

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и систем связи



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

02 2018 г.

**ВЫБОР ТОПОЛОГИИ СЕТИ И СПОСОБА УКЛАДКИ  
ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ**

Методические указания  
по выполнению практической работы  
для студентов, обучающихся по направлению подготовки  
11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»  
по дисциплине «Волоконная оптика в телекоммуникациях»

Курск 2018

УДК 004.716

Составители: А. А. Гуламов, Е.М. Кудюров

Рецензент

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник,  
профессор кафедры *В.Г. Андронов*

**Выбор топологии сети и способа укладки оптического кабеля:** методические указания по выполнению практической работы / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.А. Гуламов, Е.М. Кудюров. - Курск, 2018. – 13 с.: ил. 1, табл. 1. – Библиогр.: с. 13.

Методические указания по выполнению практической работы содержат теоретические сведения и практические рекомендации, необходимые для освоения принципов выбора топологии и способа укладки кабеля в волоконно-оптических систем передач.

Методические указания соответствуют требованиям рабочей программы дисциплины «Волоконная оптика в телекоммуникациях», утверждённой методическими комиссиями по направлению подготовки 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по дисциплине «Волоконная оптика в телекоммуникациях», а также для студентов других направлений подготовки в области информационных технологий в системе высшего образования.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано печать. <sup>14.02.18</sup> Формат 60x84/16.

Усл. печ. л. 0,7. Уч.-изд. л. 0,63. Тираж 100 экз. Заказ 1001. Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

## 1 Цели работы

- изучение принципов проектирования волоконно-оптических линий связи;
- выбор топологии сети и способа укладки кабеля.

## 2 Проектирование волоконно-оптических линий связи

При проектировании ВОЛС необходимо учитывать потребности потенциальных пользователей линии связи. Для этого необходимо учитывать следующие факторы:

- Распределение бюджета должно быть оптимальным
- Расчет на будущее: проектирование должно иметь учет возможности дополнения/модернизации как отдельной части маршрута, так и всей магистрали - современные технологии позволяют производить переход к следующей ступени(или, при необходимости, наоборот) систем передачи/приема быстро и легко за счет внесения дополнительных плат в аппаратуру, либо замены старых блоков новыми.
- Выбор схемы маршрута: проектировать магистраль следует с учетом современных и возможных требований к связи. К примеру, при наличии в окрестности развязывающего узла аэропорта, стоит посчитать актуальность отдельного выноса для обеспечения связи аэропорту внутри своих подразделений, и с внешней сетью. Выбранная топология всей сети и отдельных ее узлов позволяет наиболее выгодно распределить нагрузку на сети. В областях скопления населенных пунктов следует организовать развязывающие пункты, к которым можно подвести удаленные пункты связи.
- Альтернативный путь следует прокладывать по тем же принципам, так как в случае отказа основного - вся нагрузка ложится на запасной. Все имеющиеся маршруты перенаправляются

на узлы альтернативного пути, без изменения требований к качеству и скорости обработки и передачи информации.

Необходимо оптимально выбрать аппаратную часть проекта. Необходимо тщательно подбирать типы оптических разъемов, устанавливаемых на оптических компонентах (передатчики, приемники, оптические делители), и типы волоконно-оптических кабелей (в соответствии с решаемыми задачами).

Выбор топологии сети.

Сетевая топология - способ описания конфигурации сети, схема расположения и соединения сетевых(оконечных) устройств.

Сетевая топология может быть:

- физической – описывает реальное расположение и связи между узлами сети.

- логической – описывает хождение сигнала в рамках физической топологии.

- информационной – описывает направление потоков информации, передаваемых по сети.

Управление обменом – это принцип передачи права на пользование сетью.

Существует 3 базовые топологии: Шина; Кольцо; Звезда;

И 6 дополнительных топологий: Двойное кольцо (применяется в основном в компьютерных сетях); Ячеистая топология; Решётка;

Дерево; Fat Tree (применяется в основном для суперкомпьютеров); Полносвязная;

Дополнительные способы являются комбинациями базовых. В общем случае такие топологии называются смешанными или гибридными, но некоторые из них имеют собственные названия, например «Дерево».

На рисунке 1 показаны некоторые топологии: а) цепочка(линия); б) полная звезда; в) неполная звезда(звезда); г) кольцо; д) шина; е) дерево.

