

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. проректора по научной  
работе ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»,

д.т.н.



  
Комаров И.И.

« 12 » 04 2024г.

### О Т З Ы В

ведущей организации на диссертационную работу  
Тарасова Дмитрия Анатольевича «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»

В диссертационной работе Тарасова Дмитрия Анатольевича рассмотрен комплекс вопросов и практически важных задач, связанных с ролью и влиянием первичного защитного покрытия (ПЗП) на свойства телекоммуникационных оптических волокон (ОВ). ПЗП, чаще всего состоящие из эпоксиакрилатных отверждаемых ультрафиолетовым излучением исходных композиций, являются неотъемлемым конструкционным элементом современных ОВ на основе кварцевого стекла. Многие физико-химические свойства ПЗП самым непосредственным образом влияют на принципиально важные характеристики ОВ, определяя, в конечном счете, их качественные показатели, технико-

экономическую эффективность, надежность и долговечность в составе систем связи.

**1. Актуальность** выбранной темы диссертации обусловлена тем, что несмотря на тот факт, что технология промышленного производства ОВ с ПЗП из эпоксиакрилатных материалов освоена достаточно давно как в нашей стране, так и за рубежом, целый ряд научных и практических вопросов ещё не был в полной мере решен. Это, в частности, такие вопросы, потребовавшие дополнительных исследований, как оптимальный состав и конструкции слоёв ПЗП, их влияние на оптические, механические и другие характеристики ОВ, совместимость с гидрофобными и водоблокирующими наполнителями в составе конструкций оптических кабелей связи (ОК), оптические потери на микроизгибах, методики идентификации производителей ОВ и пр.

**2. Научная новизна и теоретическая значимость работы** заключаются в следующем:

Разработаны оригинальные методики исследований и получены надёжные количественные данные о степени полимеризации УФ-отверждаемых материалов, достоверно доказано влияние степени отверждения слоев ПЗП на практически важные свойства ОВ: усилие снятия покрытия, параметр динамической усталости, прирост оптических потерь под нагрузкой и при низких температурах эксплуатации.

Теоретически обосновано и экспериментально показано, что изменение соотношений толщины слоев ПЗП в пределах общего внешнего диаметра ОВ по покрытию 200-250 мкм не приводит, при оговоренных условиях, к ощутимому ухудшению и/или деградации передаточных и механических характеристик.

На основании проведенных экспериментальных исследований показано, что при наличии эталонной базы образцов ОВ возможно с достаточно большой

достоверностью решить задачу отнесения исследуемых ОВ к определенному стандарту (категории) и/или конкретному производителю оптического волокна.

### **3. Обоснованность и достоверность основных положений и выводов работы.**

Достоверность основных положений и выводов диссертации подтверждается выбранными и обоснованными, стандартизованными, либо доработанными автором методами испытаний с использованием проверенных, доказанных и признанных методов обработки данных и представления результатов исследований. Полученные результаты и выводы не противоречат результатам других исследований в данном направлении, в частности - исследования свойств материалов ПЗП, механических и оптических характеристик ОВ с эпоксиакрилатным покрытием. Достоверность полученных в работе результатов и выводов подтверждается результатами сравнительных испытаний и их статистической обработки.

### **4. Практическая значимость диссертационной работы**

С использованием полученных в диссертации результатов освоено серийное производство УФ-отверждаемых эпоксиакрилатных композиций, применяемых для формирования слоев ПЗП для ОВ на основе кварцевого стекла. Разработана методика определения совместимости материалов в конструкции ОВ и ОК, обеспечивающая их рациональный выбор с учетом технико-экономической эффективности для ОК типовых конструкций, применяемых в технике связи. Проведена оценка свойств ПЗП и их влияния на оптические параметры ОВ в условиях механических воздействий, предельных низких и высоких температур, характерных для типовых условий эксплуатации. Разработана методика определения категории, типа и производителя ОВ, что способствует повышению качества применяемых в отрасли связи ОК путём борьбы с фальсифицированной продукцией.

