

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Тарасова Дмитрия Анатольевича
«Исследование влияния первичного защитного покрытия на свойства телекоммуникационных оптических волокон и разработка методов оценки их параметров», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.1 – «Теоретическая и прикладная электротехника»

Диссертационная работа Тарасова Дмитрия Анатольевича посвящена рассмотрению круга вопросов и практических задач, связанных со свойствами и методиками оценки параметров первичных защитных покрытий (ПЗП) телекоммуникационного оптического волокна. Телекоммуникационные оптические волокна (ОВ) нашли широкое применение в разного рода системах связи во всем мире, в т.ч. и в России, в качестве одной из основных и наиболее надежных сред передачи информации. Развитие и совершенствование технологий и конструкций ОВ продолжается и по сей день. К оптическим кабелям (ОК) связи предъявляются все новые требования, связанные с обеспечением их требуемого качества, снижения оптических потерь, увеличением их срока службы, стойкости к воздействию внешних факторов. Параметры ОВ, как единой конструкции, в большой степени зависят от физико-химических, механических оптических характеристик ПЗП. В качестве основного материала композиций ПЗП в основном используются отверждаемые ультрафиолетовым излучением эпоксиакрилатные композиции. Свойства этих материалов – как в исходном состоянии при нанесении во время вытяжки ОВ, так и в полимеризованной форме в составе единой конструкции ОВ критически важны. На сегодняшний день многие характеристики ОВ достаточно хорошо изучены, однако целый ряд научных и практических вопросов и задач не решен, а количество этих вопросов и задач только увеличивается, так как номенклатура телекоммуникационных ОВ постоянно растет, круг областей применения расширяется, технические требования меняются. Сказанное делает поставленные в диссертации вопросы и круг решаемых задач безусловно востребованными, как в научном, так и в практическом плане. **Таким образом, представленная диссертационная работа является актуальной.**

Теоретическая и практическая значимость работы основана на разработке и освоении серийного производства отечественных УФ-отверждаемых полимерных композиций ПЗП, исследовании и определении влияния параметров технологических режимов их нанесения на свойства ОВ. В работе описана методика определения совместимости конструкционных материалов ОК, методика определения микроизгибных потерь ОВ в условиях механических и температурных воздействий, методика определения категории, марки и производителя одномодовых ОВ. При выполнении работы использовались преимущественно экспериментальные методы исследований и статистические методы обработки полученных результатов с оценкой их достоверности.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность. Достоверность результатов, описанных в диссертационной работе, обеспечивается использованием современных физических методов анализа, испытаний и ГОСТированных методов измерений.

К значимым и новым результатам относятся следующие положения, выносимые на защиту, изложенные в диссертации и автореферате:

- технологические режимы вытяжки ОВ, которые определяют степень полимеризации ПЗП, влияющие на свойства ОВ;
- методика определения совместимости материалов, применяемых в конструкциях ОК;
- результаты исследований ОВ с диаметром по ПЗП 200 мкм и 250 мкм, выводы и рекомендации по их применению ОВ с уменьшенным диаметром по ПЗП (200 мкм) в различных конструкциях ОК;
- методика определения микроизгибных потерь ОВ при отрицательных температурах;
- методика определения категории, производителя и марки одномодового ОВ.

По структуре диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы, включающего ссылки на 141 работу зарубежных и отечественных источников, и

одного приложения (акта внедрения). Диссертация изложена на 172 страницах, включает 52 рисунка и 39 таблиц.

