



**А.П. ПЛЁНКИН, Ю.В. ЗАЧИНЯЕВ**

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА  
на проведение лабораторной работы**

**Построение, измерения и тестирование проводных линий  
связи телекоммуникационной сети  
Часть 1**



Таганрог 2016

PLJONKINS

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федерального государственного образовательное  
учреждение высшего образования  
«Южный федеральный университет»

**А.П. ПЛЁНКИН, Ю.В. ЗАЧИНЯЕВ**

**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА**  
на проведение лабораторной работы  
по построению, измерению и тестированию проводных линий связи  
телекоммуникационной сети  
Часть 1



Таганрог 2016

PLJONKINS

УДК 621.383:621.391.63

Плёткин А.П., Зачиняев Ю.В. Построение, измерения и тестирование проводных линий связи телекоммуникационной сети. Часть 1: Методическая разработка на выполнение лабораторной работы, 32 с.

Методическая разработка содержит теоретические сведения о стандартах в области проводных линий связи телекоммуникационных сетей на основе медных и оптических компонентов. Рассмотрены типовые схемы построения структурированных телекоммуникационных систем. Дано руководство к выполнению лабораторной работы по построению, измерению и тестированию проводного канала связи телекоммуникационной сети.

Методическая разработка предназначена для студентов специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем».

Илл.: 25. Библиогр.: 5 - назв.

© ИКТИБ ЮФУ, 2016

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В телекоммуникационных технологиях значительна роль линий связи. Одной из разновидностей применения линий связи являются структурированные телекоммуникационные системы, объединяющие в себе различные стандарты передачи данных, структуры каналов связи. Одним из компонентов структурированных телекоммуникационных систем являются компьютерные сети передачи данных, которые основываются на локализации групп абонентов (персональных компьютеров), объединенных между собой, как правило, кабельными соединениями. Наиболее перспективная реализация проводных каналов связи в телекоммуникационных системах передачи данных базируется на волоконно-оптических линиях связи.

**Основная цель методической разработки состоит в объединении и представлении в сжатом виде сведений о стандартах, принципах построения и работе проводных линий связи телекоммуникационных сетей на основе медных и оптических компонентов, применении на практике полученных знаний по работе с инструментами и оборудованием волоконной оптики.**

Методическая разработка написана в соответствии с учебной программой для вузов и предназначено для студентов, имеющих подготовку в объеме курса общей физики.

Методическая разработка имеет практическую направленность и ориентировано на специалистов, которые будут заниматься проектированием и эксплуатацией телекоммуникационных сетей и систем.

Методическая разработка снабжена теоретическими сведениями, инструкциями и руководствами для приобретения студентами в процессе выполнения лабораторной работы практических навыков по построению, измерению и тестированию телекоммуникационной сети передачи данных на базе волоконно-оптической линии связи.

Методическая разработка призвана подготовить читателя к изучению специальной литературы по вопросам организации систем передачи информации.

Структура занятия состоит из следующих этапов: вводная часть, изучение теоретических сведений, выполнение лабораторной работы, анализ результатов проделанной работы, составление отчета, защита отчета в форме ответов на контрольные вопросы.

## СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ВОЛС	–	Волоконно-оптическая линия связи
ВОСПИ	–	Волоконно-оптическая система передачи информации
ЛВС	–	Локальная вычислительная сеть
АР	–	Абонентская розетка
ОАР	–	Оптическая абонентская розетка
МК	–	Медиаконвертер
ОК	–	Оптический кросс
НК	–	Нормализующая катушка
SMF	–	Single mode fiber (одномодовое оптическое волокно)
ЛС	–	Линия связи
ПК	–	Персональный компьютер
СКС	–	Структурированная кабельная система
ТКС	–	Телекоммуникационная сеть
ОВ	–	Оптическое волокно
СТ	–	Стойка телекоммуникационная
ТКШ	–	Телекоммуникационный шкаф
ВОК	–	Волоконно-оптический кабель

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	
СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ	4
1. КЛАССИФИКАЦИЯ, ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ И ПАРАМЕТРЫ ПРОВОДНЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ	7
1.1. Основные понятия	7
1.2. Структура систем передачи информации	7
2. АРХИТЕКТУРА ПРОВОДНОГО КАНАЛА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ	8
2.1. Типовые структуры телекоммуникационных систем	8
2.1.1. Кабель "витая пара"	12
2.1.2. Коннектор Ethernet	15
2.1.3. Абонентская розетка Ethernet	16
2.1.4. Телекоммуникационная патч-панель	17
2.1.5. Стойка телекоммуникационная, шкаф телекоммуникационный	17
2.2. Элементы волоконно-оптической телекоммуникационной сети	19
2.2.1. Кабель волоконно-оптический	19
2.2.2. Кросс оптический	21
2.2.3. Абонентская оптическая розетка	21
2.2.4. Катушка нормализующая	22
3. ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОВОДНОГО КАНАЛА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ	23
3.1. Медиаконвертер	23
3.2. Оптический рефлектометр	23
3.3. Кабельный тестер	24
3.4. Сварочный аппарат для ВОЛС	25
3.5. Микроскоп для оптических коннекторов	26
3.6. Специализированный инструмент	27
4. ПОСТРОЕНИЕ, ИЗМЕРЕНИЯ И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОВОДНОГО КАНАЛА СВЯЗИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ	28
4.1. Цель работы	28
4.2. Приборы и принадлежности	28
4.3. Описание экспериментального стенда телекоммуникационной сети	28
4.4. Построение проводного канала связи телекоммуникационной сети	29
4.5. Измерения параметров линий связи проводного канала телекоммуникационной сети	31
4.6. Тестирование проводного канала телекоммуникационной сети	31
4.7. Результаты эксперимента	31
4.8. Обсуждение результатов эксперимента	32
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	32

# 1. КЛАССИФИКАЦИЯ, ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ И ПАРАМЕТРЫ ПРОВОДНЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

## 1.1. Основные понятия

Линии связи (линии передачи данных) - промежуточная аппаратура и физическая среда, по которой передаются информационные сигналы (данные).