Полученные в процессе работы результаты нашли применение в промышленном производстве отечественных ОВ, что подтверждается актом об использовании результатов работы на действующем производстве. Разработанная методика определения совместимости материалов в конструкции ОК использована при разработке отечественных стандартов. По результатам работы также получены патенты РФ на новую конструкцию ОК и на методику определения категории, марки и производителя ОВ.

## **5. Оценка содержания диссертационной работы**

**Во введении** автором обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели работы и основные положения, выносимые на защиту, обозначена научная новизна и практическая ценность работы.

**В первой главе** дан обзор основных результатов предыдущих исследований по данному направлению, включая исследования и методы испытаний телекоммуникационных ОВ на основе кварцевого стекла. Отмечена роль и значение ПЗП на основе отверждаемых ультрафиолетом композиций, применяемых для формирования типового двухслойного покрытия. Рассмотрены применяемые в промышленности способы нанесения ПЗП, методы их испытаний, вопросы совместимости с гидрофобными наполнителями, влияние ПЗП на оптические потери ОВ, включая влияние микроизгибов. Рассмотрены существующие методы определения степени полимеризации слоев ПЗП и поставлены задачи дальнейшего исследования. При формулировке задачи исследования показано, что тип и характеристики ПЗП во многом являются одним из определяющих факторов при производстве и эксплуатации ОВ, от которого зависят такие основные характеристики ОВ и ОК, как коэффициент затухания, механическая надежность и долговечность, работоспособность при низких температурах и прочее. При этом, необходимо решить такие задачи, как

исследовать влияние степени полимеризации ПЗП на характеристики ОВ и его прогнозируемый срок службы, механические эксплуатационные свойства. Для этого требуется разработка или уточнение методик определения совместимости материала покрытия с другими материалами, используемыми при производстве ОК. В частности, одним из важных факторов, влияющим на эксплуатационные свойства ОВ в ОК, являются микроизгибные потери (увеличение коэффициента затухания), в том числе и в условиях одновременного воздействия поперечных механических нагрузок и низких температур. Существенность этих факторов возрастает и при решении задач миниатюризации ОК, с учетом тенденций к пространственному уплотнению каналов связи. Помимо этого, в последнее время, с учетом необходимости импортозамещения или подбора аналогов многих комплектующих в системах связи, становится более актуальной задача определения типа и производителя ОВ.

**Во второй главе** диссертации определены основные требования к эпоксиакрилатным ПЗП, произведен анализ их ключевых свойств, определены требования к их составу, физическим характеристикам и соответствующим методам испытаний. В результате исследований установлено, что технологические режимы переработки и степень полимеризации определенно влияют на прогнозируемый срок службы ОВ, особенно при влиянии влаги и повышенной температуры. При этом экспериментально показана возможность уменьшения диаметра ПЗП до приблизительно 200 мкм по наружному диаметру без существенного снижения надежности и срока службы ОВ в целом. Данный вывод имеет большое практическое значение с точки зрения технико-экономической эффективности и потенциала повышения емкости и пропускной способности волоконно -оптических линий связи следующих поколений.

**В третьей главе** описаны результаты проведенных испытаний и технологии наложения буферных покрытий и исследования образцов оптических

микрокабелей с использованием как импортных, так и отечественных материалов ПЗП. Сформулированы требования, необходимые для разработки отечественных аналогов импортных полимерных композиций для внутреннего и внешнего слоев ПЗП. Установлено, что существующие отечественные композиции могут применяться в конструкциях микрокабелей до минус 40 °С при прогнозируемом сроке службы ОК, составляющим не менее 20 лет.

**В четвертой главе** описаны исследования и методики испытаний ОВ на совместимость ПЗП с типовыми для кабельных конструкций гидрофобными наполнителями. В качестве критерия годности ОВ после испытаний различными методами был выбран параметр усилия снятия покрытия. Разработанная методика определения совместимости материалов использования в действующем ГОСТ Р 52266-2020 на оптические кабели связи.