Во **Введении** автор дает анализ современного уровня развития технологии в исследуемой области прикладной науки, обосновывает актуальность работы, оценивает степень изученности темы, формулирует цели и задачи работы, отмечает **научную новизну, теоретическую и практическую значимость, работы**. В качестве целей и задач указано, что работа направлена на определение параметров, характеризующих качество двухслойного ПЗП, разработку усовершенствованных методов оценки характеристик телекоммуникационных ОВ. Научная новизна работы заключается в разработке критериев совместимости материалов в конструкции оптических кабелей, в том числе с водонабухающими материалами и с ОВ с диаметром 200 мкм по покрытию. Определены оптимальные режимы нанесения композиций при вытяжке ОВ, впервые разработаны отечественные УФ-отверждаемые композиции, исследовано влияние уменьшения диаметра ПЗП на свойства ОВ и ОК. Впервые разработана методика определения микроизгибных потерь ОВ при отрицательных температурах и методика определения категории производителя одномодовых ОВ.

Первая глава представляет собой аналитический обзор литературы. Рассмотрены типичные конструкции виды ПЗП телекоммуникационных ОВ, их состав, основные характеристики и свойства. Отмечено, что до начала работы на российском рынке были представлены исключительно импортные композиции ПЗП. Рассмотрены способы нанесения ПЗП, выявлены достоинства и недостатки различных методов нанесения, проанализированы общие требования, предъявляемые к покрытиям кварцевого ОВ, исследованы вопросы совместимости с гидрофобными наполнителями, показано влияние ПЗП на микроизгибные свойства ОВ, проведен обзор методов определения степени полимеризации ПЗП. Сформулированы задачи исследования, а именно:

- провести исследование степени полимеризации ПЗП и его влияния на комплекс характеристик ОВ;
- оценить возможное влияние степени полимеризации ПЗП на срок службы ОВ;
- разработать методику определения совместимости ПЗП с конструкционными материалами ОК и выбрать оптимальный метод определения совместимости;
- определить оптимальные параметры испытательной установки при испытаниях ОВ с ПЗП 200/250 мкм на микроизгибы и разработать соответствующие методики испытаний;
- разработать опытные конструкции и провести сравнительные испытания миниатюрных ОК, содержащих ОВ с диаметрами по покрытию 250 и 200 мкм;
- исследовать возможности применения разработанной композиции второго слоя ПЗП в качестве буферного покрытия оптического микрокабеля;
- разработать методики определения категории и производителя одномодовых ОВ.

Во **второй главе** описаны результаты исследований двухслойных УФ-отверждаемых покрытий из импортных композиций, определен комплекс требований к разрабатываемым отечественным аналогам, выбрана оптимальная программы и метод контроля качества ОВ. Приведены результаты исследования степени полимеризации ПЗП на характеристики ОВ и показано влияние режимов вытяжки ОВ на ПЗП. Проведено исследование возможности уменьшения толщины ПЗП и использования такого ОВ в оптических микрокабелях. Приведены результаты испытаний оптических модулей различных конструкций с разным числом ОВ и диаметром по покрытию. В результате работ, описанных в главе 2 установлено влияние степени полимеризации покрытия на характеристики и прогнозируемый срок службы ОВ, обоснован выбор оптимального технологического режима нанесения ПЗП, показана возможность уменьшения диаметра покрытия и как следствие – оптимизация массо-габаритных характеристик ОК некоторых конструкций при заданных условиях эксплуатации.

В **третьей главе** приведены результаты исследований по оценке технологии наложения буферных покрытий на оптический микрокабель с использованием разработанной отечественной композиции марки «Квант-409». Показано, что такая композиция может применяться в ОВ, и/или конструкциях микрокабелей, где нет жестких требований к приросту оптических потерь при отрицательных температурах.

В четвертой главе диссертации описаны имеющие большое практическое значение исследования и методики испытаний по влиянию гидрофобных наполнителей и водонабухающих кабельных материалов на характеристики ОВ. Показаны особенности методик и выбор оптимального метода испытаний, а также установлены критерии годности на основе предварительного анализа нормативной базы. По результатам работы сделан вывод о том, что при испытании на совместимость следует выбирать режим испытаний образцов в наиболее агрессивной среде при температуре 85 °С. Следует отметить, что методика испытаний на совместимость материалов в конструкциях ОК согласована с ПАО «Ростелеком», а также вошла в стандарт на оптические кабели ГОСТ Р 52266-2020.

