МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский

технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ»

(КНИТУ-КАИ)

Институт авиации наземного транспорта и энергетики

(наименование института (факультета), филиала)

Кафедра Теплотехники и энергетического машиностроения

(наименование кафедры)

РЕФЕРАТ

по дисциплине: Материаловедение

на тему: Оптическое волокно

Обучающийся \_\_\_\_1202\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Сокова Е.Д.

(номер группы) (подпись, дата) (Ф.И.О.)

Руководитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(должность) (Ф.И.О.)

Реферат зачтен с оценкой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(подпись, дата)

Казань 2023

**Оглавление**

[Введение 3](#_Toc133319389)

[1. Волоконно-оптические линии связи как понятие 4](#_Toc133319390)

[3. Процесс производства волокна 7](#_Toc133319391)

[4. Физические особенности 8](#_Toc133319392)

[5. Технические особенности 9](#_Toc133319393)

[6. Классификация оптического волокна 10](#_Toc133319394)

[7. Применение оптического волокна 11](#_Toc133319396)

[8. Заключение 14](#_Toc133319397)

[9. Список использованных источников 17](#_Toc133319398)

# Введение

С начала развития компьютерной техники прошло немного немало -шестьдесят лет. Все началось с того, что в 1948 году вышли книги К. Шеннона “Математическая теория связи” и Н. Винера “Кибернетика, или управление и связь в животном и машине”. Они и определили новый вектор развития науки, в результате чего появился компьютер: вначале ламповый гигант, затем транзисторный и на интегральных схемах, на микропроцессорах. И вот в 1989 году появился персональный компьютер IBM. В том же году вышла программа MS — DOS, а в 1990 — Windows-3.0, и далее пошло стремительное совершенствование “железа” и программного обеспечения. К концу столетия человечество получило потрясающую миниатюризацию компьютерной техники, сокращения расстояния между компьютером и человеком, тотальное проникновение компьютерных технологий в бытовую сферу.

1986 год — рождение Интернета, глобальной сети, охватившей практически все страны мира, поставляющей каждому пользователю текущую информацию. Получив настолько быструю обработку данных, люди пришли к выводу, что можно перестать терять время и деньги, также на передачу этих данных, а также увеличить скорость доступа, и скорость передачу данных. Это стало возможным благодаря использованию новых видов связи, таких как оптическое волокно, пришедших на замену банальным алюминиевым и медным проводам.

История развития волоконно-оптических линий связи началась в 1965-1967 годах, волноводные линии связи для передачи широкополосной информации, а также криогенные сверхпроводящие кабельные линии с малым затуханием. С 1970 г. активно развернулись работы по созданию световодов и оптических кабелей, использующих видимое инфракрасное излучение оптического диапазона волн.

Тема об оптоволоконной линии связи, является актуальной на данный момент времени, так как число людей на планете растет, и потребности в улучшение жизни тоже увеличиваются. Волоконная оптика как раз то, что нам нужно — её скорость передачи информации очень велика. Плюс, низкие потери при передаче сигнала позволяет прокладывать значительные по дальности участки кабеля без установки дополнительного оборудования. Оптоволокно имеет хорошую помехозащищенность, легкость прокладки и долгие сроки работы кабеля практически в любых условиях.

В настоящее время оптоволокно находит свое применение преимущественно в теле — и интернет — коммуникациях. Но считается, что сегодняшнее использование оптоволокна лишь вершина айсберга его применения.

Таким образом, объектом моего исследования является оптическое волокно, а целью моей работы является изучить виды и способы производства оптического волокна, а также узнать классификацию и применение оптического волокна.

# Волоконно-оптические линии связи как понятие

Волоконная оптика (fiber optics) — это раздел оптики, в котором рассматривается передача света и изображения по светопроводам и волноводам оптического диапазона, в частности по многожильным световодам и пучкам гибких волокон.  
 Волоконно-оптические линии связи — это вид связи, при котором информация передается по оптическим диэлектрическим волноводам, известным под названием «оптическое волокно».

