

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования**

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

**Н.Д. Хатьков, В.Ю. Рябченко**

**ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ЛОКАЛЬНЫЕ СЕТИ И  
СИСТЕМЫ КАБЕЛЬНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ**

Учебно-методическое пособие по лабораторным работам  
для студентов направления 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и  
системы связи»

**Томск 2018**

УДК 537.8(075.8) + 621.371(075.8)

Рецензент:

проф. СВЧ и КР, к.ф.-м.н.

С.Н. Шарангович

**Волоконно-оптические локальные сети и системы кабельного телевидения.** Учебно-методическое пособие по лабораторным работам для студентов направления 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» // Н.Д. Хатьков, В.Ю. Рябченко / Под ред. В.Ю. Рябченка. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2018. – 98 с.

Данное учебно-методическое пособие является частью учебно-методического комплекса и предназначено для подготовки и проведения лабораторных работ по дисциплине «Волоконно-оптические локальные сети и системы кабельного телевидения». В пособии содержится необходимый теоретический материал, методические рекомендации для выполнения лабораторных работ, а также варианты заданий для самостоятельного выполнения. Пособие содержит описание четырех лабораторных работ.

Предназначено для студентов всех форм обучения, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 11.03.02 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи", профиль "Оптические системы и сети связи".

© Хатьков Н.Д., Рябченко В.Ю., 2018

© Томский гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2018.

## Содержание

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 .....	7
ИССЛЕДОВАНИЕ СЕТЕВЫХ ПРОТОКОЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ .....	7
2 Введение.....	7
3 Основные теоретические положения .....	7
3.1 Получение адреса в сети .....	11
3.2 Протокол времени суток - Daytime Protocol .....	12
3.3 Семейство протоколов TCP/IP .....	13
3.4 Сервис Finger.....	14
3.5 Сервис Echo.....	15
3.6 Протокол POP3 .....	15
3.7 Протокол SMTP .....	15
3.8 Протокол UDP.....	16
3.9 Кодирование и декодирование файлов в сервисах .....	16
3.10 Протокол HTTP.....	16
4 Порядок выполнения лабораторной работы .....	22
4.1 Получение адреса в сети .....	22
4.2 Протокол времени суток - Daytime Protocol .....	22
4.3 Семейство протоколов TCP/IP .....	23
4.4 Сервис Finger.....	24
4.5 Сервис Echo.....	25
4.6 Протокол POP3 .....	26
4.7 Протокол SMTP .....	26
4.8 Протокол UDP.....	27
4.9 Кодирование и декодирование файлов в сервисах .....	28
4.10 Протокол HTTP.....	29
4.11 Внешний вид программного модуля для работы с протоколом HTTP ..	30
4.12 Записать выводы по каждому разделу в отчет .....	30
5 Контрольные вопросы .....	30
6 Список литературы .....	31

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 .....	32
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРИРОВАННОЙ КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ .....	32
1 Введение.....	32
1.1 Общие технические вопросы построения СКС.....	32
2 Спецификации и стандарты .....	33
2.1 Оптика до рабочего места.....	34
2.2 Проектирование СКС .....	34
2.3 Установка кабельной системы .....	36
2.4 Выбор оптимальных кабелей для структурированных кабельных сетей.....	38
2.5 Топология структурированных кабельных сетей .....	38
2.6 Горизонтальная разводка.....	41
2.7 Общие требования к проектной документации структурированных кабельных сетей .....	44
2.8 Формирование сети первого уровня.....	48
2.9 Формирование сети второго уровня.....	49
2.10 Формирование сети третьего уровня.....	50
3 Порядок выполнения лабораторной работы .....	52
3.1 Формирование сети первого уровня.....	52
3.2 Формирование сети второго уровня.....	52
3.3 Формирование сети третьего уровня.....	53
3.4 Запишите выводы по каждому разделу в отчет .....	53
4 Контрольные вопросы .....	53
5 Варианты заданий .....	55
6 Список литературы .....	57
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 .....	59
СИСТЕМЫ КАБЕЛЬНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ.....	59
1 Введение.....	59
2 Основные теоретические положения.....	59
2.1 Электрические параметры СКТВ и ее элементов .....	60
2.2 Условия приема телевизионного сигнала.....	62
2.3 Расчет уровней сигнала, шумов и помех комбинационных частот в СКТВ.....	66

2.3.1	Приемная ТВ антенна .....	66
2.3.2	Головная станция (СГ).....	66
2.3.3	Магистральные линии (ЛМ) распределительной сети.....	69
2.3.4	Домовая распределительная сеть (СДР) .....	74
2.3.5	Порядок определения общих запасов СР и СКТВ в выполнении норм ГОСТа на ВсшГОСТ и ВспГОСТ. ....	76
2.3.6	Влияние изменения затухания высокочастотных кабелей на характеристики распределительной сети .....	77
2.3.7	Условия эксплуатации СКТВ.....	80
2.3.8	Структурная схема СКТВ.....	81
3	Общий вид лабораторного стола.....	82
4	Порядок выполнения лабораторной работы .....	82
5	Содержание отчета.....	83
6	Контрольные вопросы .....	83
7	Варианты задания.....	84
8	Список используемой литературы .....	85
	ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 .....	86
	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ШУМОВ ОПТИЧЕСКОГО ТРАКТА НА ЦВЕТОВУЮ СОСТАВЛЯЮЩУЮ ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА .....	86
1	Введение.....	86
2	Основные теоретические положения .....	86
2.1	Модель волоконно-оптической системы передачи.....	86
2.2	Шумы в оптических сетях .....	87
3	Общий вид лабораторного стола.....	96
4	Порядок выполнения лабораторной работы .....	97
5	Содержание отчета.....	97
6	Контрольные вопросы .....	97
7	Список литературы .....	98

## Введение

Дисциплина «Волоконно-оптические локальные сети и системы кабельного телевидения» изучается студентами направления 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» профиля подготовки «Оптические системы и сети связи» в 6 семестре и относится к блоку специальных дисциплин. В рамках лекционного курса осваивается теоретический материал по учебной литературе [1-2], приобретаются навыки практических расчетов.

Данное учебно-методическое пособие является частью учебно-методического комплекса и предназначено для подготовки и проведения лабораторных работ. В пособии содержится необходимый теоретический материал, методические рекомендации для выполнения лабораторных работ, а также варианты заданий для самостоятельного выполнения.

Пособие содержит описание четырех лабораторных работ [3-6].

Список литературы включает источники [1-2], рекомендуемые для самостоятельного и более углубленного изучения вопросов, выносимых на лабораторные работы.

Учебно-методическое пособие может быть рекомендовано для заочной формы обучения, при которой основной формой изучения дисциплины является самостоятельная работа студента над рекомендованной литературой, а также над материалом настоящего пособия. При этом в качестве заданий на лабораторные работы могут быть использованы приведенные в пособии методические рекомендации.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### ИССЛЕДОВАНИЕ СЕТЕВЫХ ПРОТОКОЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

#### 1 Введение

Цель работы - на примере готовых программных модулей, изучить работу различных сервисов и протоколов на реально - действующей сети. Работа сетей будет дополнена полученными реакциями воздействующих команд модулей на сеть в процессе обмена данными с серверами.

#### 2 Основные теоретические положения

Из истории вопроса о передаче данных с помощью новой технологии «коммутации пакетов» (packet switching). Эта технология, в которой данные, предназначенные для отправки в другое место, разбивались на пакеты, каждый из которых имел свой «адрес назначения» («forwarding address»). Это давало возможность нескольким пользователям одновременно работать по одной и той же линии связи. Не менее важным с точки зрения оборонного ведомства было то, что эта технология обладала возможностью автоматической маршрутизации данных по различным линиям связи. Целью АКРА было развитие надежной сети передачи данных, которая могла бы выдержать даже ядерное нападение, когда любой компьютер или линия связи между компьютерами может перестать функционировать в любой момент времени. Поэтому от создаваемой сети требовалась устойчивость работы: часть сети может быть разрушена без ущерба для функционирования сети в целом. ARPANet (так была названа эта новая сеть) эту задачу решила. Пакетная система передачи данных использовала «скоростные магистрали», по которым огромное число пакетов движутся в одном и том же направлении. Каждому пакету выдается компьютерный эквивалент адреса получателя, благодаря которому все пакеты, возможно, разными путями дойдут до получателя, где их снова соберут в сообщение, понятное человеку или компьютеру. Первым революционным применением созданной сети, сразу обеспечившей ей успех, стала электронная почта, поскольку оказалось, что подобные электронные письма можно пересылать со скоростью телефонного звонка.

В 1969 году в качестве узлов новой сети были выбраны компьютеры четырех университетов: Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе, Станфордский научно-исследовательский институт, Калифорнийский университет в Санта-Барбаре и Университет штат Юта. Получившаяся в результате сеть получила имя ARPANet. Несмотря на то, что эта разработка проходила по линии Министерства обороны, отнесена она была к общественной

сфере. Это означало, что любая организация, компания или частное лицо могли получить техническую документацию, описывающую протоколы работы этой сети, и разрабатывать программы для этой технологии. Открытость системы неминусом должна была вызвать создание аналогичных, основанных на близких протоколах сетей. Что со временем и произошло и «завершилось» их объединением в глобальную информационную систему.

По мере того, как ARPANet росла, группа энтузиастов разработала способ ее использования для проведения электронных конференций. Вначале это были научные дискуссии, но скоро конференции так разрослись, что охватывали уже практически все аспекты человеческой жизни. По сути телеконференции были развитием идеи электронной почты, только в этом случае письмо отправлялось не одному человеку, а сотням и даже тысячам «подписчиков» конференций на различные темы. В семидесятых годах наступил период развития локальных вычислительных сетей. Появились первые суперкомпьютеры и операционная система UNIX. В версию UNIX Калифорнийского университета в Беркли (BSD LUNIX) были включены, как часть операционной системы протоколы Интернет. Поскольку в университетах и научных кругах эта версия UNIX широко использовалась, это дало новый толчок к применению протоколов TCP/IP в локальных вычислительных сетях. Стали являться родственные ARPANet сети. Например, NASA создала свою сеть.

