» в своем положительном отзыве, составленном заведующим кафедрой физики и технологии электротехнических материалов и компонентов, доктором технических наук, профессором Серебрянниковым Сергеем Владимировичем, профессором, доктором технических наук Боевым Михаилом Андреевичем и утвержденным проректором по научной работе ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ» доктором технических наук, профессором Драгуновым В.К. указала, что диссертационная работа Грешнякова Г.В.

выполнена на высоком научно-техническом уровне и является законченной научно-исследовательской работой. По содержанию и полученным научным результатам диссертационная работа является безусловным вкладом в развитие теории и практики кабельной промышленности, все вопросы исследованы в комплексе, с учетом внешнего влияния отдельных элементов кабельных линий и систем друг на друга. Исследованы нестандартные решения для низкоиндуктивных сильноточных импульсных кабелей, нашедших свое применение в международном проекте ITER.

Результаты, полученные автором диссертации, могут быть использованы как в научных коллективах, так и на промышленных предприятиях кабельной промышленности. Выводы диссертации достаточно обоснованы. Работа отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявленных к докторским диссертациям ВАК, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842, а Грешняков Г.В. заслуживает присуждения ему учёной степени доктора технических наук по специальности 05.09.02. «Электротехнические материалы и изделия».

Соискатель имеет более 50 опубликованных работ. Список основных работ, представляющих важнейшие результаты диссертации, составляет 36 наименований, в том числе 25 статей, из которых 12 в изданиях, рекомендованных ВАК, материалы трех докладов опубликованы в изданиях, входящих в систему цитирования SCOPUS.

Наиболее важными работами по теме диссертации являются:

1. Грешняков В.Г. «К вопросу о разработке и производстве высоковольтной кабельной арматуры» В сборнике: Материалы Международной заочной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования», часть 4, 2013, С. 38-41.

2. Greshnyakov G.V. , Dubitskiy S.D. , Korovkin N.V. Capacitance and Impedance Methods of Electric Field Grading in Cable Joint and Termination.

Recent Advances in Energy, Environment and Materials, European Conf, 23-25 September 2014, St. Petersburg. p.p. 95-98.

3. Грешняков Г.В., Дубицкий С.Д., Ковалев Г.Г., Коровкин Н.В. Электромагнитный и тепловой расчёт токовой нагрузки кабельной системы методом конечных элементов. Кабели и провода, №3 (340) 2013 С. 15-21.

4. Dubitskiy S. , Greshnyakov G. , Korovkin N. Comparison of Finite Element Analysis to IEC 60287 for Predicting Underground Cable Ampacity < submitted to Energy Con 2016 IEEE Int. Conference , Leuven , Belgium , 4-8 Apr. 2016 >

5. Грешняков Г.В., Нарышкин Е.В. Импульсный низкоиндуктивный высоковольтный кабель. Силовая электроника. №4, 2009, С. 42-46.

6. Грешняков Г.В., Селезнев Д.А., Коровкин Н.В. Регулирование электрического поля в усиливающей изоляции соединительных кабельных муфт класса 110 кВ.// Научно-технические ведомости СПбГПУ, 2016. №4, С. 116-125.

7. Доронин М.В., Грешняков Г.В., Коровкин Н.В. Магнитные экраны специальной конструкции для трехфазных кабельных систем, проложенных группой однофазных кабелей.// Научно-технические ведомости СПбГПУ, 2017. №1, С. 124-133.

8. Доронин М.В., Грешняков Г.В. Надвижные магнитные экраны специальной конструкции, собранные из листов аморфных магнитомягких сплавов.// Вопросы материаловедения. – 2017.-№1 С. 124-133.

9. Dubitskiy S. , Greshnyakov G. and Korovkin N. Refinement of Underground Power Cable Ampacity by Multiphysics FEA Simulation – International Journal of Energy. Vol.9, 2015, p.p. 12-19.

10. Грешняков Г.В. , Коровкин Н.В. , Дубицкий С.Д. , Ковалев Г.Г. «Численное моделирование электрического поля в усиливающей изоляции кабельной муфты». Кабели и провода, №6, 2013, С. 23-25.

Личный вклад соискателя в наиболее значимых работах, выполненных в соавторстве, составляет более 80%. В диссертации отсутствуют

недостовверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах, в которых изложены основные научные результаты испытаний.

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

На автореферат поступило 8 **положительных** отзывов.

1. Гусева Виктора Ивановича, заместителя начальника управления технологического проектирования Общества с ограниченной ответственностью «Холдинг Кабельный Альянс» со следующими вопросами:

- а) Как влияет включение углеродных волокон в материал трубки-регулятора (гл. 4) на степень вулканизации материала?
- б) Почему не рассмотрены методы оценки ресурса изоляции, альтернативные выбранному (гл. 4)?
- в) Почему отсутствует упоминание о существующей технологии безмуфтового соединения кабелей среднего и высокого напряжения (разъем инжекционного формования, гл. 4)?

