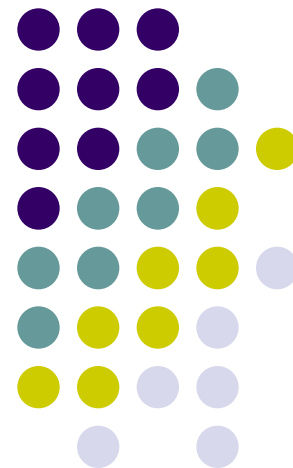
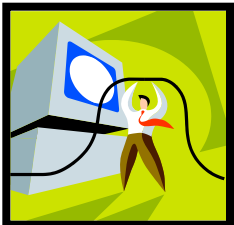


Волоконно-оптические усилители и кабели



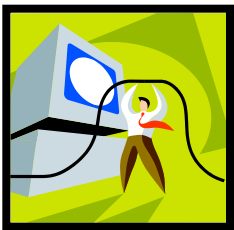
Выполнил:
Куроптев Вадим,
гр. 21616



История вопроса



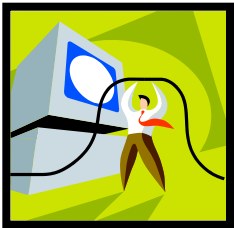
- ❖ Через каждые 50–100 км волоконно-оптического тракта происходит ослабление оптического сигнала на 10–20 дБ → требуется его восстановление
- ❖ Регенератор – единственный способ компенсации потерь в линиях связи до начала 90-х гг
- ❖ Пропускная способность сети или линии дальней связи с регенераторами ограничена возможностями электроники



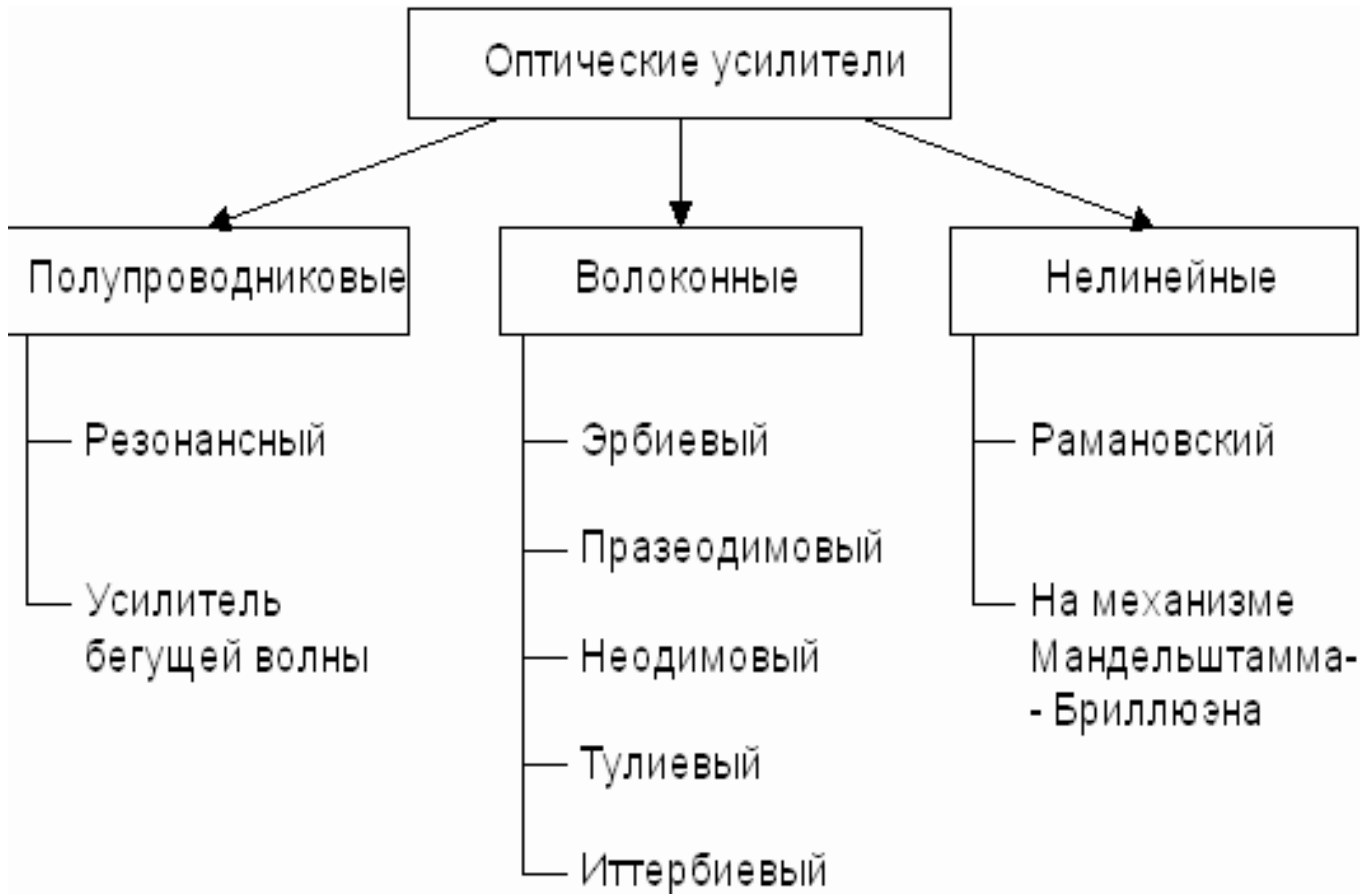
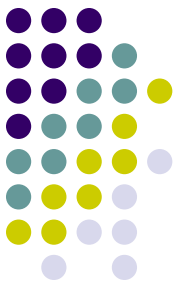
Принцип оптического усиления

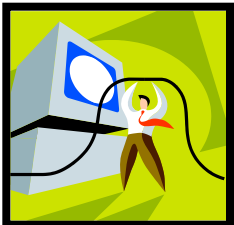


- ❖ Усиление света в оптических системах осуществляется за счет энергии внешнего источника
- ❖ Основой усилителя является активная физическая среда, в которой благодаря энергетической подкачке увеличивается мощность излучения
- ❖ Накачка этих сред осуществляется непрерывно или импульсно
- ❖ При усилении может происходить преобразование спектра входного сигнала, т.е. выходной сигнал может быть смещен по частоте



Классификация

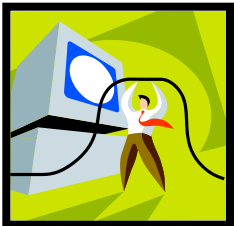




Требования



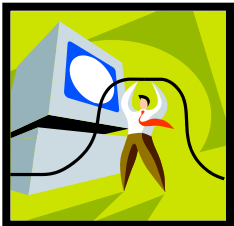
- ❖ высокий коэффициент усиления в заданном диапазоне оптических частот;
- ❖ малые собственные шумы;
- ❖ нечувствительность к поляризации;
- ❖ хорошее согласование с волоконно-оптическими линиями;
- ❖ минимальные нелинейные и линейные искажения оптических сигналов;
- ❖ большой динамический диапазон входных сигналов;
- ❖ требуемое усиление многочастотных (многоволновых) оптических сигналов;
- ❖ длительный срок службы;
- ❖ минимальная стоимость