В семидесятых годах при поддержке ARPA были разработаны протоколы передачи данных между различными компьютерными сетями. К концу семидесятых годов были разработаны связи между ARPANet и ее атэтнорами (ATNET) в других странах. Эти протоколы сделали возможным объединение сетей во всемирную Сеть, которую мы сейчас имеем и которая соединяет компьютеры всех существующих видов теперь уже по всему миру.

В восьмидесятых годах эта Сеть сетей, которая стала известна под именем Интернет, развилась до невероятной степени. В 1982 году был создан единый протокол TCP/IP, объединяющий различные, уже действующие протоколы. Сотни, а потом и тысячи научных организаций, учебных заведений и правительственных ведомств стали подключать свои компьютеры к всемирной Сети. Со временем появились предприимчивые компании, которые стали предлагать доступ в Интернет для частных лиц. Теперь любой владелец компьютера мог купить модем и получить доступ к электронной почте и конференциям.

В девяностых годах продолжается экспоненциальный рост Сети. В ответ на это правительства и другие заинтересованные организации и лица непрерывно работают над расширением возможностей самой Сети. Когда-то основной канал передачи данных Сети в Соединенных Штатах, как его называют «хребет» (backbone), передавал данные со скоростью 56000 бит в секунду. По причине все возрастающего объема пересылаемых



данных скорость его работы подняли сначала до 1,5 миллиона, затем до 45 миллионов бит в секунду и т.д. Другое серьезное новшество, способствовавшее развитию Интернет — это появление коммерческих служб, предоставляющих услуги по скоростному межсетевому обмену. В середине 1994 года правительство Соединенных Штатов фактически отошло от ежедневного управления работой Сети, переложив эту работу на местных и национальных поставщиков услуг Интернет.

Сеть работает по различным протоколам в том числе и по TCP/IP. Протокол это структура, описывающая формат пакета данных, передаваемого по сети. Пакет представляет собой поток битов, и именно протокол определяет, где располагается адрес и другая служебная информация, а не сами передаваемые данные. Протокол TCP предназначен для контроля целостности передаваемой информации. Компьютеры обмениваются пакетами протокола IP и контролируют их передачу по протоколу TCP. Пакеты IP, пришедшие с ошибками, или по каким-то причинам потерянные, посылаются повторно. Такова, в самых общих чертах, техническая сторона вопроса. Протокол TCP/IP позволяет передавать информацию, а его, в свою очередь, используют разнообразные сервисы или службы Интернет по доставке и обработке информации. От эффективности этих сервисов, простоты и удобства зависит целиком вся эффективность работы систем связи. Интернет замечателен тем, что сеть и ее сервисы стали широко распространены в жизни общества, что они оказались достаточно хороши, чтобы значительная часть информации передавалась и размещалась в Интернет. Интернет не решил проблему хранения и упорядочения информации, но решил проблему ее передачи и отчасти поиска. В Интернет можно получить любую информацию где угодно, когда угодно и, вообще говоря, кому угодно. Трудность состоит только в том, чтобы найти в Сети то, что вам нужно. Эта замечательная способность передачи информации привела к грандиозным темпам роста Интернет на протяжении всей его истории. Причем темпы роста не только не замедлились, но продолжают увеличиваться, особенно это касается нашей страны. Вследствие децентрализованности Интернет трудно точно сказать, каковы сейчас размеры Сети. Сегодня Интернет объединяет множество разных сетей, миллионы компьютеров, более 100 миллионов пользователей всех континентов и, по разным оценкам, число таких пользователей увеличивается на 50-80% ежегодно. Около 10 миллионов пользователей проживают в России. Российский Интернет растет еще быстрее. В российском Интернет зарегистрировано свыше 10 миллионов документов. За 1999 год объем российского Интернета вырос в 16 раз. Примерно в 4 раза увеличилось количество серверов и в среднем в 4 раза увеличился средний объем сервера за этот же период. Помимо увеличения технических показателей, Интернет развивается качественно. Появляются новые услуги, такие как, например, электронная коммерция.

Высшая власть в Интернет принадлежит ISOC (Internet Society). ISOC — общество с добровольным членством, цель которого — способствовать глобальному обмену информацией через Интернет. Оно назначает «совет старейшин», который отвечает за техническую политику, поддержку и управление Сетью. Этот Совет представляет собой группу приглашенных лиц, которые добровольно изъявили желание принять участие в его работе. Называется он IAB (Internet Architecture Board — Совет по архитектуре Интернет.). IAB регулярно собирается, чтобы рассмотреть и утвердить стандарты и распределить ресурсы, такие, например, как адреса. IAB ответственен за стандарты. Он решает, насколько необходим тот или иной стандарт и каким ему следует быть. Пользователи Интернет высказывают свои жалобы и предложения на встречах IETF (Internet Engineering Task Force). IETF - это другая добровольная организация, которая регулярно собирается, чтобы обсудить текущие эксплуатационные и назревающие технические проблемы. При обсуждении достаточно важной проблемы IETF создает рабочую группу добровольцев для ее дальнейшего исследования. Рабочие группы выполняют различные функции: выпуск документации, стратегические исследования, разработку новых стандартов и протоколов, изменение существующих стандартов.

Стандарты Интернет описываются в документах под названием Request for Comments (RFC), имеющих свою нумерацию. Например, RFC 1800 и т.д. Поскольку Сеть является открытым и постоянно меняющимся образованием, то и не все из этих документов являются стандартами. Некоторые из них носят чисто информационное назначение, другие являются, по сути форумами, предоставляющими место для обмена информацией, со временем эти рекомендательные документы могут стать новыми стандартами Сети.

На примере готовых программных модулей, изучить работу различных сервисов и протоколов на реально действующей сети. Работа сетей будет дополнена полученными реакциями воздействующих команд модулей на сеть в процессе обмена данными с серверами. Набор заданий к лабораторной работе.

Практическое задание каждого раздела в целом предполагает наличие работающей сети, подключенной к интернету. Поэтому, прежде чем приступать к выполнению заданий, необходимо убедиться в его наличии. Кроме того, настройки сети ее администратором, предполагают запрет на использование некоторых протоколов передачи данных, разнообразных запросов сетевых ресурсов и др. Это часто связано с возможными внешними внутренними информационными угрозами, дестабилизирующими устойчивую работу сети. В связи с этим, при обнаружении неработоспособности исследуемого протокола, необходимо указать в отчете к лабораторной работе сообщения, которые выдавала компьютерная программа и кратко описать ее поведение, после этого переходить к другому

разделу. Как видно из предоставленного перечня элементов лабораторной работы помимо протоколов, исследуется, как основные сервисы, так и кодирование данных, что является существенным дополнением к пониманию в целом работы компьютерной сети.

## 2.1 Получение адреса в сети

Одной из самых важных тем при рассмотрении TCP/IP является адресация IP. Адрес IP - числовой идентификатор, приписанный каждому компьютеру или устройству в сети IP и обозначающий местонахождение этого устройства в сети. Адрес IP состоит из четырех байтов, каждый байт представляет свой раздел адреса. Обычно IP-адреса записываются десятичными числами, каждый байт отдельно от других и каждая часть отделяется точкой. Например — 192.168.1.12. Каждый байт адреса представляет свой раздел, — тем самым получается, что IP-адрес имеет иерархическую структуру. В качестве примера, можно вспомнить нумерацию томских телефонов, где первые две цифры обозначают «номер» АТС или, можно сказать, обозначают район города. На пример, 26 — Советский р-н. и т.д. Оставшиеся цифры телефонного номера идентифицируют абонента в рамках городского района. IP адреса также имеют двухуровневую иерархическую систему нумерации. В зависимости от значения первого байта первый байт, два или три первых байта обозначают номер сети, а оставшиеся байты — номер устройства внутри этой сети (см. таблицу).

Структура IP адреса

Класс	Формат	Шаблон первых бит первого октета	Десятичные значения первого байта адреса сети	Максимальное число сетей	Максимальное число узлов в одной сети
A	сеть. узел. узел. узел	0	1 — 127	127	16777216
B	сеть. сеть. узел. узел	10	128— 191	16384	65534
C	сеть. сеть. сеть, узел	110	192 — 223	2097152	254
D		1110	Групповой адрес	Групповой адрес	Групповой адрес

Из таблицы видно, что существуют только четыре варианта адресов. Последний вариант предназначен для передачи сообщений группе сетевых устройств. Что же касается сетей, то сети делятся на три класса. Видно, что сетей класса А может быть только 127, зато такие сети могут иметь довольно большое число узлов — до 16777216. Сетей класса С может быть значительно больше, зато машин в такой сети может быть не более 254. Адреса узлов,

состоящие только из нулей или единиц, имеют специфическое назначение и устройствам сети не присваиваются. Если вы подключены к Интернет через локальную сеть небольшой компании, то по протоколу IP ваша сеть, с большой вероятностью, относится к классу C, т.е. из нее к Интернет могут подключиться не более 254 машин, если ваш провайдер услуг Интернет не наложит на это количество свое ограничение. Использовать IP-адрес напрямую при обращении к нужной вам машине неудобно — нужно запоминать числа, которые запомнить трудно. Если бы у машины было имя, то с именем было бы проще. К счастью, эта проблема давно решена, и, когда вы обращаетесь к WWW-серверам, вы используете обращение к компьютеру по имени.

Раньше соответствие между адресом и именем определялось из специального текстового файла -- hosts. Но со временем, когда количество машин в Internet значительно выросло, была создана специальная служба DNS (Domain Name System — служба именования доменов), позволяющая получать Эту информацию по Сети от серверов DNS, и был создан соответствующий протокол ARP (Address Resolution Protocol).

Сегодня в Интернет применяется протокол IP, использующий для адреса компьютера 32 бита. Однако, учитывая все ускоряющийся рост сети, адресное пространство может просто закончиться, причем это событие прогнозируется в пределах ближайших десяти лет. Для решения этой проблемы разрабатывается протокол IP нового поколения — IPng, в котором для адреса будет использоваться 128 бит, что позволяет адресовать астрономическое количество объектов. Переход на новый протокол предполагается планомерно осуществить в оставшийся промежуток времени, но кто знает, сколь болезненным он окажется — ведь такие изменения требуют практически полной смены программного обеспечения и сетевого оборудования.