Линии связи могут быть реализованы посредством различных технологий (каналы передачи данных) в телекоммуникационных системах.

В зависимости от физической среды передачи данных линии связи подразделяются на:

- кабельные (проводные), где для передачи сигналов используются такие линии связи как кабели "витая пара", коаксиальные кабели или оптоволоконные кабели;
- беспроводные (радиоканалы наземной и спутниковой связи), использующие для передачи сигналов электромагнитные волны, которые распространяются по эфиру.

## 1.2. Структура систем передачи информации

Типовая структура простейшей системы передачи данных представлена на рисунке 1. В состав системы передачи входит источник информации, передатчик, канал связи, приемник и получатель информации.



Рисунок 1 – Структурная схема системы передачи информации

Примером типовой системы передачи информации может условно служить трансляция телевизионного сигнала от телецентра к конечному потребителю. В таком случае в качестве источника информации выступает телецентр, в качестве передатчика используется телевизионная антенна, в качестве канала связи выступает атмосфера. На приемной стороне в качестве приемника сигнала выступает антенна, а получателем информации в данном случае является потребитель. Отличительной особенностью такой системы передачи служит односторонняя передача информации, т.е. получатель не имеет возможности передать сообщение источнику информации. Примером дуплексной передачи информации может служить разговор по телефонной линии между двумя абонентами.

## 2. АРХИТЕКТУРА ПРОВОДНОГО КАНАЛА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

Частным случаем реализации телекоммуникационных систем являются локальные вычислительные сети.

*Локальная вычислительная сеть* (сокращенно ЛВС, англ. LAN – Local Area Network) - сеть, предназначенная для обработки, хранения и передачи данных.

ЛВС представляет из себя телекоммуникационную систему объекта (здания) или группы объектов (зданий). На сегодняшний день трудно представить работу современного учреждения без локальной вычислительной сети, без информационно-вычислительной сети сейчас не обходиться не одно предприятие. Назначением локальной информационно-вычислительной сети является обеспечение доступа к разделяемым или сетевым (общим) ресурсам (компьютеры, серверы, факсы, сканеры, принтеры и т.п.), данным и программам. ЛВС находят широкое применение как часть информационной системы той или иной фирмы, предприятия.

Правильно спроектированная и реализованная ЛВС, отвечающая современным стандартам безопасности, позволяет получать доступ к необходимой информации, обеспечивать защиту от несанкционированного доступа к данным путем разграничения прав доступа, обеспечивать оптимизацию и стабильное взаимодействие информационных ресурсов.

Преимущества использования ЛВС:

- распределение данных (англ. Data Sharing). Данные в ЛВС хранятся на сервере и могут быть доступны для чтения и записи на рабочих станциях пользователей;
- совместное использование элементов сети, доступ к локальным сетевым устройствам (принтеры, сканеры, факсы и другие внешние устройства);
- возможность быстрого доступа к необходимой информации;
- распределение программ (англ. Software Sharing). Все пользователи ЛВС могут совместно иметь доступ к программам, поддерживающим сетевой режим;
- надежное хранение и резервирование данных (включая хранение данных в облачных сервисах);
- защита информации;
- использование ресурсов современных технологий (доступ в Интернет, системы электронного документооборота и прочее).

## 2.1. Типовые структуры телекоммуникационных систем

Рассмотрим наиболее распространенные топологии построения телекоммуникационных систем на примере ЛВС:

**Топология «Звезда».** Этот тип структуры подразумевает подключение всех составляющих системы к единому узлу (центральному). Такой тип структуры наиболее часто встречается при организации небольшого парка вычислительных устройств в ЛВС.

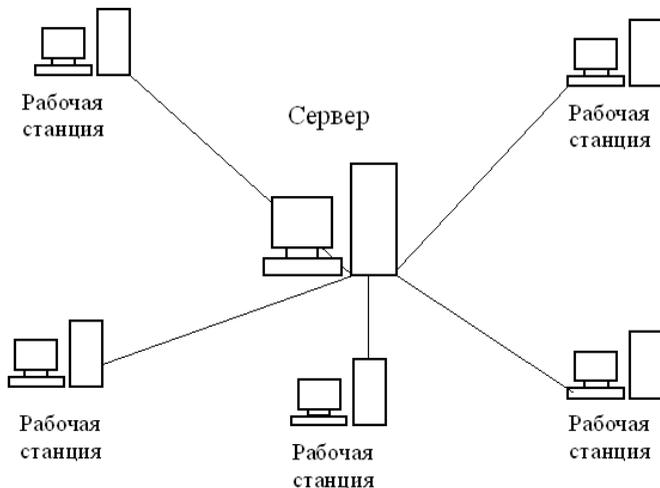


Рисунок 2 – Топология «Звезда»

**Топология «Кольцо».** Согласно этому типу структуры элементы сети объединены между собой по замкнутой цепи последовательно.

Недостатком использования ЛВС, организованной по топологии «Кольцо» является большая информационная нагрузка (информационный трафик) на каналы связи, расположенные вблизи центрального сервера. Однако в случае нарушения одной из линий связи между рабочими станциями, ЛВС не перестает функционировать.

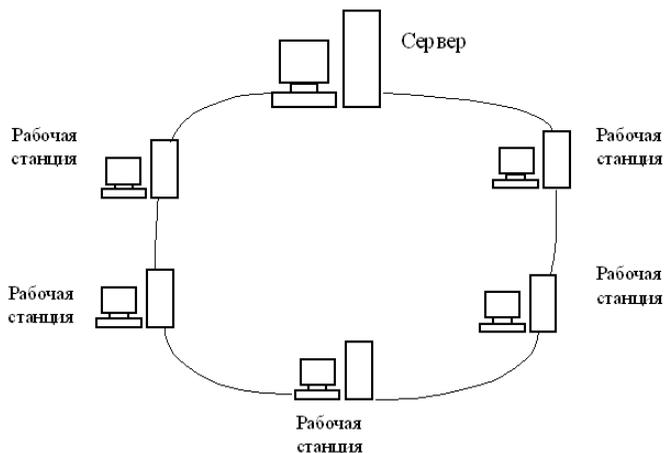


Рисунок 3 – Топология «кольцо»

**Топология «Шина».** При использовании этого типа структуры вся информация передается по коммуникационному каналу, который доступен для всех устройств.