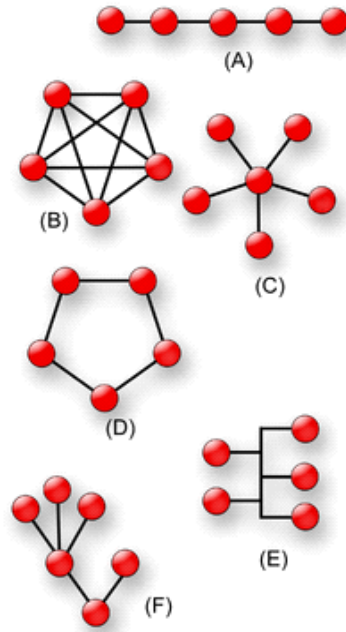


Рисунок 1 – Варианты топологий сети

Топология типа цепочка(линейная), представляет собой комбинацию из последовательных соединений в виде разомкнутого кольца, где каждый из узлов связи соединен с двумя соседними, но отличается от «кольца» тем, что каждый из узлов осуществляет передачу в обе стороны, и прием с обеих сторон.

Достоинства:

- Простота установки;
- Практически полное отсутствие дополнительного оборудования;
- Возможность устойчивой работы без существенного падения скорости передачи данных при интенсивной загрузке сети, поскольку использование маркера исключает возможность возникновения коллизий.

Недостатки:

- Выход из строя одной рабочей станции, и другие неполадки (обрыв кабеля), отражаются на работоспособности всей сети;
- Сложность конфигурирования и настройки;
- Сложность поиска неисправностей.

– Необходимость иметь две сетевые платы, на каждой рабочей станции.

Топология типа общая шина, представляет собой общий кабель (называемый шина или магистраль), к которому подсоединены все рабочие станции. На концах кабеля находятся терминаторы, для предотвращения отражения сигнала.

Достоинства:

- Небольшое время установки сети;
- Дешевизна (требуется меньше кабеля и сетевых устройств);
- Простота настройки;
- Выход из строя рабочей станции не отражается на работе сети

Недостатки:

- неполадки в сети, такие как обрыв кабеля и выход из строя терминатора, полностью блокируют работу всей сети;
- Сложная локализация неисправностей;
- С добавлением новых рабочих станций падает производительность сети.

Кольцо - это топология, в которой каждый узел соединен линиями связи только с двумя другими: от одного он только получает информацию, а другому только передает. На каждой линии связи, как и в случае звезды, работает только один передатчик и один приемник. Это позволяет отказаться от применения внешних терминаторов.

Достоинства:

- Простота установки;
- Практически полное отсутствие дополнительного оборудования;
- Возможность устойчивой работы без существенного падения скорости передачи данных при интенсивной загрузке сети, поскольку использование маркера исключает возможность возникновения коллизий.

Недостатки:

- Выход из строя одной рабочей станции, и другие неполадки (обрыв кабеля), отражаются на работоспособности всей сети;
- Сложность конфигурирования и настройки;
- Сложность поиска неисправностей.
- Необходимость иметь две сетевые платы, на каждой рабочей станции.

Звезда - базовая топология сети, в которой все узлы сети присоединены к центральному узлу, образуя физический сегмент сети. Подобный сегмент сети может функционировать как отдельно, так и в составе сложной сетевой топологии (как правило, «дерево»).

Достоинства:

- выход из строя одной рабочей станции не отражается на работе всей сети в целом;
- хорошая масштабируемость сети;
- лёгкий поиск неисправностей и обрывов в сети;
- высокая производительность сети (при условии правильного проектирования);
- гибкие возможности администрирования.

Недостатки:

- выход из строя центрального концентратора обернётся неработоспособностью сети (или сегмента сети) в целом;
- для прокладки сети зачастую требуется больше кабеля, чем для большинства других топологий;
- конечное число рабочих станций в сети (или сегменте сети) ограничено количеством портов в центральном концентраторе.

Ячеистая топология - базовая полносвязная топология сети, в которой каждая рабочая станция сети соединяется с несколькими другими рабочими станциями этой же сети. Характеризуется

высокой отказоустойчивостью, сложностью настройки и переизбыточным расходом кабеля

Каждый узел связи имеет множество возможных путей соединения с другими. Обрыв кабеля не приведёт к потере соединения между двумя узлами.

Решётка – понятие из теории организации компьютерных сетей. Это топология, в которой узлы образуют регулярную многомерную решётку. При этом каждое ребро решётки параллельно её оси и соединяет два смежных узла вдоль этой оси.

Достоинства:

- высокая надежность

Недостатки:

- сложность реализации

Полносвязная топология - топология сети, в которой каждая рабочая станция подключена ко всем остальным. Этот вариант является громоздким и неэффективным, несмотря на свою логическую простоту. Для каждой пары должна быть выделена независимая линия, каждый компьютер должен иметь столько коммуникационных портов сколько компьютеров в сети. По этим причинам сеть может иметь только сравнительно небольшие конечные размеры. Чаще всего эта топология используется в многомашинных комплексах или глобальных сетях при малом количестве рабочих станций.

