



Волоконно-
оптические
системы передачи

Преподаватель



Буй Павел Михайлович

доцент, к.т.н., доцент кафедры
«Автоматика, телемеханика и связь»

Структура курса

- Тема 1. **Введение;**
- Тема 2. **Преобразование сигналов;**
- Тема 3. **Оптические волокна;**
- Тема 4. **Принципы построения приемных и передающих оптических модулей ВОСП;**
- Тема 5. **Пассивные компоненты ВОСП;**
- Тема 6. **Активные компоненты ВОСП;**
- Тема 7. **Технологии волоконно-оптических сетей.**

Объем дисциплины

- **Лекции** – 34 часа (один раз в неделю);
- **Лабораторные работы** – 14 (16) часов (один раз в 2 недели);
- **Практические работы** – 16 (18) часов (один раз в 2 недели);
- **Расчетно-графическая работа;**

Отчетность:

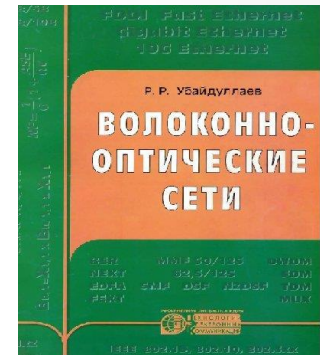
- защита РГР;
- защита лабораторных работ;
- защита практических работ;
- зачет (3 курс);
- экзамен (4 курс).

Литература



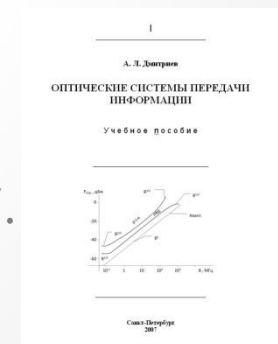
Слепов, Н. Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи / Н. Н. Слепов. – М. : Радио и связь, 2003. – 468 с.

Убайдуллаев, Р. Р. Волоконно-оптические сети / Р. Р. Убайдуллаев. – М. : ЭКО-ТРЕНДЗ, 2000. – 266 с.



Дмитриев, С.А. Волоконно-оптическая техника: Современное состояние и перспективы. / С.А. Дмитриев, Н.Н. Слепов – М.: ООО «Волоконно-оптическая техника», 2005. – 576 с.

Дмитриев, А. Л. Оптические системы передачи информации / А. Л. Дмитриев – СПб : СПбГУИТМО, 2007. – 96 с.



Тема 1

Введение в
волоконно-оптические
системы передачи

Содержание темы

- Краткий исторический очерк развития оптоволоконных сетей связи.
- Достоинства и недостатки оптических систем.
- Этапы развития оптических систем передачи, их достоинства и недостатки.

Основные понятия ВОСП

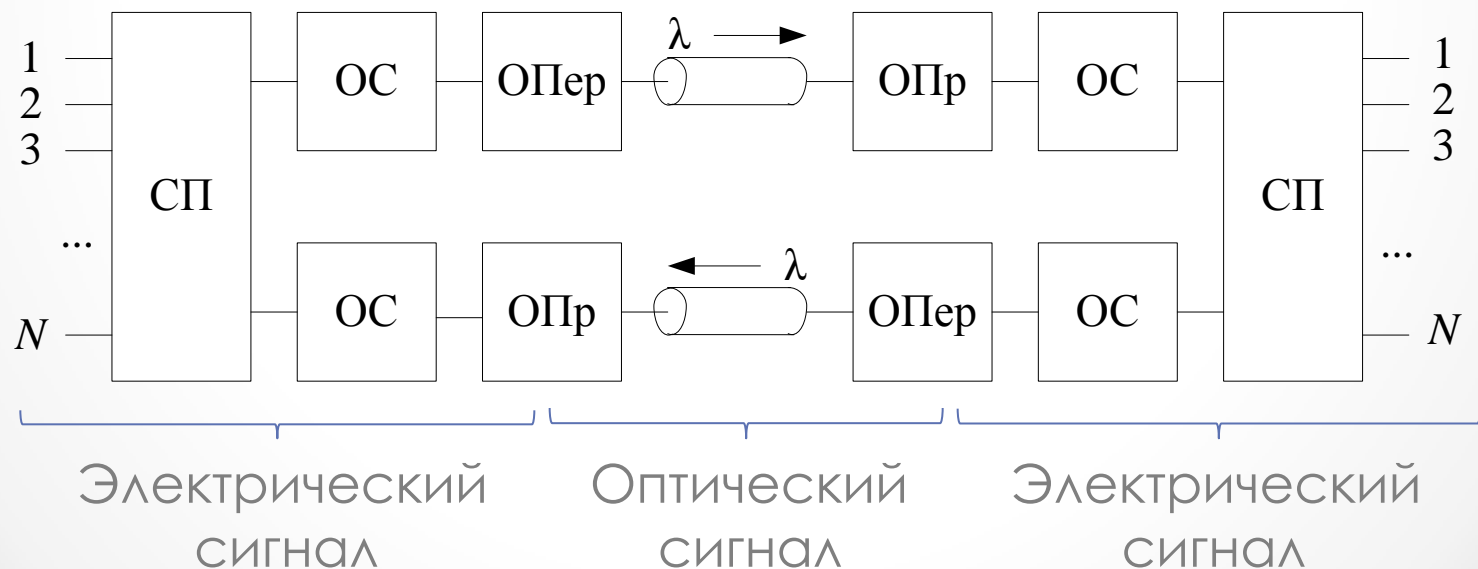
Волоконно-оптическая система передачи (ВОСП) – это вид системы передачи, при котором информация передается по оптическим диэлектрическим волноводам, известным под названием «оптическое волокно» (ОВ).

