

**Акционерное общество
«Научно-производственное
объединение
Государственный оптический
институт им. С.И. Вавилова»**
(АО «НПО ГОИ им. С.И. Вавилова»)
ИНН/КПП 7811483834/781101001,
ОКПО 07505944,
ОГРН 1117847038121
ул. Бабушкина, д.36, корпус 1,
Санкт-Петербург, 192171
тел.: (812) 386-73-16,
факс: (812) 560-10-22;
e-mail: info@goi.ru

Ученому секретарю
Диссертационного совета 75.1.059.01
ОАО «Всероссийский научно-
исследовательский проектно-
конструкторский и технологический ин-
ститут кабельной промышленности»
Васильеву Е.Б.

г. Москва, 111024,
шоссе Энтузиастов, 5

Исх. № 943 от 25.04.2024

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации 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»

Ежегодный прирост Интернет-трафика, который, согласно данным статистики, за последнее двадцатилетие стабильно составляет, в зависимости от географического региона, от 20% до 44% и более, внедрение облачных технологий и Интернета Вещей, прогресс в развитии беспроводных сетей 6G, дополненной/виртуальной реальности (AR/VR) и технологий Тактильного Интернета, а также целый ряд других факторов (так, например, не последнюю роль в увеличении «нагрузки» на каналы связи сыграла пандемия COVID-19) приводят к непрерывному повышению требований, предъявляемых к пропускной способности современных сетей связи, которые должны поддерживать экстремальные скорости передачи данных, исчисляемые десятками, а в отдельных случаях – и сотни Тбит/с.

Среди прочих причин, сдерживающих практическую реализацию перехода на экстремально высокие скорости передачи данных, выделяют, как наиболее проблемную, именно искажения, которые непосредственно вносят сами кварцевые оптические волокна (ОВ) линий передачи сетей связи. При этом именно кварцевые ОВ, несомненно, являются базовой направляющей системой современных телекоммуникаций. С появлением коммерческих сверхбыстродействующих оптоэлектронных устройств цифровой обработки сигналов, открылась возможность реализации сложных вычислительных алгоритмов и, тем самым, повысилась эффек-

тивность электронной компенсации дисперсии, что, фактически, устранило проблематику линейных искажений, обусловленных хроматической и поляризационной модовой дисперсиями ОВ. Таким образом, на сегодняшний день именно нелинейные искажения фактически определяют порог пропускной способности (известный как нелинейный предел Шеннона) и, соответственно, ограниченные возможности применения одномодовых ОВ действующих рекомендаций ИТУ-Т на протяженных волоконно-оптических линиях передачи (ВОЛП) сверхвысокоскоростных транспортных сетей связи нового поколения.

Сегодня технология плотного спектрального уплотнения каналов DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing – «плотное» волновое мультиплексирование) фактически является базовой, с точки зрения построения современных высокоскоростных транспортных сетей связи. В свою очередь, пространственное мультиплексирование (SDM – Spatial Division Multiplexing) в сочетании с DWDM декларируется уже как общий подход к практической реализации транспортных сетей связи нового поколения, поддерживающих рекордные ультравысокие скорости передачи данных.

Если в настоящее время пространственное уплотнение каналов на модах орбитальных угловых моментов (ОАМ – Orbital Angular Momentum) \ собственных пространственных модах ОВ (МДМ – Mode Division Multiplexing) и путем «упаковки» нескольких сердцевин в одну оболочку ОВ (многосерцевинные ОВ), а также их комбинация (многосерцевинные маломодовые ОВ) рассматриваются, в целом, как высокотехнологичные перспективные решения для SDM, с точки зрения массового внедрения на транспортных сетях связи следующего поколения в будущем, то простым и очевидным способом увеличения числа каналов SDM, который может быть реализован (и, в целом, успешно реализуется в настоящее время при строительстве новых ВОЛП) является переход к ультра-многоволоконным оптическим кабелям связи (ОК). Данный подход выгодно отличается от «высокотехнологичных» возможностью применения в ОК «традиционных» «телекоммуникационных» ОВ действующих рекомендаций ИТУ-Т и категорий ISO/IEC в сочетании с оборудованием коммерческих систем DWDM и при этом не требует внедрения принципиально новых технологий передачи данных и новых конструкций \ структур ОВ.

