

ОТЗЫВ

официального оппонента Семенова Сергея Львовича, доктора физико-математических наук, на диссертацию Тарасова Дмитрия Анатольевича на тему «Исследование влияния первичного защитного покрытия на свойства телекоммуникационных оптических волокон и разработка методов оценки их параметров», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.1 – «Теоретическая и прикладная электротехника»

Актуальность темы диссертации

Телекоммуникационные оптические волокна (ОВ) в течение последних 40 лет нашли самое широкое применение в системах передачи информации различного назначения. Однако, несмотря на существующее разнообразие разработанных и стандартизированных ОВ, их конструкция в своей основе является достаточно консервативной. Основой ОВ является сверхчистое кварцевое стекло, а функцию защиты выполняет, обычно двухслойное полимерное первичное защитное покрытие (ПЗП). Разработкам и исследованиям самых разнообразных ОВ – многомодовых, одномодовых, многосердцевинных, фотонно-кристаллических и прочих – были посвящены множество работ, исследований, патентов, технических спецификаций. Характеристикам собственно ПЗП посвящено также достаточное, но значительно меньшее количество работ. Но свойства покрытия также очень важны, так как они непосредственно влияют на надёжность ОВ, как цельной конструкции, механическую прочность ОВ, стойкость к воздействию высоких и низких температур, оптические потери при микроизгибах, силу снятия покрытия и другие характеристики. Без обеспечения необходимого комплекса характеристик покрытий невозможно обеспечить надёжное функционирование ОВ в течение длительного срока службы. В этом отношении выбор темы диссертации, связанной с исследованием свойств и разработкой методов оценки параметров ПЗП, является востребованным направлением, тема диссертации безусловно актуальна.

Оценка структура и содержания работы

Диссертация по структуре включает в себя введение, шесть глав, заключение, список литературных источников, а также приложение – акт об использовании результатов диссертационной работы. Структура работы выглядит адекватной и соответствующей своему основному содержанию.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследований, отмечены пункты, имеющие научную новизну, сформулированы положения, выносимые на защиту, указано на внедрение результатов и разработанных методик исследований, даны сведения об апробации результатов работы и личном вкладе автора.

В первой главе дан анализ результатов предыдущих исследований и работ по выбранному направлению, методов испытаний ОВ, оценки их качества, разработки композиций для двухслойного УФ-отверждаемого ПЗП. Описаны существующие способы нанесения ПЗП, дан обзор методов определения степени полимеризации. В обзоре требований и методов испытаний ОВ, сформулированы задачи исследования, отраженные в названии диссертации: определение параметров УФ-отверждаемого двухслойного покрытия ОВ, исследование и отработка технологических режимов его нанесения, разработка методов оценки параметров, телекоммуникационных ОВ, применяемых в кабельной технике.

Во второй главе дано описание выполненных разработок отверждаемых ультрафиолетом ПЗП и полученные результаты по созданию отечественных композиций для телекоммуникационных ОВ. Проведены исследования по выбору оптимальных технологических режимов нанесения ПЗП, выполнен обширный комплекс работ по определению зависимости степени полимеризации ПЗП от технологических режимов вытяжки ОВ. Проведены испытания ОВ и оптических кабелей различных конструкций, как со стандартным (250 мкм), так и с уменьшенным до 200 мкм диаметром по ПЗП, с целью определения их оптических, геометрических и механических характеристик, а также стойкости к воздействию повышенной и пониженной температуры. Сделан ценный для практики вывод о возможности создания микрокабелей с улучшенными массогабаритными характеристиками и более стойких к воздействию температуры окружающей среды, конструкция кабеля защищена патентом.

В главе 3 выполнены исследования с целью сравнения характеристик разработанных отечественных и импортных УФ-отверждаемых композиций в качестве буферного покрытия, оптических микрокабелей. В качестве исследуемых характеристик ОВ были проведены измерения коэффициента затухания одномодовых и многомодовых ОВ, а также измерение деформации волокна с применением бриллиантового анализатора. В главе сделан вывод о различии характеристик первого и второго слоя ПЗП и сформулированы условия, при которых разработанная отечественная композиция может быть использована в качестве внешнего слоя покрытия в конструкции микрокабеля. В частности, сделан, по-видимому, правильный, существенный вывод о том, что модуль упругости второго слоя для данного применения ПЗП должен быть значительно уменьшен.