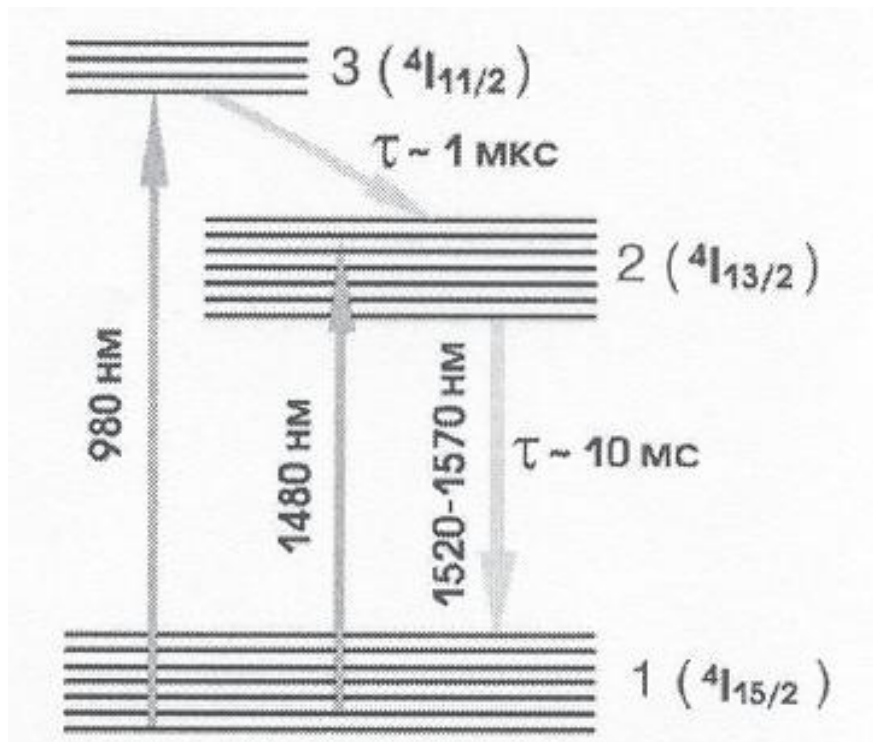
Свойства эрбиевых усилителей



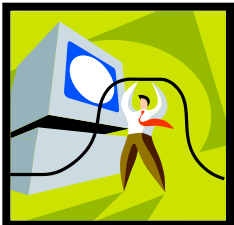
- ❖ Возможность одновременного усиления сигналов с различными длинами волн
- ❖ Непосредственное усиление оптических сигналов, без их преобразования в электрические сигналы и обратно
- ❖ Практически точное соответствие рабочего диапазона эрбиевых усилителей области минимальных оптических потерь световодов на основе кварцевого стекла
- ❖ Низкий уровень шума и простота включения в волоконно-оптическую систему передачи



Принцип работы эрбиевого усилителя



Усиление света при вынужденном излучении на схеме уровней энергии эрбия в кварцевом стекле



Принцип работы эрбиевого усилителя

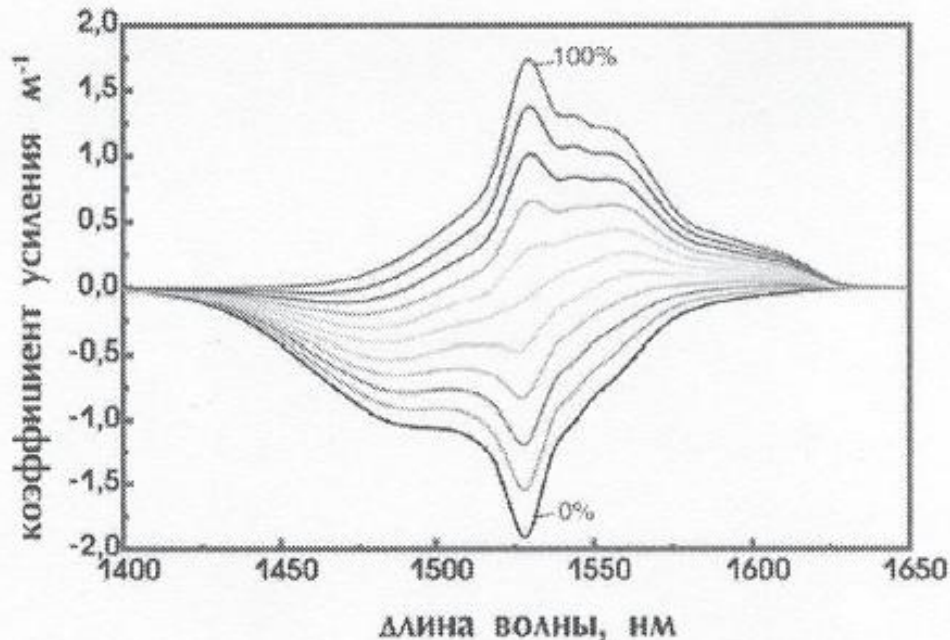


- ❖ Не все ионы эрбия обеспечивают усиление. Часть ионов находится на уровне 1, и эти ионы, взаимодействуя с фотонами, энергия которых совпадает с энергией перехода, поглощают их, переходя на уровень 2. При этом спектр усиления практически совпадает со спектром поглощения.
- ❖ Инверсия населенностей между уровнями 2 и 1 - необходимое условие усиления света
- ❖ Мощность накачки оптического усилителя, при которой населенность уровней 1 и 2 равны, называется *пороговой мощностью*

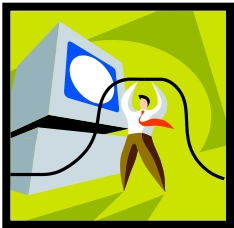


Спектры поглощения/усиления

Ниже представлены спектры поглощения/усиления при различных значениях относительной населенности уровня 2. Нижняя кривая – в отсутствии накачки. Все частицы находятся в основном состоянии, населенность уровня 2 соответствует «отрицательному усилению», т.е. поглощению. По мере увеличения мощности накачки все большее число активных ионов переходит в возбужденное состояние. Это приводит сначала к уменьшению коэффициента поглощения, а затем к усилению света



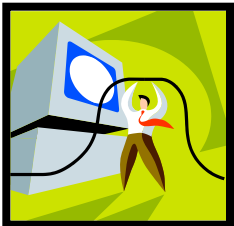
Спектральная зависимость усиления/поглощения эрбиевого волокна при различных значениях относительной населенности метастабильного уровня энергии



