

## Исследование потерь на изгибах оптических волокон стандарта G.652 и G.657A,B

### Обзор программных пакетов для моделирования оптических компонентов Optiwave

Optiwave – набор программных инструментов для проектирования и моделирования оптических компонентов, является ведущим поставщиком инновационных средств для проектирования в направлении фотоники.

Программный продукт Optiwave включает в себя 6 разделов:

– OptiSystem – для проектирования волоконно-оптических телекоммуникационных сетей, сетей FTTH, PON, SONET / SDH и оптических усилителей;

– OptiSpice – для разработки и моделирования оптоэлектронных схем на уровне транзисторов, от лазеров до усилителей, оптических соединителей и компенсаторов дисперсии;

– OptiFDTD – для моделирования фотонных материалов и устройств с запрещенной зоной, оптических фильтров и резонаторов, волноводных структур на основе решетки; Для расчета параметров оптических компонентов OptiFDTD использует метод конечных разностей во временной области (англ. Finite Difference Time Domain, FDTD<sup>1</sup>)

– OptiBPM – облегчает проектирование разветвителей, световодов, сумматоров, ответвителей, модуляторов и мультиплексоров; Для расчета параметров оптических компонентов OptiBPM использует метод поэтапного разложения Фурье, называемый также методом распространения луча (beam propagation method, BPM<sup>2</sup>).

– OptiFiber – для проектирование профиля показателя преломления одномодовых и многомодовых волокон, дисперсии, измерения режима двулучепреломления и PMD;

---

<sup>1</sup> [https://ru.wikibrief.org/wiki/Finite-difference\\_time-domain\\_method](https://ru.wikibrief.org/wiki/Finite-difference_time-domain_method)

<sup>2</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Beam\\_propagation\\_method](https://en.wikipedia.org/wiki/Beam_propagation_method)

– OptiGrating – для волоконных решеток, плоских волноводных решеток для оптического формирования сигнала.

## Методика проведения исследования

Моделирование оптических волокон в программной среде OptiBPM производим при следующих параметрах:

- длина волны излучения – 1550 нм;
- создание отчета в 3D графике;
- метод моделирования: реальные параметры;
- мощность исходного сигнала: 0,01 Вт;
- радиус изгиба ОВ: 40000 мкм (4 см);
- показатель преломления сердцевины 1,467.

На рисунках 2–5 представлен интерфейс программы с настройками параметров.