Оптическое волокно в настоящее время считается самой совершенной физической средой для передачи информации, а также самой перспективной средой для передачи больших потоков информации на значительные расстояния. К примеру, в настоящее время волоконно-оптические кабели проложены по дну Тихого и Атлантического океанов и практически весь мир «опутан» сетью волоконных систем связи. Европейские страны через Атлантику связаны волоконными линиями связи с Америкой. США, через Гавайские острова и остров Гуам — с Японией, Новой Зеландией и Австралией. Волоконно-оптическая линия связи соединяет Японию и Корею с Дальним Востоком России. На западе Россия связана с европейскими странами Петербург — Кингисепп — Дания и Петербург — Выборг — Финляндия, на юге — с азиатскими странами Новороссийск — Турция.

1. **Конструкция оптического волокна**

Оптическое волокно состоит из световедущей сердцевины, окруженной оболочкой, у которых разные показатели преломления.

Оба элемента производятся из высокочистого кварцевого стекла. Полученное в процессе вытяжки оптическое волокно затем покрывается одним или двумя слоями защитного пластикового покрытия, распространенным материалом для которого является акрилат. От покрытия зависит прочность волокна. В основе распространения света по сердечнику лежит принцип полного внутреннего отражения, который реализуется за счет того, что коэффициент преломления сердечника выше коэффициента преломления оболочки. На входе волоконно-оптического тракта модулируемый источник света преобразует входные электрические сигналы в модулированный (как правило по интенсивности) свет, который распространяется по волокну, связанному с источником. На другом, принимающем конце линии оптические сигналы преобразуются фотодетектором обратно в электрические сигналы. На линиях большой протяженности иногда используются регенераторы, состоящие из приемника, усилителя и передатчика. В современных Волоконно Оптических Линиях Связи также находят применение оптические усилители.

Оптическое волокно представляет собой цилиндр из легированного кварцевого стекла. Для передачи сигналов используются два вида волокна: одномодовое и многомодовое. Название волокна получили от способа распространения излучения в них. В одномодовом волокне диаметр световодной жилы порядка 8-10мкм, то есть сравним с длиной световой волны. При такой геометрии в волокне может распространяться только один луч (одна мода).

В многомодовом волокне размер световодной жиды порядка 50-60мкм, что делает возможным распространение большого числа лучей (много мод).

Оба типа волокна характеризуются двумя важнейшими параметрами: затуханием и дисперсией. Затухание обычно измеряется в дБ/км и определяется потерями на поглощение и на рассеяние излучения в оптическом волокне. Потери на поглощение зависят от чистоты материала, а на рассеяние – от неоднородностей показателя преломления материала.

Другой важнейший параметр оптического волокна – дисперсия. Дисперсия – это рассеяние во времени спекртальных и модовых составляющих оптического сигнала. Существует три типа дисперсии:

*модовая дисперсия* – присуща многомодовому волокну и обусловлена наличиембольшого числа мод, время распространения которых различно.

*материальная дисперсия* – обусловлена зависимостью показателя преломления от длины волны.

*волноводная дисперсия* – обусловлена процессами внутри моды и характеризуется зависимостью скорости распространения моды от длины волны.

Затухание и дисперсия у разных типов оптических волокон различны, Одномодовый волвкна обладают лучшими характеристиками по затуханию и по полосе прокускания, так как в них распространяется только один луч. Однако, одномодовые источники излучения в несколько раз дороже многомодовых. В одномодовое волокно труднее ввести излучение из-за малых размеров световодной жилы, по этой причине одномодовые волокна сложно сращивать с малыми потерями.

Поскольку светодиод или лазер излучает некоторый спектр длин волн, дисперсия приводит к уширению импульсов при распространению по волокну и тем самым порождает искажения сигналов. При оценке пользуются термином "полоса пропускания" - это величина, обратная к величине уширения импульса при прохождении им по оптическому волокну расстояния в 1 км. Измеряется полоса пропускания в МГц\*км. Из определения полосы пропускания видно, что дисперсия накладывает ограничение на дальность передачи и на верхнюю частоту передаваемых сигналов.  
 Если при распространении света по многомодовому волокну как правило преобладает модовая дисперсия, то одномодовому волокну присущи только два последних типа дисперсии. На длине волны 1.3 мкм материальная и волноводная дисперсии в одномодовом волокне компенсируют друг друга, что обеспечивает наивысшую пропускную способность.  
 Затухание и дисперсия у разных типов оптических волокон различны. Одномодовые волокна обладают лучшими характеристиками по затуханию и по полосе пропускания, так как в них распространяется только один луч. Однако, одномодовые источники излучения в несколько раз дороже многомодовых. В одномодовое волокно труднее ввести излучение из-за малых размеров световодной жилы, по этой же причине одномодовые волокна сложно сращивать с малыми потерями. Оконцевание одномодовых кабелей оптическими разъемами также обходится дороже.