Дополнительные свойства ЭВОУ



- *Наличие пороговой мощности накачки.*
При превышении пороговой мощности накачки начинается усиление сигнала. Величина её порядка мВт.
- *Необходимость выбора оптимальной длины эрбиевого волокна* (при которой усиление максимально). При длине волокна $>$ оптимальной в дальних участках волокна будет наблюдаться поглощение сигнала, а при длине $<$ оптимальной – излучение накачки используется не полностью. Оптимальная длина эрбиевого волокна зависит от частоты усиливаемого сигнала. Чем меньше частота сигнала, тем более длинный отрезок эрбиевого волокна соответствует максимальному усилению.
- *Спонтанное излучение.* Появляется при отсутствии усиливаемого сигнала, когда ионы эрбия переходят в основное состояние самопроизвольно, излучая фотоны. В рабочем режиме при наличии усиливаемого сигнала часть возбужденных ионов также переходит в основное состояние спонтанно, при этом спонтанное излучение усиливается. Усиленное спонтанное излучение является основным источником шумов, а также ограничивает коэффициент усиления, особенно в случае слабого сигнала



Упрощенная схема ЭВОУ



Оптическая накачка, необходимая для перевода ионов эрбия в возбужденное состояние, осуществляется на длинах волн, соответствующих одной из их полос поглощения. Ниже приведены значения эффективностей использования накачки

Эффективность использования накачки

Длина волны накачки, нм	Максимальная эффективность накачки, дБ/мВт
980	11
1480	6.3
664	3.8
532	2.0
827	1.3

Наибольшая эффективность использования накачки достигается на длинах волн 980 и 1480 мкм. Именно этот факт дал мощный толчок развитию полупроводниковой техники высоких мощностей. В настоящее время разработаны устройства накачки с мощностью в несколько сотен мВт



Для объединения входного оптического сигнала и излучения накачки используются мультиплексоры. Необходимыми элементами оптических усилителей являются оптические изоляторы – устройства, пропускающие световые сигналы только в одном направлении.

Оптические изоляторы на входе и выходе усилителя применяются для того, чтобы предотвратить проникновение в усилитель паразитных отраженных от неоднородностей линии связи сигналов. Отраженные сигналы, усиленные в эрбиевом волокне, являются источником шумов, ухудшающих работу усилителя.

Существуют схемы усилителя представляет собой вариант схемы с попутной накачкой, когда сигнал и излучение накачки распространяются в одном и том же направлении. Возможным является вариант со встречной накачкой, а также применение накачки в двух направлениях. Двухнаправленная накачка позволяет использовать два источника накачки, повышая суммарную мощность накачки.

Изготовление усилителей

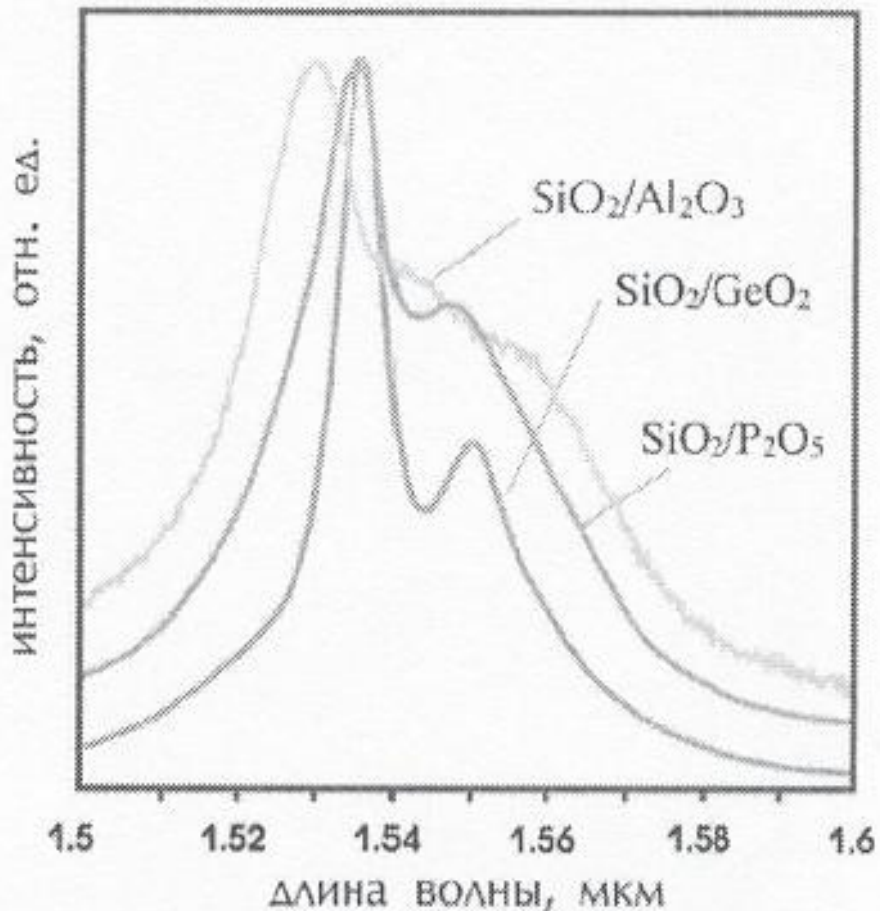


Усилительной средой усилителя является эрбиевое волокно – волоконный световод с примесями ионов эрбия. Изготавливаются такие световоды теми же методами, что и световоды для передачи информации, с добавлением промежуточной операции пропитки не проплавленного материала сердцевины раствором солей эрбия либо операции легирования ионами эрбия из газовой фазы непосредственно в процессе осаждения сердцевины.

Волноводные параметры эрбиевого волоконного световода делают сходными с параметрами световодов, используемых для передачи информации, в целях уменьшения потерь на соединения.

Принципиальным является выбор легирующих добавок, формирующих сердцевину активного световода, а также подбор концентрации ионов эрбия. Различные добавки в кварцевое стекло изменяют характер штарковского расщепления уровней энергии ионов эрбия. В свою очередь это приводит к изменению спектров поглощения и излучения

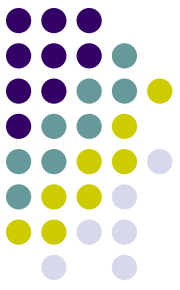
Ниже представлены спектры излучения ионов эрбия в кварцевом стекле, легированном различными добавками. Видно, что наиболее широкий спектр излучения (а значит, и спектр усиления) достигается при использовании в качестве добавки алюминия. Поэтому этот элемент стал необходимой составляющей материала сердцевины эрбиевых волоконных световодов. Концентрация ионов эрбия в сердцевине оптического волокна фактически определяет его длину.



На практике концентрация ионов эрбия составляет $10^{18} - 10^{20} \text{ см}^{-3}$, что обеспечивает длину используемого активного световода от нескольких единиц до нескольких десятков метров.