2. Дуксина Владимира Алексеевича, коммерческого директора АО «Ленинградская областная электросетевая компания» (ЛОЭСК) со следующими вопросами:

а) Почему для оптимизации угла раскрытия зазора магнитных экранов применялся именно генетический алгоритм (гл. 5)?

б) Возможно ли использование нелинейного резистивного метода в сочетании с ёмкостным для комплексного регулирования электрического поля в усиливающей изоляции кабельных муфт высокого напряжения (гл.4) ?

в) При сравнении расчетных методик оценки пропускной способности (гл. 2) напрашивается сравнение с результатами измерений. Почему автор не приводит эти результаты, ведь большинство кабелей выпускается с оптическим модулем для мониторинга температуры?

3. Миронова Максима Игоревича, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН со следующими вопросами:

а) Имеется ли корреляция зависимостей коэффициента теплопроводности композиционного материала (гл.4) на основе полиэтилена низкой плотности и удельной проводимости этого материала от содержания углеродных нановолокон?

б) Можно ли сравнить коэффициенты теплопроводности композиционного материала (гл.4) на основе полиэтилена низкой плотности с углеродными нановолокнами и этого же материала с добавлением сажи той же концентрации?

в) Как можно объяснить уменьшение коэффициента затухания экрана $v_3 = \ln(1/|K_3|)$ с увеличением тока нагрузки (рис. 20)?

г) В чем причина расхождения между экспериментальными и расчетными данными, представленными в табл. 4?

4. Славинского Александра Зиновьевича, доктора технических наук, председателя Совета директоров ООО «Масса» со следующими вопросами:

а) Следует ли понимать, что предложенная автором методика оценки пропускной способности (гл. 2) может быть использована в том числе, для пересчёта результатов измерений температуры на экране в температуру произвольной точки сечения?

б) Каковы перспективы снижения массогабаритных характеристик усиливающей изоляции (гл. 4) кабельных муфт высокого напряжения и упрощения процесса монтажа?

в) Для силовых низкоиндуктивных кабелей (гл. 3) предлагается триаксиальная конструкция. Какую роль играет третий проводник, ведь

центральная и радиальная жилы имеют одинаковое поперечные сечения, т.е. представляют собой полный коаксиал?

5. Лебедева Владимира Дмитриевича, кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Автоматическое управление электроэнергетическими системами» ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина со следующими вопросами:

а) Из каких соображений выбиралась толщина изоляции силовых низкоиндуктивных импульсных кабелей (гл.3), учитывая тот факт, что данные кабели разрабатывались для импульсных режимов работ?

б) При проведении экспериментальных исследований по увеличению теплопроводности трубки-регулятора в исходный материал – полиэтилен низкой плотности инициировали внедрение углеродных нановолокон и микроволокон . Рассматривались ли какие-то альтернативные варианты для внедряемого материала? Если нет, то по каким причинам автор считает углеродные нановолокна наилучшим вариантом?

6. Цобкалло Екатерины Сергеевны, доктора технических наук, профессора, заведующей кафедрой инженерного материаловедения и метрологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна» со следующими замечаниями:

а) В качестве структурно-чувствительного параметра, отражающего ресурс работы изоляционного материала из сшитого полиэтилена, автором был проанализирован только один - тангенс угла диэлектрических потерь, что является существенным ограничением при оценке теплового старения материала.

б) В автореферате не приведены результаты испытаний элементов конструкций кабеля с использованием полученного в работе модифицированного изоляционного материала - полиэтилена низкой плотности, наполненного углеродными нано- и микронаполнителями.

7. Файзуллина Марселя Айратовича, кандидата физико-математических наук, начальника опытно-конструкторского бюро ООО «Таткабель» со следующими замечаниями и вопросами:

а) В тексте автореферата обнаружено небольшое число опечаток и стилистических ошибок (в частности на стр. 19 «...кабеля и диффлектра», на стр. 21 «...соответствующей формы. развитию вопросов оценки ресурса...»).

б) Некоторые из численных результатов расчетов представлены без указания точности их определения.

в) Какой вид геометрической формы дефлектора был выбран и исходя из каких соображений? Какой алгоритм при этом использовался в ходе оптимизации геометрической формы дефлектора стресс-конуса и тела муфты?

г) Непонятно, на основании каких данных о максимально допустимых значениях напряженности электрического поля в критических зонах стресс-конуса и тела муфты (например, в изоляции муфты на поверхности дефлектора на границе раздела изоляции муфты из сшитого полиэтилена) проводилась оптимизация их геометрии?