Организация данной топологии позволяет обеспечить максимальную скорость взаимодействия рабочих станций с центральным сервером. Однако, нарушение (повреждение) центрального канала (шины) влечет сбой в работе сегмента ЛВС.

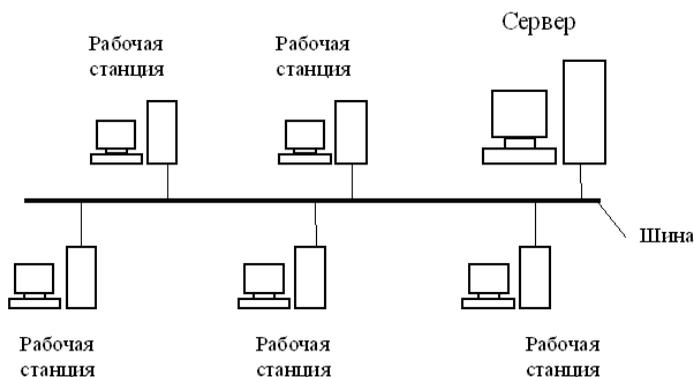


Рисунок 4 – Топология «шина»

**Топология «Древовидная структура».** Такая структура представляет собой чаще всего комбинацию базовых структур, рассмотренных выше.

Строение данного вида структуры имеет несколько уровней. Высший уровень – это основной транспортный канал сети, посредством которого осуществляется сообщение элементов телекоммуникационной сети (ЛВС). Более низкий уровень (уровень распределения) подразумевает расположение коммутационных узлов, относящихся к определенным группам (ЛВС этажа, ЛВС здания и т. п.). Далее идет уровень доступа – здесь располагаются коммутационные узлы, ответственные за доступ серверов к ресурсам ЛВС.

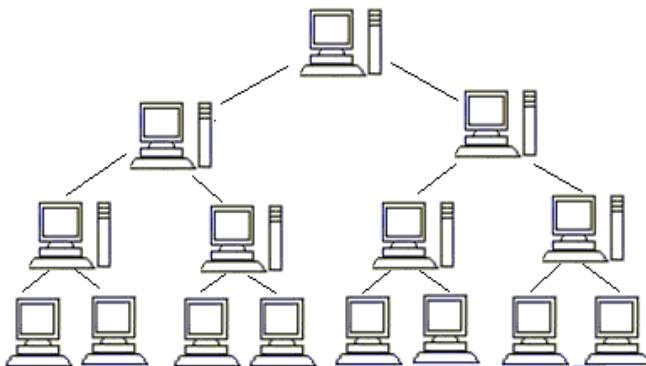


Рисунок 5 – Топология «древовидная»

### **Требования к ЛВС.**

Телекоммуникационная сеть должна соответствовать следующим требованиям:

- быть эффективной (сочетание минимальных затрат на её построение и эксплуатацию при высоком качестве работы);
- иметь длительный срок эксплуатации, оправдывающий капиталовложения;
- обеспечивать модульность и масштабируемость, возможность изменения конфигурации и наращивания без замены всей существующей сети;
- открытость сети. Возможность подключать дополнительное оборудование при необходимости, не меняя технические и программные параметры сети;
- гибкость ТКС. При неисправностях того или иного элемента системы, сеть продолжает функционировать.

#### **2.1.1. Кабель "витая пара"**

*Витая пара* (англ. *twisted pair*) — вид кабеля связи, представляет собой одну или несколько пар изолированных проводников, скрученных между собой (с определенным числом витков на единицу длины), покрытых пластиковой оболочкой.

Свивание проводников производится с целью повышения степени связи между собой проводников одной пары (электромагнитные помехи одинаково влияют на оба провода пары) и последующего уменьшения электромагнитных помех от внешних источников, а также взаимных наводок при передаче сигналов. Для снижения связи отдельных пар кабеля (периодического сближения проводников различных пар) в кабелях UTP категории 5 и выше провода пары свиваются с различным шагом.

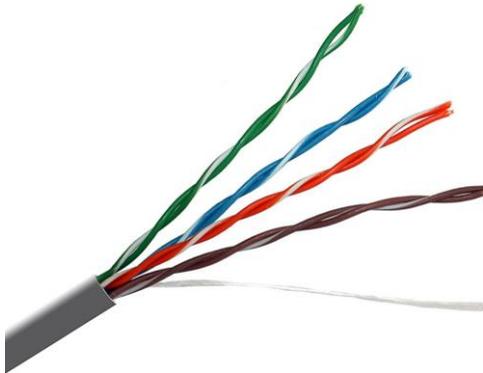


Рисунок 6 – Кабель витая пара

Витая пара — один из компонентов современных структурированных телекоммуникационных кабельных систем. Используется в телекоммуникациях и в компьютерных сетях в качестве физической среды передачи сигнала во многих технологиях. В настоящее время, благодаря своей относительной дешевизне и лёгкости в монтаже, является самым распространённым решением для построения проводных (кабельных) локальных вычислительных сетей.

По типу «витая пара» подразделяется на:

- неэкранированная витая пара (англ. UTP — Unshielded twisted pair) — без защитного экрана;
- фольгированная витая пара (англ. FTP — Foiled twisted pair), также известна как F/UTP) — присутствует один общий внешний экран в виде фольги;

- экранированная витая пара (англ. STP — Shielded twisted pair) — присутствует защита в виде экрана для каждой пары и общий внешний экран в виде сетки;
- фольгированная экранированная витая пара (англ. S/FTP — Screened Foiled twisted pair) — внешний экран из медной оплетки и каждая пара в фольгированной оплетке;
- незащищенная экранированная витая пара (англ. U/STP — Unshielded Screened twisted pair) — без внешнего экрана и каждая пара в фольгированной оплетке;
- защищенная экранированная витая пара (SF/UTP — или с англ. Screened Foiled Unshielded twisted pair). Отличие от других типов витых пар заключается в наличии двойного внешнего экрана, сделанного из медной оплётки, а также фольги.