Спектры излучения ионов эрбия в кварцевом стекле с различными добавками

Основные параметры волоконных усилителей



Для **практического использования** в системах волоконно-оптической связи наибольшее значение имеют **следующие параметры эрбиевых усилителей**:

- коэффициент усиления;
- выходная мощность сигнала и энергетическая эффективность накачки;
- шум-фактор и мощность усиленного спонтанного излучения;
- спектральная ширина и равномерность полосы усиления.

Коэффициент усиления G определяется как отношение мощности сигнала на выходе

оптического усилителя к мощности сигнала на его входе с учетом дополнительных потерь на

мультиплексоре и в оптическом изоляторе. В технических спецификациях коэффициент

усиления выражают в децибелах $g[\text{дБ}] = 10 \lg G$.

Если мощность входного и выходного сигналов также выражена в логарифмических

единицах, то коэффициент усиления равен разности мощностей выходного и входного

сигналов.

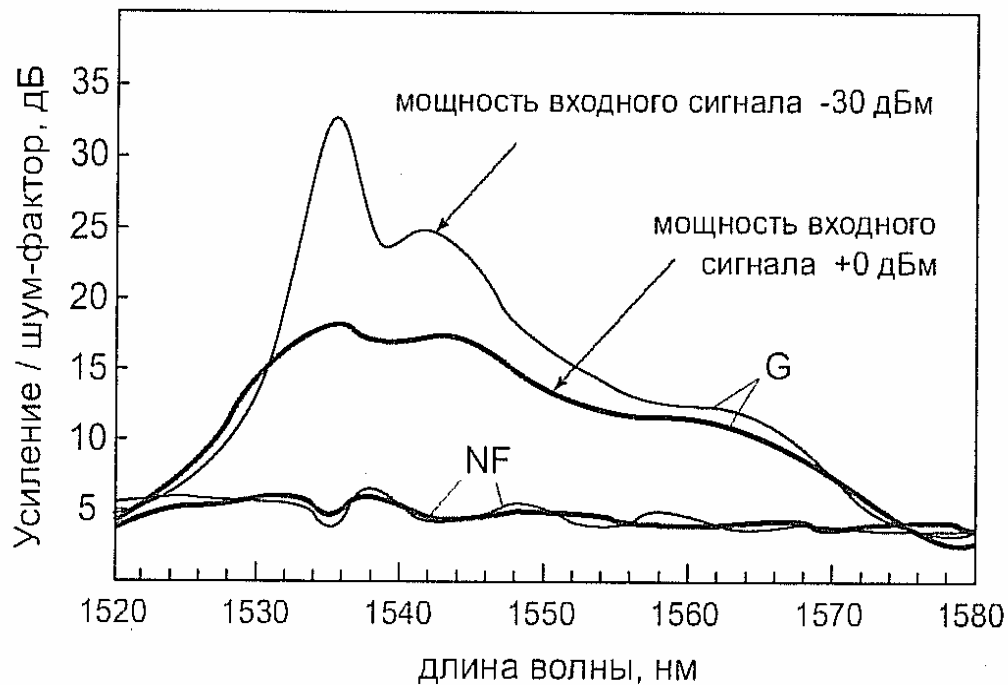
В лабораторных условиях достигнуто усиление 50 дБ. В серийных эрбиевых усилителях

значения коэффициента усиления слабого сигнала находятся в районе 30 дБ.



Шум-фактор. Основным источником шума в усилителе на волокне, легированном эрбием, является спонтанное излучение. Это спонтанное излучение усиливается и повторно поглощается по всей длине усилителя. Для характеристики качества оптического усилителя используется параметр, получивший название шум-фактор. Величина шум-фактора является мерой ухудшения отношения сигнал/шум входного когерентного сигнала при прохождении через оптический усилитель.

Уровень шума при использовании накачки на длине волны 1480 нм выше, чем при использовании накачки на длине волны 980 нм. При длине волны 980 нм населенность основного уровня 1 может быть снижена практически до нуля. Излучение накачки на длине волны 1480 нм само эффективно взаимодействует с ионами эрбия, находящимися на метастабильном уровне энергии 2, поэтому населенность уровня 1 не может быть снижена до нуля.



При накачке во встречном по отношению к сигналу направлении шум-фактор также несколько выше, чем при сонаправленной накачке. На рис. 5 представлены спектральные зависимости шум-фактора при двух значениях входного сигнала - -30 дБм и -0,5 дБм. Видно, что данная величина не превышает уровня 5 дБ в диапазоне 60 нм.

Спектральная зависимость коэффициента шума и усиления эрбиевого усилителя для двух значений входного сигнала



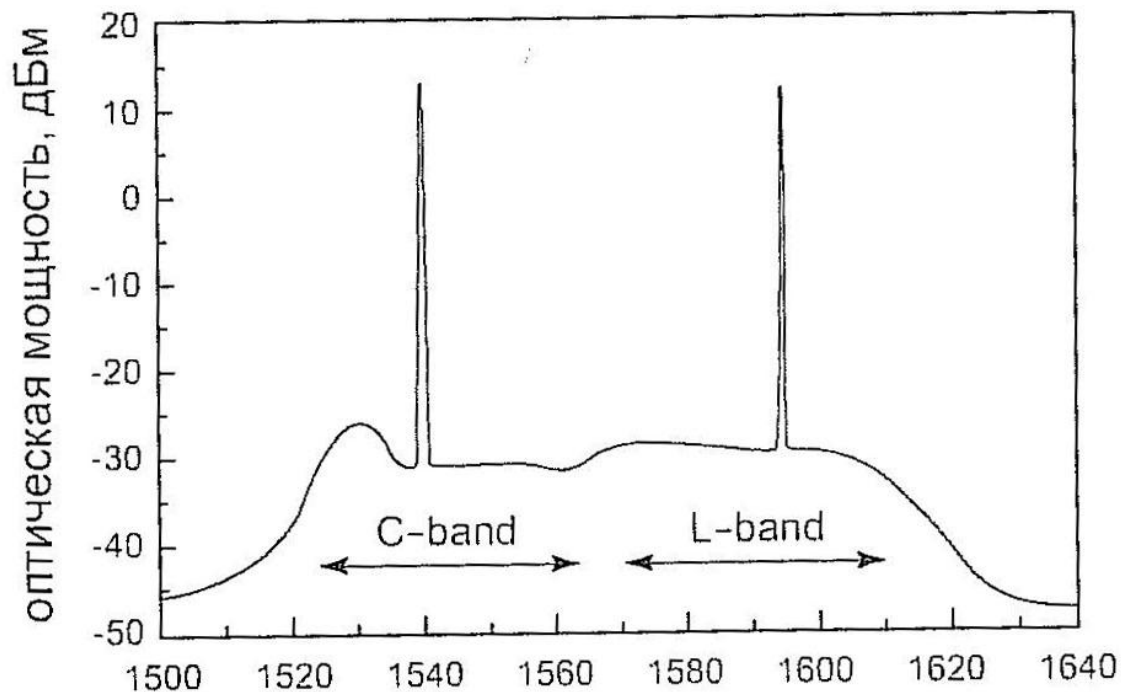
Ширина и равномерность полосы усиления. Ширина полосы усиления показывает диапазон длин волн, в котором значение усиления не ниже некоторого граничного уровня. Как правило, этот уровень составляет -3 дБ от максимального значения коэффициента усиления.