## **2.2 Протокол времени суток - Daytime Protocol**

При работе с различными сервисами Интернет в некоторых сетевых приложениях (чаще всего это серверы) необходимо точное знание времени для синхронизации в получении и приема различного рода данных, команд. Для этого был разработан специальный протокол, предназначенный для получения даты и времени от специальных серверов даты и времени в Интернет и интранет в соответствии со стандартом RFC 867, называемым «Протоколом времени суток» (Daytime Protocol, 1983). Следует отметить, что в настоящее время, подобный протокол может использоваться практически только в сетях интранет из-за возможного использования данного протокола деструктивным программным обеспечением. Поэтому в ряде случаев, выходя в Интернет, можно и не получить запрашиваемые данные от какого - либо указанного сервера. Кроме того некоторые администраторы сетей могут

использовать разный набор адресов для портов. Вот некоторые адреса, с которых можно начать работу - www.netmastersllc.com (порт - 13), time.nist.gov (порт - 37). Приложения для Интернет часто используют понятие порта. Любому пользователю знакомы аппаратные порты компьютера, например, последовательные порты, к которым подключаются модемы, мыши, параллельные порты для подключения принтера или сканера и т.д. В данном случае имеются в виду программные порты, понятие, применяемое в Windows, на транспортном сетевом уровне. В переносном смысле можно сказать, что программы подключаются к таким портам для передачи друг другу необходимой информации. Портам приписываются номера. Некоторые из них исторически закреплены за определенными службами или протоколами. Например, порт 21 используется протоколом передачи файлов FTP, порт 110 - это собственность протокола POP3, протокола приема электронной почты и т.д. В некоторых случаях, когда номер порта неизвестен, используют автоматические сканеры портов. Ну, а Вам для наглядности в ряде случаев это делать можно будет вручную.

### 2.3 Семейство протоколов TCP/IP

Комплект протоколов TCP/IP (протокол управления передачей/межсетевой протокол — Transmission Control Protocol/Internet Protocol) — это объединение различных функций, управляемых точными, обязательными и основанными на соглашении правилами их выполнения, реализации и т.д. Международной организацией по стандартизации (International Standards Organization -создана эталонная модель OSI (Open Systems Interconnection) в качестве руководства и образца для открытого множества протоколов. Эта модель имеет семь уровней. Сокращенный вариант модели OSI носит название модель DOD и имеет четыре уровня. На рис.1 представлен набор протоколов TCP/IP и их отношение к уровням модели DOD. Модель DOD и семейство протоколов TCP/IP представлена в таблицах:

Process/ Application (приложение)	Telnet	FTP	TFTP	SMTP	LPD	NFS	SNMP	X Window	Другие
---	--------	-----	------	------	-----	-----	------	----------	--------

Host to Host (Транспорт)	TCP	UDP
-----------------------------	-----	-----

Тип	IP	IP	IP	IP
Internet	ICMP	BootP	ARP	RARP

Network Access (сетевой интерфейс)	Ethernet	Token Ring	FDDI	Frame relay	Другие
---------------------------------------	----------	------------	------	----------------	--------

Протоколом уровня Интернет является Internet Protocol (IP). Именно этот протокол обслуживает такую важнейшую задачу, как маршрутизация. Остальные протоколы этого уровня выступают в качестве поддержки протокола IP. Кроме задачи маршрутизации IP-протокол обеспечивает единый сетевой интерфейс для протоколов верхних уровней, в результате чего программисты приложений избавлены от необходимости использовать в программах конкретные методы сетевого доступа — Ethernet, Token Ring и т.д. Протоколов уровней приложений существует довольно много. Эти протоколы используются различными сервисами Интернет, которые и будут рассматриваться далее, и служат для выполнения своих конкретных задач — передачи электронных файлов, отправки и получения электронных сообщений и т.д.

В качестве простого исследования возьмем протокол TCP/IP для обмена простыми текстовыми сообщениями в кодах ASCII по Интернет или интранет. Под термином интранет (intranet) имеются в виду локальные вычислительные сети, ресурсы которых подобны ресурсам Интернет, но доступны они только сотрудникам этих организаций и ограниченному кругу лиц, т.к. доступ к ресурсам в организациях обычно регламентируется. При этом на хост-компьютере, на который посылается сообщение должен быть запущен сервер, использующий этот протокол. У Вас будет два программных модуля - первый модуль, это сервер, а второй это клиент, работающие по одинаковому протоколу. Для успешной отправки сообщения Вам нужно задать имя удаленного компьютера или его IP-адрес, и указать порт, который слушает сервер. Также, нужно задать имя того, кто посылает сообщение. В некоторых случаях, если компьютер не подключен к сети, то вместо IP адреса (который Вы уже определяли ранее для этого случая в п.1) иногда пишут localhost. Проверьте эту возможность задания адреса.

## 2.4 Сервис Finger

Finger (протокол Finger, описанный в стандарте RFC 1288) — один из старейших инструментов Интернет, позволяет получить информацию о пользователе сети. Правда происходит это только в том случае, если почтовый ящик и домашний каталог этого пользователя находятся на компьютере, который умеет отвечать на Finger-запросы. В системе UNIX это является стандартной возможностью, а в Windows этого нет. Для Finger существует шлюз из WWW. По адресу <http://www.mit.edu:8001/finger> вы найдете страницу с формой, в которой нужно заполнить единственное поле, указав в нем либо

доменный IP адрес компьютера, либо электронный адрес человека, и нажать Enter. Например, пошлав через этот шлюз запрос по адресу amenti.Rutgers.EDU, вы получите список пользователей, работающих в данный момент на этой многопользовательской машине под управлением UNIX.

Если Вы перед именем машины укажете какое-нибудь имя пользователя и за ним символ @, то получите сведения только об этом пользователе. В последнее время данный протокол используют чаще всего в деструктивных целях и поэтому по запросу чаще всего можно и не получить ответа, если данный порт закрыт администратором.

## **2.5 Сервис Echo**

Сервис Echo используется для отсылки текстовых сообщений на эхо-сервер и получения этого же сообщения обратно в соответствии со стандартом RFC 862. Он обычно применяется для тестирования и настройки сети, поскольку позволяет оценить время ответа сервера.

## **2.6 Протокол POP3**

Протокол POP3 (Post Office Protocol Version 3 — протокол обработки почты) применяется для получения электронных писем (e-mail) от сервера. Он называется POP3 сервер или почтовый сервер. Этот протокол необходим для использования в некоторых корпоративных приложениях, использующих в том числе свои, внутренние почтовые серверы.

Перед тем, как получать электронную почту при помощи программного модуля необходимо иметь следующие компоненты успешной работы - а) быть зарегистрированным на почтовом сервере (иметь свой логин и пароль, либо получить эти данные от преподавателя для почтового адреса, используемого в учебных целях) б) иметь доступ к серверу через сетевое соединение или модем по соответствующему адресу в Интернет.

## **2.7 Протокол SMTP**

Стандартный протокол SMTP (Simple Mail Transfer Protocol — простой протокол отправки почты) позволяет отправить электронную почту через почтовый сервер Интернет или выполнить некоторые другие команды, описанные в стандарте RFC 821. Порт по умолчанию, используемый этим протоколом, — 25. Регистрация на многих SMTP-серверах при подключении не требуется, соответственно вводить имя пользователя при работе с такими серверами не требуется. Для работы необходимо установить соединение с сервером.

Перед тем, как отсылать электронную почту при помощи программного модуля необходимо иметь следующие компоненты успешной работы - а) быть зарегистрированным

на почтовом сервере (иметь свой логин и пароль, либо получить эти данные от преподавателя для почтового адреса, используемого в учебных целях) б) иметь доступ к серверу через сетевое соединение или модем по соответствующему адресу в Интернет.

## **2.8 Протокол UDP**

Отправка пакетов датаграмм по сети Интернет или интранет осуществляется на основе использования протокола UDP (User Datagram Protocol). Стандарт протокола описан в RFC 768.

Перед тем, как отправлять пакеты датаграмм, нужно задать имя удаленного компьютера и порт, на которые будут посылаться данные. Эти значения нужно записать в соответствующие секции программных модулей. Для отправки и приема данных используются два подхода: передаются потоки или массивы символов (или буфер из оперативной памяти). Когда поступили данные по протоколу UDP и их можно использовать, происходит событие соответствующее событию, по которому сервер в зависимости от настроек выполняет какое-либо действие - формирует файл, пересылает данные в базу и т.д.

## **2.9 Кодирование и декодирование файлов в сервисах**

Задача кодирования файлов возникает обычно из-за ограничений накладываемых символьной передачей данных, поскольку в программном обеспечении могут встречаться команды, которые отсутствуют в таблице символов, передаваемых по сети. В настоящее время кодирование и декодирование файлов осуществляется по алгоритму MIME или UUEncodes. Процесс осуществляется посредством передачи файлов в закодированном виде по Сети. После их получения выполняется обратная задача — декодирование.

Чтобы программный модуль мог выполнить свою задачу, необходимо указать имя обрабатываемого файла, расположенного на диске. Затем выбрать метод кодирования или декодирования, и указать имя файла, в который будет записываться результат преобразования и, соответственно, определить метод Encode или Decode. По умолчанию используется кодирование по алгоритму MIME.