В пятой главе описаны результаты, сделаны выводы по разработке актуальной в методическом плане задачи определения типа и идентификации производителя ОВ. Это направление исследований имеет большое практическое значение и актуальность, поскольку, позволяет ограничить возможности применения ОВ с низкими показателями качества или от ненадежных производителей. Методика определения категории, производителя и марки ОВ согласована с ПАО «Ростелеком», получен патент на изобретение.

В шестой главе описана методика и испытательная установка для исследования ОВ при воздействиях микроизгибов. Был проведен ряд исследований образцов одномодовых ОВ при различных условиях испытаний (диапазон нагрузок, размеры ячеек сетки), а также определены условия, при которых достигается наилучшая воспроизводимость результатов. Испытательная установка была усовершенствована для обеспечения возможности измерения оптических потерь при низких температурах.

В целом, диссертация написана логично и связно, аккуратно оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ, иллюстративный материал информативен.

По диссертации имеются следующие замечания:

1. На стр. 57-58 говорится о том, что значения бриллюэновской частоты образцов ОВ с разработанным отечественным и с импортным материалом близки (не более ± 7 МГц, как следует из табл. 2.5) и делается вывод о том, что ПЗП из разработанных композиций не ухудшает характеристик ОВ. Однако (об этом сказано на стр. 122 диссертации), вследствие возможного различия «собственной» бриллюэновской частоты, отличие частот у разных ОВ возможен порядка ± 20 МГц для ОВ одного типа, но из разных заготовок. Таким образом, для подтверждения вывода об отсутствии влияния ПЗП на характеристики ОВ следовало бы уточнить, были ли изготовлены образцы ОВ с разными покрытиями «из одинаковых заготовок» (но физически разных) или из одной и той же заготовки.
2. На стр. 76 указано, что оптимальный технологический режим вытяжки ОВ соответствует образцу № 12, при котором обеспечивается степень полимеризации ПЗП, равная 96 %. Поскольку покрытие является двухслойным, то возникает вопрос, к какому слою относится указанная в таблице 2.15 степень полимеризации 96 %, либо она одинакова для обоих слоев в пределах погрешности методики?
3. На стр. 132 данные по спектральному затуханию исследованных образцов ОВ приведены в форме таблицы 5.6. Считаю, что было бы значительно нагляднее приложить данные по спектральному затуханию в виде графиков.

Указанные вопросы и замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. Текст автореферата соответствует содержанию диссертации. Работа достаточно представлена на научных конференциях и в печатных статьях – опубликовано 10 работ, из них 6 в изданиях перечня ВАК, 3 научные публикации вошли в международные базы цитирования, получены два патента на изобретения.

Полагаю, что диссертация Тарасова Дмитрия Анатольевича «Исследование влияния первичного защитного покрытия на свойства телекоммуникационных оптических волокон и разработка методов оценки их параметров», является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержатся решения ряда важных научных и практических задач для кабельной промышленности и отрасли связи, написана на актуальную тему, имеет подтвержденные достоверные и практически значимые результаты, обладает научной новизной и отвечает всем

квалификационным признакам ВАК РФ для кандидатских диссертаций, в т.ч. п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» от 24.09.2013 г. № 842 со всеми изменениями и дополнениями. Выводы достаточно обоснованы, реферат и публикации полно отражают содержание диссертации. Считаю, что соискатель, Тарасов Дмитрий Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.1 – «Теоретическая и прикладная электротехника».

Официальный оппонент: кандидат технических наук, доцент кафедры РЛ-2

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (ФГБОУ ВО МГТУ им. Баумана)

Станислав Григорьевич Сазонкин

26 апреля 2024 г.

Подпись к.т.н. Сазонкина С.Г. удостоверяю.



105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, стр. 1

тел.: (499) 263-60-11

e-mail: sazstas@bmstu.ru