Недостатки:

- Сложное расширение сети (при добавлении одного узла необходимо соединить его со всеми остальными);

- Огромное количество соединений при большом количестве узлов.

При строительстве магистральной волоконно-оптической линии связи возможны следующие варианты прокладки кабеля:

Прокладка ОК в грунт кабелеукладчиком.

Этот способ является основным благодаря высокой производительности и эффективности. Он широко применяется на



трассах с различными рельефами местности и разными грунтами. Для прокладки используются кабелеукладчики с активными и пассивными рабочими органами. С помощью ножевого кабелеукладчика в грунте прорезается узкая щель, и кабель укладывается на ее дно на заданную глубину залегания (0.9 ... 1.2 м). При этом на кабель действуют механические нагрузки. Кабель на пути от барабана до выхода из кабеленаправляющей кассеты подвергается воздействию продольного растяжения, поперечного сжатия и изгиба, а в случаях применения вибрационных кабелеукладчиков – вибрационному воздействию. В зависимости от рельефа местности и характера грунтов, конструкции и технического состояния кабелеукладчиков, а также режимов работы механические нагрузки на кабель могут изменяться в широких пределах.

В России для прокладки различных кабелей связи вне населенных пунктов в грунтах соответствующих категорий применяются вибрационные кабелеукладчики КНВ-1 и КНВ-2 производства Опытного механического завода Межгорсвязьстроя. Были разработаны и внедрены в производство кабелеукладчики КВГ -1 и КВГ-2, которые в отличие от КНВ, где вибратор приводится в действие с помощью механического привода, имеют гидравлический привод. Кроме того, рабочий навесной орган КВГ-2 может смещаться от оси движения базового механизма, что крайне важно при работах в стесненных условиях.

Кабелеукладчики КВГ по своим техническим возможностям не уступают зарубежным аналогам и имеют вибратор трехвальный, двухкамерный, одна из камер которого содержит одноступенчатый понижающий редуктор и приводные шестерни дебалансов, а другая – дебалансы, обеспечивающие необходимое возмущающее усилие. Рабочий орган устанавливается непосредственно на корпус вибратора, поэтому колебательная масса минимальна, что повышает амплитуду вибрации и, соответственно, эффект разработки грунта. Дополнительный тяговой машиной является

трактор Т-170МБГ, оборудованный тем же, что и кабелеукладчик, ходоуменьшителем, или специально оборудованный бульдозер.

Для предотвращения превышения допустимых нагрузок на ОК при его прокладке необходимо обеспечить:

- принудительное вращение барабана в момент начала движения кабелеукладчика и синхронизированную его размотку;
- ограничение боковых давлений на кабель за счет применения различного рода мероприятий и конструкций, снижающих трение;
- допускаемый радиус изгиба ОК от барабана до укладки на дно щели на всем участке подачи кабеля через кассету;
- исключение случаев засорения кассеты кабелеукладочного ножа и остановок вращения барабана при движении кабелеукладчика.

Прокладка в защитной пластмассовой трубе с задувкой.

Способ прокладки ОК с использованием защитного трубопровода весьма эффективен в тех случаях, когда на трассе имеются многочисленные преграды, расположенные близко друг от друга, затруднен доступ, а также в грунтах с твердыми включениями и в районах с повышенным влиянием внешних электромагнитных полей (районах повышенной грозодеятельности, сближения с ЛЭП, с электрифицированными железными дорогами и т. д.), где ОК с металлическими элементами могут повреждаться в результате действия наводимых на этих элементах токов и напряжений. Одним из способов защиты ОК является применение защитного трубопровода.

Защитная полиэтиленовая труба (ЗПТ) - современная альтернатива традиционной асбестоцементной трубе кабельной канализации. ЗПТ может быть использована как для увеличения емкости традиционной кабельной канализации с одновременным приданием ей новых характеристик (путем прокладки ее в каналы существующей кабельной канализации), так и для прокладки непосредственно в грунт, фактически выполняя функции междугородной кабельной канализации. ЗПТ представляет собой

трубу 25-63 мм (строительная длина в среднем 2 км) из полиэтилена высокой плотности с имеющимся на внутренней поверхности антифрикционным покрытием, что обеспечивает снижение коэффициента трения примерно вдвое по сравнению с поверхностью из обычных композиций полиэтилена, нормируемый срок службы ЗПТ составляет не менее 50 лет. Прокладка ЗПТ осуществляется по обычной технологии прокладки кабелей связи (кабелеукладчиками, в траншею, затягиванием в каналы существующей кабельной канализации). Применение ЗПТ при сооружении волоконно-оптических линий передачи позволяет, однократно выполнив прокладку нескольких каналов ЗПТ, эффективно затем ее использовать, проводя последующую прокладку оптического кабеля в резервные каналы ЗПТ или же производя по мере необходимости замену оптического кабеля без необходимости проведения земляных работ. Прокладка оптического кабеля в ЗПТ, как правило, осуществляется методом пневмопрокладки с использованием специализированного оборудования, обеспечивающим возможность "задувки" в ЗПТ максимальных строительных длин оптического кабеля (величиной 4.. 6 км), без необходимости их разрезания и перемотки на участках пересечения с подземными сооружениями.

