

питания предназначен для питания цепей модулятора и генератора постоянным напряжением.

### Список информационных источников

1. Камни в желчном пузыре. Современная медицинская энциклопедия. <http://doktorland.ru/puz-25.html> – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.;
2. Сиюхов Р.Ш. Желчнокаменная болезнь (ЖКБ). Клиника 23 Ру. <http://www.klinika23.ru/gastroent/GKB.html> – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.;
3. Маев ИВ. Диагностика и лечение заболеваний желчевыводящих путей. Под ред. И.В. Маева. – М., 2003. – 96 с.
4. Катона З. Электроника в медицине: Пер. с венг./Под ред. М.К. Размахнина. – М.: Сов.радио, 1980. – 144 с., ил.
5. Электромедицинская аппаратура. А.Р. Ливенсон. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 1981. – 344 с., ил.
6. Применение ультразвука в медицине: Физические основы: Пер. с англ./Под ред. К.Хилла. – М.: Мир, 1989. – 568 с., ил.
7. Болезни печени и желчевыводящих путей: В 2 т. – 2\_е изд. / Под ред. В.Т. Ивашкина. – М.: ООО «Изд. дом «М\_Вести», 2005.

### ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ВОЛОКНЕ

*Казезов А. О.*

*Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г.  
Астана*

*Научный руководитель: Жантлесова А.Б., ст. преподаватель  
кафедры радиотехники, электроники и телекоммуникации*

**Введение.** В связи с большим количеством передаваемой информации непрерывно растет потребность в передачи информации на дальние расстояния с большой скоростью и высокой достоверностью.

Ведущую роль по решению задачи передачи информации на дальние расстояния с большой скоростью и высокой достоверностью занимают волоконно-оптические линии связи (ВОЛС), у которых технические характеристики превосходят другие системы передачи информации.

**Основная часть.** Например, волоконно-оптические кабели, по сравнению с медными кабелями имеют ряд преимуществ:

– у оптических кабелей (ОК) нет электропроводности и индуктивности, это говорит о том, что ОК не подвергаются электромагнитным воздействиям;

– очень маленькие перекрестные помехи;

– высокая скрытность связи;

– возможность усовершенствования системы при полном сохранении совместимости с другими системами передачи;

– широкая полоса пропускания, которая позволяет работать в высокочастотном диапазоне и обеспечивает большое число каналов и большую пропускную способность;

– отсутствуют помехи в отдельных волокнах в кабеле и высокая помехозащищенность к внешним воздействиям;

– небольшие габариты и масса кабеля, что упрощает его прокладку;

– возможности получения световодов с малым затуханием и дисперсией. Это позволяет увеличить дальность связи, уменьшить потери, увеличить длину регенерационного участка;

– отсутствуют короткие замыкания, что предоставляет возможность использовать кабель в опасных зонах;

– строительная длина ОК больше, за счет чего можно уменьшить число соединительных муфт, увеличить надёжность и дальность связи.

Но существуют также некоторые недостатки волоконно-оптических технологий:

-подверженность волоконных световодов радиации, за счёт которой появляются пятна затемнения, и возрастает затухание;

-при проникновении влаги в кабель появляется водородная коррозия стекла, приводящая к микротрещинам световода и ухудшению его свойств;

-для монтажа оптоволоконна (ОВ) требуется дорогое технологическое оборудование. Как следствие, при аварии (обрыве) ОК затраты на восстановление выше, чем при работе с медными кабелями.

Целью статьи является рассмотрение физических процессов в ВОЛС.

**Дисперсия в волокне.** С увеличением скоростей передачи информационных потоков необходимо учитывать то влияние, которое оказывает на эти потоки среда передачи [1].

Дисперсия не только ограничивает частотный диапазон использования световодов, но и снижает дальность передачи по ОК, так как чем длиннее линия, тем больше проявляется дисперсия и больше уширение импульса [2].

Дисперсия накладывает ограничения на дальность передачи и верхнюю частоту передаваемых сигналов в оптическом волокне. Наряду с затуханием, влияние дисперсии ограничивает длину регенерационного участка ВОЛС. Среди факторов, вызывающих искажение оптического сигнала, основными являются различие скоростей, с которыми распространяются в волокне разные лучи, направляющие свойства оптического волокна и физические параметры материала волокна [1].

**Затухание.** По мере распространения света в оптической среде он ослабевает, что носит название затухания среды - затухания ОВ. Затухание зависит от длины волны излучения, вводимого в волокно. В настоящее время передача сигналов по волокну осуществляется в трех диапазонах: 850 нм, 1300 нм, 1550 нм, так как именно в этих диапазонах кварц имеет повышенную прозрачность.

Собственные потери волоконных световодов состоят в первую очередь из потерь поглощения и потерь рассеивания. Часть мощности, поступающей на вход световодов, рассеивается вследствие изменения направления распространяемых лучей на нерегулярностях и их высвечивания в окружающее пространство. Другая часть мощности поглощается посторонними примесями, выделяясь в виде тепла. Поэтому, если изготовить оптическое волокно из обычного стекла, то за счёт наличия примесей затухание будет велико.