д) Каким образом оценивалось значение напряженности электрического поля в «тройной точке», где решение уравнения Лапласа имеет сингулярность?

8. Краснова Игоря Леонидовича, начальника участка высоковольтных испытаний электрического цеха Калининской атомной электростанции со следующими вопросами:

а) Существуют ли альтернативные варианты применения разработанных автором силовых низкоиндуктивных кабелей в энергетике?

б) Не повлияет ли наличие проводящих включений, вводимых с целью повышения диэлектрической проницаемости в основную изоляцию стресс-конуса, на электрическую прочность высоковольтных муфт?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются компетентными

учёными и имеют публикации в области кабельной техники и эксплуатации кабельных распределительных сетей; ведущая организация широко известна своими работами, посвященными исследованию электротехнических материалов и изделий, кабелей и кабельных коммуникаций.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработана** новая методика оценки нагрузочной способности силовых кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена на базе анализа комплексных численных моделей, учитывающих условия и способы прокладки, монтажа, наличие проводящих элементов как конструкции, так и находящихся в зоне влияния полей; учитываются тепловые и магнитные свойства материалов и сред, влияние скорости перемещения воздушных потоков на конвективный теплообмен, а также воздействие сторонних источников электромагнитного и температурного влияния; проведена оптимизация параметров испытательного напряжения сверхнизкой частоты на основе анализа результатов измерения $\text{tg}\delta$ кабельных линий класса 10-35 кВ и 110 кВ;
- **разработаны** новые (триаксиальные) конструкции силовых низкоиндуктивных импульсных кабелей среднего напряжения с двухслойной изоляцией из сшитого полиэтилена и разными сечениями проводников, для их использования в качестве вспомогательных в составе опытного образца термоядерного реактора (программа ITER); разработаны конструкции концевых испытательных муфт; проведены предварительные, типовые и предквалификационные (ресурсные) испытания таких кабелей в составе кабельной линии среднего напряжения;
- **разработан** перспективный ёмкостной метод снижения неравномерности распределения электрического поля в усиливающей изоляции кабельных муфт на базе сочетания геометрического и рефракционного способов; разработанный метод реализован при разработке, изготовлении, предварительных, типовых и предквалификационных испытаниях опытных

образцов концевых и соединительных муфт в составе кабельных линий класса 110 кВ;

- **сформулированы основные принципы** электрического расчета, выполнено численное моделирование и на этой основе проведено макетирование концевых и соединительных муфт класса 110 кВ, в которых применён комбинированный ёмкостно-резистивный метод выравнивания поля, где в качестве элемента, управляющего полем, применена термоусаживаемая трубка-регулятор;

- **исследованы чувствительные параметры** изоляции из сшитого полиэтилена, характеризующие процессы старения, и обоснован вывод о выборе в качестве основного параметра тангенса угла диэлектрических потерь; предложены варианты контроля тангенса угла диэлектрических потерь изоляции как функции от частоты питающего напряжения в процессе эксплуатации;

- **теоретически обоснованы, сконструированы, изготовлены и испытаны** в составе кабельной линии макеты магнитных экранов специальной конструкции (концентраторов магнитного поля) для выполнения требований по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии трехфазных кабельных линий, проложенных группой однофазных кабелей (для оптимизации угла раскрытия зазора при ориентации экрана на поверхности каждой фазы применён генетический алгоритм).

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается:

- в создании метода расчёта пропускной способности трёхфазных кабельных линий и кабельных систем, проложенных группой однофазных кабелей, при различных условиях и способах прокладки, а также при объединении и заземлении металлических экранов;

- в разработке комплексного ёмкостного метода регулирования электрического поля в кабельной муфте путём сочетания геометрического и рефракционного способов;

- в разработке основных принципов перехода от комбинированного ёмкостного к резистивно-ёмкостному методу регулирования поля в усиливающей изоляции кабельных муфт высокого напряжения, с регулирующим элементом в виде трубки-регулятора;
- в обосновании выбора параметра тангенса угла диэлектрических потерь, в качестве критерия при оценке работоспособности кабельной линии и предложении алгоритма прогнозирования наработки.

Практическая значимость работы заключается в следующем.

1. Внедрен в практику проектирования метод расчёта пропускной способности трёхфазных кабельных линий и кабельных систем, проложенных группой однофазных кабелей, при различных условиях и способах прокладки, а также при любом способе объединения и заземления металлических экранов.
2. Изготовлен ряд высоковольтных силовых низкоиндуктивных импульсных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена. Эти кабели применены как вспомогательные в системе управления и коммутации макета термоядерного реактора, который разрабатывают в рамках программы ITER.
3. Изготовлены кабельные муфты на напряжение 110 кВ (концевые наружной установки и соединительные с прямым соединением и с разделением экранов). Расчёт изоляции этих муфт проведён с использованием вновь разработанного комплексного ёмкостного метода регулирования электрического поля, сочетающего в себе геометрический и рефракционный способы.
4. Успешно проведены квалификационные испытания в составе кабельной линии, указанных в п. 3 кабельных муфт, о чём свидетельствуют соответствующие протоколы испытаний.
5. Реализованы для практического применения магнитные экраны с зазором для трёхфазных кабельных систем, выполненных однофазным кабелем, позволяющих обеспечить выполнение требований по электромагнитной совместимости и экологии.