Экранирование обеспечивает лучшую защиту от электромагнитных наводок как внешних, так и внутренних и т.д. Экран по всей длине соединён с неизолированным дренажным проводом, который объединяет экран в случае разделения на секции при излишнем изгибе или растяжении кабеля.

В зависимости от структуры проводников — кабель применяется одножильный или многожильный. В первом случае каждый провод состоит из одной медной проволоки (жилы), а во втором — из нескольких жил.

Существует несколько категорий кабеля «витая пара», которые нумеруются от CAT1 до CAT7 и определяют эффективный пропускаемый частотный диапазон. Кабель более высокой категории обычно содержит больше пар проводов и каждая пара имеет больше витков на единицу длины. Категории неэкранированной витой пары описываются в стандарте EIA/TIA 568 (Американский стандарт проводки в коммерческих зданиях) и в международном стандарте ISO 11801, а также приняты ГОСТ Р 53246-2008 и ГОСТ Р 53245-2008.

Таблица №1 – Категории кабеля «витая пара»

<b>Обозначение</b>	<b>Применение</b>	<b>Примечания</b>
CAT1	Телефонные и модемные линии	1 пара. В России применяется кабель без скруток. В США использовался только в «скрученном» виде. Используется только для передачи голоса или данных при помощи модема (не подходит для современных систем).
CAT2	Старые терминалы (такие как IBM	2 пары проводников. Поддерживает передачу данных на скоростях до 4 Мбит/с, использовался в сетях Token ring и Arcnet (не

	3270)	подходит для современных систем). Иногда встречается в телефонных сетях.
CAT3	10BASE-T, 100BASE-T4 Ethernet	4-парный кабель, используется при построении телефонных и локальных сетей 10BASE-T. Поддерживает скорость передачи данных до 10 Мбит/с или 100 Мбит/с по технологии 100BASE-T4 на расстоянии не дальше 100 метров. Отвечает требованиям стандарта IEEE 802.3. Используется в основном для телефонных линий.
CAT4	token ring	Состоит из 4 скрученных пар, используется в сетях token ring, 10BASE-T, 100BASE-T4, скорость передачи данных не превышает 16 Мбит/с по одной паре.
CAT5	100BASE-TX Ethernet (LAN, ATM,CDDI)	4-парный кабель, используется при построении локальных сетей 10BASE-T, 100BASE-TX и 1000BASE-T и для прокладки телефонных линий, поддерживает скорость передачи данных до 100 Мбит/с при использовании 2 пар и до 1000 Мбит/с при использовании 4 пар.
CAT5e	1000Base-T	4-парный кабель, усовершенствованная категория 5. Скорость передач данных до 100 Мбит/с при использовании 2 пар и до 1000 Мбит/с при использовании 4 пар. Преимущества данного кабеля в более низкой себестоимости и меньшей толщине.
CAT6	Fast Ethernet, Gigabit Ethernet (10GBASE-T Ethernet)	применяется в сетях Fast Ethernet и Gigabit Ethernet, состоит из 4 пар проводников и способен передавать данные на скорости до 10 Гбит/с на расстояние до 55 м.
CAT6a	Gigabit Ethernet (10GBASE-T Ethernet)	применяется в сетях Gigabit Ethernet, состоит из 4 пар проводников и способен передавать данные на скорости до 10 Гбит/с на расстояние до 100 метров.
CAT7	Gigabit Ethernet (10GBASE-T Ethernet)	Скорость передачи данных до 10 Гбит/с. Кабель этой категории имеет общий экран и экраны вокруг каждой пары.
CAT7a	Gigabit Ethernet (40GbE, 100GbE)	Разработана для передачи данных на скоростях до 40 Гбит/с на расстояние до 50 м и до 100 Гбит/с на расстояние до 15 м.

Оконечными устройствами кабеля «витая пара» могут быть: коннектор Ethernet, абонентская розетка, патч-панель.

Стандартизированный физический сетевой интерфейс, включающий описание конструкции обеих частей разъёма (коннектор Ethernet, абонентская розетка Ethernet, патч-панель Ethernet) и схемы их коммутации именуется как RJ-45 (англ. Registered Jack).

### 2.1.2. Коннектор Ethernet



Рисунок 7 – Коннектор Ethernet. Обозначение по стандарту 8P8C.

Существует два стандарта обжима коннектора (разъёма) на кабеле «витая пара»:

- для создания прямого кабеля - для соединения порта сетевой карты с коммутатором или концентратором;
- для создания перекрёстного кабеля, имеющего инвертированную разводку контактов разъёма для соединения напрямую двух сетевых плат, установленных в компьютеры, а также для соединения некоторых старых моделей концентраторов или коммутаторов (uplink-порт).

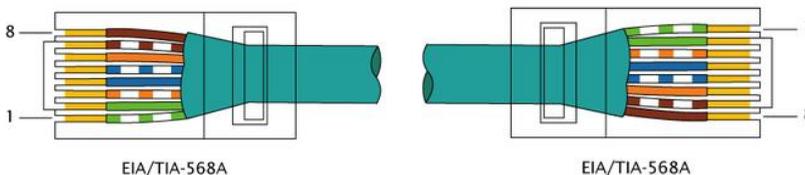


Рисунок 8 - Прямой обжим (англ. straight through cable) по стандарту TIA/EIA-568A

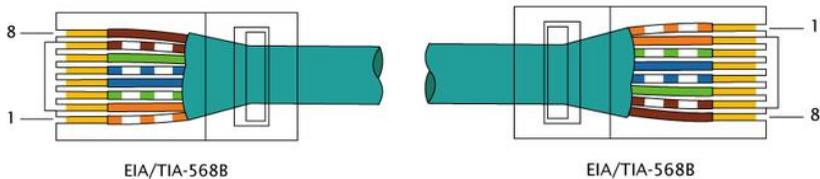


Рисунок 8а - Прямой обжим (англ. straight through cable) по стандарту TIA/EIA-568B

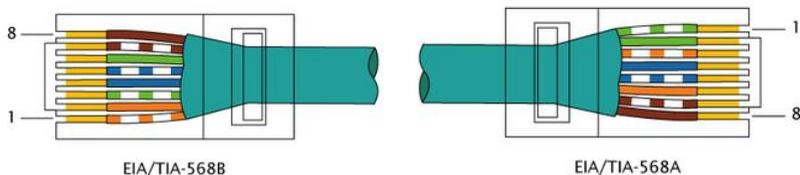


Рисунок 8б – Перекрестный (обратный) обжим (англ. straight through cable) по стандарту TIA/EIA-568B

### 2.1.3. Абонентская розетка Ethernet



Рисунок 9 – Абонентская розетка Ethernet

Абонентская розетка служит промежуточным звеном между телекоммуникационным узлом телекоммуникационной сети и конечным пользователем.