### **Протокол HTTP**

Протокол HTTP (HyperText Transfer Protocol) , язык разметки гипертекста HTML и унифицированный локатор ресурса URL составляют основу Web. HTML — это простой стандарт, который описывает формат документа, и достаточно быстрый для распределенных и гипермедийных информационных систем, в которых он и применяется. WWW-серверы и программы просмотра (браузеры) общаются друг с другом при помощи протоколов



верхнего уровня; в основном это протокол передачи гипертекста — (HTTP) и протокол передачи файлов — File Transfer Protocol (FTP) — которые позволяют клиенту и серверу обмениваться сообщениями и данными. Заметим, что разрабатываемые сегодня прикладные программы могут использовать любой протокол, который основывается на TCP/IP и используется для связи в Интернет. И наоборот, вы не должны ограничивать себя использованием протокола HTTP только в программах просмотра Всемирной паутины, а можете применять его для связи друг с другом любых прикладных программ. Протокол основывается на идее «ссылки», реализованной в универсальном идентификаторе ресурса (Uniform Resource Identifier, URI, RFC1630), универсальном локаторе ресурса (Uniform Resource Locator, RL, RFC1738) и универсальном имени ресурса (Uniform Resource Name, URN, RFC1737). Формат сообщений HTTP похож на формат, используемый в электронной почте и формат MIME. HTTP часто используется, как протокол для связи пользовательских программ-агентов и шлюзов в другие протоколы Интернет, такие как SMTP, NNTP, FTP и WAIS. Вторая составная часть протокола HTTP — это идея запроса-ответа. Клиент должен Установить соединение с сервером и отправить ему запрос, в котором указывается метод запроса, URI, версия протокола и сообщение в стиле MIME, в котором находятся модификаторы запроса, информация о клиенте и необязательное тело сообщения. В свой ответ сервер включает строку состояния, версию протокола, код ошибочного или нормального завершения запроса и затем сообщение, содержащее дополнительную информацию, в том числе тело сообщения. Первоначальный стандарт имел номер версии 0.9. Потом был стандарт версии 1.0 и сейчас действует стандарт версии 1.1. Последний из них описан в документе RFC 2068, а предыдущий в RFC 1945. Протокол HTTP применяется в WEB с 1990 г.

На сегодняшний день протокол HTTP, это один из наиболее распространенных протоколов обмена данными в сетях клиент/сервер. Одна из замечательных особенностей этого протокола заключается еще и в том, что он позволяет клиенту и серверу обмениваться данными без необходимости поддерживать постоянное сетевое соединение. Это протокол, ориентированный в основном на транзакции: клиент запрашивает порцию данных и сервер, удовлетворив его запрос, завершает соединение.

Если вы используете Web-браузер для просмотра, например, URL <http://www.tusur.ru>, то Web-страница будет перемещаться в браузер, после чего клиент сможет ее прочитать. После того, как загрузка страницы закончится, сетевое соединение будет разорвано. По этой причине можно рассматривать сервер как средство доставки пакетов данных. Для приложения, которое большую часть времени использует сеть неактивно (например, когда клиент читает Web-страницу), использование пакетного метода передачи данных является

удачным выходом из трудного положения, потому что сервер сможет тогда обрабатывать запросы других клиентов на получение данных, вместо того, чтобы тратить свои ресурсы на поддержание холостого соединения. Таким образом, программные средства WWW являются универсальными для различных сервисов Интернет, а сама информационная система WWW играет интегрирующую роль. Все эти богатые возможности WWW в представлении различного рода информации обеспечиваются благодаря трем «китам»: языку HTML (HyperText Markup Language — язык разметки гипертекста), на котором составляются документы WWW, протоколу передачи гипертекстовых документов HTTP (HyperText Transfer Protocol — протокол передачи гипертекста) и универсальному локатору ресурса URL (Universal Resource Locator). Внешний вид гипертекстового документа на экране монитора пользователя определяется оборудованием. Если вы работаете за графическим или текстовым терминалом, то в каждом случае документ будет выглядеть по-своему, но структура его останется неизменной, поскольку она задана форматом HTML. WWW - сервис прямого доступа, требующий полноценного подключения к Интернет, и желательно по быстрой линии связи в случае, если документы, которые вы просматриваете, содержат много графики и другой мультимедийной информации. Однако с помощью специальных программ вы можете скачать весь сайт на свою машину с сохранением связей между документами, а потом просмотреть его в офф-лайн-режиме. Возможность такая есть, но при этом теряется прелесть непосредственного общения. Например, в языке HTML существует понятие формы. Пользователь вводит в них некоторую информацию, которая затем может передаваться на сервер. Таким способом заполняются анкеты, регистрационные карты, проводятся социологические опросы. С помощью формы также вы можете определять выводимую для просмотра информацию и сделать для себя процесс работы максимально удобным и быстрым.

Язык разметки гипертекста HTML. Идея гипертекстовой информационной системы состоит в том, что пользователь имеет возможность просматривать страницы документа в том порядке, в котором ему это нужно, а не последовательно, как при чтении обычного, бумажного документа. Осуществляется эта возможность через систему гипертекстовых ссылок, связывающих между собой различные страницы документа. Со временем идея гипертекста разрослась, и современный стандарт можно назвать уже не гипертекстом, а гипермедиа, поскольку теперь документы HTML включают в себя графическую, аудио и видеoinформацию.

Что касается самой идеи гипертекста, то она появилась на свет, возможно, в 1945 г., когда В. Буш, советник по науке президента Рузвельта, предложил проект электромеханической информационной системы Метех. Идея не была реализована. Затем в

1965 г. Т. Нельсон ввел в обращение сам термин «гипертекст», развил и даже реализовал некоторые «гипертекстовые» идеи. Его проект назывался Xanadu, развивался он достаточно долго, с 1988 г. проект финансировался Autodesk, которая, однако заморозила его в 1992 г. и вскоре закрыла. Проект погубила преждевременность его рождения и закрытость. В 1975 году идеи гипертекста были воплощены в информационной системе атомного авианосца «Карл Винстон». Работы над этой идеей продолжались потом различными фирмами и людьми. В 1987 г. была проведена первая специализированная конференция Hypertext-87, пока все это не воплотилось в Web.

Созданная в 1989 г. в CERN (Conseil European pour la Recherche Nucleaire — Европейский центр исследований по физике высоких энергий) Web, опираясь на протокол HTTP, обеспечивает простой доступ к документам Web, архивам файлов стандарта FTP, группам новостей UseNet и др. Но, возможно, основной идеей WEB является идея гипертекста, которую развивали уже давно разные люди. Но только в конце 80-х годов Тим Бернерс Ли предложил удачную рабочую модель распределенной гипертекстовой системы. Помимо того, что он предложил стандарт языка HTML, он разработал первоначальный стандарт протокола HTTP, по которому можно было обмениваться гипертекстовыми документами, и разработал идею URL, как общую систему адресации. Теперь, когда прошли годы, становится очевидным, что была предложена удачная система, которую уже давно ждали, и бурное развитие которой мы наблюдаем с тех пор и по сей день. Информация на Web-сервере хранится в виде так называемых Web-страниц или Web-документов. Web-страница — это файл в формате HTML. Данный формат определяет внешний вид документа, взаимное расположение текстовой, графической и мультимедийной информации. Поскольку Web включает в себя мультимедийную информацию, она стала идеальной средой для хранения и распространения информации в Интернет.

Стандарт HTML интуитивно понятен: «управляется» документ HTML при помощи тегов. О значении определенных тегов вполне можно догадаться и самим. В качестве примера, рассмотрим документ следующего содержания: <HTML>

```

В документах Web вы можете выделить текст<BK>
    <B>                жирным                шрифтом                </B>                <BR>
<I>или                курсивом                </I>
</HTML>

```

Этот документ содержит три строки текста: первая из этих строк «В документах Web вы можете выделить текст» будет выводиться стандартным Шрифтом, вторая строка «жирным шрифтом» — жирным шрифтом, а третья курсивом. Тег <B> включает режим жирного текста, а тег </B> отменяет его; тег <BR> используется для перевода строки. Составить и

отредактировать этот и любой другой Web-документ можно простым текстовым редактором, а результат всегда можно проверить в браузере в режиме off-line. В случае же, если вы используете в документах графику, таблицы и ссылки на другие документы и ресурсы Web, то такие Документы удобнее создавать с помощью специализированных HTML редакторов. Последний стандарт HTML 4.0 основан на стандарте SGML (Standard Generalized Markup Language) ISO 8879. Описание последнего стандарта HTML вы можете найти на сервере [www.w3.org](http://www.w3.org).

Итак, стандарт языка HTML 4.0 позволяет авторам документов делать следующее: Публиковать документы, содержащие текст, заголовки, таблицы, списки, графику и т.д. Переходить на другие документы с помощью механизма гиперссылок простым щелчком мыши, разрабатывать формы для ввода данных от пользователя и передавать эти данные в удаленные службы, например, для поиска информации, покупки различных товаров, резервирования мест в гостинице и т.д., включать в документы электронные таблицы, видеоклипы, звуковые файлы и другую мультимедийную информацию и приложения. Один и тот же документ может быть просмотрен на мониторе современного PC, на алфавитно-цифровом мониторе, подключенном к мейнфрейму, на дисплее сотового телефона и т.д. При этом, конечно, на алфавитно-цифровом мониторе мы не увидим графики, но все что можно воспроизвести, а это будет текст, — монитор воспроизведет (по возможности, с соблюдением размеров и начертания символов). При этом не произойдет никаких ошибок. Такой подход позволяет создавать одну версию документа, а не поддерживать одновременно несколько, для различных аппаратных платформ пользователя.

Минимальный и корректный документ HTML должен выглядеть следующим образом:

```
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.0//EN"
http://www.w3.org/TR/REC-html40/strict.dtd <HTML>
<HEAD>
<TITLE>Мой первый HTML документ! </TITLE>
</HEAD>
<BODY>
Всем привет!
</BODY> </HTML>
```

В самом начале документа находится секция, в которой вы сообщаете тип (DTD — Document Type Definition) вашего документа: HTML 4.0. За ней идут две следующие обязательные секции: декларативный заголовок документа и тело документа. Здесь используются три обязательных тега <HTML>, <HEAD> и <BODY>. Первый тег указывает браузеру на начало HTML-документа. Заканчиваться документ должен тегом </HTML> В

HTML, как вы видите, теги используются парами, один включает некий режим, а другой, имеющий то же имя, перед которым поставлен символ «слэш», отменяет его. Между тегами <HTML> и </HTML> должны помещаться секции заголовка (теги <HEAD> и </HEAD>) и тела документа (между тегами <BODY> и </BODY>). Если в документе применяются фреймы, а документ разбивается на несколько независимых колонок, или горизонтальных секций, в каждую из которых выводится свой HTML-документ, то в этом случае секция <BODY> ... </BODY> заменяется на конструкцию <FRAMESET> ... </FRAMESET>.

