# Многомодовая интерфернеция в оптических волокнах

# Мухаметзянов Дамир, Лангман Александр МФТИ, ФРКТ, Б01-207 МФТИ, ФЭФМ, Б04-208

# Содержание

5	Заключение	10
	4.2 Практика	7
	4.1 Моделирование	3
4	Результаты	3
3	Методология	3
2	Введение	1
1	Аннотация	1

#### 1 Аннотация

В данной работе численными методами исследуется многомодовая интерференция в оптических волокнах с разным диаметром сердцевины. Исследовано распространение излучения через границу раздела многомодовое волокно - одномодовое волокно. Показанно, что доля мощности излучения попадающая на область на торце волокна, ограниченную диамтром 9 мкм (диаметр сердцевины одномодового волокна) зависит от длинны многомодового волокна, что отражает перспективность датчиков на основе сварок многомодовых и одномодовых волокон. Эксперементально показано, что зависимость мощности проходящего через датчик излучения от растяжений близка к линейой.

## 2 Введение

Волоконно-оптические сенсорные системы (ВОСС) широко применяются в таких областях, как сейсмометрия нефтяных скважин, мониторинг состояния и контроль утечек в трубопроводах, регистрация дефор маций сооружений и зданий. ВОСС способны регистрировать различные параметры, такие как температура, растяжение, изгибы оптического волокна, прикладываемое давление, акустическое воздействие и многое другое.

В конце второй половины XX века было открыто, что в многомодовых волноводах наблюдается явление самовоспроизведения светового поля (эффект Тальбота). Данное открытие дало толчок для развития большого спектра оптоволоконных устройств на основе многомодовой интерференции (Multimode interference, MMI). На принципе MMI основана работа таких устройств как оптоволоконные объединители, сплиттеры, биополимерные волноводы.

В настоящее время на явлении ММІ работают не только устройства для управления излучением, но и различные типы датчиков: механические (вибрации, давления), электромагнитные (магнитного поля, электрического поля, тока), химические (концентрации газа, относительной влажности), оптические (длины волны) (рис. 3.2). В общем случае устройство на базе ММІ представляет собой соединение одномодового волокна (single mode fiber или SMF) с отрезком мно- гомодового волокна (Multimode fiber, MMF) или отрезок ММГ, располо- женный между двумя SMF. Предполагается, что волокна располагаются соосно без какого-либо смещения между центрами. Принцип работы основан на расчете энергии, передаваемой из SMF в каждую из мод, поддерживаемых ММF.

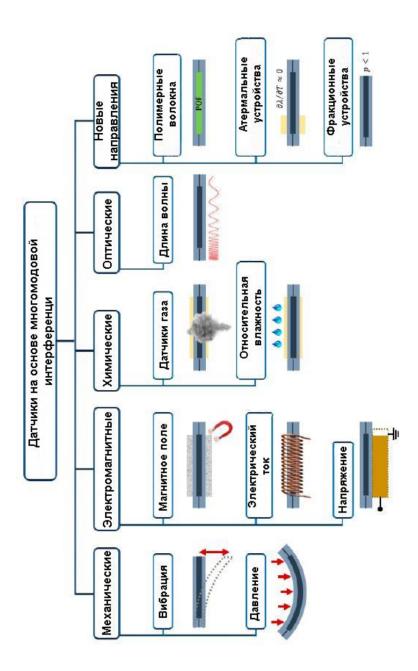


Рис. 1: Типы датчиков.

## 3 Методология

С помощью компьютерного моделирования, построили модель в приближении геометрической оптики, также был проанализирован ход лучей в многомодовом волокие разных диаметров. К сожалению мы не знаем профиль показателя преломления в оптоволокие, в расчетах берем профиль со ступенчатым распределением показателя преломления. В основном наша работа основывается на принципе полного внутреннего отражения и численного компьютерного моделирования. Введем важную характеристику волоконного световода, волноволный параметр или нормированная частота:

$$V = \frac{2\pi a}{\lambda} NA,\tag{1}$$

 $\Gamma$ де а - радиус сердцевины BC. При больщом количестве мод (N » 1) справедлива следующая оценка для количества мод в цилиндрическом BC с прямоугольным профилем показателя преломления:

$$N \approx \frac{V^2}{2} \tag{2}$$

Характерное количество лучей - 1096. Именно для него и будем промоделировать наши сигналы. После этого построим графики для доли прошедших лучей в зависимости от длины волновода. Выходные данные апроксимируем многочленом сотой степени. Находим производную этого многочлена и сравнивая производные для разных диаметров оптоволокна делаем вывод какой диаметр наиболее эффективный.