В главе 4 описаны результаты и разработанные методики исследования совместимости ПЗП с гидрофобным наполнителем и водонабухающими материалами, входящими в состав многих конструкций оптических кабелей. С целью выбора оптимальных режимов испытаний проведены эксперименты в соответствии с различными методиками испытаний, при этом в качестве анализируемых параметров и критериев анализировались данные измерений силы снятия покрытия (максимальные и средние значения), наличие видимых дефектов (трещины, разрывы, деламинация), а также проведен термогравиметрический (ТГА) анализ испытуемых образцов ОВ. Сделаны практически важные выводы о том, что наибольшее влияние на свойства ПЗП испытуемых образцов оказывает выдержка ОВ во влажном водоблокирующем порошке при 85 °С, соответствующей верхней границе допустимого интервала рабочей температуры.

В главе 5 описаны представляющие самостоятельный интерес методики определения типа и производителя одномодовых ОВ. В качестве образцов были выбраны широко применяемые в современных телекоммуникационных системах ОВ категорий В-652 В/С/D, В-657 А1/А2. В качестве анализируемых характеристик и параметров ОВ были выбраны геометрические и оптические характеристики, потери на макроизгибах, бриллиантовая частота, ИК-спектр ПЗП. Результаты по оценке возможности определения производителя ОВ представляются практически важными и значимыми. При этом можно согласиться с выводом о том, что в целом задача однозначного определения производителя ОВ возможна при наличии представительной базы эталонных образцов ОВ.

В главе 6 приведены оригинальные методики и результаты исследований влияния микроизгибов на характеристики ОВ при выборе метода С по IEC TR 62221 в качестве первоначального базового метода. В работе описана созданная экспериментальная установка, с применением которой удалось получить воспроизводимые результаты по приросту микроизгибных оптических потерь при разных условиях испытаний, включая одновременное воздействие микроизгибов и низких температур. Найдены и предложены оптимальные параметры испытательной установки, обеспечивающие наиболее воспроизводимые результаты. При анализе чувствительности (прироста оптических потерь) ОВ при микроизгибных воздействиях, на основании проведенных экспериментов, следует интересный (но, по-видимому, требующий дополнительных исследований) вывод о нелинейной зависимости потерь от приложенной нагрузки. Показано, что известные из литературы формулы не в полной мере отражают характер влияния микроизгибов. Исходя из полученных результатов в главе 6, разработана методика определения влияния ПЗП на прирост оптических потерь ОВ в условиях механических и температурных воздействий, характерных для типовых условий эксплуатации ОВ.

В заключении приведены основные выводы по работе, из которых можно выделить следующие: Освоение технологии нанесения УФ-отверждаемых ПЗП на основе разработанных отечественных композиций, результаты и методики исследований степени полимеризации ПЗП, разработка и исследование ОВ и оптических кабелей на основе ОВ с уменьшенным диаметром покрытия, методики и результаты исследования совместимости материалов, применяемых в конструкциях оптических кабелей, методика определения типа и производителя ОВ, оценка влияния ПЗП в ОВ типовых конструкций на оптические потери в условиях механических и температурных воздействий.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

Положения диссертации и выводы по работе представляются достоверными и достаточно обоснованными, базируются на статистически представительном объеме подтвержденных и проверенных результатов испытаний, теоретически обоснованных расчетах.

Результаты диссертации нашли отражение в 10-ти печатных трудах, включая 6 работ в изданиях перечня ВАК. Получено два патента на изобретения, разработанные методики испытаний совместимости материалов и определения типа и производителя ОВ согласованы с ПАО «Ростелеком», методика определения совместимости материалов вошла в ГОСТ Р 52266-2020 «Кабели оптические. Общие технические условия».

Научная новизна и практическая значимость результатов исследований.

