



DOI 10.52350/2072215X_2022_1_33

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ

SOME ISSUES OF OPTICAL FIBRE CABLE PRODUCTION TECHNOLOGY IMPROVEMENTS

Based on the materials of the scientific and technical symposium held within the framework of the 60th general meeting of the Intercable Association on November 16–17, 2021.

I.B. Peshkov, *Dr. Sc. (Engineering),
Professor, Chief Research Scientist, OJSC VNIKP*

В рамках 60-го общего собрания участников Международной Ассоциации «Интеркабель» в Белграде на научно-техническом симпозиуме (16–17 ноября 2021 г.) были рассмотрены некоторые вопросы совершенствования технологии производства оптических кабелей и представлены соответствующие презентации ведущих компаний, работающих в этой области. Естественно, что количество таких презентаций было значительно меньше, чем выступлений по инновационным материалам кабельного производства, но это и понятно. Ведь такие материалы входят в конструкции практически всех типов кабелей и проводов, за исключением неизолированных проводов для воздушных линий электропередачи, а оптические кабели выпускаются, как правило, специализированными кабельными заводами, которых всё-таки не так много. Однако представленные презентации несут определённый интерес. Что касается развития производства оптических кабелей, волоконно-оптических линий связи (ВОЛС), то потребности в объёмах передаваемой информации по линиям связи растут повышенными темпами, хотя отечественная промышленность в этом плане является пока отстающей, что не отвечает задаче полной цифровизации страны.

Согласно оценке аналитической компании TeleGeography, к 2025 году потребность в общей пропускной способности межконтинентальных ВОЛС приблизится к 10 000 Тбит/с, а среднегодовые темпы роста составят более 45 %. Таким образом, в эпоху цифровой экономики мир всё больше и больше будет нуждаться в развитии новых, всё более мощных ВОЛС.

Однако наиболее важным трендом последнего времени стало кардинальное изменение структуры спроса. До 2010 года основной спрос на телекоммуни-

По материалам научно-технического симпозиума, проходившего в рамках 60-го общего собрания МА «Интеркабель» 16–17 ноября 2021 года.

И.Б. Пешков, *д-р техн. наук, профессор,
главный научный сотрудник ОАО «ВНИИКП»*

*Материал поступил в редакцию 11.01.2022
E-mail: intercable@mail.ru*

кационную ёмкость генерировали интернет-провайдеры (операторы связи) – на них приходилось до 80–90 % спроса в натуральном выражении и, соответственно, они являлись основными участниками строительства волоконно-оптических систем связи между континентами. По данным аналитиков, начиная с 2010 года (год ввода первой подводной ВОЛС с участием компании Google), спрос на каналы связи со стороны цифровых сервис-провайдеров контентных и облачных услуг начал расти опережающими темпами. Аналитики TeleGeography прогнозируют, что в 2023 году доля цифровых сервис-провайдеров в общем объёме спроса на международную ёмкость составит уже около 80 % от общей потребности в пропускной способности межконтинентальных ВОЛС. Таким образом, можно констатировать, что на международном рынке основной спрос на оптические кабели начинают формировать цифровые сервис-провайдеры.

Компания Mallefer Group [1], являющаяся поставщиком технологий и производителем оборудования для изготовления оптических кабелей, представила предложения по моделированию и оптимизации технологического процесса с целью повышения его эффективности. В презентации констатировано, что вызовом для технологии изготовления оптического модуля (вторичного защитного покрытия в виде трубки со свободной укладкой оптического волокна) является необходимость увеличения скорости при сохранении качества продукта в жёстких допусках. Необходимо решение, объединяющее высокую скорость экструзионной линии, моделирование процесса и качество на основе управления процессом. Компания со своей стороны предлагает экструзионную линию наложения вторичного защитного



покрытия OEL40 ///EXPLORE, линейная скорость которой до 1000 м/мин. Эта линия может использоваться как для изготовления оптических модулей с гидрофобным наполнителем, так и без заполнения. Материал оптических модулей – полибутилентерефталат (ПБТ), полипропилен (ПП), поликарбонат (ПК) и т.д. Контроль избыточной длины оптического волокна и усадки оптического модуля производится с помощью компрессионной ремённой тяги. Линия может быть снабжена целым семейством датчиков оптического волокна. Она имеет экструзионную головку для наложения трёхслойного покрытия: два одинаковых слоя + плёнка. Основное применение ПК+ПБТ для оптических модулей небольших диаметров или ПБТ+ПБТ для оптических модулей большего размера. Ремённая тяга располагается между экструзионной головкой и промежуточной колёсной тягой и интегрирована в ванну охлаждения. Зазор между ремнями настраивается в соответствии с размером трубки, давление ремней на трубку постоянно контролируется. В линии используется новая система измерения и контроля натяжения с обратной связью – постоянно подстраивающая натяжение в линии и уменьшающая натяжение в ванне охлаждения.