Ширина полосы усиления определяется спектром излучения ионов эрбия в материале сердцевины оптического волокна. Наиболее широким спектром излучения обладают ионы эрбия в алюмосиликатном стекле. Ширина полосы усиления для традиционной конфигурации усилителя составляет примерно 30 нм (1530 - 1560 нм).

Для многоканальных волоконно-оптических систем со спектральным мультиплексированием этот параметр является принципиальным. Поскольку в настоящее время число каналов достигает 100 и практически трудно реализовать разделение отдельных спектральных каналов с интервалами менее чем 0,4 нм, то ширина спектра усиливаемого излучения может превышать 40 нм. В этих условиях ширина полосы усиления начинает оказывать определяющее влияние на число спектральных каналов, используемых для передачи информации, а значит, и на общую информационную пропускную способность волокна.

Эта полоса усиления имеет название стандартного диапазона или С-диапазона.
Как видно, интенсивность люминесценции имеет заметное значение вплоть до 1600 нм. При этом поглощение в области 1560 - 1600 нм падает очень быстро, что позволяет

использовать и этот диапазон для усиления световых сигналов. Таким образом, оказывается возможным усиление в так называемом длинноволновом диапазоне или L-диапазоне, если использовать длинное эрбиевое волокно. Поэтому перед усилением оптические сигналы разделяются по диапазонам С и L, и для каждого используется свой усилитель



Спектральные характеристики двухдиапазонного усилителя



Дальнейшее расширение рабочего спектрального диапазона эрбиевых усилителей связано с использованием области 1480 -1530 нм, или S-диапазона (коротковолновый диапазон). Интенсивность люминесценции ионов эрбия в этой области не меньше, чем в L-диапазоне, однако существенным является сильное поглощение сигнала. Эта проблема решается использованием более мощных источников накачки по сравнению с другими усилителями. Вторая проблема выглядит более серьезной и связана она с сильной конкуренцией между усилением сигнала в S-диапазоне и спонтанным излучением в C-диапазоне.

В последнее время опубликованы несколько работ, в которых показана возможность усиления в S-диапазоне при использовании фильтров или введении изгибных потерь в диапазоне 1530 - 1560 нм для подавления усиленного спонтанного излучения.

Другое направление исследований в области расширения полосы усиления эрбиевых усилителей связано с поиском материала сердцевины волокна, позволяющего расширить спектр люминесценции. Так, в последнее время появился значительный интерес к эрбиевым волокнам на основе теллуричного стекла. Однако усилители на основе теллуричного волокна пока находятся на стадии лабораторных исследований.



Важной характеристикой усилителя в системах связи со спектральным разделением каналов (WDM) **является равномерность коэффициента усиления в пределах рабочего спектрального диапазона**. Как видно, неравномерность коэффициента усиления слабого сигнала может превышать 10 дБ в пределах одной спектральной полосы. В рабочих условиях неравномерность коэффициента усиления уменьшается из-за повышения суммарной мощности оптического сигнала. Тем не менее при прохождении в длинной линии через ряд усилителей суммарная неоднородность усиления может привести к потере информации в каналах с меньшим усилением. Таким образом, актуальным является **сглаживание спектра усиления**.

Для этого в схему усилителя обычно вводятся спектрально селективные поглощающие фильтры. Одним из популярных видов фильтра является фотоиндуцированная длиннопериодная решетка. Такие решетки изготавливают путем пространственно периодического облучения сердцевины световода ультрафиолетовым излучением через его поверхность. Спектр и интенсивность поглощения задаются периодом решетки и временем облучения световода. Применение сглаживающих фильтров, изготовленных с использованием этой техники, позволяет уменьшить вариации коэффициента усиления до десятых долей дБ

Примеры волоконно-оптических усилителей



Волоконные эрбиевые усилители обеспечивают “прозрачное” усиление произвольно поляризованного оптического сигнала в С-диапазоне (1535-1565 нм) с максимальной выходной мощностью до 25 дБм на один спектральный канал. В усилителях используется уникальная технология накачки мощными многомодовыми диодами специального волокна легированного эрбием. Усилители на основе эрбиевого волокна имеют малый шум-фактор, что позволяет передавать оптический сигнал на большие расстояния без его регенерации.

Малый шум-фактор позволяет также строить на основе EDFA эффективные предусилители для сигнала с уровнем мощности до -40 дБм.

Варианты исполнения усилителей (по выходной оптической мощности):

- 20 мВт (предусилитель)
- 60 мВт
- 100 мВт
- 200 мВт
- 350 мВт
- 400 мВт
- 500 мВт

Технические характеристики:



Максимальная выходная оптическая мощность	25дБм
Диапазон входной оптической мощности	-14... 6
Спектральная неравномерность	<±0.8 дБ
Стабильность мощности (более 10 часов)	<±0.01 дБ
Остаточная поляризация	<±0.2 дБ
Изоляция на выходе	40 дБ
Рабочая температура	0 °С ... 50 °С
Температура хранения	-40°С... 70°С
Влажность	0 - 95%
Время прогрева	
до начала работы	< 1 мин
до полной стабилизации	5 мин

БОУ имеют три модификации:

1. Усилитель мощности, используемый для увеличения уровня оптического сигнала на входе волоконно-оптической связи (ВОЛС)
2. Предварительный усилитель для увеличения чувствительности фотоприёмного устройства
3. Линейный усилитель, используемый вместо оптического регенератора

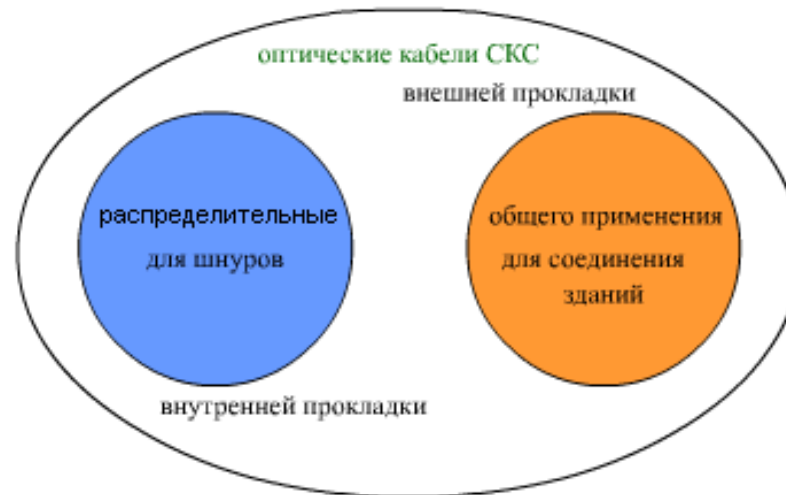
ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ КАБЕЛИ



Волоконно-оптические кабели (ОК), применяемые в системах кабельной связи (СКС), предназначены для передачи оптических сигналов внутри зданий и между ними.