Волоконно-оптическая сеть – это информационная сеть, связующими элементами между узлами которой являются волоконно-оптические линии связи (ВОЛС).

Технологии волоконно-оптических сетей помимо вопросов волоконной оптики охватывают также вопросы, касающиеся электронного передающего оборудования, его стандартизации, протоколов передачи, вопросы топологии сети и общие вопросы построения сетей.

Основные понятия ВОСП

Волоконно-оптическая линия связи (ВОЛС) – волоконно-оптическая система, состоящая из пассивных и активных элементов, предназначенная для передачи информации в оптическом диапазоне.



История оптических систем передачи

Оптический телеграф:

- днём – **ДЫМ**;
- ночью – **ОГОНЬ**.



В трагедии «**Агамемнон**» **Эсхил** дает детальное описание цепочки сигнальных огней на вершинах гор.

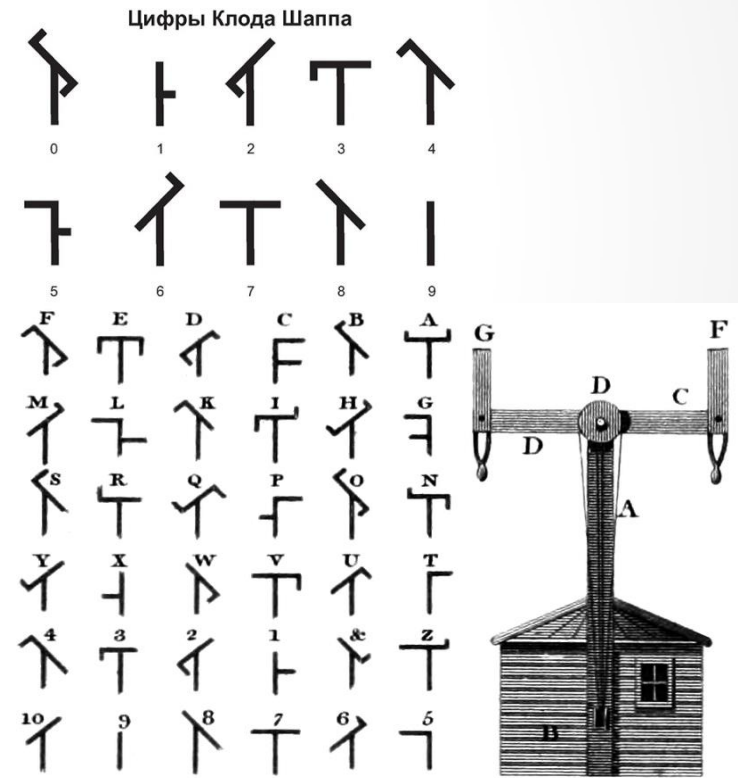
- Волоконно-оптические системы передачи

История оптических систем передачи

В 1790 г. французский инженер **Клод Шапп** изобрел семафоры или **оптический телеграф**.