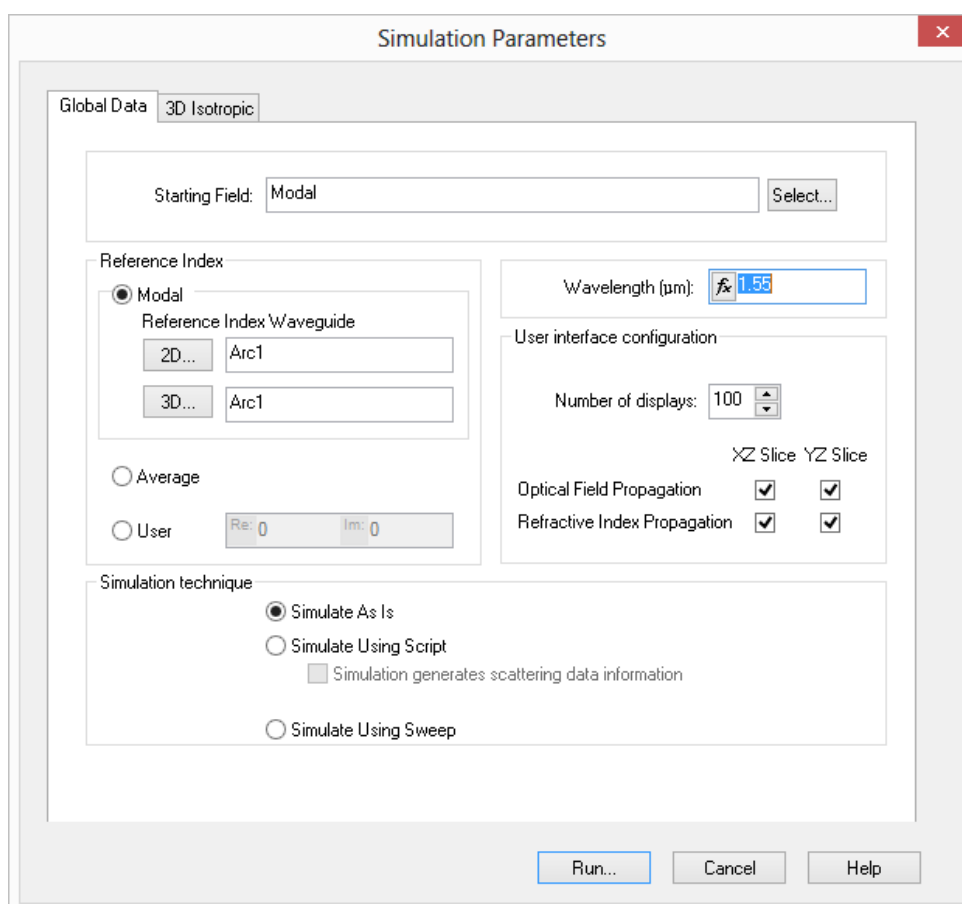


Рисунок 2 – Интерфейс программы OptiBPM с настройкой длины волны и метода моделирования