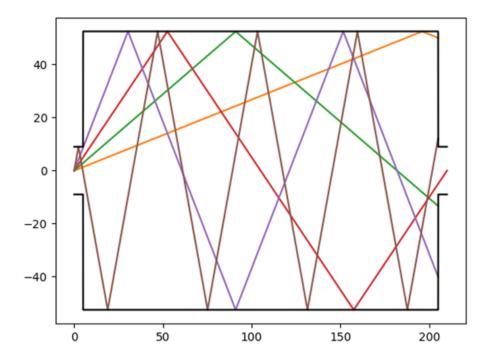


Рис. 2: D = 105 mkm(диаметр), L = 200 mkm(длина), count = 5(число)

# 4 Результаты

#### 4.1 Моделирование

Рассмотрим получившиеся результаты. Приведем графики зависимости доли проходящих лучей от длинны многомодового волокна от 100 до 2000 мкм, с шагом один микрометр.

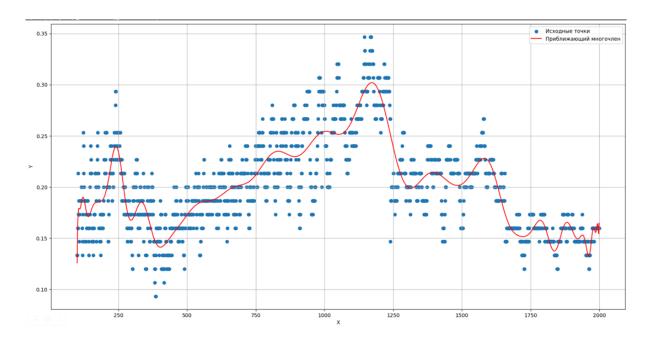


Рис. 3: D = 50 мкм.

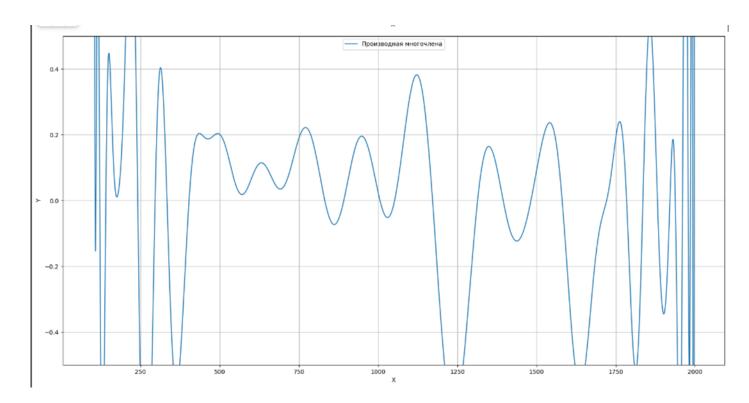


Рис. 4: Производная от многочлена при D=50 мкм.

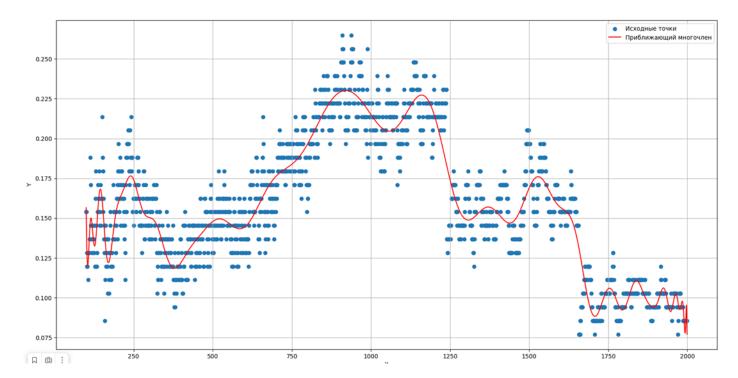


Рис. 5: D = 62.5 мкм.