Компания Maillefer Group разработала виртуальную физическую модель технологии производства оптических модулей, которая самостоятельно подбирает технологические параметры производства с использованием искусственного интеллекта. Компания назвала систему интеллектуального наложения вторичного защитного покрытия – Smart Buffering. Искусственный интеллект поднимает контроль за процессом на следующий уровень, анализируя связи между технологическими параметрами и свойствами конечного продукта. Применение производственного оборудования, оборудованного подобной интеллектуальной системой, по словам разработчиков, способно обеспечить значительную экономию материалов за счёт снижения отходов.

Компания Rosendahl Nextrom GmbH в своей презентации [2] акцентировала внимание на современных конструкциях оптических кабелей с ленточными оптическими волокнами с общим числом волокон в кабеле до 6912 и технологии их изготовления. Такие ленточные элементы из нескольких оптических волокон, из которых состоит кабель, получили название *ribbon*. Типовая конструкция оптических кабелей с элементами типа *ribbon* имеет центральную трубку или несколько оптических модулей, содержащих ленточные волокна, уложенные друг на друга, как правило, образуя в сечении прямоугольник. Такой сердечник заменяет традиционную конструкцию из оптических модулей, скрученных вокруг центрального элемента или оси. Сердечник ленточного кабеля обычно обматывается водоблокирующими и скрепляющими лентами. Оболочка, как правило, выполняется из полиэтилена.

Для изготовления ленточного оптического волокна компания Rosendahl Nextrom GmbH предлагает высокоскоростную производственную линию, рассчитанную на ленту, в которую входят от 2 до 24 волокон и до 36 волокон в случае «паутинных» волокон. Линейная скорость производства до 1000 м/мин. «Паутинное» оптическое волокно – это ленты, в которых оптические волокна диаметром 200 мкм или 250 мкм частично соединены друг с другом акрилатом. Ленты могут быть легко сформированы в компактные пучки волокон, но в то же время пучок может быть легко разделён на отдельные волокна. В группе традиционных оптических кабелей оптические кабели с ленточным ОВ находят специальное применение и имеют ряд преимуществ: уменьшенный наружный диаметр, а, следовательно, и меньшая масса; максимальное заполнение кабельного канала (так, в оптическом кабеле с использованием стандартного ленточного ОВ, количество волокон не превышает 1728. В случае применения кабеля идентичного размера с «паутинным» ОВ общее число ОВ возрастает до 3456). Время разделки и монтажа кабеля также сокращается.

Компания предлагает комплект оборудования для производства оптических кабелей с ленточными волокнами. Это, прежде всего, буферная линия для изготовления ленточного ОВ. А также линии для изготовления оптических модулей с диаметрами от 3 до 8 мм (OFC 40/45) и от 5 до 25 мм (OFC 45). Линейная скорость изготовления до 150 м/мин. Возможно изготовление оптического модуля из полипропилена или полибутилентерефталата с заполнением или без заполнения. Оборудование обеспечивает возможность использования водоблокирующих лент.

В состав линий входит крутильная машина RST 300 для геликоидальной скрутки 12 ленточных элементов из оптических волокон. Одна рама крутильной машины может иметь от 6 до 18 датчиков. Каждый приводной датчик обеспечивает точное поддержание натяжения и имеет повышенную надёжность за счёт применения контроллера «ведущий-ведомый». Скрутка лент производится с частотой вращения до 300 об/мин, линейная скорость – до 150 м/мин. Количество лент – до 18 на одной раме, до 36 – на двух. Количество волокон в ленте – до 36. Натяжение ленты при скрутке – 2–10 Н. Отдача лент при скрутке может быть как спиральной, так и продольной. Диаметр «сухого» оптического модуля регулируется с помощью подачи воздуха в трубку. Метод продувки воздухом может быть использован для оптических модулей с наружным диаметром до 6 мм. Для обеспечения стабильного диаметра оптических модулей большого диаметра (до 30 мм) применяется воздушный калиброванный блок. Компания Rosendahl Nextrom GmbH также предлагает линию для изготовления оптических модулей с ленточными оптическими волокнами в тандеме с линией ошлангования.