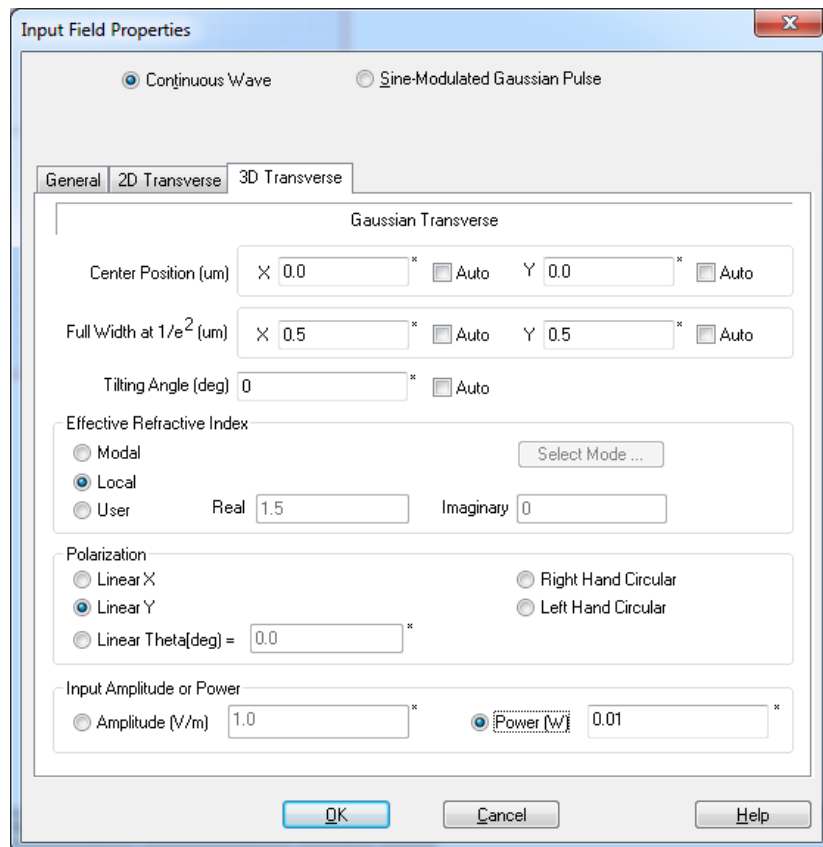


Рисунок 3 – Настройка мощности входного сигнала в программе OptiBPM

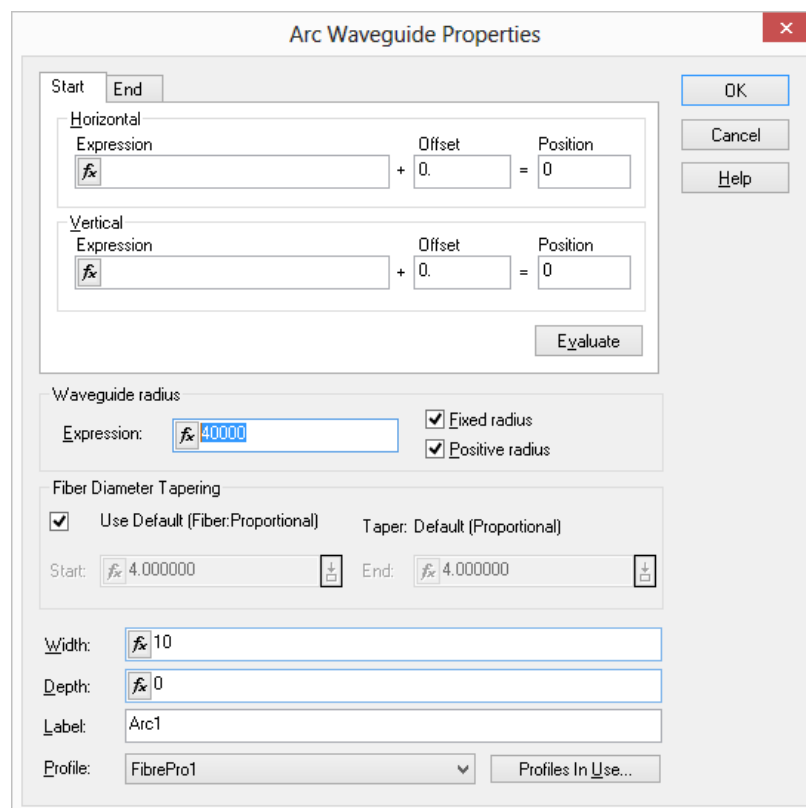


Рисунок 4 – Настройка радиуса и диаметра оптического волокна в программе OptiBPM

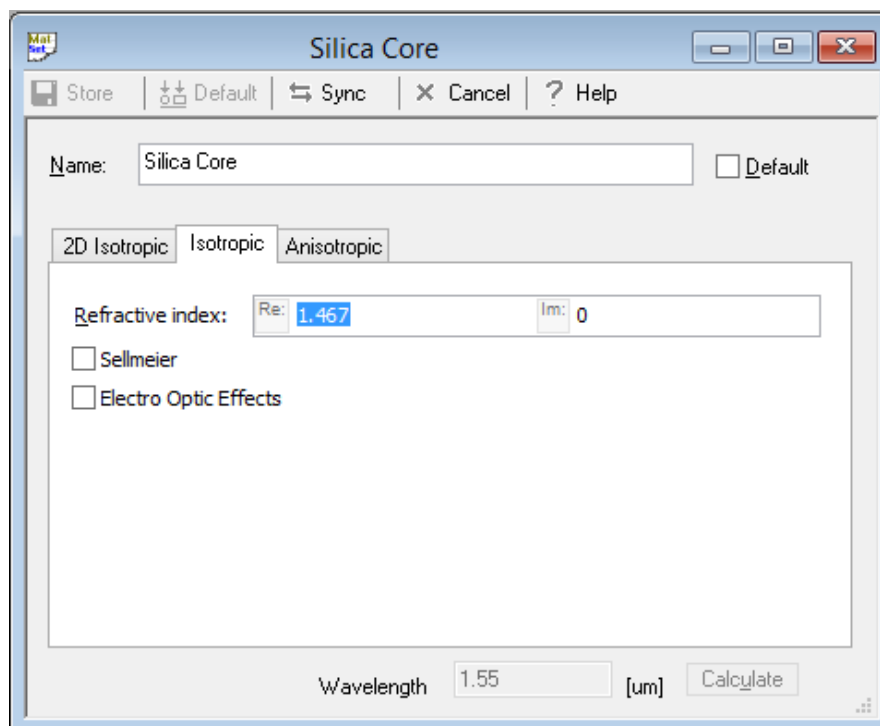


Рисунок 5 – Настройка показателя преломления материала в программе OptiBPM

Рассмотрим далее результаты исследования потерь на изгибах оптических волокон стандарта G.652 и G.657A,B.

## 2 Стандартное одномодовое оптическое волокно

Для сравнения потерь на изгибе различных типов оптических волокон сначала рассмотрим модель оптического волокна стандарта G.652, которая представлена на рисунке 6.