В зависимости от области применения ОК подразделяются на три основных класса:

- кабели внешней прокладки (outdoor cables);
- кабели внутренней прокладки (indoor cables);
- кабели для шнуров.



Оптический кабель состоит из скрученных по определенной системе оптических волокон из кварцевого стекла (световодов), заключенных в общую защитную оболочку.

Классификация типов волоконно-оптических кабелей



По типу оптических волокон:

- с одномодовыми волокнами (SM);
- с многомодовыми волокнами (MM);
- комбинированный (SM+MM);

По огнестойкости оболочки:

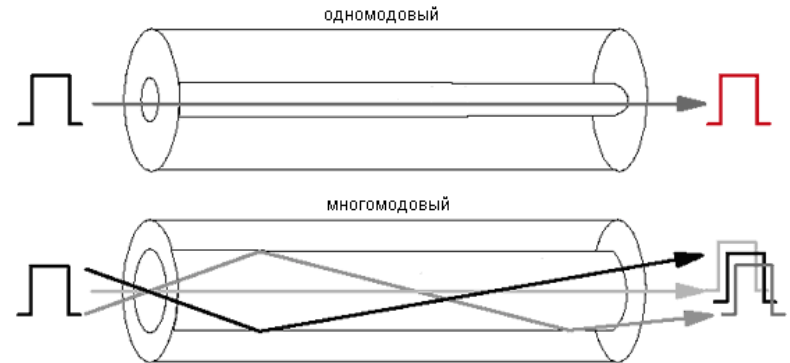
- с горючей оболочкой;
- с негорючей оболочкой;

По назначению:

- магистральные;
- зональные;
- городские;

В отдельные группы выделяется:

- подводные;
- объектовые;
- монтажные.



Кабель медный
негорючий

Примеры оптических кабелей

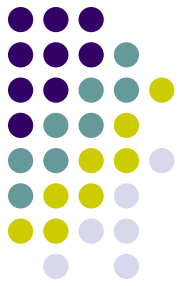
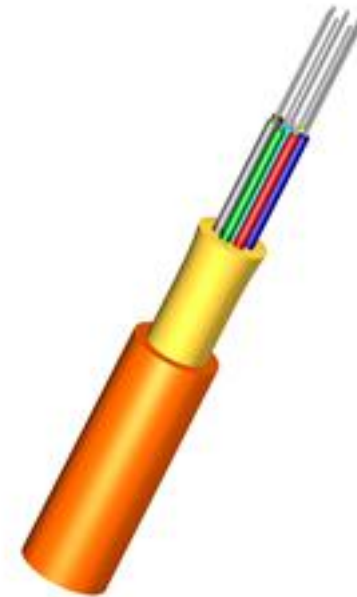
Кабель для прокладки в грунт



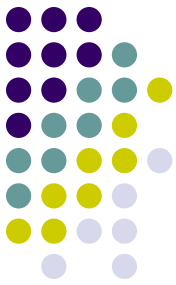
Подвесной кабель



Кабель для локальных сетей

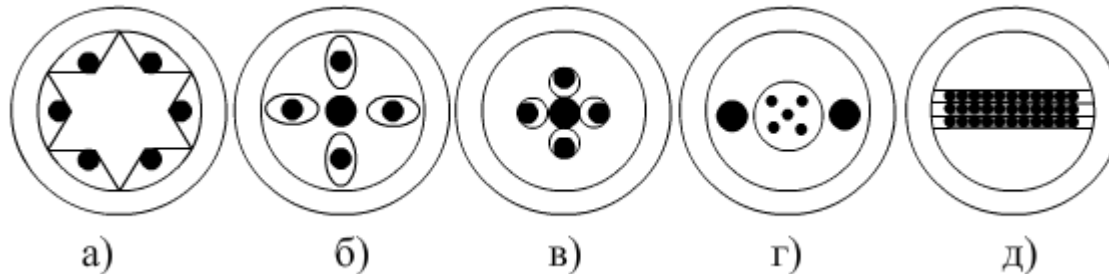


Примеры оптических кабелей



Элементы конструкции оптических кабелей

Сердечник кабеля



Типовые конструкции сердечников оптических кабелей:
а), б) с профилированным сердечником
в) модульная
г) с центральной трубкой
д) ленточная

Упрочняющие (силовые) элементы кабеля

Силовые элементы повышают механическую прочность кабеля. В ходе прокладки и после нее силовые элементы принимают на себя растягивающие напряжения, защищая от них волокно.

- Стальная проволока;
- Медная, алюминиевая или свинцовая трубка;
- Стекловолокно;
- Арамидные нити (воздушные кабели).

Элементы конструкции оптических кабелей

Оболочка кабеля

Защитные покровы должны предохранять сердечник оптического кабеля от:

- механических воздействий;
- тепловых воздействий;
- химических воздействий;
- воздействий влаги.



Для защиты от воздействия внешней среды и механических повреждений в процессе прокладки ОК и его эксплуатации кабельный сердечник защищается наружной оболочкой. В общем случае в конструкциях ОК используется 4 варианта оболочек:

- полиэтиленовая,
- алюмополиэтиленовая,
- поливинилхлоридная,
- из безгалогенного материала, не распространяющего горение.

Применяемые виды полимеров обладают различными термическими, механическими и электрическими свойствами. Прочность, стойкость к воздействию химикатов и воспламеняемость у них также различная.

Таким образом, правильный выбор материала для каждого конкретного изделия имеет большое значение.

Защита от влаги

Вода воздействует на стекло, уменьшая тем самым срок службы волокон. При замерзании вода **способна повредить элементы кабелей и привести к нарушению связи.**

Лучший способ избежать повреждений, вызываемых водой и повышенной влажностью, заключается в заполнении пространства между волокнами, модулями, волоконно-оптическими лентами и оболочкой *водонепроницаемым наполнителем.*

Другая проблема – это **явление роста оптического затухания волокна из-за поглощения атомами водорода.** Для защиты от воздействия атомарного водорода используют оболочку, выполненную из металлизированной фольги или алюмополиэтиленовой ленты. В глубоководных кабелях применяют специальную алюминиевую или медную трубку, в более дешевых конструкциях, для прокладки в реках, болотах используют алюмополиэтиленовую ленту.