Компания SIKORA в своей презентации [3] показала, что обеспечение и контроль качества имеют важнейшее значение в рамках всего технологического процесса: от изготовления заготовки (преформы) оптического волокна до производства оптического кабеля. Для начала необходимо обеспечить постоянный и надёжный контроль процесса вытяжки оптического волокна. Прибор FIBER LASER 6003, контролирующий «горячее» волокно, температура которого от 500 до 1500 °С, располагается вблизи выхода ОВ из печи башни вытяжки, определяет его диаметр (50–500 мкм), некруглость, положение волокна и его натяжение. Частота измерений 2500 Гц, скорость измерения 100 Гц. Для контроля оптического волокна после охлаждения используется другой прибор FIBER TEMP 6003 («по-холодному»). Диапазон температуры от 40 до 200 °С, скорость измерения 100 Гц. Для измерения натяжения на башне вытяжки волокна используется прибор FIBER TENSION 6003 («по-горячему») с частотой измерений до 10 кГц и FIBER TENSION 6003 («по-холодному») с мгновенным измерением натяжения независимо от скорости и положения, вибрации или колебания волокна. Для контроля качества оптических волокон, компания SIKORA также предлагает прибор FIBER LASER 6003 AIRLINE («по-холодному»). Прибор позволяет определять не только положение волокна при вытяжке, но и его вращение. Вы-

являет пузырьки воздуха в волокне до 0,5 мкм. Частота измерений – 2500 Гц. Контроль положения волокна с покрытием производится с помощью прибора FIBER LASER 6003 CCE. Кроме того, прибор позволяет измерить диаметр и некруглость волокна, его концентричность. Прибор FIBER LASER 6003 MICRO устраняет «слепые» зоны благодаря измерению по 6 осям, обеспечивая 100-процентное покрытие по всей окружности ОВ, длина обнаруживаемого дефекта 5 мкм/мин; линейная скорость до 3000 м/мин;. Альтернативно применяется прибор FIBER LATUMP: длина дефекта 5 мкм/мин, линейная скорость до 3000 м/мин. Линия снабжена 15-дюймовым сенсорным монитором, обеспечивающим отображение измененных значений, имеется возможность online записи полученных данных.

На линиях окраски предусмотрен контроль качества. Контроль качества на экструзионных линиях для производства оптических кабелей производится с использованием рентгеновского излучения с точностью 5 мкм. Линия не требует калибровки.

Разработанная компанией система контроля производственного процесса ECOCONTROL 6000 обеспечивает чёткое отображение измеренных значений в цифровом и графическом форматах, диаграмму тренда относительно информации по длине, сохранение данных с привязкой к отдельному барабану и длине кабеля.

Список источников

List of Sources

1. **Бустром М.**, директор по технологии, Mailliefer Group, Финляндия. Что нового в производстве волоконно-оптического кабеля? // Научно-технический симпозиум в рамках 60-го общего собрания МА «Интеркабель», Белград, Сербия, 16–17 ноября 2021 г.

URL: <https://www.interkabel.com> (дата обращения: 28.12.2021).

2. **Забалуев В.Ю.**, глава представительства Rosendahl Nextrom GmbH в России, Австрия. Инновационная технология Rosendahl Nextrom для производства кабелей с большим количеством волокон // Научно-технический симпозиум в рамках 60-го общего собрания МА «Интеркабель», Белград, Сербия, 16–17 ноября 2021 г.

URL: <https://www.interkabel.com> (дата обращения: 28.12.2021).

3. **Лидер Х.**, директор по продажам, SIKORA AG, Германия. Контрольно-измерительное оборудование для организации эффективного процесса производства оптического волокна и оптического кабеля // Научно-технический симпозиум в рамках 60-го общего собрания МА «Интеркабель», Белград, Сербия, 16–17 ноября 2021 г.

URL: <https://www.interkabel.com> (дата обращения: 28.12.2021).

1. **M. Bostrom**, Director for Technology, Mailliefer Group, Finland. What is new in fiber optic cable manufacturing? // The scientific and technical symposium held within the framework of the 60th general meeting of the Intercable Association, Belgrade, Serbia, November 16–17, 2021.

URL: <https://www.interkabel.com> (access date: 28.12.2021).

2. **V. Zabaluev**, Head of Representative office in Russia, Rosendahl Nextrom GmbH, Austria. Rosendahl Nextrom Innovative technology for high fiber count cables production // The scientific and technical symposium held within the framework of the 60th general meeting of the Intercable Association, Belgrade, Serbia, November 16–17, 2021.

URL: <https://www.interkabel.com> (access date: 28.12.2021).

3. **H. Lieder**, Sales Director, SIKORA AG, Germany. Control and measuring devices for the efficient optic fiber and optic cable production process organization // The scientific and technical symposium held within the framework of the 60th general meeting of the Intercable Association, Belgrade, Serbia, November 16–17, 2021.

URL: <https://www.interkabel.com> (access date: 28.12.2021).