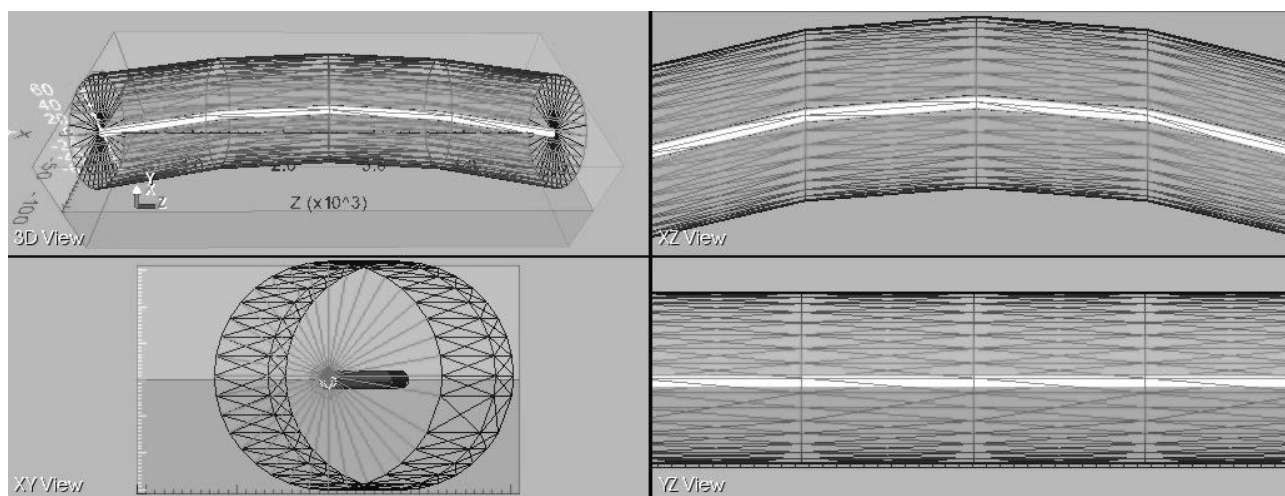
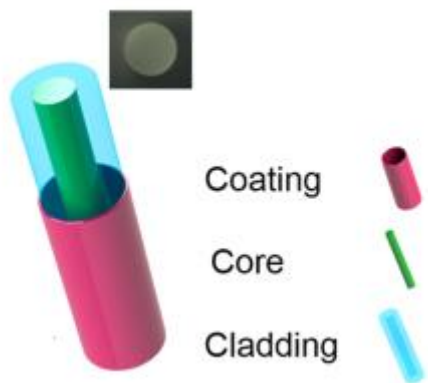


Рисунок 6 – Модель оптического волокна стандарта G.652 в программе OptiBPM



Модель волокна в программе OptiBPM представляет собой два цилиндра: сердцевина (англ. core) – диаметром 10 мкм и оболочка (англ. cladding) – диаметром 125 мкм и.

### 3 Оптическое волокно с уменьшенным диаметром сердцевины

Рассмотрим оптическое волокно стандарта G.657B2 с уменьшенным диаметром сердцевины. В характеристиках данного типа волокна указано, что радиус сердцевины может быть 6–8.5 мкм, при этом потери в данном волокне при радиусе изгиба от 7,5–20 мм не будут превышать 0,1 дБ. Практическая совместимость таких волокон со стандартными одномодовыми волокнами стандарта G.652 затруднена из-за разницы сердцевины. На рисунке 9 представлена модель оптического волокна с уменьшенным диаметром сердцевины.