# Процесс производства волокна

Процесс изготовления оптоволокна включает в себя формирование заготовки. Для получения конечного продукта волокна покрываются внешней оболочкой, которую дополняют внутренние силовые компоненты. Кабель, в котором все компоненты оболочки неметаллические и непроводящие, называется диэлектрическим. Кабель с какими-либо проводящими электричество компонентами считается проводящим. Тип ВОК определяется областью его применения. В случае, когда большая часть инфраструктуры сети используется для передачи электрических сигналов, особенно эффективна полностью диэлектрическая оболочка.

Процесс прокладки ВОК несколько отличен от процесса прокладки стандартного медного кабеля по причине своей хрупкости — при чрезмерном изгибании или натягивании он может сломаться. ВОК, используемый вне помещений, производится тех же модификаций, что и медный, и прокладывают его такими же способами — под землей, в трубопроводе или по воздуху. Воздушный кабель может быть несущим, привязан к тросу или проложен внутри подвешенного трубопровода.

Вложенный кабельный канал (innerduct) разрабатывался одновременно с ВОК. Его назначение — защитить гигантские финансовые вложения телефонных компаний, сделанные в подземные трубопроводы, по которым проложены их медные кабели. Для прокладки ВОК эти компании предпочитают использовать уже привычную им технологию и не хотят размещать единственный ВОК в отдельном 4-дюймовом канале. Поэтому уже в процессе создания ВОК производители трубопроводов думали над тем, как рациональнее задействовать для его прокладки существующие 4-дюймовые кабельные каналы, и разработали многоячеистую конструкцию типа труба в трубе, что позволяет по мере необходимости протягивать через один 4-дюймовый кабельный канал несколько независимых друг от друга ВОК.

# Физические особенности

Широкополосность оптических сигналов, обусловленная чрезвычайно высокой несущей частотой. Это означает, что по оптической линии связи можно передавать информацию со скоростью порядка 1 Терабит/с. Говоря другими словами, по одному волокну можно передать одновременно10 миллионов телефонных разговоров и миллион видеосигналов. Скорость передачи данных может быть увеличена за счет передачи информации сразу в двух направлениях, так как световые волны могут распространяться в одном волокне независимо друг от друга. Кроме того, в оптическом волокне могут распространяться световые сигналы двух разных поляризаций, что позволяет удвоить пропускную способность оптического канала связи. На сегодняшний день предел по плотности передаваемой информации по оптическому волокну не достигнут. А это означает, что до сих пор при столь сильной загруженности нашего Интернета не нашлось столько информации, которая при одновременной передачи привела бы к уменьшению скорости передаваемого потока данных. Очень малое (по сравнению с другими средами) затухание светового сигнала в волокне. Иными словами, потеря сигнала за счет сопротивления материала проводника. Лучшие образцы российского волокна имеют столь малое затухание, что позволяет строить линии связи длиной до 100 км без регенерации сигналов. В оптических лабораториях США разрабатываются еще более «прозрачные», так называемые фтороцирконатные волокна. Лабораторные исследования показали, что на основе таких волокон могут быть созданы линии связи с регенерационными участками через 4600 км при скорости передачи порядка 1 Гбит/с.