Все элементы языка HTML обычно «облачиваются» парами тегов: <имя тега> и </имя\_тега>, между которыми помещается содержимое по-английски — content; это слово стало жаргонным, и применительно к веб о «контенте» вы будете слышать постоянно. Существуют и непарные P теги, например, <P> и <BR>. Первый тег объявляет новый параграф — и текст, который идет за ним, будет выведен с новой строки и с отступом. И так до тех пор, пока не встретится новый тег <P> или <BR> или другой форматирующий тег. Вообще говоря у тега <P> есть завершающий тег </P>. Но его использовать не обязательно, следующий тег <P> будет завершать действие предыдущего тега <P>. В заголовочной части документа указывается различная служебная информация. Здесь всегда должна быть строка заголовка, который вы видите в заголовочной строке окна браузера. Заголовок помечается тегами <TITLE> и </TITLE>. Стоит упомянуть «богатый» своими возможностями элемент <META>, который может размещаться там же. Здесь автор документа может указать описание документа, указать свое имя, ключевые слова, по которым поисковые сервера могут включать этот документ в свои выборки и другую информацию.

В тексте документа можно управлять цветом фона и шрифтов, применять различные способы выравнивания текста, менять шрифты, размеры символов. В тексте документа можно размещать графическую информацию (тег <IMG>) и т.д. Так называемые гиперссылки вводятся тегом <A...>. Например:

```
<A href="www.rambler.ru"> Ссылка на сервер Rambler </A>
```

При просмотре в браузере, от этой строки останется последняя часть «Ссылка на сервер Rambler», а «техническая» информация будет от пользователя скрыта. В текст документа можно помещать комментарии. Выглядят они следующим образом:  
<!-- Комментарий --> может занимать несколько строк.

Браузер игнорирует комментарии, если только там не задаются скрипты. Комментарии часто используются для этой цели. Браузеры, которые не работают со скриптами, будут их игнорировать, как и любой текст между символами <!-- ... -->. Те кто умеют — те поймут. Скриптами называются Функции на Java, Visual Basic и др. языках, вызывать которые вы

можете прямо из HTML-документа. Таковы в общем случае особенности применения прокола HTTP.

### 3 Порядок выполнения лабораторной работы

#### 3.1 Получение адреса в сети

- Загрузить программный модуль для получения IP адреса - [lab0 IPadres.zip](#)
- После загрузки его необходимо разархивировать в произвольную папку и запустить. Его внешний вид представлен на рисунке.



Рисунок 3.1 - Внешний вид программного модуля для получения сетевого адреса

- Получить IP и текущий адреса - определите между ними разницу. Получить адреса, как для локальной машине - не подключенной к сети, так и к сетевой машине - подключенной в сеть. Определить по полученным адресам к какому классу относиться сеть в которой Вы работаете.

#### 3.2 Протокол времени суток - Daytime Protocol

- Используя сеть Интернет и поисковые системы самостоятельно определить адреса и порты серверов, обеспечивающих протоколы времени по ключевым словам - Daytime Protocol.
- Загрузить программный модуль для получения даты и времени - [lab1\\_datetime.zip](#)
- После загрузки его необходимо разархивировать в произвольную папку и запустить. Его внешний вид представлен на рисунке.

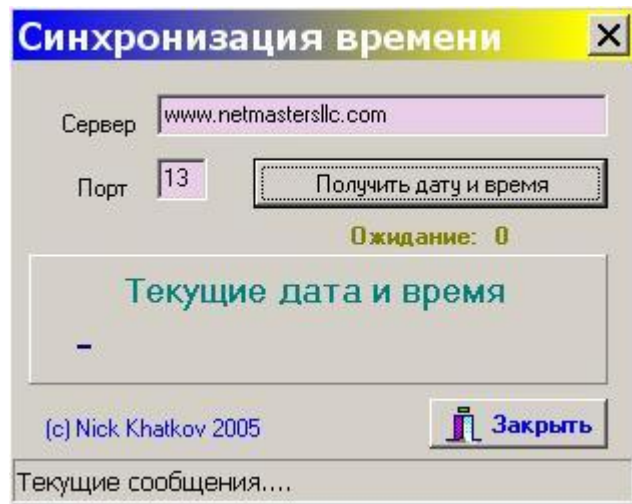


Рисунок 3.2 - Внешний вид программного модуля для получения времени и даты

- Получить текущие дату и время с помощью указанных ранее серверов, если не получилось, то поварьируйте номера портов этих серверов, либо проверить наличие доступа к этим серверам в Интернете. Получить текущие дату и время с серверов найденных через поисковые системы, аналогично, как и в предыдущем случае. Определить ориентировочно время получения отклика на запрос к серверу с помощью программы (надпись - время ожидания). Описать трудности, которыми сопровождалась данные операции

### 3.3 Семейство протоколов TCP/IP

- Используя сеть Интернет и поисковые системы самостоятельно определить дополнительные номера портов, обеспечивающих передачу строковых данных по протоколу TCP.
- Загрузить пакет из двух программных модулей для организации передачи строковых сообщений между ними - [sentstring.zip](#)
- После загрузки его необходимо разархивировать в произвольную папку и запустить два модуля последовательно на одном и том же компьютере (последовательность запуска не играет никакой роли). Их внешний вид представлен на рисунках.

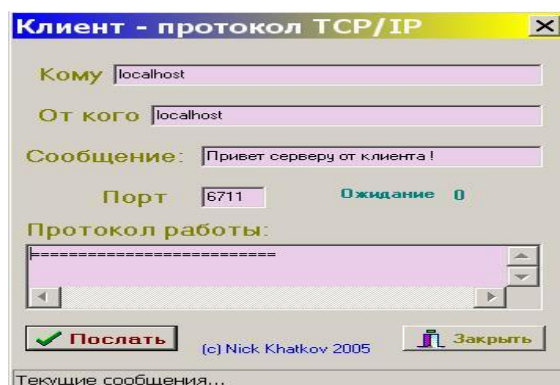


Рисунок 3.3 - Внешний вид программного модуля клиента для передачи сообщений

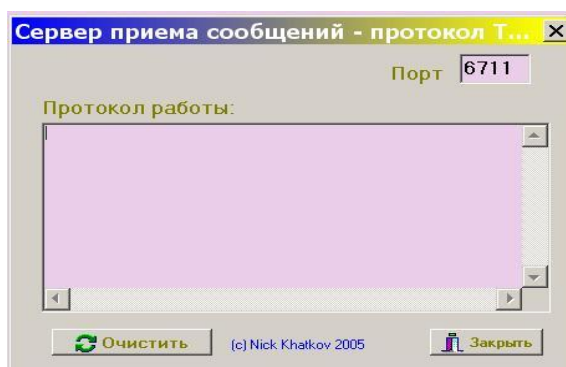


Рисунок 3.4 - Внешний вид программного модуля сервера для приема сообщений

- В секциях кому и от кого прописать текущий IP адрес компьютера. Передать сообщение серверу и проверьте получено ли им сообщение. Выделить длинную строку или некоторый объем текста в произвольном текстовом редакторе и методом копирования через буфер обмена вставить его в передаваемую секцию сообщения или попробовать загрузить в эту секцию послание в виде очень длинной строки. Проверить, что получит сервер.
- При наличии локальной сети попробовать на соседнем компьютере запустить свой сервер сообщений, предварительно узнав его IP адрес и переслать ему по сети свое сообщение. Либо аналогичную работу проделать и с удаленным компьютером, указанным преподавателем - осуществить односторонний обмен сообщениями.
- Для подобранных дополнительных номеров портов в интернете или по справке от администратора сети осуществить прием-передачу строковых сообщений.
- Для всех режимов работы клиента и сервера сохранять проколы работы, формируемые в больших секциях через буфер обмена в отчете.

### 3.4 Сервис Finger

- Используя сеть Интернет и поисковые системы самостоятельно определить дополнительные адреса серверов и номера портов, обеспечивающих работу сервиса Finger.
- Загрузить пакет из двух программных модулей для организации передачи строковых сообщений между ними - [finger.zip](#)
- После загрузки его необходимо разархивировать в произвольную папку и запустить программный модуль.



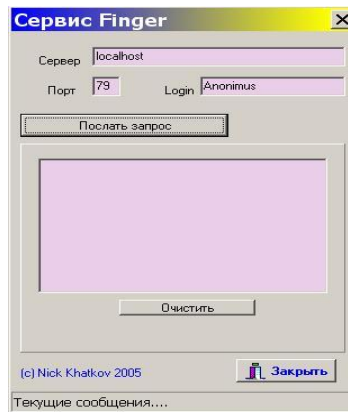


Рисунок 3.5 Внешний вид программного модуля для запроса о клиенте

- Указать адрес сервера для запроса. В секции запроса сформировать запрос согласно формату сообщения и сделать запрос. Записать протокол работы сервиса через буфер обмена в отчет.
- При наличии локальной сети попробовать сделать запрос на свой счет, предварительно узнав IP адрес сервера с помощью программного модуля п.1.
- При получении отрицательного ответа по запросу уточнить у администратора сети номер порта и возможность работы по данному протоколу в данной сети. Записать протокол работы программного модуля в отчет.

### 3.5 Сервис Echo

- Используя сеть Интернет и поисковые системы самостоятельно определить дополнительные адреса серверов и номера портов, обеспечивающих работу сервиса Echo.
- Загрузить программный модуль для организации времени получения отклика от тестируемого сервера - [echo.zip](#)
- После загрузки его необходимо разархивировать в произвольную папку и запустить программный модуль.

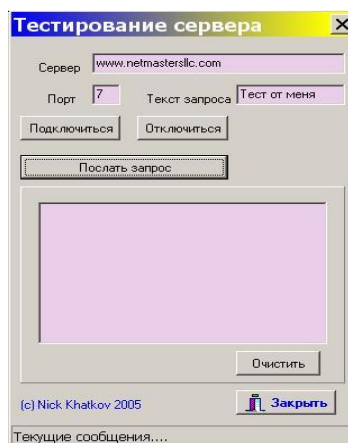


Рисунок 3.6 Внешний вид программного модуля Echo

- Указать адрес сервера для запроса. В секции запроса сформировать запрос согласно формату сообщения и сделать запрос. Записать протокол работы сервиса через буфер обмена в отчет.
- При наличии локальной сети попробовать сделать запрос на Ваш сервер, предварительно узнав его IP адрес с помощью программного модуля п.3.1.
- При получении отрицательного ответа по запросу уточнить у администратора сети номер порта и возможность работы по данному протоколу в данной сети. Записать протокол работы программного модуля.