В романе **Александра Дюма** (отца) «**Граф Монте-Кристо**» главный герой подкупает служащего одной из семафорных башен оптического телеграфа.



История оптических систем передачи

Английский физик **Джон Тиндалл** в 1870 г. продемонстрировал возможность управления светом на основе внутренних отражений.

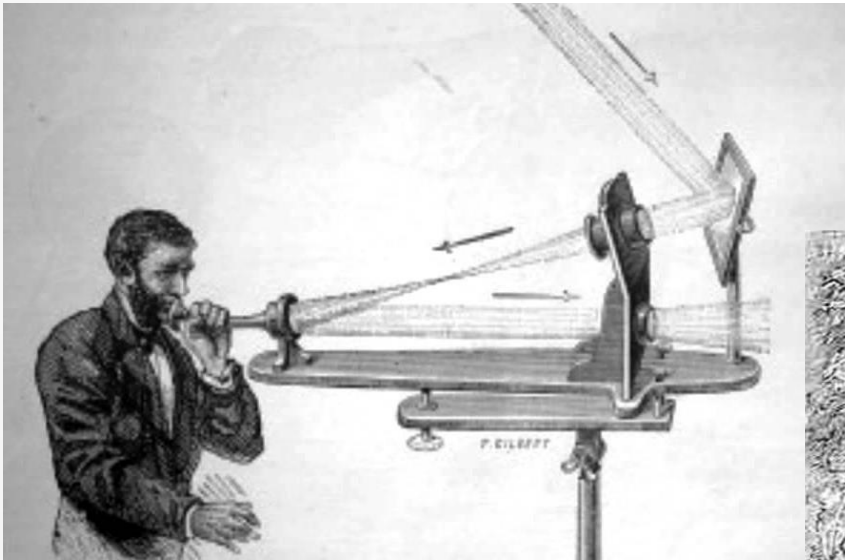
Свет, распространяющийся в струе очищенной воды, может огибать любой угол.



Аналогичное зигзагообразное распространение света происходит и в оптическом волокне.

История оптических систем передачи

В 1882 г. **Александр Грэхем Белл** запатентовал **фотофон**, в котором направленный свет использовался для передачи голоса.



История оптических систем передачи

В начале XX в. были проведены теоретические и экспериментальные исследования диэлектрических волноводов, в том числе гибких стеклянных стержней.

В 1927 г. инженер **Берд** предложил использовать непокрытые волокна при передаче изображений в телевидении.

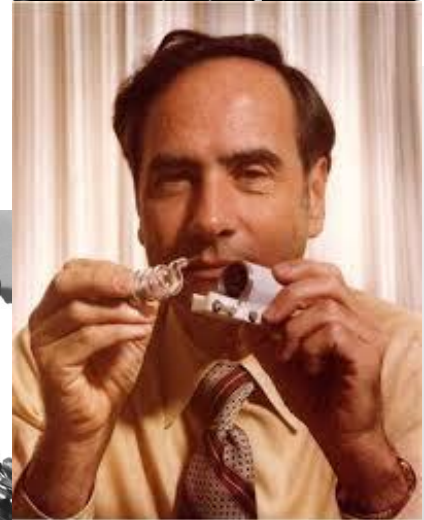
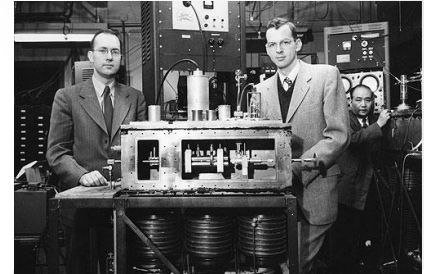
В 1934 г. инженер фирмы AT&T **Норман Френч** впервые запатентовал идею передачи сигналов связи по тонкому стеклянному волокну.

В то время не было доступных прозрачных материалов с достаточно низким ослаблением, чтобы технология оказалась осуществимой.