Схема подключения (обжима) абонентской розетки производится по стандартам TIA/EIA-568B и TIA/EIA-568A.

## 2.1.4. Телекоммуникационная патч-панель



Рисунок 10 – Патч-панель RJ-45, Ethernet

Патч-панели (коммутационные панели) используются в телекоммуникационных шкафах и стойках и представляют собой горизонтальную систему разъемов для организации точки коммутации между портами рабочих мест и портами сетевого оборудования. Кабель от розетки рабочего места подходит к лицевой стороне патч-панели и подключается к одному из разъемов, с тыльной стороны располагается кроссовое поле.

При организации сетевой архитектуры патч-панель выступает важным звеном ЛВС. Телефонные или информационные кабели аккумулируются в одном месте, где происходит равномерное распределение напряжения по рабочим местам и точкам связи.

Патч-панели стандарта RJ-45 классифицируются по количеству портов и типоразмеру. Так, наиболее применяемыми при построении СКС являются патч-панели с характеристиками: 19 дюймов, 24 порта, 1 юнит.

## 2.1.5. Стойка телекоммуникационная, шкаф телекоммуникационный

Стойка телекоммуникационная - металлическая конструкция без дверей или обшивки (каркас), предназначенная для удобного, компактного, технологичного и безопасного крепления телекоммуникационного оборудования.



Рисунок 11 – Стойка телекоммуникационная (слева), шкаф телекоммуникационный (справа)

Открытые монтажные телекоммуникационные стойки являются альтернативой монтажным телекоммуникационным шкафам. Монтажные стойки существуют в 3 видах: однорамные, двухрамные (конструкция стоек позволяет устанавливать тяжелое оборудование на четырёхточечную фиксацию, что повышает их устойчивость и степень нагрузки) и серверные (специально разработанные для установки в них серверного оборудования).

Большинство современных телекоммуникационных шкафов имеют возможность трансформироваться в телекоммуникационные стойки путем демонтажа защитных панелей (боковые, задняя, верхняя панели и фронтальная дверь). В стойку (или ТКШ) монтируется оборудование в специально предназначенных для этого корпусах «Rackmount» (от англ. англ. Rack - полка, подставка, mount - монтировать). Такие корпуса имеют ширину 17,75 дюйма (450,85 мм), высоту кратную целому числу юнитов и места для крепления

стандартизованного расположения. Ширина стойки (или ТКШ) стандартизирована и составляет 19 дюймов.

## **2.2. Элементы волоконно-оптической телекоммуникационной сети**

Современный и наиболее перспективный вариант реализации каналов связи в телекоммуникационных системах базируется на использовании волоконно-оптических линий связи.

### **2.2.1. Кабель волоконно-оптический**

Волоконно-оптический кабель (англ. optic fiber cable) - кабель на основе волоконных световодов, предназначенный для передачи оптических сигналов в линиях связи.

Основными достоинствами оптических кабелей являются:

- высокая скорость передачи информации;
- малые потери;
- высокая помехозащищённость (невосприимчивостью к различного рода помехам);
- возможность доводить расстояния между передающим и приёмным устройствами до 10000 км.

В состав оптического кабеля входит оптическое волокно.

*Оптическое волокно* - нить из оптически прозрачного материала (стекло, пластик), используемая для переноса света внутри себя посредством полного внутреннего отражения.

Волокно характеризуется двумя важнейшими параметрами: затуханием и дисперсией. Чем меньше затухание (потери) и чем меньше дисперсия распространяющегося в волокне сигнала, тем больше может быть расстояние передачи.

Потери оптической мощности по мере распространения света по волокну называются *затуханием*, которое определяется отношением оптических мощностей на входе  $P_{вх}$  и выходе  $P_{вых}$ . Величина затухания выражается в децибелах [дБ] и называется *коэффициентом затухания*. Оптический сигнал, распространяясь по волокну, не только затухает, но и искажается за счёт дисперсии различного рода. Под дисперсией в оптике понимают зависимость фазовой скорости световых волн от частоты.

Таблица №2 – Параметры затухания оптического кабеля

Затухание сигнала в оптическом кабеле длиной 1 км при различных длинах волн	
Длина волны, мкм	Затухание, дБ/км
0,85	2–3
1,3	0,5–1
1,55	0,2–0,5

По типу волоконно-оптические кабели подразделяются на кабели внутреннего исполнения и кабели внешнего исполнения. В свою очередь по конструктивным особенностям выделяются кабели с выносным силовым элементом, самонесущие и бронированные кабели.

На рисунках 12 и 13 представлены типовые структуры самонесущего волоконно-оптического кабеля и кабеля с выносным силовым элементом.



Рисунок 12 – Кабель волоконно-оптический с выносным силовым элементом

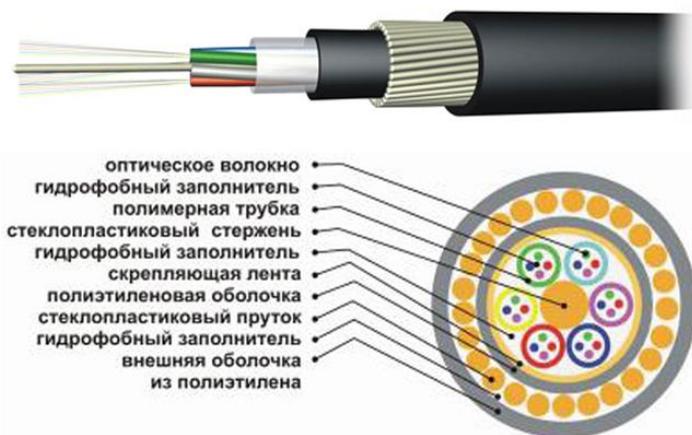


Рисунок 13 – Кабель волоконно-оптический самонесущий

### 2.2.2. Кросс оптический

Кросс оптический - устройство для разъёмного соединения оконцованного оптического кабеля и оптических шнуров с помощью специализированных разъемов (розеток, соединителей, пигтейлов).