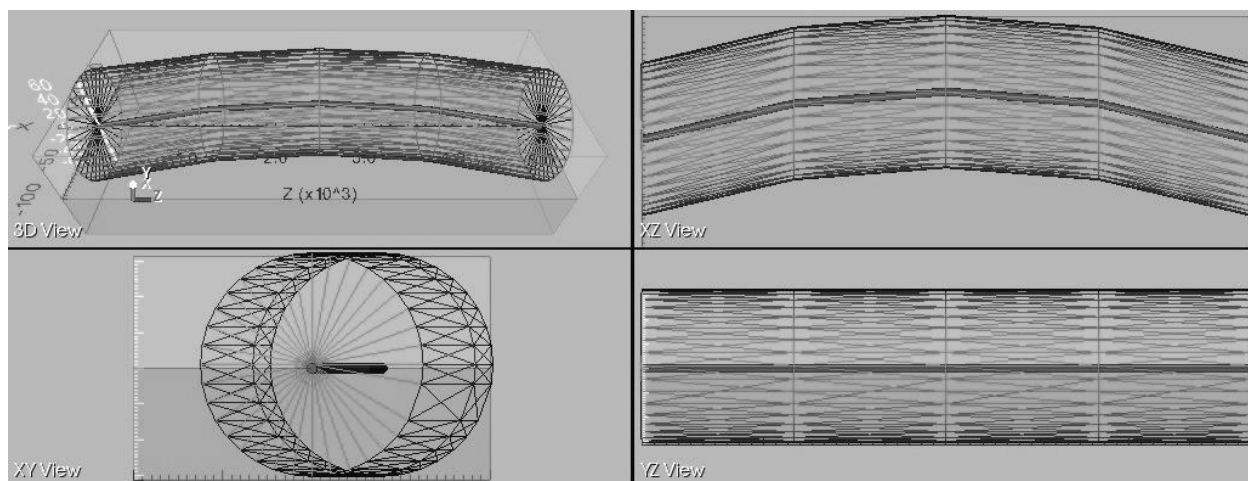


Рисунок 9 – Участок оптического волокна с уменьшенным диаметром сердцевины

### 4 Оптическое волокно с уменьшенным показателем преломления оболочки

Рассмотрим вид оптического волокна с уменьшенным показателем преломления оболочки (по отношению к значению показателя преломления стандартного одномодового ОВ). За счет легирования фтором оболочки достигают изменение ее коэффициента преломления в диапазоне 1,450 – 1,466. Достоинство этих оптических волокон в том, что в сравнении с предыдущим видом при их сварке со стандартными одномодовыми волокнами не возникает никаких проблем из-за несогласования размеров сердцевины. На рисунке 11

представлена модель оптического волокна с уменьшенным показателем преломления оболочки (по отношению к значению показателя преломления стандартного одномодового ОВ).

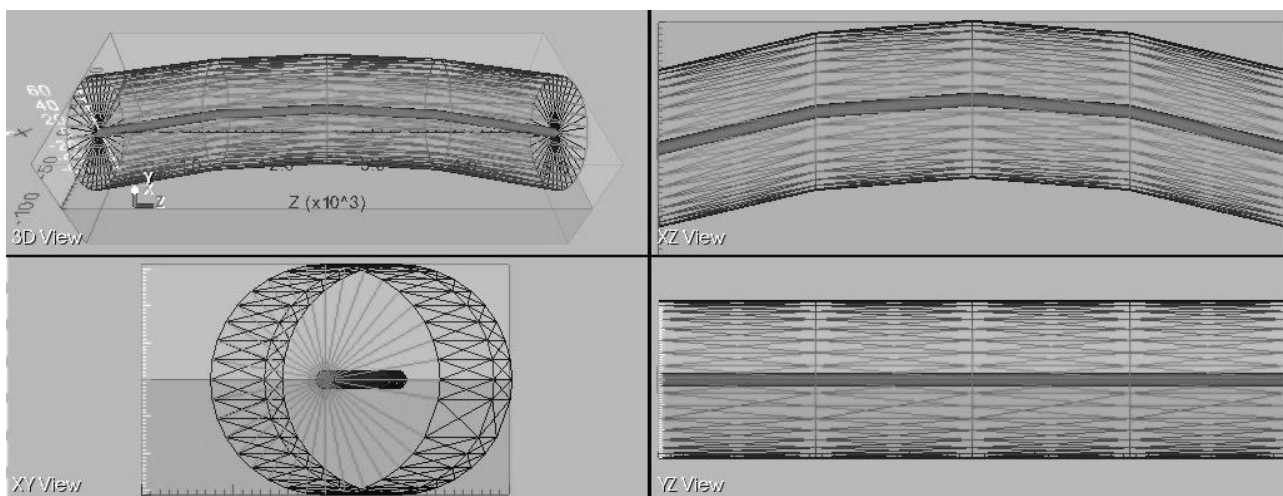


Рисунок 11 – Модель оптического волокна с уменьшенным показателем преломления оболочки (по отношению к значению показателя преломления стандартного одномодового ОВ)