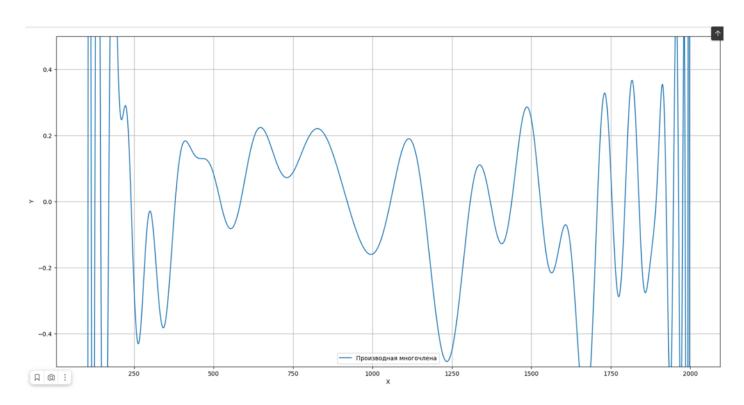


Рис. 6: Производная от многочлена при D=62.5 мкм.

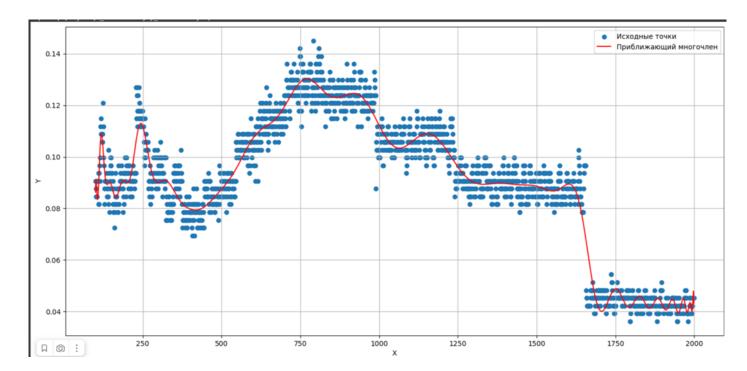


Рис. 7: D = 105 мкм.

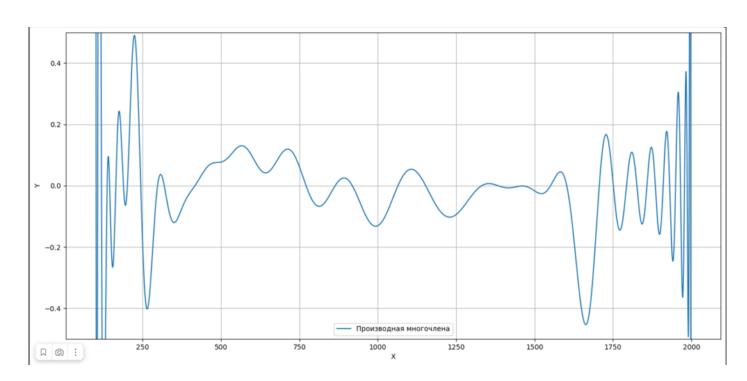


Рис. 8: Производная от многочлена при  $D=105~{
m mkm}.$ 

Приведем общий график для всех многочленов.

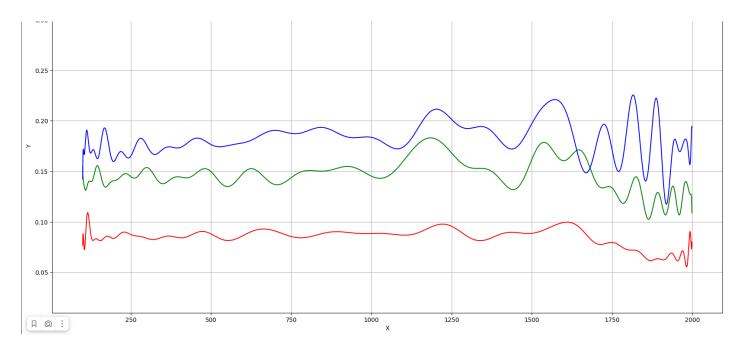
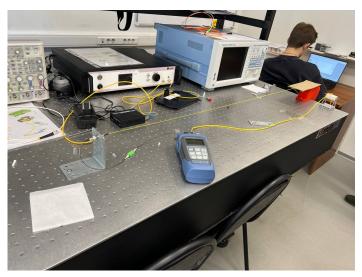