История оптических систем передачи

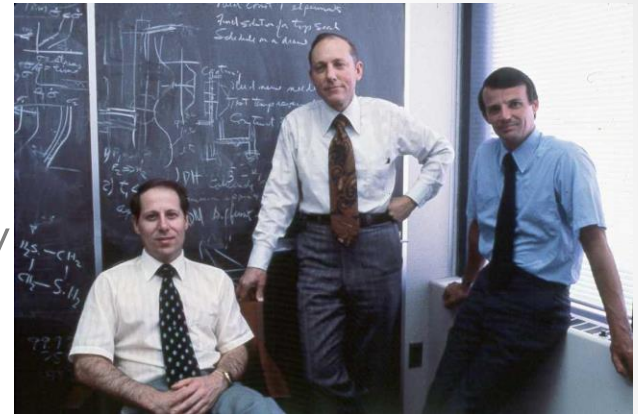
В 1960-х годах ведется активная исследовательская работа с **лазерами**:

- **Чарльз Таунс** продемонстрировал работу гелий-неонового лазера;
- **Александр Прохоров** и **Николай Басов** сконструировали первый микроволновой квантовый генератор – мазер;
- **Теодор Мэйман** создал первый в мире рубиновый лазер;
- **Али Джаван, Уильям Беннетт и Дональд Хэрриот** продемонстрировали первый в мире газовый лазер на смеси гелия и неона, который повсеместно применяется и в наши дни.



История оптических систем передачи

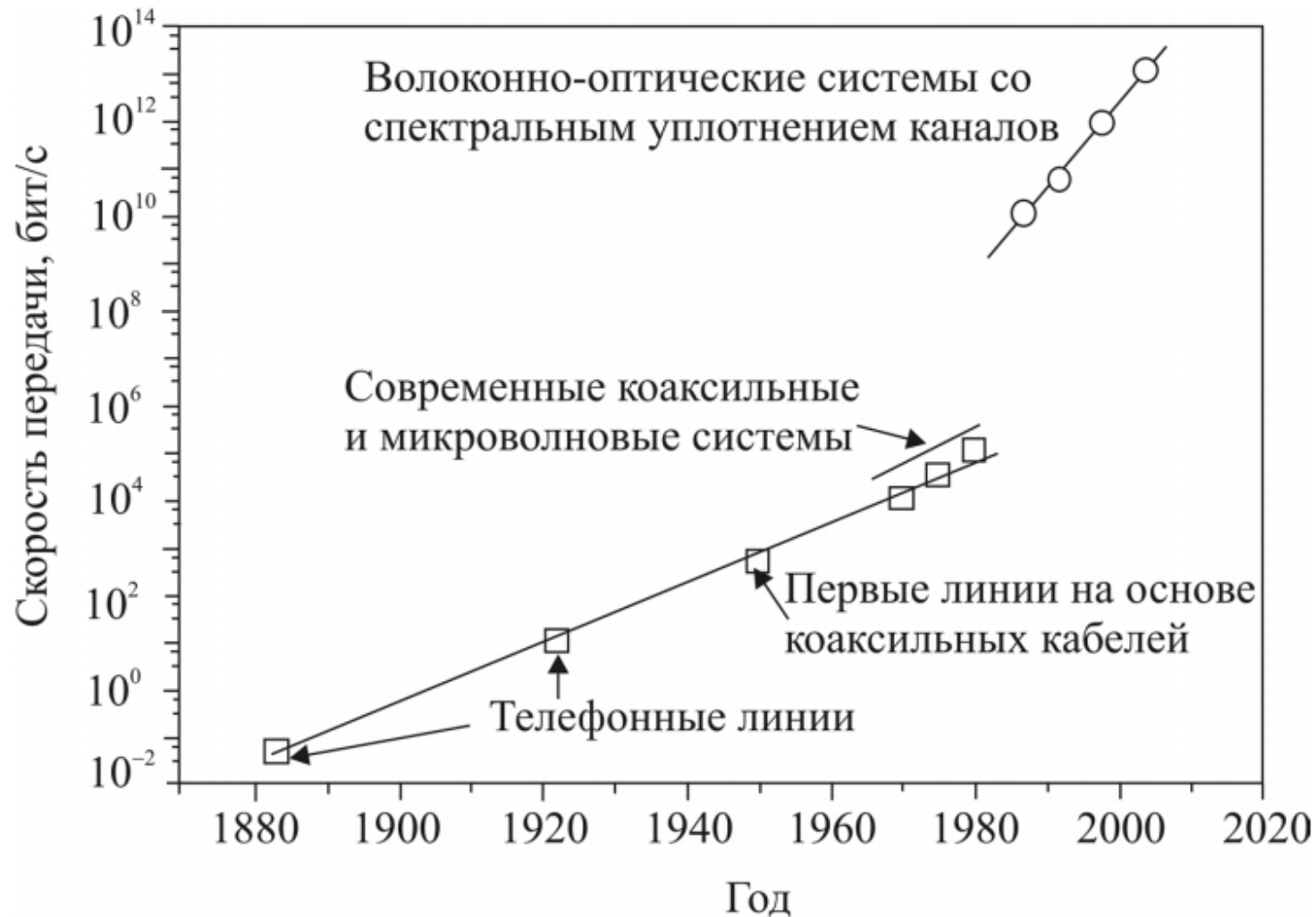
В 1970 г. **Дональд Кек**, **Роберт Маурэр** и **Петер Шульц** изготовили волокна, которые имели потери 20 дБ/км на длине волны 632,8 нм. В том же году **И. Хаяши** с сотрудниками сообщили о лазерном диоде, работающем при комнатной температуре.