# Технические особенности

Оптическое волокно представляет собой диэлектрический волновод, изготовленный из кварцевого стекла. Он имеет световедущую сердцевину с показателем преломления света n1, окруженную оболочкой с показателем преломления n2, причем n1>n2. Попадая в световедущую сердцевину, свет распространяется в ней за счет эффекта полного внутреннего отражения. Этот эффект имеет место при падении луча света на границу раздела двух сред из среды с большим показателем преломления n1 в среду с меньшим показателем n2, и наблюдается только до определенных значений угла величина которого определяется различиями n1 и n2. Обычно свет вводится в оптоволокно через торец. Предельная величина угла падения луча света на торец оптоволокна связана с критическим углом соотношением sin am = n1 cos qкр = (n12 — n22)1/2 = (2n · Dn)1/2, где n = (n1 + n2)/2, а Dn = n1 — n2. Величина NA = sin am = (2n · Dn)1/2 называется числовой апертурой оптоволокна и определяет способность оптоволокна собирать и передавать свет. Луч света, введенный в оптоволокно под углом меньшим m, будет распространяться по всей длине оптоволокна. Такой луч называется ведомой модой или просто модой. При подборе компонентов для оптоволоконных систем учитываются 2 параметра оптоволокна, влияющие на эффективность трансляции: ширина полосы пропускания и затухание. Ширина полосы — это параметр пропускной способности волокна. Чем больше ширина полосы, тем больше информационная емкость. Пропускная способность характеризуется соотношением: частота/расстояние (МГц/км). Например, волокно 200 МГц/км способно передавать данные в полосе 200 МГц на расстояние до 1 км и в полосе 100 МГц на расстояние до 2 км. Затухание. В дополнение к физическим изменениям импульсов света, возникающих из-за ограниченности полосы пропускания, также имеет место снижение уровня оптической мощности по мере прохождения импульсов по волокну. Такого рода потери оптической мощности или затухание измеряется в децибелах на километр (дБ/км) на указанной длине волны.

# Классификация оптического волокна

## Оптические волокна могут быть одномодовыми и многомодовыми. Диаметр сердцевины одномодовых волокон составляет от 7 до 9 микрон. Благодаря малому диаметру достигается передача по волокну лишь одной моды электромагнитного излучения, за счёт чего исключается влияние дисперсионных искажений. В настоящее время практически все производимые волокна являются одномодовыми.

Существует три основных типа одномодовых волокон:

1. Одномодовое ступенчатое волокно с несмещённой дисперсией (стандартное) (англ. SMF — Step Index Single Mode Fiber), определяется рекомендацией ITU-T G.652 и применяется в большинстве оптических систем связи.
2. Одномодовое волокно со смещённой дисперсией (англ. DSF — Dispersion Shifted Single Mode Fiber), определяется рекомендацией ITU-T G.653. В волокнах DSF с помощью примесей область нулевой дисперсии смещена в третье окно прозрачности, в котором наблюдается минимальное затухание.
3. Одномодовое волокно с ненулевой смещённой дисперсией (англ. NZDSF — Non-Zero Dispersion Shifted Single Mode Fiber), определяется рекомендацией ITU-T G.655.

Многомодовые волокна отличаются от одномодовых диаметром сердцевины, который составляет 50 микрон в европейском стандарте и 62,5 микрон в североамериканском и японском стандартах. Из-за большого диаметра сердцевины по многомодовому волокну распространяется несколько мод излучения — каждая под своим углом, из-за чего импульс света испытывает дисперсионные искажения и из прямоугольного превращается в колоколоподобный.

Многомодовые волокна подразделяются на ступенчатые и градиентные. В ступенчатых волокнах показатель преломления от оболочки к сердцевине изменяется скачкообразно. В градиентных волокнах это изменение происходит иначе — показатель преломления сердцевины плавно возрастает от края к центру. Это приводит к явлению [рефракции](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D1%84%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F) в сердцевине, благодаря чему снижается влияние дисперсии на искажение оптического импульса. Профиль показателя преломления градиентного волокна может быть [параболическим](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D0%BB%D0%B0), [треугольным](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B5%D1%83%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BA), ломаным и т. д.

Полимерные (пластиковые) волокна производят диаметром 50, 62.5, 120 и 980 микрон и оболочкой диаметром 490 и 1000 мкм.

# Применение оптического волокна

Основное применение оптические волокна находят в качестве среды передачи на волоконно-оптических телекоммуникационных сетях различных уровней: от межконтинентальных магистралей до домашних компьютерных сетей. Применение оптических волокон для линий связи обусловлено тем, что оптическое волокно обеспечивает высокую защищенность от несанкционированного доступа, низкое затухание сигнала при передаче информации на большие расстояния и возможность оперировать с чрезвычайно высокими скоростями передачи. Уже к 2006-ому году была достигнута скорость модуляции 111 ГГц, в то время как скорости 10 и 40 Гбит/с стали уже стандартными скоростями передачи по одному каналу оптического волокна. При этом каждое волокно, используя технологию спектрального уплотнения каналов может передавать до нескольких сотен каналов одновременно, обеспечивая общую скорость передачи информации, исчисляемую терабитами в секунду.