### 3.6 Протокол POP3

- Загрузить программный модуль для организации получения почтовых сообщений - [mail.zip](#)
- После загрузки его необходимо разархивировать в произвольную папку и запустить программный модуль.

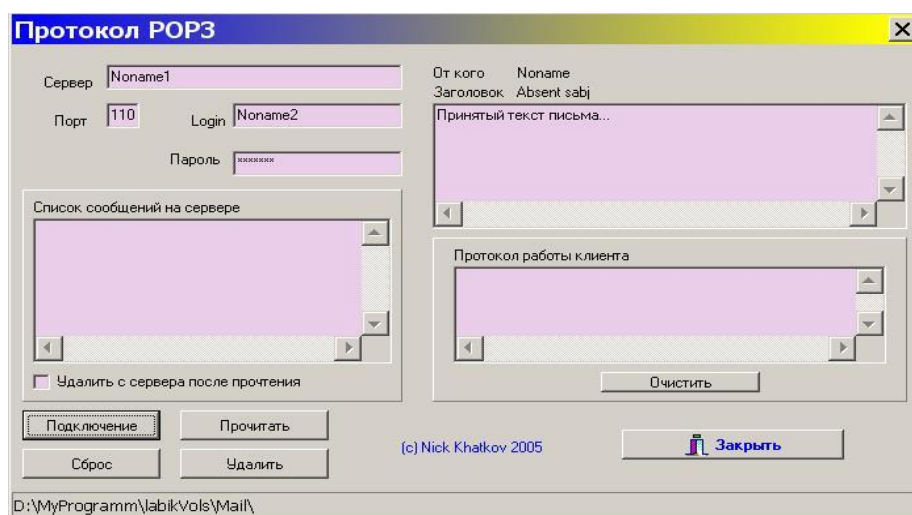


Рисунок 3.7 - Внешний вид программного модуля для протокола POP3

- Указать адрес почтового сервера для запроса. Ввести логин и пароль в секциях. Осуществить подключение к почтовому серверу. Установить курсор на нужное сообщение и прочитать его. Попробовать удалять тестовые письма с определением момента удаления - в сессию подключения или нет. Разобрать структуру полученного почтового сообщения и представить его в отчете. Записать протокол работы почтового сервиса через буфер обмена в отчет на всех стадиях работы с почтовыми сообщениями, начиная с момента подключения и кончая моментом отключения от почтового сервера.

### 3.7 Протокол SMTP

- Загрузить программный модуль для организации получения почтовых сообщений - [mailto.zip](#)
- После загрузки его необходимо разархивировать в произвольную папку и запустить программный модуль.

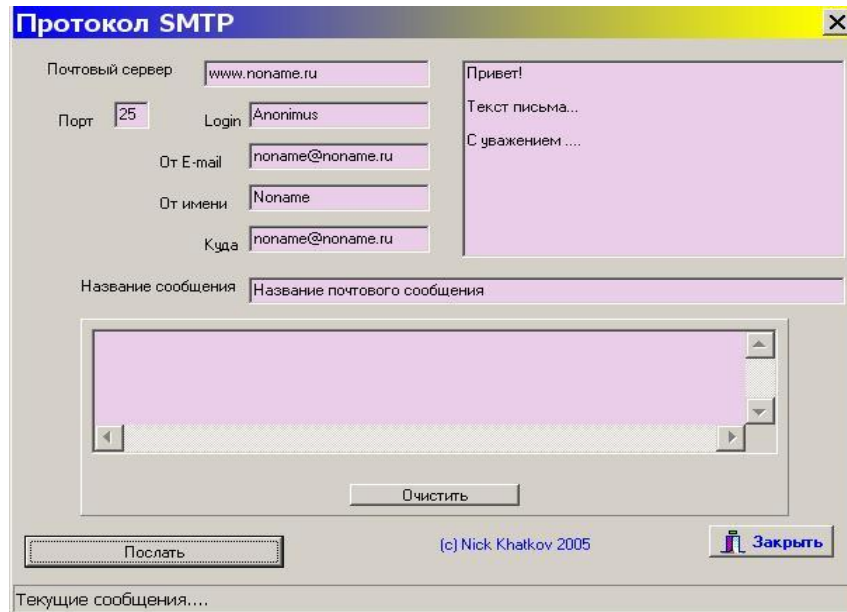


Рисунок 3.8 - Внешний вид программного модуля для протокола SMTP

- Указать адрес почтового сервера для запроса. Ввести логин, если это необходимо и заполнить остальные секции. Осуществить подключение к почтовому серверу и отправить произвольное сообщение. Используя программный модуль из п.3.6 получить почту и сделать анализ полученного письма - основные отличия, служебные сообщения. Представить все это в отчете. Записать протокол работы почтового сервиса через буфер обмена в отчет на всех стадиях работы с почтовыми сообщениями, начиная с момента подключения и кончая моментом отключения от почтового сервера.

### 3.8 Протокол UDP

- Загрузить программные модули для организации получения и передачи датаграмм - [datagramm.zip](#)
- После загрузки его необходимо разархивировать в произвольную папку и запустить на локальной машине сначала программный модуль сервера, а затем клиента.

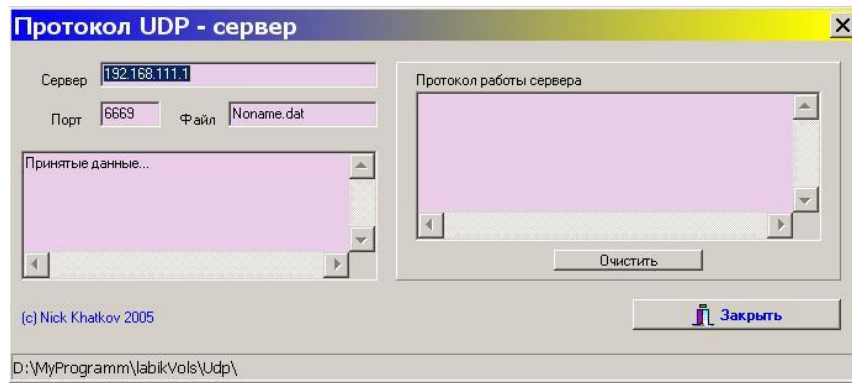


Рисунок 3.9 - Внешний вид программного модуля сервера протокола UDP

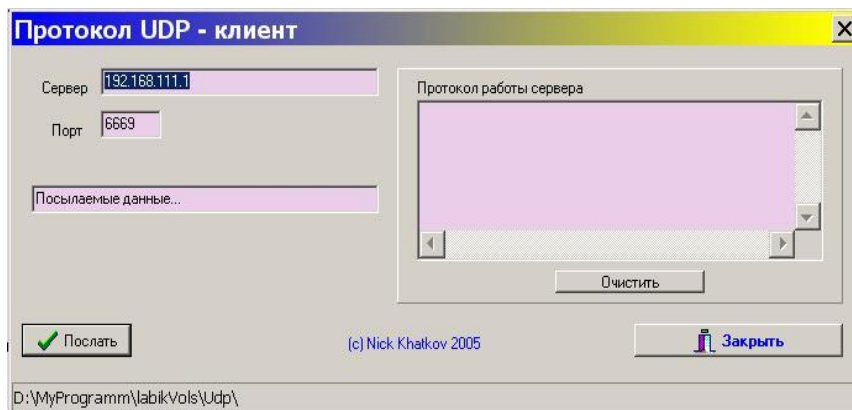


Рисунок 3.10 - Внешний вид программного модуля клиента протокола UDP

- Если IP адрес не определен автоматически правильно, то определить его самостоятельно с помощью программного модуля п.3.1 лабораторной работы. аналогично поступить и с клиентом. Для начала использовать текущее значение порта, а потом попробовать поварьировать его значение. Сделать вывод о свойствах порта и описать это в отчете. Заполнить произвольными данными строку передачи, которая имитирует содержание датаграммы. Осуществить передачу датаграммы сначала на локальном компьютере (сервер и клиент находятся на одном и том же компьютере) и на удаленном (только сервер находится на другом компьютере). Оценить приблизительно(лучше или хуже) скорость передачи по сравнению с аналогичным процессом. Записать протоколы работы клиента и сервера в соответствующих режимах передачи данных на всех стадиях их работы с датаграммами, начиная с момента подключения и кончая моментом отключения.

### 3.9 Кодирование и декодирование файлов в сервисах

- Загрузить программный модуль для организации кодирования и декодирования файлов - [code\\_decode.zip](#)
- После загрузки его необходимо разархивировать в произвольную папку и запустить на локальной машине.

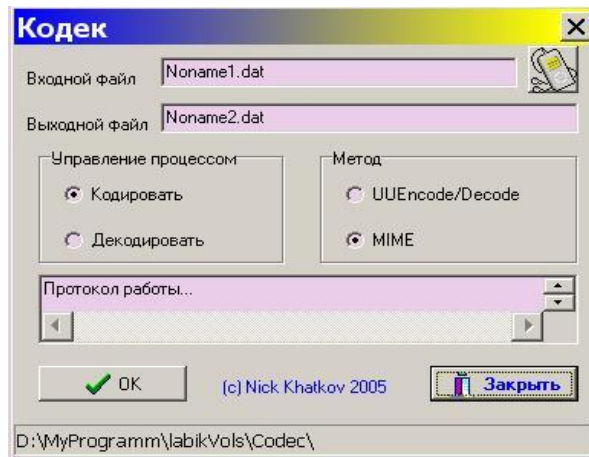
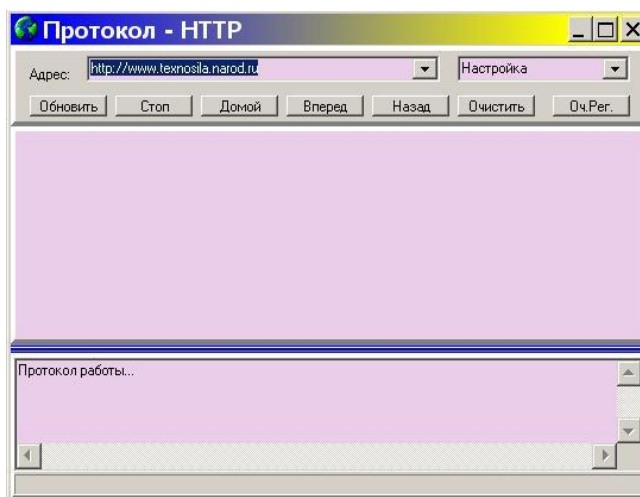


Рисунок 3.11 - Внешний вид программного модуля кодирования декодирования файлов.