## 5 Оптическое волокно с двухслойной оболочкой

Рассмотрим оптическое волокно с двухслойной оболочкой, которое представлено на рисунке 13. Такое волокно состоит из сердцевины, оболочки с пониженным показателем преломления и стандартной оболочки. В данном случае фтором легируется только внутренняя оболочка, для достижения наименьших потерь на изгибе. Исследование потерь на изгибе таких волокон будет проводиться в двух случаях:

- изменение показателя преломления внутренней оболочки;
- изменение диаметра внутренней оболочки.

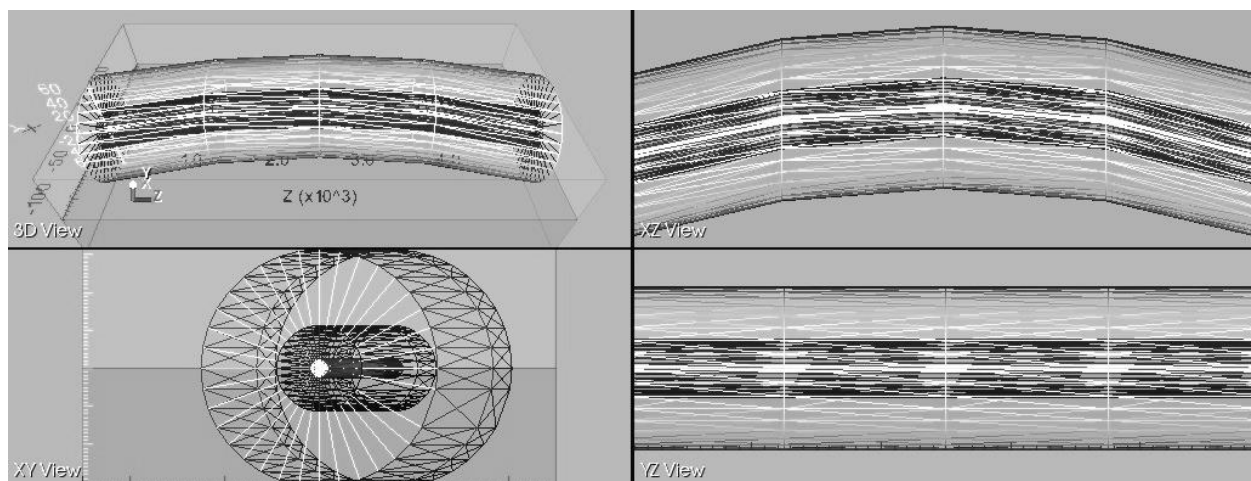


Рисунок 13 – Оптическое волокно с двухслойной оболочкой

## 6 Оптическое волокно с воздушными полостями в оболочке

Рассмотрим вид оптического волокна с воздушными полостями в оболочке. Для достижения минимальных потерь на изгибе в таких волокнах в оболочку добавляют воздушные полости в виде кольца. Граница раздела стекло/воздух обеспечивает в местах макроизгиба ОВ более благоприятный режим для эффекта полного внутреннего отражения, соответственно потерь энергии сигнала становится меньше. Потери на изгибе ОВ будут зависеть от двух параметров:

- от расстояния между сердцевиной и отверстием;
- от радиуса отверстий.

На рисунке 16 представлено оптическое волокно с воздушными полостями в оболочке.