Оценка достоверности результатов измерений. Достоверность результатов исследований обеспечена корректным применением фундаментальных законов и методов теории поля и электрических цепей; использованием лицензированных вычислительных программ; сравнением полученных результатов с данными, приведенными в литературе.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на Международной конференции «Electric Power Quality and Supply Reliability», Rakvere, Estonia, June 2014; на 6, 7 и 8-м Международных симпозиумах «Электромагнитная совместимость и электромагнитная экология» (Санкт-Петербург 2007, 2009, 2011 гг.); на Международной конференции по вопросам энергетики, окружающей среды и материаловедения (EEMAS2014), Санкт-Петербург 2014; на Международной конференции IEEE International Energy Conference «Energycon 2016» LEUVEN, Belgium, 2016; на Международной научно-практической конференции «Повышение эффективности энергетического оборудования – 2012», Санкт-Петербург, 2012 г.; на Международной научной конференции «Современные технологии и развитие политехнического образования», Владивосток, 2015 г., и др. Результаты работы обсуждены на семинарах: на кафедре ТЭЭ, ТВНЭиКТ СПбПУ, в ОАО «ВНИИКП», ОАО «НИИЭФА им. Д.В. Ефремова», в ООО «ГК «Севкабель», ООО «НИИ «Севкабель», всероссийских и международных конференциях.

Личный вклад соискателя определяется тем, что все представленные в диссертации результаты получены автором самостоятельно, в том числе: постановка задач и разработка методов их решения; составление программ и анализ результатов; построение расчетных моделей; выбор и адаптация численных методов решения систем уравнений для всех моделей; подготовка всех публикаций и апробация результатов выполненной работы на конференциях различного уровня, а также большая часть расчётов.

Реализация и внедрение результатов. Результаты диссертационной работы по расчёту пропускной способности кабельных линий внедрены в практику проектирования института «Энергопроект-Нева» (г. Санкт-Петербург) при проектировании ПС 35-110 кВ. Разработанная методика СТО-00107131-002-2016 рекомендована к применению. Результаты диссертационной работы по разработке ряда силовых низкоиндуктивных импульсных кабелей получены в рамках выполнения договора с ОАО «НИИЭФА им. Д.В. Ефремова» (г. Санкт-Петербург). Это общество, в свою очередь, имеет договорные отношения с Госкорпорацией «Росатом», участвующей в международном проекте «ITER». Результаты диссертационной работы по разработке кабельных муфт на напряжение 110 кВ внедрены в практику производства ООО «Масса» (г. Москва). Результаты диссертационной работы в части оптимизации параметров испытательного напряжения сверхнизкой частоты внедрены в практику проведения испытаний ЗАО «Электрум» (г. Санкт-Петербург) для кабельных линий высокого напряжения. Результаты диссертационной работы по разработке магнитных экранов внедрены в практику испытательного центра ОАО «НИИПТ» (г. Санкт-Петербург) при проведении испытаний энергетических кабелей для снижения электромагнитных влияний, в том числе на измерительные и сигнальные цепи.

Диссертация является целостной законченной научно-квалификационной работой, в которой решён целый комплекс проблем, что позволяет повысить эффективность, эксплуатационную надёжность и безопасность кабельных линий среднего и высокого напряжения с изоляцией из сшитого полиэтилена.

На заседании 05.09.2018 г. Диссертационный совет пришёл к выводу, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным п.п. 9 - 14 действующего «Положения о присуждении учёных степеней», и принял решение присудить Грешнякову Георгию Викторовичу учёную степень доктора технических

наук по специальности 05.09.02- «Электротехнические материалы и изделия» за решение крупной научно-технической проблемы, имеющей важное хозяйственное значение для кабельной техники и энергетики в целом в области оптимизации существующих и выработке новых решений при проектировании и эксплуатации кабельных линий и кабельных систем среднего и высокого напряжения.

При проведении тайного голосования Диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 13 докторов наук по специальности 05.09.02- «Электротехнические материалы и изделия», участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 13, против - 1, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель
Диссертационного совета



д.т.н., проф. И.Б. Пешков

Ученый секретарь
Диссертационного совета



к.т.н. И.А. Овчинникова

Дата оформления заключения



05.09. 2018г.