- Создайте текстовый файл небольшого объема с какими-либо данными и загрузить его в программный модуль. Осуществить кодирование файла разными методами. Для каждого из методов привести пример в виде небольшой выдержки в отчете. Осуществить последующее декодирование и проверить правильность кодирования. Оценить помехоустойчивость кодирования - декодирования посредством частичного удаления строк, их перестановки, частичной замены и удаления символов и др. Привести получившиеся примеры в отчете. Осуществить прием электронной почты с помощью программного модуля представленного в п.3.6 лабораторной работы. Получаемое письмо должно иметь помимо содержания еще и передаваемый файл. Осуществить декодирование переданного файла, определив метод кодирования. Записать протоколы работы в соответствующих режимах программного модуля в отчет.

### 3.10 Протокол HTTP

- Загрузить программный модуль для организации кодирования и декодирования файлов - [brayzer.zip](#)
- После загрузки его необходимо разархивировать в произвольную папку и запустить на локальной машине.



### 3.11 Внешний вид программного модуля для работы с протоколом HTTP

- Получить открытый доступ в Интернет. Набрать адрес [www.tusug.ru](http://www.tusug.ru) и загрузить гипертекстовую страницу с этого сервера. Осуществить просмотр протокола работы и записать его в отчет с Вашими комментариями. Набрать адрес какого-либо поискового сервера и получить страницу с этого сервера, сравнить затем протоколы работы серверов и приведите результаты сравнения в отчете. Также рассмотреть разницу в работе программного модуля с помощью секции настройка. Для этого на компьютере необходимо определить временную папку для интернет файлов в операционной системе. Найти сервер с паролем доступом и аналогично провести анализ его работы при неудачной попытке доступа. Если Вам попался сомнительный сервер создающий неконтролируемое количество дополнительных окон и самостоятельно портящий реестр, так что при загрузке произвольного адреса, подключается один и тот же сервер, то привести пример протокола работы такого сервера. Очистить негативное влияние подобных серверов можно нажатием на кнопку Оч. Рег. Записать протоколы работы в соответствующих режимах программного модуля в отчет.

### 3.12 Записать выводы по каждому разделу в отчет

## 4 Контрольные вопросы

1. Что такое протокол передачи данных в компьютерной сети?
2. Сколько классов сетей существует и как они называются?
3. Сколько уровней имеют IP адреса в иерархической системе нумерации?
4. Сколько вариантов адресов существует в сети?
5. Для чего была создана специальная служба DNS?
6. Для чего необходим Daytime Protocol?
7. Все ли сервера поддерживают Daytime Protocol?

8. Сколько уровней имеет модель OSI?
9. Является ли протокол IP протоколом уровня?
10. Какие сети подразумеваются под термином интранет?
11. Для чего необходим протокол Finger?
12. Для чего необходим сервис Echo?
13. Для чего необходим протокол POP3?
14. Для чего необходим протокол SMTP?
15. Для чего необходим протокол UDP?
16. Существенно ли отличаются методы кодирования и декодирования по алгоритму MIME или UUEncodes друг от друга?
17. В каких протоколах используются методы кодирования и декодирования по алгоритму MIME или UUEncodes?
18. Для чего необходим протокол HTTP?
19. Какой порт необходим для работы с протоколом HTTP?

## 5 Список литературы

1. Ефанов В.И. Электрические и волоконно-оптические линии связи. 2-е изд., доп. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. – 256 с.
2. Ефанов В.И. Основы проектирования сетей кабельного телевидения: Учеб. Пособие. Томск, Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2007. – 104 с.
3. Козлов А.В. Программирование для интернет в Delphi 5., изд. ЗАО "Издательство БИНОМ", 2001г.,368 с.
4. Шапошников И.В. Интернет программирование., СПб.: БХВ - Санкт-Петербург, 2000. - 224 с.
5. Олифер В., Олифер Н. Новые технологии и оборудование IP - сетей., СПб.: БХВ - Санкт-Петербург, 2000. - 324 с.
6. Создание Intranet. Официальное руководство Microsoft. СПб.: БХВ - Санкт-Петербург, 2000. - 214 с.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРИРОВАННОЙ КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ

#### 1 Введение

Цель работы: на примере проектирования сети в программном модуле, изучить работу и построение СКС. Ее работа будет дополнена данными по качеству спроектированной сети.

#### 1.1 Общие технические вопросы построения СКС

Функционирование информационной системы напрямую связано с работоспособностью сетевой инфраструктуры, а эксплуатационные характеристики последней зависят, в свою очередь, от эффективности проектирования и реализации. Структурированные кабельные системы (СКС) — основа для создания информационной инфраструктуры, их «кровеносная система». Объединяя в единую инфраструктуру рабочие места пользователей и оборудование, СКС служит для передачи данных, голоса и другой информации. К ней могут подключаться различные слаботочные системы здания и телефонные сети.

Логически СКС можно разделить на магистральную кабельную подсистему территории или комплекса зданий, магистральную вертикальную подсистему здания, соединяющую его этажи, и горизонтальную подсистему этажа — от распределительного пункта до коммуникационных розеток на рабочих местах.

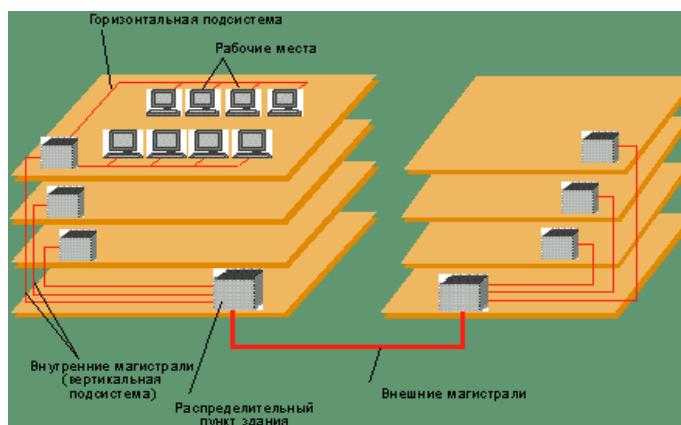


Рисунок 1.1 - Иерархическая структура СКС основывается на топологии «звезда» и имеет подсистему внешних, внутренних магистралей и горизонтальную подсистему

В нее входят соединительные кабели (витая пара, экранированные или оптические), коммутационные панели (с врезными контактами или модульными гнездами), разъемы, розетки, адаптеры. Монтажные шкафы и стойки, кабельные каналы в СКС обычно не включаются, но часто поставляются с ней как готовое решение.



СКС отличают такие качества, как универсальность (единая среда для передачи информации, совместимость с оборудованием разных производителей и приложениями), гибкость (модульность и расширяемость, удобство коммутаций и внесения изменений), надежность (гарантия качества и совместимости компонентов) и долговечность. Значительная часть годового бюджета в информационных отделениях крупных компаний расходуется на перемещение рабочих мест, изменение структуры сети, ее расширение и т. д. Деление СКС на подсистемы (структурированность), стандартизованность и документирование упрощают управление ею. Универсальность, гибкость и избыточность СКС означают, что в дальнейшем заказчик сможет экономить на эксплуатационных расходах, менять расположение, число и конфигурацию рабочих мест. Реализация СКС, по некоторым данным, до восьми раз сокращает стоимость владения системой и по истечении трех лет полностью окупает себя. Одни производители занимаются разработкой и выпуском всех компонентов СКС, другие создают собственные системы из компонентов сторонних поставщиков, концентрируя усилия на проектировании кабельной системы, проверке совместимости ее элементов и соответствии стандартам. Ведущие компании предъявляют к своим продуктам требования, превышающие спецификации международных стандартов, поэтому их СКС поддерживают более высокие скорости передачи и обладают повышенной надежностью по сравнению с системами, собираемыми из недорогих компонентов. Как следствие, установка СКС известной марки обойдется заведомо дороже. Насколько — зависит от конкретной ситуации и типа СКС. Разница может колебаться от 20—30% до 50—100%. Между тем в крупной системе на тысячи портов вероятность сбоев при использовании недостаточно качественных продуктов значительно возрастает, и необходимость применения в таких проектах СКС известных марок очевидна.

## **2 Спецификации и стандарты**

Спецификации элементов и правил проектирования, монтажа и администрирования СКС можно найти в следующих стандартах:

- американском EIA/TIA-568, "Стандарт телекоммуникационной кабельной сети в офисном здании";
- международном ISO/IEC 11801, "Общие требования к кабельной разводке в здании заказчика";
- европейском CENELEC EN/BS 50173, "Общие требования к кабельным системам".

Вопросы управления телекоммуникационными системами, путей прокладки кабелей в административных зданиях, маркировки и заземления кабелей, процедуры и правила тестирования определяются в дополнительных документах: ANSI/EIA/TIA-569,

ANSI/EIA/TIA-606, ANSI/EIA/TIA-570, ANSI/EIA/TIA-607, TIA/EIA TSB-67, TIA/EIA TSB-72, TIA/EIA TSB-75.

Международная консультативная служба строительной отрасли (Building Industry Consultants Service International, BICSI) предлагает также «Методическое руководство по проектированию систем связи».

## **2.1 Оптика до рабочего места**

Если говорить о СКС, то речь в первую очередь должна идти о самом распространенном решении — УТР. Рынок экранированных кабельных систем в России минимален, они применяются при повышенных требованиях к безопасности или в сильно зашумленной среде с высоким уровнем помех, такой, как производственные цеха, но стандартов на подобные «промышленные» СКС нет (в существующих говорится об «офисных помещениях»), и производители предлагают свои, патентованные, решения. Но речь идет, скорее, о специальных приложениях, чем продуктах для массового рынка. Кроме того, создание подобной системы, да еще с правильным телекоммуникационным заземлением (не предусмотренным в большинстве отечественных зданий) обойдется очень дорого. По цене это зачастую сопоставимо с прокладкой волоконной оптики.