Оптические кроссы изготавливаются в нескольких вариациях, наиболее популярное из которых подразумевает монтаж кроссов в телекоммуникационные шкафы стандартной размерности (19 дюймов). Кроссы такого форм-фактора называются стоечными.

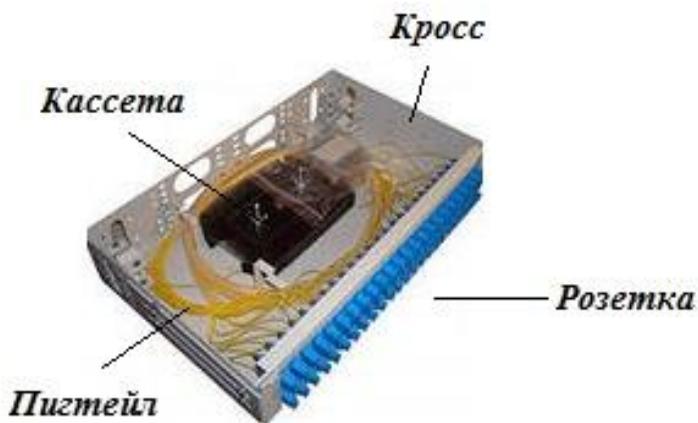


Рисунок 14 – Кросс оптический стоечный

В состав любого оптического кросса входит:

- сплайс-кассета – служит для укладки оптических волокон, максимально снижая уровень возможных потерь за счет изгиба волокна;
- пигтейл – отрезок одноволоконного оптического кабеля, один из концов которого имеет коннектор;
- розетка – соединитель двух оптических коннекторов.

### 2.2.3. Абонентская оптическая розетка

Абонентская оптическая розетка предназначена для подключения конечного пользователя к ВОЛС.

Стоит различать абонентские оптические розетки от оптических розеток-соединителей.



Рисунок 15 –Абонентская оптическая розетка



Рисунок 15а – Соединительные оптические розетки

### 2.2.4. Катушка нормализующая

Нормализующая катушка применяется в качестве вспомогательного устройства к рефлектометру (описание приведено далее по тексту) для проверки работоспособности и качества оптоволоконных кабелей за счет заранее известных параметров, таких как точная длина оптического кабеля, вносимые

потери. Нормализующие катушки поставляются с различными модификациями коннекторов, типом оптического волокна и различной длины.



Рисунок 16 – Нормализующие катушки

### 3. ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОВОДНОГО КАНАЛА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

#### 3.1. Медиаконвертер

Медиаконвертер (преобразователь среды передачи данных) - устройство, преобразующее среду распространения сигнала из одного типа в другой. Чаще всего средой распространения сигнала в ЛВС, СКС являются медные провода и оптические кабели. Под средой распространения сигнала может пониматься любая среда передачи данных, однако в современной терминологии медиаконвертер работает как связующее звено только между двумя средами - оптическим и медным кабелями.



Рисунок 17 – Медиаконвертер

Медиаконвертеры различаются по дальности распространения сигнала, по способу распространения сигнала, по форм-фактору и по количеству входов/выходов.

#### 3.2. Оптический рефлектометр

Оптический рефлектометр (англ. OTDR, Optical Time Domain Reflectometer) - прибор для измерения параметров волоконно-оптических линий.

Принцип работы прибора основан на анализе отражённых оптических импульсов, излучаемых рефлектометром в оптическое волокно. Измерения с помощью оптического рефлектометра основано на явлении обратного рассеяния света в волокне и на отражении света от скачков показателя преломления. Импульсы света, распространяясь по линии, испытывают отражения и затухания на неоднородностях линии и вследствие поглощения в среде.

Оптический импульс вводится в волокно через направленный ответвитель. Импульс распространяется по волокну и ослабляется в соответствии с коэффициентом затухания волокна. Незначительная часть оптической мощности рассеивается и в результате обратно рассеянное излучение через направленный ответвитель попадает на фотодетектор, преобразуется в электрический сигнал, усиливается, обрабатывается и результат выводится на дисплей.



Рисунок 18 – Рефлектометр оптический фирмы YOKOGAWA, модель AQ7275

### 3.3. Кабельный тестер

Кабельный тестер предназначен для определения неисправности в кабельной сети стандарта Ethernet, позволяет протестировать кабель на обрыв, замыкание, проверить целостность экрана и правильность разводки кабеля.

Позволяет тестировать интерфейсы RJ-45/8P8C, RJ-12 и BNC.

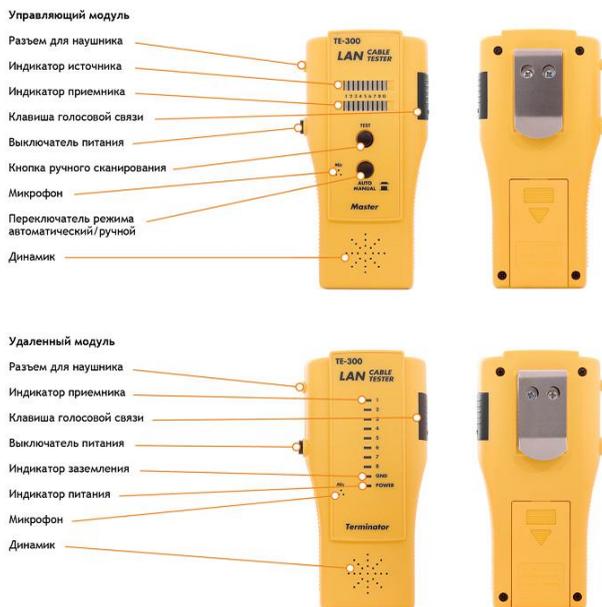


Рисунок 19 – Кабельный тестер Ethernet

### 3.4. Сварочный аппарат для ВОЛС

Сварка оптического волокна - процесс соединения оптических волокон (жил оптического кабеля) с помощью высокотемпературной термической обработки.