Минимизация увеличения внешнего диаметра ОК (а в идеальном случае – сохранение его неизменным) в условиях экстремального увеличения числа ОВ достигается за счет плотной «упаковки» волокон в конструкции кабеля. В отдельных случаях, в том числе, предусматривается переход и к уменьшенному, относительно традиционных «телекоммуникационных» значений, внешнему диаметру ОВ по первичному защитно-упрочняющему покрытию (ПЗУП) – в частности, от типовых «телекоммуникационных» 250 мкм до 200 мкм и менее. Все это требует поиска компромисса между «миниатюризацией» конструкции элементов ОК с ОВ и «изоляциями» последних от внешних механических и температурных воздействий, неизбежно возникающих в процесс инсталляции и последующей технической эксплуатации ОК ВОЛП – в первую очередь, с точки зрения возникновения микроизгибов ОВ. И, несомненно, здесь на передний план выходят вопросы «поведения» ПЗУП ОВ при указанных факторах воздействий в

условиях плотной «упаковки» волокон ультра-многоволоконных ОК. Именно этой актуальной тематике и решению, выявленных и сформулированных в рамках нее, задач – проведению комплекса теоретических и экспериментальных исследований, направленных на определение основных параметров, характеризующих качество полимерной композиции для УФ-отверждаемого двухслойного ПЗУП, выявлению и локализации необходимых технологических параметров нанесения композиций на кварцевые ОВ, самих параметров, характеризующих качество нанесения ПЗУП на ОВ, и разработке усовершенствованных методов оценки качества кварцевого ОВ, применяемого в кабельной технике – и посвящена данная диссертационная работа.

Актуальность и научная значимость диссертации подтверждается соответствием по совокупности формальных признаков тематики исследования направлениям Н6, а также Н1 и Н5 Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 24 февраля 2024 г. №145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» и его предыдущей редакции от 1 декабря 2016 г. № 642, приоритетным направлениям №3 и 7 и критическим технологиям №12 и 13 из списка приоритетных направлений и критических технологий, утвержденного Указом Президента РФ №899 от 07.06.2011 г. Отдельно представляется целесообразным отметить ориентированность проводимых исследований на разработку именно отечественных полимерных композиций для формирования ПЗУП ОВ и выявление оптимальных технологических режимов его наложения на ОВ в процессе его вытяжки – в условиях сложившейся непростой геополитической обстановки и наложенных санкций данный факт является неоспоримым аргументом, подчеркивающим актуальность диссертационной работы.

Научная новизна и теоретическая значимость диссертации заключается в следующем:

1. разработаны критерии и на их основе – методики определения совместимости отдельных конструкционных материалов ОК и непосредственно ОВ, в том числе и с уменьшенным до 200 мкм внешним диаметром по ПЗУП;
2. впервые разработаны и успешно апробированы отечественные УФ-отверждаемые полимерные композиции, применяемые для формирования двухслойного ПЗУП кварцевых ОВ, получены зависимости, проведены исследования влияния уменьшения диаметра данного ПЗУП ОВ на свойства ОВ и ОК;
3. разработана альтернативная методика определения микроизгибных потерь ОВ при отрицательных температурах;
4. разработана оригинальная методика идентификации рекомендации \ категории, производителя и марки кварцевого одномодового ОВ.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в следующем:

1. освоено серийное производство отечественных УФ-отверждаемых полимерных композиций, применяемых для изготовления первого и второго слоёв двухслойного ПЗУП кварцевых ОВ;

2. определены оптимальные технологические режимы нанесения двухслойного УФ-отверждаемого ПЗУП в процессе вытяжки кварцевых ОВ, ряд которых далее был внедрен в технологические процессы производства (на стадии вытяжки) радиационно-стойкого ОВ АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»;

3. получены зависимости влияния ПЗУП на оптические потери в условиях механических и температурных воздействий, характерных для типовых условий эксплуатации.

