

**УДК 006**

**Завьялов А.В.**

**Студент магистратуры**

**2 курс, факультет «Факультет инфокоммуникационных  
сетей и систем»**

**Санкт-Петербургский государственный университет  
Телекоммуникаций им. профессора М. А. Бонч-Бруевича  
Россия, Санкт-Петербург**

## **ОПТИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА ДЛЯ ROF И ИХ ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ**

*Аннотация:*

*Статья посвящена концепции оптических волокон для беспроводной технологии RoF. В ней рассматривается область применения различных типов оптического волокна для данной технологии в бытовых и промышленных сферах. Приводится выборка различных видов, использующихся в технологии Radio over Fiber.*

*Ключевые слова: Radio over Fiber, волокно, оптическое волокно, радио поверх волокна, беспроводная технология передачи, затухание.*

**Zavyalov A.V.**

**Student**

**2 year, Faculty of Infocommunication Networks and Systems  
Saint-Petersburg State University of Telecommunications Named After  
Bonch Bruevich  
Russia, Saint-Petersburg**

## **OPTICAL FIBERS FOR ROF SYSTEMS AND THEIR MAIN PARAMETERS**

*Annotation: The article is devoted to the concept of optical fibers for ROF wireless technology. It discusses the application of various types of optical fiber for this technology in the domestic and industrial spheres. A sample of various types used in Radio over Fiber technology is provided.*

*Keywords: Radio over Fiber, fiber, optic fiber, technology of wireless transmission, attenuation.*

Оптические волокна (ОВ) в составе оптических кабелей являются наилучшей средой для передачи широкополосных аналоговых радиосигналов и высокоскоростных цифровых сигналов на большие расстояния. Их достоинства общеизвестны. Главными из них являются малое затухание и незначительные искажения сигналов.

Все волоконно-оптические системы связи (ВОСС), в том числе и RoF, для передачи используют ту или иную модуляцию передаваемым сигналом оптической несущей, которая имеет очень высокую частоту (порядка  $10^{14}$  Гц).

Все ОВ разделяются на многомодовые (ММ ОВ) и одномодовые (ОМ ОВ). Их основное отличие состоит в том, что в ММ ОВ передаваемый оптический сигнал в волокне разделяется на большое количество пространственных мод, а в ОМ ОВ сигнал передается одной модой. Под модой мы понимаем тип электромагнитной волны, которая в волновой теории света определяется распределением напряженности электрического поля внутри ОВ, а в геометрической оптике моде

соответствует оптический луч. По затуханию ММ и ОМ волокна отличаются мало, но в ОМ ОВ коэффициент затухания немного меньше.

Для передачи широкополосных и высокоскоростных сигналов в системах RoF на большие расстояния преимущественно используют ОМ ОВ. Многомодовые ОВ вносят большие искажения в передаваемые сигналы из-за большого уровня межмодовой дисперсии, которая связана с разными скоростями отдельных мод. Этих искажений в ОМ ОВ нет.

Диэлектрические волноводы представляют собой протяженные многослойные конструкции, направляющие электромагнитное излучение в заданном направлении. Параметры волновода зависят от свойств используемых материалов, размеров и профиля показателя преломления. В конструкции телекоммуникационных ОВ можно выделить сердцевину и оболочку, которые определяют направляющие функции волокна. Поверх оболочки наносится первичное защитное покрытие. Оно защищает ОВ от воздействия окружающей среды (влаги, абразивных и механических воздействий). В дальнейшем при производстве ОК на ОВ (или на несколько ОВ одновременно) для дополнительной защиты может наноситься вторичное защитное покрытие.

Распространение оптического излучения происходит в основном по сердцевине ОВ, которая изготавливается из оптически более плотного материала (с большим показателем преломления) по сравнению с оболочкой. Основным материалом для изготовления сердцевины и оболочки телекоммуникационных ОВ является плавленый кварц. Для достижения требуемого различия показателей преломления сердцевина и/или оболочка легируются примесями, изменяющими показатель преломления кварцевого стекла. Используют оксид германия  $\text{GeO}_2$ , пентоксид фосфора  $\text{P}_2\text{O}_5$ , повышающие показатель преломления

кварцевого стекла, а также фтор F и оксид бора  $B_2O_3$ , понижающие его показатель преломления.

Зависимость показателя преломления в поперечном сечении цилиндрического ОВ от расстояния до оптической оси называют профилем показателя преломления (ППП). ОВ, у которых показатели преломления в пределах сердцевины  $n_1$  и оболочки  $n_2$  постоянны, называют волокнами со ступенчатым ППП или просто ступенчатыми. ОВ, у которых показатели преломления сердцевины и/или оболочки изменяются, называют волокнами с градиентным ППП или градиентными. Более сложные в изготовлении градиентные ОВ позволяют улучшить или оптимизировать оптические характеристики волокон для определенного использования.

Диаметры сердцевин и оболочек телекоммуникационных ОВ стандартизованы. Диаметр сердцевины ОМ ОВ обычно составляет от 7 до 10 мкм. Диаметр оболочки одинаков для всех телекоммуникационных ОВ и составляет 125 мкм. Это позволяет стандартизировать конструкции оптических разъемов, устройств для юстировки и сращивания волокон, инструмент для монтажных работ с ОВ.

При проектировании новых ВОСС с технологией RoF при сравнительно небольших расстояниях желательно использовать длины волн 1310 и 1550 нм и стандартные ОМ ОВ со ступенчатым ППП. На длине волны 1310 нм коэффициент затухания будет 0.4 дБ/км, а коэффициент ХД меньше 3.5 пс/(нм км). На длине волны 1550 нм коэффициент затухания будет 0.2 дБ/км, а коэффициент ХД примерно 17 пс/(нм км). Для больших расстояниях лучше использовать ОМ ОВ с ненулевой смещенной дисперсией.

Если для систем с технологией RoF используют существующие оптические сети, то в процессе реконструкции надо решать вопросы необходимости компенсации хроматической дисперсии и в случае необходимости - способа компенсации.

### **Использованные источники:**

- 1) Былина М. С., Глаголев С. Ф. Оптические волокна в телекоммуникациях — СПбГУТ. – СПб., 2019. – 108 с.
- 2) Антонов М. А. Источники и приемники оптического излучения — КНИТУ.-Казань, 2013. – 33 с
- 3) Ландсберг Г.С. Оптика. Учеб. пособие: Для вузов. — 6-е изд., стереот. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 848 с.