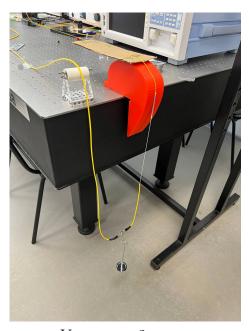
Рис. 9: Все многочлены (красный - 105 мкм, зеленый - 62,5 мкм, синий - 50 мкм).

## 4.2 Практика

Попробуем определить длинну участка многомодового волокна на практике, впаяв его между участками одномодового волокна. (картонку позднее убрали)



Установка 1 часть



Установка 2 часть

Добавляя на подвес грузы по 50 грамм, снимем нагрузочную и разгрузочную кривые. Ограничемся пределом измерений до 300 грамм, поскольку при больших нагрузках волокно обрывается.

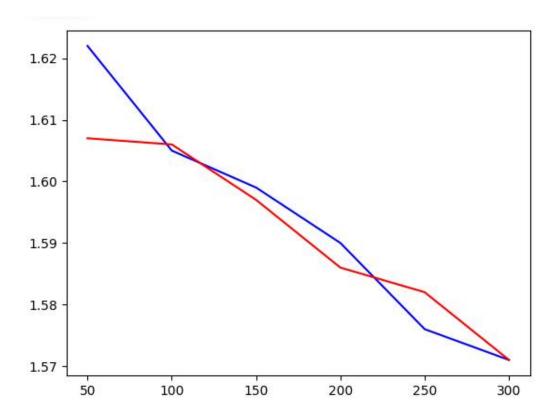
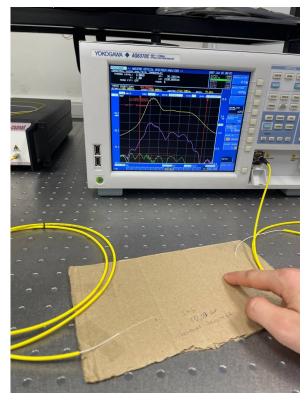


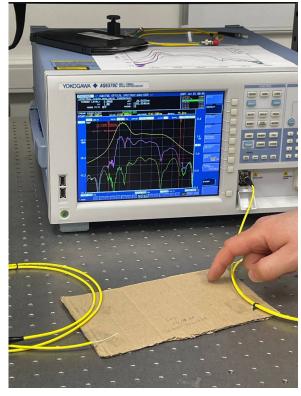
Рис. 10: Нагрузочная (синяя) и разгрузочная (красная) кривые.



Рис. 11: Пример обрыва оптоволокна).

Также стоит отметить изменение эталонного спектра, включив в схему SMS структуру мы увеличели потери сигнала. А также стоит отметить возможность влияния и иследования воздействия на структуру через исследование спектра.





Первое воздействие.

Второе воздействие.

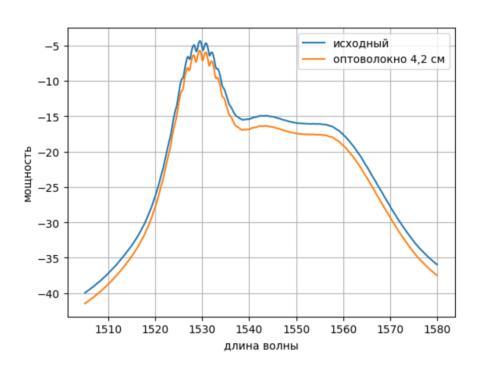


Рис. 12: Оптические спектры.

## 5 Заключение

В ходе исследования важнейшим конечным результатом было получение нелохой геометрической модели хода лучей в SMS структуре. Этой моделью было продемонстрированны потери мощности, при разных длинах многомодовых волокон. Так же в ходе эксперемента была показана линейная зависимость мощности от растяжения. Что доказывает возможность применения этой структуры в строении различных датчиков, уже в недалкеом будущем.

Ссылка на проект. И еще одна.