Защита от грызунов

Для защиты от грызунов в кабелях применяется оболочка, усиленная гофрированной стальной лентой. При этом стальная лента накладывается непосредственно на сердечник по его длине, а сверху наносится полиэтиленовая оболочка.



Механические характеристики кабелей ВОЛС

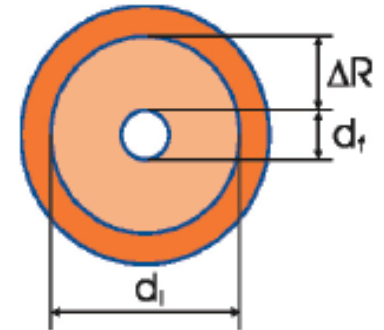
Деформация растяжения и сжатия

Наряду с изгибом необходимо ограничивать растяжение и сжатие световодов в модулях, чтобы не возникали недопустимые изменения передаточных характеристик и повреждения световодов. Световоды в модулях со свободной укладкой волокон могут свободно передвигаться внутри оболочки. В ненагруженном состоянии они располагаются в центре модуля, и их зазор (по отношению к защитной оболочке модуля) определяется с учетом внутреннего диаметра d_i оболочки модуля и наружного диаметра d_f световода.

Если в модуле находятся несколько световодов, за наружный диаметр d_f следует принять диаметр воображаемой окружности, охватывающей световоды как можно плотнее.

Относительное изменение длины волоконно-оптического кабеля, т. е. допустимое удлинение e_K или сжатие $e_{КТ}$ (сжатие, обусловленное температурой) кабеля с повивной скруткой радиусом R и шагом S равно:

$$e = -1 + \sqrt{1 + \frac{4p^2 R^2}{S^2} \left(2 \frac{\Delta R}{R} \pm \frac{\Delta R^2}{R^2} \right)},$$



Механические характеристики кабелей ВОЛС



Чтобы вычислить **максимально допустимое растягивающее усилие** F_{\max} необходимо знать площади поперечного сечения A материалов, используемых в кабеле, и значения их модуля Юнга E (модуля продольной упругости). Тогда сумма всех произведений $E_i A_i$, умноженных на максимально допустимое удлинение кабеля e_{KT} , дает максимальное растягивающее усилие для кабеля, при котором световоды не подвергаются механическому напряжению:

$$F_{\max} = \sum_i E_i A_i e_K$$



Различное положение волокон в модуле

Без какого-либо напряжения длина световода и оболочки одинаковая (1). *При растяжении за счет растягивающего напряжения* волоконно-оптического кабеля световод смещается в направлении внутренней стороны полой оболочки (2), *при охлаждении* кабеля происходит его сжатие, и световод движется к внешней стороне полой оболочки (3).

Механические характеристики кабелей ВОЛС

Монтажные характеристики.

Монтаж ОК должен производиться в соответствии с инструкциями и соблюдением всех допустимых значений параметров кабеля. Наиболее жесткие ограничения накладываются на следующие параметры:

- **минимальный радиус изгиба;**

Минимальный радиус изгиба определяется необходимостью предотвращения повреждения кабеля в месте изгиба.

- **минимальная температура при проведении монтажных работ;**

Типичные значения минимальных температур:

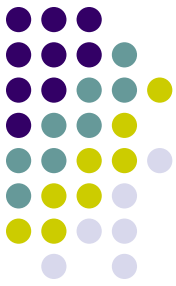
1. -15°C для кабелей, предназначенных для прокладки в кабельной канализации и непосредственно в грунте;
2. -15°C для подвесных кабелей;
3. -5°C для внутриобъектовых кабелей;

- **растягивающая нагрузка;**

Максимальная растягивающая нагрузка не должна быть превышена, чтобы механическое напряжение волокон во время монтажа оставалось ниже своего допустимого максимального значения

- **раздавливающая нагрузка;**

Чрезмерное давление приводит к механическим напряжениям в волокнах и микроизгибам, которые уменьшают срок службы волокна и увеличивают потери.



Кабельная арматура и оборудование



Муфты

Муфты предназначены для соединения оптических кабелей и подвесных кабелей на воздушных линиях связи.



Оптические соединители

Оптические соединители используются для подключения оптического кабеля к различным устройствам.



Коммутационно-распределительные устройства

К коммутационно-распределительным устройствам относятся настенные соединительные коробки, соединительные модули. Они предназначены для коммутации многожильного ОК и оконечного оборудования с помощью соединительных шнуров.



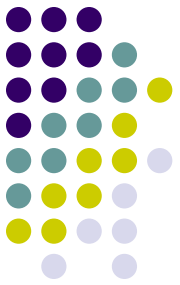
Кабельная арматура и оборудование

Оптические разветвители, аттенюаторы, адаптеры

В сетях кабельного телевидения могут использоваться многомодовые и одномодовые разветвители.

Для подключения к измерительной аппаратуре разработаны и выпускаются FM адаптеры.

Аттенюаторы обеспечивают заданное ослабление сигнала и позволяют получить нужный уровень оптического сигнала.



Организатор

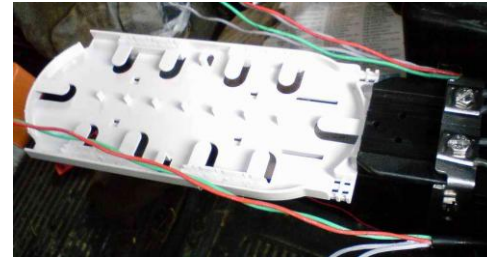
Устройство для укладки избытка длины кабелей, шнуров, а также отдельных световодов оптического кабеля. Обеспечивает фиксацию элементов в рабочем положении, соблюдение заданных радиусов изгиба и величин сдавливающих и растягивающих механических воздействий.



Кабельная арматура и оборудование

Организатор световодов

Элемент для хранения запаса длины волокон с соблюдением минимально допустимого радиуса изгиба.



Зажимы натяжные спирального типа

Зажимы натяжные спиральные предназначены для:

- крепления самонесущих диэлектрических оптических кабелей на опорах воздушных линий электропередачи, связи, элементах зданий и сооружений с длиной пролета до 110 м.
- крепления самонесущих диэлектрических оптических кабелей связи, монтируемых на опорах воздушных линий электропередачи 35-220 кВ.
- крепления грозозащитных тросов со встроенным оптическим кабелем, монтируемых на опорах воздушных линий электропередачи 35-220 кВ.



Кабельная арматура и оборудование



Зажимы поддерживающие спирального типа

Зажимы поддерживающие спиральные предназначены для:

- подвески оптических самонесущих неметаллических кабелей связи к опорам линий электропередачи напряжением 35-220 кВ.
- подвески оптических кабелей связи, встроенных в грозозащитные тросы к опорам линий электропередачи напряжением 35-220 кВ.
- воздушной подвески оптического самонесущего неметаллического кабеля связи на опорах линий электропередачи напряжением до 10 кВ.