Впервые разработаны пригодные для промышленного применения отечественные УФ-отверждаемые полимерные композиции для ПЗП на основе эпоксиакрилатов, определены оптимальные технологические режимы их нанесения, исследовано и показано влияние степени полимеризации ПЗП на ряд характеристик телекоммуникационных ОВ;

Исследована возможность уменьшения диаметра ПЗП и влияние уменьшения диаметра на характеристики ОВ и оптических микрокабелей;

Разработаны критерии и методика определения совместимости материалов ПЗП с водоблокирующими и водонабухающими конструкционными материалам ОК, в том числе для ОВ с диаметром покрытия 200 мкм, показана возможность использования разработанной методики для рационального выбора конструкционных материалов и элементов оптических кабелей;

Разработана усовершенствованная методика определения микроизгибных потерь ОВ, в том числе при отрицательных температурах;

Впервые разработана и согласована методика определения типа, категории и производителя одномодовых телекоммуникационных ОВ;

Качество оформления диссертации

Диссертационная работа представляется цельным законченным научным трудом, достаточно хорошо структурирована, объединена общей идеей разработки методик и исследований свойств ПЗП, как принципиально необходимого и неотъемлемого элемента телекоммуникационных ОВ. Объем работы включает 172 страниц текста, 52 рисунка, 39 таблиц, список цитируемых литературных источников актуален для выбранной темы и включает в себя 141 ссылку. Содержание диссертации и автореферата находятся в соответствии, оформление выполнено по ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертации и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

Замечания и вопросы по диссертации

По диссертации имеется ряд замечаний:

1. При общей логично и структурированно изложенной теме работы заметна неравномерность подачи материала по главам, например: Формулирование задач исследования в п 1.7 (глава 1), занимает 5 страниц, наверное, это можно было бы постараться сделать короче. Главу 3 целесообразно было бы сделать разделом Главы 2.
2. В главе 2 изложено множество, хотя и полезных, но второстепенных технических подробностей. Ряд таблиц (2.1, 2.2 и др.) изобилует множеством деталей, не имеющих прямого отношения к предмету обсуждения.
3. На стр. 96 делается имеется ссылка на погрешность измерений 0,05 дБ/км согласно ГОСТ Р 52266. Известно, что погрешность измерений зависит от физической длины исследуемого образца, в данном случае, оптического модуля, но при этом информация о длине образца отсутствует, а без этого утверждение о погрешности измерений представляется не очень обоснованным.
4. В главе 6, при описании методики испытаний на микроизгибы не совсем понятно о каком типе испытываемых образцов ОВ в части их диаметра по ПЗП идет речь, имеется только ссылка на пример образца ОВ с диаметром ПЗП 200 мкм (стр. 141), но не более того.
5. По главе 6. IEC TR 62221 содержит несколько методов испытания на стойкость ОВ к микроизгибам. В частности, метод D (испытания путём намотки на кварцевый барабан), описанный в данном документе, пригоден для испытаний в т.ч. при отрицательных

температурах в виду близкого значения ТКЛР кварцевого световода и барабана, на который осуществляется намотка. Также следует отметить, что поскольку по методу D имеется возможность испытывать на порядки более длинные образцы (2,5 км), погрешность измерений метода D значительно ниже.

Заключение

Диссертация Тарасова Д.А. на тему «Исследование влияния первичного защитного покрытия на свойства телекоммуникационных оптических волокон и разработка методов оценки их параметров», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.1 – «Теоретическая и прикладная электротехника» является законченной научной работой, выполненной на актуальную тему, обладает научной новизной, имеет несомненную практическую ценность и способствует решению многих важных задач в производстве телекоммуникационных оптических кабелей. Имеющиеся замечания и вопросы не снижают общей положительной оценки работы.

Диссертация «Исследование влияния первичного защитного покрытия на свойства телекоммуникационных оптических волокон и разработка методов оценки их параметров» полностью удовлетворяет требованиям и критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным в п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» от 24.09.2013 г. № 842 со всеми последующими внесенными изменениями и дополнениями. С учетом изложенного, считаю, что автор работы **Тарасов Дмитрий Анатольевич** заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.1 – «Теоретическая и прикладная электротехника».

Официальный оппонент: доктор физико-математических наук, руководитель Научного центра волоконной оптики им. Е.М. Дианова РАН – обособленного подразделения ФГБУН Федерального исследовательского центра «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (ИЦВО РАН)

 Семенов Сергей Львович
«23» апреля 2024 г.

119333, г. Москва, ул. Вавилова, 38
тел.: (499) 503-8750
e-mail: sls@fo.gpi.ru