К автореферату данной диссертационной работы имеются следующие замечания:

1. В главе 2 автор демонстрирует эффективность уменьшения внешнего диаметра ОВ по ПЗУП до 200 мкм, как с точки зрения миниатюризации конструкции 3х-волоконного микрокабеля с внешним диаметром полимерной оболочки 900 мкм, так и увеличения стойкости данного микрокабеля к деформациям, возникающим в условиях отрицательных температур, по сравнению с ОВ 250 мкм в этом же 900 мкм покрытии, а также далее приводит результаты исследований ОК из 4х аналогичных микрокабелей (модулей) с внешним диаметром 1.1 мм, скрученных вокруг центрального силового элемента, 2 из которых с 6 и 12 ОВ с уменьшенным диаметром 200 мкм, 2 – с 4 и 8 ОВ с типовым диаметром 250 мкм, которые также подтверждают указанный эффект в условиях компромисса – соотношения внешнего диаметра модуля и числа ОВ 200 мкм. Вместе с тем, в автореферате автор не комментирует прогнозируемое «поведение» ОВ с уменьшенным внешним диаметром по ПЗУП до 200 мкм в сердечниках ОК типовой конструкции (например, несколько полимерных модулей, заполненных гидрофобным компаундом, скрученные вокруг центрального силового элемента, или один центральный оптический модуль, также заполненный гидрофобом) для внешней инсталляции, особенно подвесных ВОЛП (как наиболее подверженных внешним температурным (в том числе, сезонным) и механическим воздействиям). Здесь же возникает вопрос выбора избыточной длины такого ОВ при проектировании и производстве телекоммуникационных ОК. Насколько сильно данный параметр будет отличаться от типовых 250 мкм ОВ?

2. В продолжение предыдущего вопроса, в автореферате не комментируются вопросы сращивания ОВ с внешним диаметром ПЗУП 200 мкм штатными комплектами полевых сварочных аппаратов \ механических соединителей \ комплектами для полевого терминирования ОВ и применения монтажного инструмента (стрипперы, прецизионные скальватели и пр.), которые, как известно, ориентированы на монтаж непосредственно ОВ с ПЗУП с внешним диаметром 250 мкм, либо в полимерном покрытии 900 мкм.

3. В главе 3 отмечено, что отечественная композиция может применяться не только в составе двухслойного покрытия ОВ, но также и для микрокабелей при их использовании в условиях отрицательных температур окружающей среды до -40 °С. Однако результаты самой оценки перспективы потенциальной возможности разработки защитных покрытий ОВ для микрокабелей с рабочей температурой ниже -40 °С в автореферате не представлены.

Указанные замечания не снижают положительной оценки выполненной работы, частично снимаются при ознакомлении с текстом диссертации.

Диссертационная работа Тарасова Д.А. является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком уровне, обладает научной новизной, теоретической и практической значимостью.


Диссертационная работа Тарасова Дмитрия Анатольевича соответствует требованиям п.9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в редакциях от 25.01.2024 № 62, 21.04.2016 № 335 и 12.10.18 № 1168), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.1. – Теоретическая и прикладная электротехника.

Я, Бурдин Антон Владимирович, даю свое согласие на обработку моих персональных данных и включение их в документы, связанные с работой диссертационного совета.

Советник генерального директора по инновациям

АО «НПО ГОИ им. С.И. Вавилова»,

доктор технических наук, доцент

 / А.В. Бурдин /
« 23 » август 2024 г.

Бурдин Антон Владимирович

доктор технических наук (2.2.15 (05.12.13) – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»)

Акционерное общество «Научно-производственное объединение Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова»

192171, г. Санкт-Петербург, ул. Бабушкина, д. 36, корпус 1

Тел.: +7 (981) 770-15-24

E-mail: a.bourdine@goi.ru

Личную подпись д.т.н., доцента Бурдина А.В. заверяю

Менеджер по персоналу отдела УПид



/ А.А. Петровская /