Сварка оптического волокна производится с использованием специальных сварочных аппаратов, которые позволяют провести весь комплекс сварочных работ в автоматическом или полуавтоматическом режиме.



Рисунок 20 – Комплект оборудования для сварки ВОЛС

### 3.5. Микроскоп для оптических коннекторов

Визуальный локаатор повреждений (микроскоп) оптических коннекторов является простым многофункциональным прибором для контроля оптических соединений и предоставляет возможность проверить коннектор на предмет царапин, грязи или других проблем, обычно приводящих к низкому качеству передачи данных. Различные адаптеры обеспечивают возможность использования коннектора любого типа.

Функциональность микроскопов обеспечивает увеличение в несколько десятков раз, что позволяет легко проверять как многомодовые, так и одномодовые волоконно-оптические коннекторы. Так же конструкцией предусмотрен встроенный фильтр для защиты глаза оператора от поражения невидимым лазерным излучением при инспектировании активных волоконно-оптических трактов.



Рисунок 21 – Микроскоп для оптических коннекторов

### 3.6. Специализированный инструмент

Специализированный инструмент предназначен для работы с элементами проводного канала связи телекоммуникационной системы. Обжимной инструмент (рисунок 22) служит для подготовки и подключения кабеля «витая пара» к коннектору Ethernet по стандартам TIA/EIA-568B и TIA/EIA-568A. Обжимной инструмент (рисунок 22а) служит для подключения кабеля «витая пара» к абонентской розетке Ethernet по стандартам TIA/EIA-568B и TIA/EIA-568A.



Рисунок 22 – Обжимной инструмент для коннекторов Ethernet RJ-45, RJ-11



Рисунок 22а – Обжимной инструмент для абонентских розеток Ethernet

На рисунке 23 представлен набор инструмента для работы с ВОК. Инструмент служит для подготовки оптического кабеля к дальнейшему монтажу. Минимальный набор необходимого инструмента включает в себя

спиртосодержащие салфетки, специализированные стрипперы для снятия оболочек, кусачки.



Рисунок 23 – Набор инструмента для работы с ВОК

#### **4. ПОСТРОЕНИЕ, ИЗМЕРЕНИЯ И ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОВОДНОГО КАНАЛА СВЯЗИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ**

##### **4.1. Цель работы**

Целью работы является построение и тестирование проводного канала связи телекоммуникационной сети, получение практических навыков по работе с инструментом и измерительным оборудованием.

##### **4.2. Приборы и принадлежности**

Рефлектометр оптический YOKOGAWA AQ7275; тестер кабельных линий Nikomax; инструмент для зачистки кабеля и обжима коннекторов Ethernet (RJ-45); коннекторы Ethernet (RJ-45); отрезок кабеля «витая пара» категории 5e; медиаконвертеры Dlink; коммутатор Dlink 24x2x2; кросс оптический стоечный укомплектованный; катушки нормализующие с длинами 0,5 км, 2км, 4км, 25км; оптические патч-корды (соединительные шнуры); Ethernet патч-корды категории 5e; переходные адаптеры для оптических соединений; аппарат для сварки ВОК Fujikura (необходим в случае разрыва волокна); микроскоп для оптических коннекторов Fluke; набор инструмента для работы с оптическим кабелем.

### 4.3. Описание экспериментального стенда телекоммуникационной сети

На рисунке 24 приведена структурная схема стенда телекоммуникационной вычислительной сети.

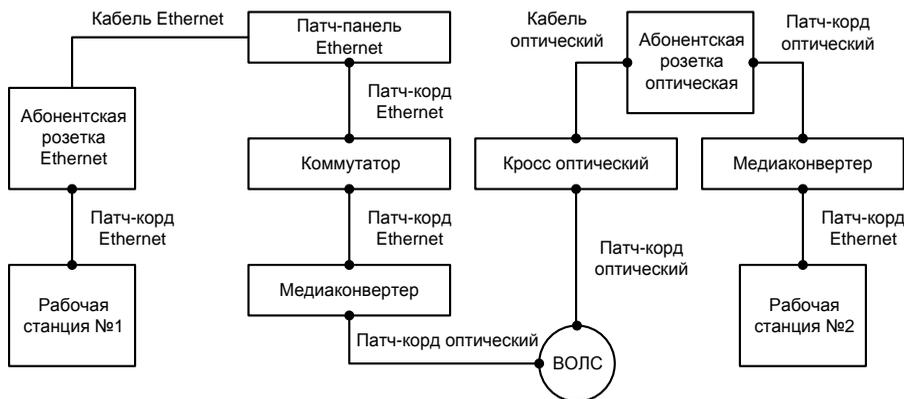


Рисунок 24 – Архитектура стенда ТКС

Стенд ТКС реализован на базе медных и оптических линий связи. Медные линии связи построены на основе кабеля «витая пара» категории 5е. Волоконно-оптические линии связи реализованы посредством одномодовых оптических кабелей внутреннего исполнения.

Стенд имитирует линию связи от рабочей станции №1 через коммутационный узел к рабочей станции №2 и представляет собой последовательное соединение узлов ТКС посредством медных и оптических линий связи. Отметим, что стенд является масштабируемым и может включать дополнительные расширительные узлы и модули, такие как сетевые коммутаторы, маршрутизаторы, точки доступа и т.д.