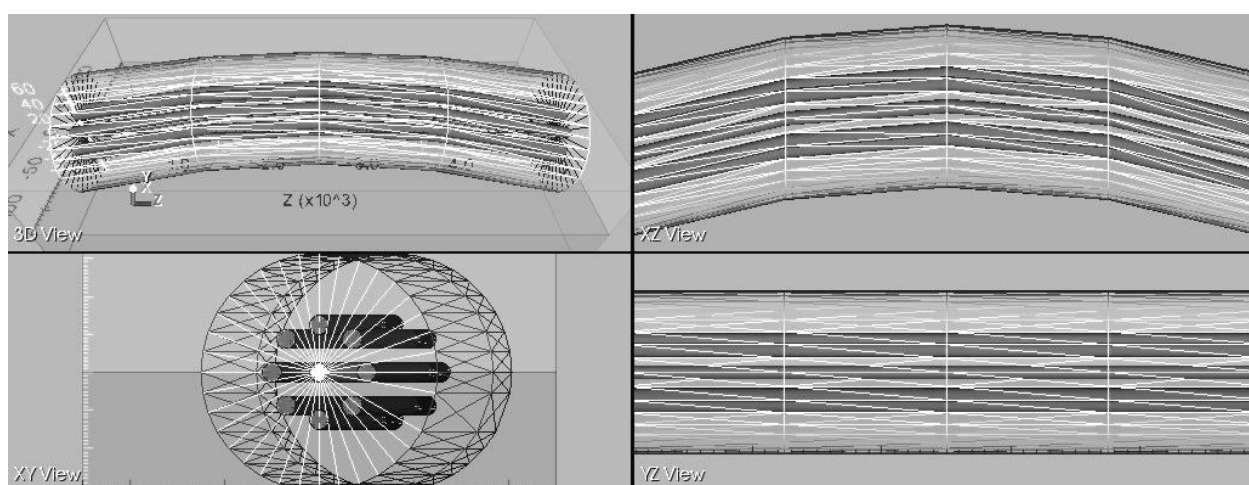


Рисунок 16 – Оптическое волокно с воздушными полостями в оболочке

## 7 Оптическое волокно с кольцевой неоднородностью показателя преломления оболочки

Рассмотрим оптическое волокно с кольцевой неоднородностью показателя преломления. Данный тип волокна соответствует классу В2 стандарта G.657 и является совместимым с волокнами стандарта G.652. Оно состоит из сердцевины с показателем преломления 1,4567, оболочки с показателем преломления 1,466 и небольшой неоднородности в виде кольца в оболочке вокруг сердцевины. Данный вид оптического волокна представлен на рисунке 19.

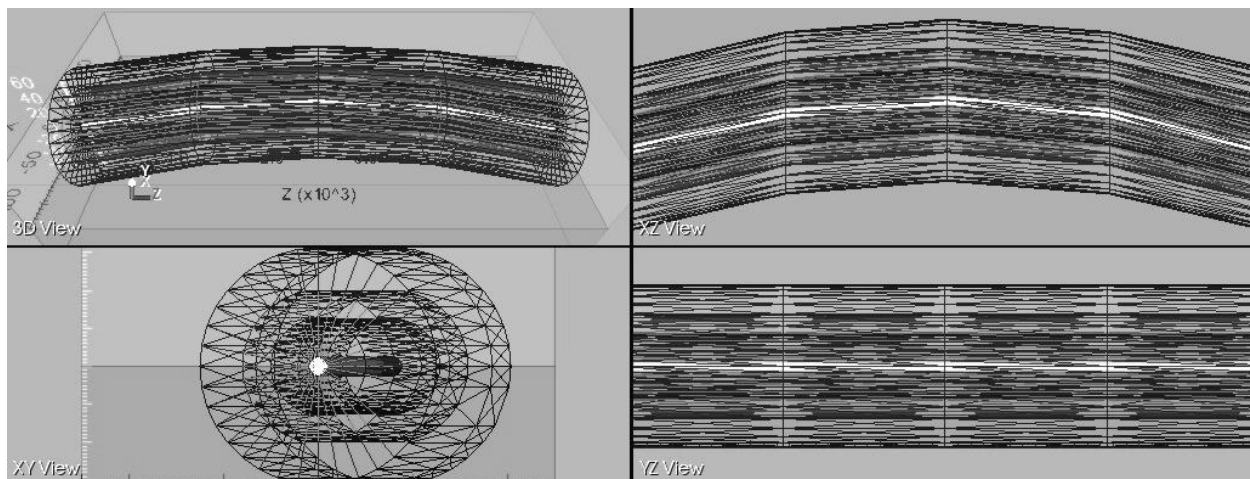


Рисунок 19 – Оптическое волокно с кольцевой неоднородностью показателя преломления

Величина потерь на изгибе в данных волокнах может зависеть от ряда параметров:

- показателя преломления кольцевой неоднородности;
- толщины кольца;
- диаметра кольца.