Оптическое волокно может быть использовано как датчик для измерения напряжения, температуры, давления и других параметров. Малый размер и фактическое отсутствие необходимости в электрической энергии, даёт волоконно-оптическим датчикам преимущество перед традиционными электрическими в определённых областях.

Оптическое волокно используется в гидрофонах в сейсмических или гидролокационных приборах. Созданы системы с гидрофонами, в которых на волоконный кабель приходится более 100 датчиков. Системы с гидрофоновым датчиком используются в нефтедобывающей промышленности, а также флотом некоторых стран. Немецкая компания Sennheiser разработала лазерный микроскоп, работающий с лазером и оптическим волокном.

Волоконно-оптические датчики, измеряющие температуры и давления, разработаны для измерений в нефтяных скважинах. Они хорошо подходят для такой среды, работая при температурах, слишком высоких для полупроводниковых датчиков.

Разработаны устройства дуговой защиты с волоконно-оптическими датчиками, основными преимуществами которых перед традиционными устройствами дуговой защиты являются: высокое быстродействие, нечувствительность к электромагнитным помехам, гибкость и лёгкость монтажа, диэлектрические свойства.

Оптическое волокно применяется в лазерном гироскопе, используемом в Boeing 767 и в некоторых моделях машин (для навигации). Специальные оптические волокна используются в интерферометрических датчиках магнитного поля и электрического тока. Это волокна, полученные при вращении заготовки с сильным встроенным двойным лучепреломлением.

Оптические волокна широко используются для освещения. Они используются как световоды в медицинских и других целях, где яркий свет необходимо доставить в труднодоступную зону. В некоторых зданиях оптические волокна направляют солнечный свет с крыши в какую-нибудь часть здания. Волоконно-оптическое освещение также используется в декоративных целях, включая коммерческую рекламу, искусство и искусственные рождественские ёлки.

Оптическое волокно также используется для формирования изображения. Пучок света, передаваемый оптическим волокном, иногда используется совместно с линзами — например, в эндоскопе, который используется для просмотра объектов через маленькое отверстие.

Один из способов механической шифровки изображения заключается в следующем: большое количество оптических волокон, оба конца которых расположены упорядоченно, тщательно переплетают в середине, а затем разрезают пополам. Одна половина получившейся конструкции используется для шифровки изображения, а другая — для дешифровки: изображение, пройдя через переплетённые световоды, превращается в бессмысленный набор точек разного цвета, но после прохода через вторую половину этот набор точек восстанавливается до оригинала. Преимущество этого метода заключается в простоте изготовления шифрующего механизма и в невозможности расшифровать передаваемое изображение без шифратора или дешифратора (шифратор и дешифратор в такой системе абсолютно взаимозаменяемы). Недостаток заключается в значительной потере качества изображения, зависящей от толщины используемых световодов, и в необходимости очень точно позиционировать зашифрованное изображение перед дешифратором — малейший перекос будет препятствовать расшифровке.