Рабочая станция №1 (пользователь) соединена посредством патч-корда (кабель «витая пара» категории 5е) с абонентской розеткой Ethernet. Неразъемным соединением абонентская розетка связана с интерфейсом RJ-45 патч-панели. Патч-панель взаимодействует с коммутатором посредством патч-корда Ethernet. Аналогичным образом коммутатор связан с медиаконвертером. Медиаконвертер оптическим патч-кордом соединен с ВОЛС, в качестве которой выступает нормализующая катушка. ВОЛС подсоединена к фронтальной панели кросса оптического патч-кордом. Сварными неразъемными соединениями оптическая розетка соединена с оптическим стоечным кроссом. Патч-корд оптический связывает оптический интерфейс медиаконвертера с абонентской

розеткой. Медиаконвертер подключен патч-кордом Ethernet к интерфейсу рабочей станции №2.

#### **4.4. Построение проводного канала связи телекоммуникационной сети**

Предлагается собрать рабочую конфигурацию стенда ТКС из имеющегося оборудования и материалов. Структура стенда должна соответствовать архитектуре стенда на рисунке 24.

В процессе конфигурации стенда ТКС, необходимо изготовить патч-корд Ethernet. При создании патч-корда использовать кабель Ethernet «витая пара» 4 пары категории 5е, два коннектора 8P8C RJ-45, специальный инструмент для зачистки и обжима.

В процессе выполнения работы необходимо соблюдать технику безопасности, осторожно и аккуратно обращаться с инструментом и оборудованием.

Порядок изготовления патч-корда:

1. Подготовьте материалы и инструмент для работы.
2. Специальным инструментом (стриппером) снимите изоляцию с кабеля «витая пара». Старайтесь не повредить при этом жилы кабеля. Длина снятой изоляции должна составлять от 2 до 5 см.
3. Распрямите отдельные жилы кабеля и расположите их в последовательности по стандарту TIA/EIA-568B.
4. Специальным инструментом отрежьте лишние концы кабеля.
5. Аккуратно вставьте подготовленные концы кабеля в коннектор. Концы кабеля должны упереться в контактную группу коннектора.
6. Проведите визуальный осмотр коннектора на предмет порядка следования цветов кабеля по стандарту TIA/EIA-568B.
7. Вставьте подготовленный коннектор в разъем RJ-45 обжимного инструмента и произведите обжим, зажав ручки до упора.
8. Повторите процедуру обжима на другом конце кабеля аналогичным образом.

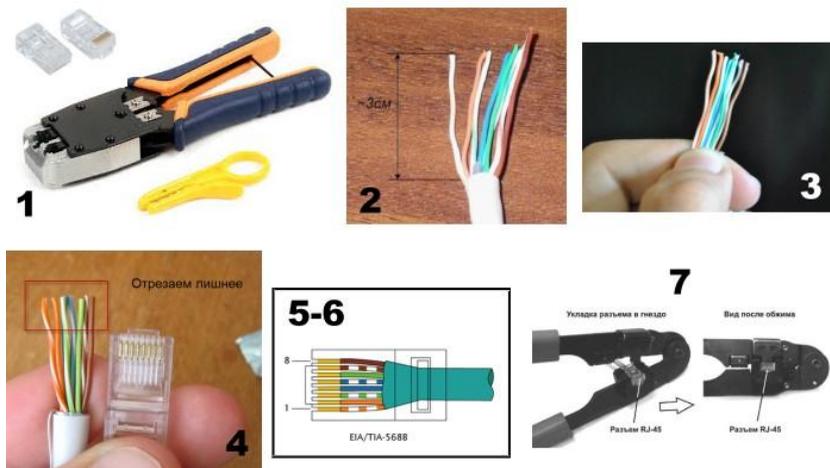


Рисунок 25 – Порядок обжима патч-корда по стандарту TIA/EIA-568B.

#### 4.5. Измерения параметров линий связи проводного канала телекоммуникационной сети

- При помощи инструмента для тестирования кабельных линий Nikomax произвести тестирование изготовленного патч-корда и всех Ethernet участков стенда ТКС.
- При помощи лазерного тестера проверить целостность ВОЛС.
- При помощи оптического рефлектометра произвести тестирование участка ВОЛС стенда ТКС с применением двух различных нормализующих катушек. Измерения проводить в обоих направлениях для каждого эксперимента на длине волны 1550 нм. Рефлектограммы сохранять на внешний носитель для использования в отчете и анализа результатов эксперимента.

#### 4.6. Тестирование проводного канала телекоммуникационной сети

Произвести тестирование сконфигурированного канала связи телекоммуникационной сети от Рабочей станции №1 до Рабочей станции №2. Для этого необходимо ввести в командной строке программного обеспечения Рабочей станции №1 команду ping «ip адрес Рабочей станции №2».

#### **4.7. Результаты эксперимента**

Результаты всех произведенных измерений необходимо фиксировать, полученные рефлектограммы добавить в отчет.

Отчет должен содержать:

Название лабораторной работы, цель работы, порядок выполнения работы, описание экспериментального стенда ТКС, его компонентов, оборудования и инструментов, ход выполнения работы, описание процесса изготовления патч-корда Ethernet, результаты тестирования медных линий связи, результаты тестирования ВОЛС стенда ТКС (рефлектограммы с пояснениями), результаты тестирования канала связи ТКС при помощи команды ping (скриншоты экранов рабочих станций с пояснениями).

#### **4.8. Обсуждение результатов эксперимента**

После выполнения задания, объяснить преподавателю назначение всех узлов стенда ТКС.

Пояснить конструкцию оптического кросса, абонентской оптической розетки.

Изложить назначение и функциональные возможности используемого оборудования и инструментария.

Сравнить результаты измерений ВОЛС при различных модификациях стенда ТКС.

Ответить на контрольные вопросы преподавателя.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. А.В. Горбунов, Рефлектометрический метод контроля несанкционированного доступа к волоконно-оптическим линиям связи: учебное пособие. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2013.

2. Н.Д. Угринович, Информатика и информационные технологии, М.: Бином, 2006.

3. Н.В. Максимов, И. И. Попов, Компьютерные сети: учебное пособие, М.:ФОРУМ, 2004.

4. А.В. Абилов, Сети связи и системы коммутации: учебное пособие для вузов, М.:Радио и связь, 2004.

5. Д.В. Иртегов, Введение в сетевые технологии, М., 2004.