Подвеска ОК на ЛЭП или контактной сети железной дороги.

Требования к сооружениям и технологии подвески ОК на несущих тросах по столбам и стоечным опорам на крышах зданий, а также к самонесущим кабелям не отличаются от установленных требований для электрических кабелей связи. Для воздушной подвески используют ОК, предназначенные для прокладки в земле, которые прикрепляются к имеющимся воздушным линиям связи тросом, либо ОК с самонесущим тросом. При

подвеске следует учитывать прочность ОК при растяжении, длину пролета, стрелу провеса, механическую нагрузку (статическую и динамическую), колебания температуры, конструкцию опоры, способ натяжения ОК, конструкцию

крепления к несущему тросу (если трос не встроен в кабель), защиту от грызунов, заземление, величину натяжения ОК при прокладке, способ выравнивания стрелы провеса, изменение натяжения ОК. В таблице 1 указан перечень машин и механизмов для выполнения этих технологических операций.

Таблица 1. Машины и механизмы для задувки строительной длины оптического кабеля в три секции ЗПТ

Наименование машин и механизмов	Технические характеристики	Фирма-изготовитель
1. Устройство "типа Cablejet" для пневмозадувки в ЗПТ оптического кабеля - 2 компл.	Скорость задувки максимальная - 60 м/мин Диаметр задуваемого кабеля - 9-18 мм	"Plumettaz S.A.", Швейцария
2. Устройство типа "Superjet" для пневмозадувки в ЗПТ оптического кабеля - 1 компл.	Скорость задувки макс. - 60 м/мин. Диаметр задуваемого кабеля - 14-32 мм.	"Plumettaz S.A.", Швейцария
3. Устройство типа " Superjet-Hydraulic" для гидравлической подачи в ЗПТ оптического кабеля (включается в комплект по дополнительным требованиям)	Скорость подачи кабеля 60 м/мин. Диаметр вводимого кабеля 8-32 мм	"Plumettaz S.A.", Швейцария
4. Компрессор (типа "XANS-175Dd") - 3 компл.	Мощность-5-12м /мин с системой охлаждения воздуха	Фирма "Atlas Copco", США
5. Кабельный транспортер "Joko-LTS-2002T" с гидравликой - 2 компл.	Для кабельных барабанов до №22	Завод ОАО "Лентелефонстрой", Россия
6. Устройство для выкладки оптического кабеля типа "Фигаро" - 1 компл.	Для выкладки кабеля длиной от 1000 до 10000 м для кабелей диаметром от 20 до 6 мм	"Plumettaz S.A.", Швейцария
7. Разборный барабан - 1 компл.	Для перемотки кабеля длиной от 1000 до 6000 м	Завод ОАО "Лентелефонстрой", Россия

Исходя из вышесказанного и учитывая выбранную трассу, выбираем метод прокладки кабеля.

#### 4 Контрольные вопросы

1. Какие факторы необходимо учитывать при построении ВОЛС?
2. Назовите виды сетевой топологии, их основные достоинства и недостатки.
3. В чем основные преимущества укладки ОК кабелеукладчиком?
4. Назовите недостатки прокладки кабеля с использованием защитного трубопровода?
5. Перечислите основные преимущества подвеса ОК на ЛЭП.

#### 5 Список рекомендуемой литературы для подготовки к практическому занятию

- 1) Султанов А.Х., Акульшин В.Н. Сетевые аспекты многоканальных телекоммуникационных систем: принцип построения и расчёт: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2015. – 200 с.
- 2) Гордиенко В.Н. Оптические телекоммуникационные системы [Текст] : учебник для вузов / В.Н. Гордиенко, В.В. Крухмалев, А.Д. Моченов, Р.М. Шарафутдинов. - М: Горячая линия-Телеком, 2011.-368 с.
- 3) Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи [Текст] : монография / Р. Фриман ; Пер. с англ. Н. Н. Слепова. - 2-е изд. ; доп. - М. : Техносфера, 2004. - 496 с.
- 4) Гольдштейн Б. С., Соколов Н. А., Яновский Г. Г. Сети связи: Учебник для ВУЗов. [Текст] – СПб.: БХВ – Петербург, 2010. – 265с.