Кроме собственных потерь, учитывают также дополнительные потери, обусловленные деформацией ОВ в процессе изготовления кабеля (скруткой, изгибами, отклонениями от прямолинейности), а также термомеханические воздействия на волокна при наложении оболочек и покрытий и другие факторы, обусловленные технологией производства.

Затухание в первую очередь определяет длину регенерационного участка (расстояние между генераторами)[3].

**Расчет параметров поляризационной модовой дисперсии (ПМД).** В настоящее время лидерами в области производства волокна являются такие компании как: американская – «Корнинг», японская – «Сумитомо». Данные производители относятся со всей ответственностью к методам производства волокна. ПМД у данных волокон минимально.

Рассмотрим данные таблицы 1:

Таблица 1 – Максимальное значение ПМД для данной скорости

Битовая скорость (Гбит/с)	Максимальная задержка ПМД (пс)	Коэффициент ПМД для волокна длиной 400 км (пс/км <sup>1/2</sup> )	L – длина участка регенерации (км) при разном D <sub>pmd</sub>	L – длина участка регенерации (км) при D <sub>pmd</sub> =0,1
2,5	40	2,0	400	1111
10	10	0,5	400	493
20	5	0,25	400	156
40	2,5	0,125	400	100

Примечание: Рекомендуемый коэффициент ПМД обеспечивающий с вероятностью 99,994% дифференциальную задержку менее 0,1 длительности бита при запасе мощности не превышающем 1дБ

Используя данные значения и подставляя их в формулу вычислим участки регенерации:

$$L = \left( \frac{E}{B_{MAX} D_{pmd}} \right)^2 \quad (1)$$

где B<sub>max</sub> – битовая скорость (Гбит/с), D<sub>pmd</sub> – коэффициент ПМД (пс/км<sup>1/2</sup>), E – доля битового интервала (0,1),

Расчет длины участка регенерации L предоставлен в таблице 1.

Из данных выражений мы видим, что с увеличением скорости и изменением значения D<sub>pmd</sub> участок регенерации не изменяется.

Теперь рассмотрим условие при котором мы не будем изменять значение D<sub>pmd</sub>, но будем увеличивать скорость передачи и получим данные на рис. 1.

Из рисунка 1 видно, что при увеличении скорости передачи B<sub>max</sub>, длина регенерационного участка уменьшается.

**Заключение.** Развитие современных телекоммуникационных сетей неизменно идет по пути увеличения их информационной емкости, определяемой произведением скорости на дальность передачи информации. В данной статье – рассмотрен вопрос влияния физических процессов на высокоскоростные системы передачи. Данная проблема является актуальной в волоконно-оптических линиях связи, она уменьшает пропускную способность магистрали и понижает качество передаваемой информации, Дан расчет параметров ПМД, где видно, что при высоких скоростях передачи информации эффект ПМД проявляется все ярче. На пороге новых технологий скорость передачи информации будет только расти и актуальность борьбы с ПМД проявляется все больше.

## Зависимость регенерационного участка от скорости передачи

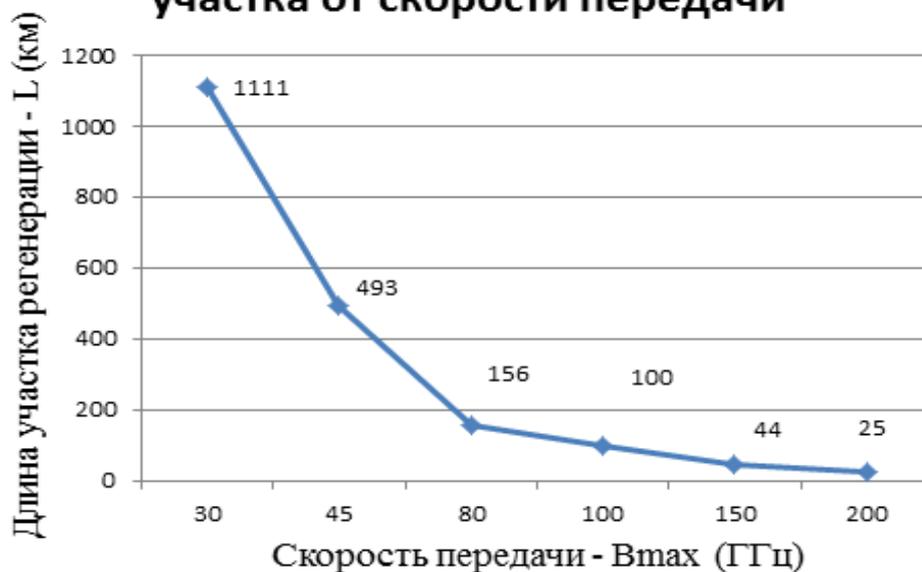


Рисунок 1 – Регенерационный участок

### Список информационных источников

1. Дисперсия. // URL: [ru.wikipedia.org/wiki/дисперсия](http://ru.wikipedia.org/wiki/дисперсия) (Дата обращения: 05.03.16)

2. Мандель А.Е., Методы и средства измерения в волоконно-оптических телекоммуникационных системах: Учебное пособие. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.

3. Виноградов В. В., Котов В. К., Нуприк В. Н. Волоконно оптические линии связи: Учебное пособие для техникумов и колледжей ж.-д. трансп. – М.: ИПК «Желдориздат», 2002.