Распределительные коробки, панели

Распределительные коробки предназначены для соединения и распределения кабелей внутри помещений. Многие из коробок обеспечивают размещение в них элементов защиты от перенапряжения.



Прокладка оптических кабелей в грунт

Оптические кабели прокладываются в грунтах всех категорий, кроме подверженных мерзлотным деформациям.

Способы прокладки ОК через болота и водные преграды определяются отдельными проектными решениями.

Прокладка может осуществляться в отрытую заранее траншею или с помощью кабелеукладчиков.

Непосредственно в грунт прокладываются ОК, имеющие ленточную броню или броню из стальных проволок.

Прокладка оптического кабеля в грунт должна осуществляться при температуре окружающего воздуха не ниже $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. При более низких температурах (но не ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$) кабель необходимо выдержать в течение двух суток в отапливаемом помещении и обеспечить прогрев его на барабане непосредственно перед прокладкой.

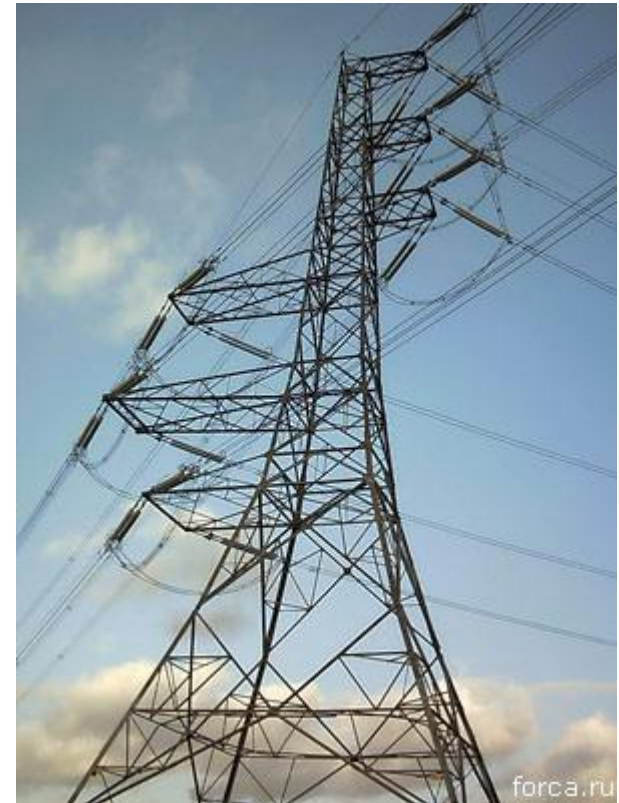


Воздушные линии

Варианты подвески ОК имеют ряд достоинств по сравнению с другими способами строительства:

- отсутствие необходимости отвода земель и согласований с заинтересованными организациями;
- уменьшение сроков строительства;
- уменьшение количества повреждений в районах городской застройки и промышленных зон;
- снижение капитальных и эксплуатационных затрат в районах с тяжелыми грунтами.

Подвеска волоконно-оптических кабелей производится по уже установленным опорам и не требует тщательной предварительной подготовки трассы прокладки, поэтому более технологична и проще, чем прокладка в грунт.





Подводные кабельные системы

Прокладка ОК через водную преграду предусматривает сооружение двух участков перехода (створов), разнесенных друг от друга на расстояние около 300 м.

При наличии моста на участке организации речного перехода нижний створ прокладывается по мосту. На береговых участках кабель речного перехода соединяются с кабелем, проложенным в грунт. Метод горизонтально-наклонного бурения применяется при прокладке ОК через крупные овраги, судоходные реки и многочисленные подземные коммуникации. Установка бурит скважину, с большой точностью выходящую в заданную точку на другой стороне препятствия. Затем за один или несколько этапов расширяют скважину до требуемого диаметра. В скважину затягивают отдельные трубы или пучки труб, используемые в качестве труб кабельной канализации на участке перехода.



Применение

Основное применение оптические кабели находят в передаче оптических сигналов в сетях различных уровней: от межконтинентальных магистралей до домашних компьютерных сетей. В настоящее время волоконно-оптические кабели проложены по дну Тихого и Атлантического океанов и практически весь мир «опутан» сетью волоконных систем связи. Волоконно-оптическая линия связи соединяет Японию и Корею с Дальним Востоком России. На западе Россия связана ВОЛС с европейскими странами, на юге - с азиатскими странами.

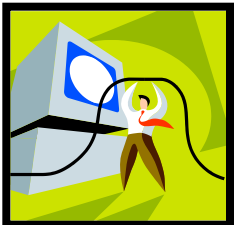


К достоинствам можно отнести:

- Скорость.
- Высокая помехозащищенность.
- Малый вес и объем по сравнению с медными кабелями.
- Взрыво- и пожаробезопасность.
- Экономичность. Длительный срок эксплуатации (примерно 25 лет).

К недостаткам можно отнести:

- Стоимость интерфейсного оборудования.
- Монтаж и обслуживание оптических линий.
- Требование специальной защиты волокна.



Производители кабелей



ЗАО «Самарская оптическая кабельная компания»

- Оптические кабели для подземной прокладки
- Оптические кабели подвесные
- Оптические кабели внутриобъектовые

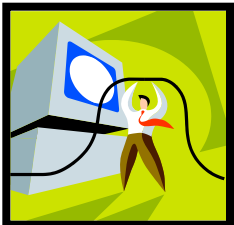
ЗАО «ТРАНСВОК»

- Оптические кабели
- Оптические кабели внутриобъектовые

ООО «Еврокабель I»

- Оптические кабели для прокладки в грунт
- Оптические кабели подвесные
- Оптические кабели для прокладки в специальных трубах
- Оптический кабель для прокладки внутри зданий

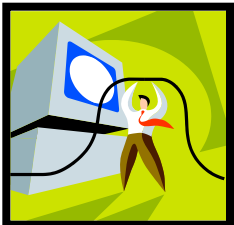
Мировым лидером по производству ОК является транснациональная компания **ALCATEL**, выпускающая широкую номенклатуру ОК от трансокеанских, морских и магистральных до городских, объектовых и монтажных. Из зарубежных производителей ОК стоит также отметить фирмы **NOKIA**, **Samsung** и **Corning**.



Вопрос №1



- ❖ На базе чего не делают волоконно-оптические усилители?
 1. На базе легирования волокна рядом металлов-лантаноидов
 2. На базе легирования волокна эрбием, дополненного празеодимом
 3. На базе легирования волокна церием
 4. На базе легирования волокна тулием



Вопрос №2



- ❖ Что из ниже перечисленного не относится к кабельной арматуре и оборудованию?
 1. Оптические аттенюаторы; муфты
 2. Муфты; распределительные коробки
 3. Оптические регенераторы; адаптеры
 4. Организаторы световодов; натяжные зажимы