В 1983 г. оптическая связь была установлена между Вашингтоном и Бостоном. Эта система связи работала со скоростью передачи **90 Мбит/с**.

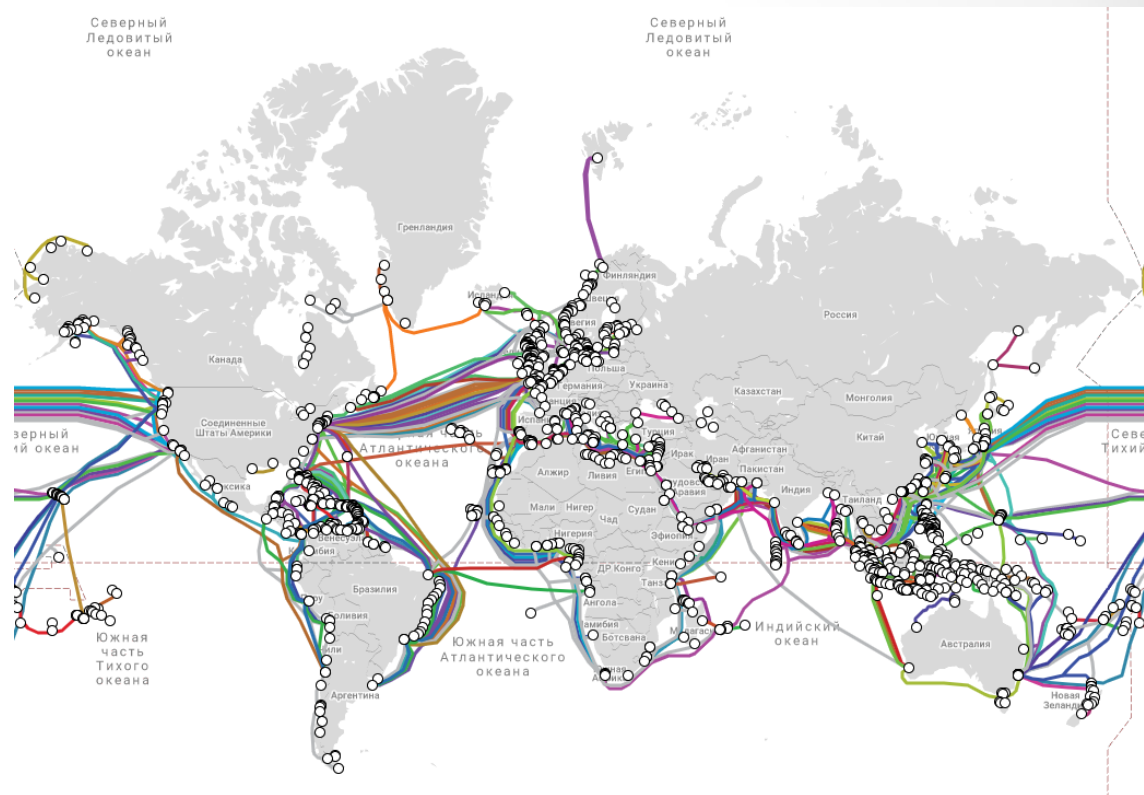
В 2003 году впервые была достигнута скорость передачи сигнала по оптическому волокну около **11 Тбит/с**.