# Заключение

Открылись широкие горизонты практического применения ОК и волоконно-оптических систем передачи в таких отраслях народного хозяйства, как радиоэлектроника, информатика, связь, вычислительная техника, космос, медицина, голография, машиностроение, атомная энергетика и др. Волоконная оптика развивается по шести направлениям: многоканальные системы передачи информации; кабельное телевидение; локальные вычислительные сети; датчики и системы сбора обработки и передачи информации; связь и телемеханика на высоковольтных линиях; оборудование и монтаж мобильных объектов. Многоканальные ВОСП начинают широко использоваться на магистральных и зоновых сетях связи страны, а также для устройства соединительных линий между городскими АТС. Объясняется это большой информационной способностью ОК и их высокой помехозащищенностью. Особенно эффективны и экономичны подводные оптические магистрали. Применение оптических систем в кабельном телевидении обеспечивает высокое качество изображения и существенно расширяет возможности информационного обслуживания индивидуальных абонентов. В этом случае реализуется заказная система приема и предоставляется возможность абонентам получать на экране своих телевизоров изображения газетных полос, журнальных страниц и справочных данных из библиотеки и учебных центров. На основе ОК создаются локальные вычислительные сети различной топологии (кольцевые, звездные и др.). Такие сети позволяют объединять вычислительные центры в единую информационную систему с большой пропускной способностью, повышенным качеством и защищенностью от несанкционированного допуска. Волоконно-оптические датчики способны работать в агрессивных средах, надежны, малогабаритны и не подвержены электромагнитным воздействиям. Они позволяют оценивать на расстоянии различные физические величины (температуру, давление, ток и др.). Датчики используются в нефтегазовой промышленности, системах охранной и пожарной сигнализации, автомобильной технике и др.Весьма перспективно применение ОК на высоковольтных линиях электропередачи (ЛЭП) для организации технологической связи и телемеханики.       Оптические волокна встраиваются в фазу или трос. Здесь реализуется высокая защищенность каналов от электромагнитных воздействий ЛЭП и грозы. Легкость, малогабаритность, невоспламеняемость ОК сделали их весьма полезными для монтажа и оборудования летательных аппаратов, судов и других мобильных устройств. В последнее время появилось новое направление в развитии волоконно-оптической техники — использование среднего инфракрасного диапазона волн 2…10 мкм. Ожидается, что потери в этом диапазоне не будут превышать 0,02 дБ/км. Это позволит осуществить связь на большие расстояния с участками регенерации до 1000 км. Исследование фтористых и халькогенидных стекол с добавками циркония, бария и других соединений, обладающих сверхпрозрачностью в инфракрасном диапазоне волн, дает возможность еще больше увеличить длину регенерационного участка. Ожидаются новые интересные результаты в использовании нелинейных оптических явлений, в частности соли тонного режима распространения оптических импульсов, когда импульс может распространяться без изменения формы или периодически менять свою форму в процессе распространения по световоду. Использование этого явления в волоконных световодах позволит существенно увеличить объем передаваемой информации и дальность связи без применения ретрансляторов. Весьма перспективна реализация в ВОЛС метода частотного разделения каналов, который заключается в том, что в световод одновременно вводится излучение от нескольких источников, работающих на разных частотах, а на приемном конце с помощью оптических фильтров происходит разделение сигналов. Такой метод разделения каналов в ВОЛС получил название спектрального уплотнения или мультиплексирования. Нужна помощь в написании реферата? Мы - биржа профессиональных авторов (преподавателей и доцентов вузов). Наша система гарантирует сдачу работы к сроку без плагиата. Правки вносим бесплатно. Цена реферата При построении абонентских сетей ВОЛС кроме традиционной структуры телефонной сети радиально-узлового типа предусматривается организация кольцевых сетей, обеспечивающих экономию кабеля.Можно полагать, что в ВОСП второго поколения усиление и преобразование сигналов в регенераторах будут происходить на оптических частотах с применением элементов и схем интегральной оптики. Это упростит схемы регенерационных усилителей, улучшит их экономичность и надежность, снизит стоимость. В третьем поколении ВОСП предполагается использовать преобразование речевых сигналов в оптические непосредственно с помощью акустических преобразователей. Уже разработан оптический телефон и проводятся работы по созданию принципиально новых АТС, коммутирующих световые, а не электрические сигналы. Имеются примеры создания многопозиционных быстродействующих оптических переключателей, которые могут использоваться для оптической коммутации. На базе ОК и цифровых систем передачи создается интегральная сеть многоцелевого назначения, включающая различные виды передачи информации (телефонирование, телевидение, передача данных ЭВМ и АСУ, видеотелефон, фототелеграф, передача полос газет, сообщений из банков и т. д.). В качестве унифицированного принят цифровой канал ИКМ со скоростью передачи 64 Мбит/с (или 32 Мбит/с). Для широкого применения ОК и ВОСП необходимо решить целый ряд задач.

# 9. Список использованных источников

1.Электронный ресурс -https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5\_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%BD%D0%BE

2. Электронный ресурс - <http://speckomp.com/news/chto_takoe_optovolokno/2015-02-07-910>

3. Электронный ресурс — <http://book.itep.ru/3/optic_32.htm>

4. Электронный ресурс — <http://izmer-ls.ru/opvo.html>

5. Электронный ресурс -<http://22century.ru/tag/%D0%BE%D0%BF%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%BD%D0%BE>

6. Электронный ресурс -http://howitworks.iknowit.ru/paper1109.html  
 7. «Волоконно-оптические системы» Справочник под ред. Гроднева И.И. 1993 г.

8. «Волоконно-оптические линии связи» Справочник под ред. Свечникова С.В., 1999 г.

9. «Фотонные кристаллы и оптические волокна на их основе» Фотон-Экспресс Потапов В.Т. 2003г.