Также проведены исследования и представлена методика испытания совместимости ОВ с двухслойным покрытием с типичными водоблокирующими материалами, использующимися при производстве ОК. Установлено, что наиболее агрессивной средой, которая может заметно повлиять на свойства ОВ, является типовой водоблокирующий порошок при одновременном воздействии влаги и повышенной температуры 85°С и более. Разработана методика исследования совместимости материалов в конструкции ОК, согласованная с ПАО «Ростелеком».

**В пятой главе** поставлен практически важный вопрос о возможности определения типа (категории) и идентификации производителя ОВ. С учетом большого объема проведенных испытаний, включая измерение геометрических и оптических характеристик, испытания с применением бриллюэновского анализатора, анализ ИК-спектров материала ПЗП и пр. сделан вывод, что достаточно надежная идентификация производителя ОВ может быть произведена при наличии соответствующей эталонной базы образцов. По результатам

исследований разработана методика определения типа, производителя и марки ОВ, а также получен патент на изобретение.

**В шестой главе** диссертации проведены исследования и внесены изменения в методику испытаний на стойкость к воздействию микроизгибов, в том числе и при низких температурах, для типовых одномодовых ОВ категории G.652.D. Разработана экспериментальная установка, определены условия и параметры оборудования, необходимые для получения воспроизводимых результатов, вплоть до температуры минус 40°C. Впервые обращено особое внимание на факт нелинейной зависимости микроизгибных потерь от нагрузки, а также в интервале температур ниже минус 40°C, и этот фактор необходимо учитывать при конструировании ОК с повышенными требованиями надежности и стойкости к внешним воздействиям.

**В заключении** приводятся выводы к представленной диссертационной работе.

## **6. Публикации, внедрение и апробация и результатов**

По теме диссертации опубликовано 10 печатных работ, получено два патента на изобретения, результаты нашли отражение в методиках испытаний, согласованных с ПАО Ростелеком, а также в настоящее время действующем ГОСТ Р 52266-2020 «Кабели оптические. Общие технические условия».

## **7. Замечания по диссертации**

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

7.1. По структуре диссертации представляется более логичным главу 6 расположить после главы 3, так как обе главы связаны в, частности, с воздействием микроизгибов и низких температур на характеристики разработанных и исследованных ОВ/ОК.

7.2. Не ясен смысл термина «совместимость», исходя из результатов, описанных в главе 4. Следовало бы раскрыть детальней, что понимается под данным термином.

7.3. Не указано конкретно, какие выходные данные анализировались при использовании метода ТГА в главе 4.1, приведены только графики без подробных пояснений. Не специалистам в этой области результаты, приведенные на этих графиках, могут быть непонятны.

7.4. В тексте диссертации имеется несколько опечаток или орфографических ошибок: на стр. 27 («согласно процедуры»), стр. 108 («отклонение...приводили»), стр. 122 («значения ...отличается»).

## **8. Заключение по работе**

Отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы. Считаем, что представленная к защите диссертация Тарасова Дмитрия Анатольевича является законченной научно-исследовательской работой в области исследования и оптимизации технологий и методов испытаний телекоммуникационных ОВ и ОК, которые сегодня нашли массовое применение в отрасли связи и кабельной техники. Содержание диссертации достаточно полно отражено в опубликованных 10 работах, доложено на научных конференциях, по результатам работы получено два патента, методики испытание внедрены в организациях соответствующего профиля.

Автореферат отражает основное содержание диссертационной работы.

По актуальности, новизне, достоверности, научным и практическим результатам работа отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям, представляемым на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности «2.4.1 – Теоретическая и прикладная электротехника», а ее автор, Тарасов Д.А. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.



Материалы диссертационной работы рассмотрены и обсуждены на заседании кафедры физики и технологии электротехнических материалов и компонентов ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» 04.04.2024 года, протокол № 2/24. Присутствовало 17 из 24 чел. Отзыв принят единогласно.

Заведующий кафедрой физики  
и технологии электротехнических  
материалов и компонентов  
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»  
д.т.н., доцент

Славинский А.З.

Ученый секретарь кафедры физики  
и технологии электротехнических  
материалов и компонентов  
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

Носова Ю.М.