История оптических систем передачи



История оптических систем передачи

В 1988 г. начало действовать первое поколение трансатлантических кабелей на оптических волокнах, которые связывают Европу, Северную Америку и Восточную часть Тихого океана.



На 27 августа 2020 года зарегистрировано 475 подводных кабелей по данным <https://www.submarinecablemap.com/>

История оптических систем передачи

Основные производители и поставщики оптических волокон на мировой рынок:

- Corning, OFS (США);
- Alcatel (Франция);
- Furukawa, Fujikura, Sumitomo (Япония);
- Draka (Дания);
- Samsung, LG (Южная Корея);
- Pirelli (Италия).



Суммарная доля данных компаний в мировом объеме производства оптического волокна на сегодняшний день составляет около 90%.

История оптических систем передачи

Потребление ОВ в странах СНГ:

- Потребители волоконно-оптических систем без собственного производства ОВ и ОК (**Азербайджан, Армения, Киргизия, Молдавия, Таджикистан, Туркмения, Узбекистан**);
- Страны с собственным производством ОК при отсутствии производства оптических волокон (**Республика Беларусь, Казахстан и Украина**);
- Россия, которая имеет 20 заводов по производству ОК и ограниченное производство ОВ с постепенным наращиванием мощностей по волокну.

Страны СНГ: Азербайджан, Армения, Республика Беларусь, Казахстан, Киргизия, Молдавия, Россия, Таджикистан, Узбекистан.

Ассоциация: Туркмения, Украина. Наблюдатели: Афганистан, Монголия.

28 августа 2018 г. Украина закрыла представительство при уставных органах СНГ, однако руководящие органы СНГ продолжают считать Украину де-юре государством-участником СНГ.

Особенности ВОСП

Физические особенности:

- **широкополосность оптических сигналов**, обусловленная чрезвычайно высокой частотой несущей ($F_0 = 10^{14}$ Гц). Это означает, что по оптической линии связи можно передавать информацию со скоростью порядка 10^{12} бит/с или Тбит/с;
- **очень малое** (по сравнению с другими средами) **затухание оптического сигнала в волокне**. Лучшие образцы эксплуатируемого волокна имеют затухание 0,22 дБ/км на длине волны 1,55 мкм, что позволяет строить линии связи длиной до 100 км без регенерации сигналов.

Экспериментальные фтороцирконатные волокна имеют затухание порядка 0,02 дБ/км на длине волны 2,5 мкм (длина регенерационного участка 4600 км при скорости передачи порядка 1 Гбит/с).

Особенности ВОСП

Технические особенности:

- **волокно изготовлено из кварца**, основу которого составляет двуокись кремния, широко распространенного, а потому недорогого материала, в отличие от меди;
- **оптические волокна имеют диаметр около 100 мкм**, что делает их перспективными для использования в авиации, приборостроении, в кабельной технике;
- **стеклянные волокна – не металл**, при строительстве систем связи автоматически достигается гальваническая развязка сегментов;
- системы связи на основе оптических волокон **устойчивы к электромагнитным помехам**, а передаваемая по световодам информация **защищена от несанкционированного доступа**.

Достоинства использования ВОСП

- широкая полоса пропускания;
- малое затухание светового сигнала в волокне;
- высокая помехозащищённость;
- малый вес и объём, малая масса и габаритные размеры;
- высокая защищённость от несанкционированного доступа;
- высокая помехоустойчивость, нечувствительность к внешним электромагнитным полям и практически отсутствие перекрестных помех между отдельными волокнами, уложенными вместе в кабель;
- полная электрическая изоляция между входом и выходом системы связи;
- отсутствие коротких замыканий;
- потенциально низкая стоимость.

Недостатки использования ВОСП

- подверженность волоконных световодов радиации, за счет которой появляются пятна затемнения и возрастает затухание;
- относительно малая стойкость к механическим воздействиям, чувствительность к загрязнениям;
- водородная коррозия стекла, приводящая к микротрещинам световода и ухудшению его свойств.