Принятие стандарта 10 Gigabit Ethernet (IEEE 802.3ae), утвержденного Ассоциацией по стандартам Института инженеров по электротехнике и электронике (IEEE-SA), и проекта стандарта EFM (Ethernet in First Mile), разрабатываемого подкомитетом IEEE 802.3ah и предусматривающего в качестве возможных вариантов применение в гигабитных сетях доступа одномодового оптического волокна в конфигурации «точка-точка» (P2P) или «точка-группа» (P2MP), должно способствовать более широкому внедрению оптических сетей на корпоративном уровне.

Оптические кабели уже широко применяются в магистральных подсистемах и в крупных сетях для подключения таких информационных ресурсов, как серверы и системы хранения. Востребованная в большинстве крупных СКС оптика все ближе «подбирается» к рабочему месту и жилым массивам, хотя в ближайшее время предпочтение будет отдаваться распространенным сегодня комбинированным сетям, где медь используется в горизонтальной подсистеме, а оптическое волокно — в вертикальной разводке и между зданиями.

## **2.2 Проектирование СКС**

Проектирование и установка кабельных систем в коммерческих зданиях — многоэтапный процесс, предполагающий выявление требований заказчиков, разработку проекта, монтаж СКС и ее тестирование. Как правило, заказчик сначала «примеривает»

предлагаемое полное решение к своей ситуации, после чего исполнитель согласует с ним детали. Подготавливаемая в ходе проектирования документация и сами его этапы зависят от сложности СКС и могут различаться, однако для всех проектов можно выделить ряд общих последовательных действий.

Как правило, проектирование начинается с составления эскиза кабельной системы: оценки потребностей заказчика, определения характеристик здания, формирования технического задания. При этом выбирают функциональный уровень реализации СКС, выясняют, сколько понадобится компонентов и каких. Запросы могут быть самыми различными: от минимальных затрат или базового варианта (сеть без оптики, две розетки на рабочее место) до высокопроизводительной СКС Категории 6 с элементами оптики в межэтажных соединениях и/или между зданиями и запасом пропускной способности.

Наличие плана здания поможет согласовать с заказчиком число розеток на рабочих местах (по количеству и типам служб); выяснить, какой уровень производительности должен обеспечивать сетевой кабель, где нужна оптика; определить местоположение и размер помещений для оборудования, пути прокладки кабеля, необходимое пассивное оборудование.

Двух розеток на рабочем месте (компьютерной и телефонной) достаточно не всегда. Секретарю или руководителю их понадобится от двух до шести. Даже в обычном офисе нередко нужны дополнительные розетки, например для сетевого принтера, факса, ноутбука. Иногда дешевле проложить к рабочим местам не два, а три или даже четыре кабеля, чем тянуть их потом для подключения нового оборудования. В горизонтальной подсистеме лучше применять однотипные кабели. В этом случае, когда на рабочем месте устанавливают розетки с двумя гнездами (телефон/компьютер), изменив схему соединений на коммутационной панели, вместо телефона можно подключить сетевой принтер или сервер и наоборот.

Затем настает черед для составления спецификации материалов и предварительной сметы, выбора методов и инструменты тестирования. По результатам предварительного проектирования приступают к разработке ТЗ и составлению договора, готовят техническое обоснование, эскизную документацию. В ТЗ формализуются требования к СКС, порядок и сроки ее монтажа и приемки, параметры системы, требования к документации. Перед началом проекта исполнитель должен иметь на складе как минимум 20% необходимого оборудования.

На стадии рабочего проектирования окончательно определяют местоположение помещений для оборудования СКС, выполняют проектирование распределительных узлов и магистральных подсистем с учетом резервирования пропускной способности, выбирают

методы прокладки кабелей, проводят согласование со службами заказчика. Маршруты прокладки кабеля и места для информационных розеток, их тип и способы монтажа намечают таким образом, чтобы расход кабеля был минимальным. В завершение определяют также принципы администрирования СКС, схему маркировки кабелей, порядок тестирования и методику испытаний. Проект должен предусматривать защиту оборудования СКС от несанкционированного доступа, помехоустойчивость, удобство обслуживания и возможности расширения.

Технический проект описывает все аспекты реализации СКС: состав, назначение и схему взаимодействия ее подсистем; схемы прокладки кабелей, размещения оборудования в шкафах и стойках, подключения кабелей на коммутационных панелях; таблицы магистральных соединений и кабелей.

### **2.3 Установка кабельной системы**

При монтаже СКС требуется соблюдать целый ряд правил. Неверное обращение с кабелем или небрежная концевая заделка — наиболее распространенные ошибки. Чтобы избежать их, надо следовать процедурам, разработанным на основе требований к СКС Категории 5e/6 и оптических сетей.

Кабели должны прокладываться в хорошо доступных каналах и коробах. Если участок достаточно длинный, то кабелепровод имеет промежуточные точки доступа для удобства протягивания кабеля. Сечение короба заполняют кабелями не более чем на 50%, что снижает нагрузки растяжения. В некоторых случаях кабели свободно кладут на крепеж фальш-потолка, хотя подобная практика противоречит требованиям TIA/EIA-569. Над фальш-потолками кабели следует подвешивать с помощью J- или T-образного крепежа, при этом точки крепления должны располагаться на расстоянии не более 1,5 м (согласно стандарту TIA/EIA-569).

Кабели следует прокладывать по согласованным маршрутам, соединять друг с другом и монтировать так, чтобы получилась аккуратная и удобная в работе система. Все они четко распределяются и перехватываются специальными стяжками (шириной более 4 мм). Различное оборудование, например коммутационные панели, часто содержит те или иные средства для упорядочивания кабелей. При диагностике или анализе соединений с такой системой намного легче работать. Очень часто потребности меняются, и кабельная инфраструктура нуждается в реорганизации. Если маршруты кабелей выяснить невозможно, то обслуживать СКС крайне трудно.

Между тем аккуратность не стоит доводить до такой степени, когда кабели пережимаются, и на них создается чрезмерная нагрузка: нельзя слишком сильно перегибать

их, чтобы притянуть поближе к оборудованию. Допустимый радиус изгиба ограничивается четырьмя внешними диаметрами для горизонтальных кабелей UTP и десятью — для многопарных магистральных кабелей UTP. При изгибах пары внутри кабеля деформируются, в результате нарушаются его геометрия и сбалансированность среды передачи, что ухудшает такой параметр, как NEXT. Выпрямление изгиба нередко приводит к еще худшим последствиям. Оптический кабель имеет два допустимых радиуса изгиба: для инсталляции и для эксплуатации.

Чрезмерное растяжение кабеля также снижает его производительность и надежность, а характеристики не будут соответствовать требуемым, в частности затухание может увеличиться. Неприятности появляются и в тех случаях, когда кабель протягивается через препятствия или углы, когда он слишком длинный, а также когда кабелепровод чересчур узок. Каждый кабель рассчитан на определенные нагрузки. Растяжение оптического кабеля также влияет на надежность, хотя он более устойчив к подобным воздействиям, чем медный.

Электрическую и медную кабельную проводку следует разделять. Лампы дневного света и электромоторы представляют серьезные источники помех, что должно учитываться при прокладке кабеля.

В кабельных системах зданий неверно установленные разъемы и соединители могут стать источниками проблем. Это относится и к кабелям UTP, и к оптическим кабелям. Неаккуратная работа нередко приводит к значительной потере производительности, а чрезмерная развязка — к несбалансированности пар, ухудшению NEXT и возвратных потерь (Return Loss). Развязка кабеля на каждые пол-оборота снижает показатели возвратных потерь на 1 дБ и отрицательно влияет на такие параметры, как PS NEXT и PS ELFEXT.

Все компоненты должны быть рассчитаны на устанавливаемую категорию. Коммутационные шнуры Категории 6 не следует монтировать «на месте». Поставляемые известными компаниями, они проходят заводское тестирование. В каждом соединении (будь то стенная розетка или органайзеры) рекомендуется оставлять запас кабеля — для розетки не менее метра. Такой запас упростит реорганизацию кабелей. Кроме того, иногда во время тестирования он помогает получить требуемые характеристики СКС, в частности Return Loss. При неудовлетворительном значении возвратных потерь порой прибегают к такому приему, как завязывание кабеля в свободный узел, что дает улучшение по Return Loss в 0,2-0,5 дБ. Другие параметры (например, NEXT) ухудшаются незначительно. Если по ним есть запас, то тесты проходятся успешно. Конечно, лучше избегать подобных «трюков».

Сроки работы на объекте обычно ограничены, а качественное и быстрое выполнение монтажа зависит от того, насколько хорошо выполнено само решение СКС, предусмотрены ли все необходимые для этого элементы. Оценка монтажу СКС дается в результате

тестирования. Инсталляцию завершает процесс документирования телекоммуникационной инфраструктуры, определяемый стандартами администрирования.

## **2.4 Выбор оптимальных кабелей для структурированных кабельных сетей**

Структурированные кабельные сети (СКС) обеспечивают надежную эффективную работу организаций, использующих современные средства связи и вычислительную технику. Экономическая выгода построения СКС обусловлена длительным сроком эксплуатации (15...20 лет) и низкой стоимостью обслуживания.

Первоочередной задачей проектировщика СКС является оптимальный выбор компонентов с учетом архитектурных особенностей здания и условий Заказчика. Наиболее ответственен выбор типа кабеля, ведь в течение 15...20 лет передаточные характеристики должны оставаться на первоначальном уровне, а замена уже проложенного кабеля является трудоемкой и дорогостоящей операцией.

При построении СКС используются неэкранированная витая пара, экранированная витая пара и волоконно-оптический кабель (ВОК). При выборе кабеля должны учитываться следующие требования:

- пропускная способность сети; возможность расширения сети в будущем; продолжительность жизни сети;
- категория кабеля (для витой пары); многомодовый или одномодовый кабель (для ВОК);
- максимальная длина кабельной линии;
- условия прокладки кабеля (особенности кабельных трасс, климатические условия);
- защищенность передаваемых данных; электромагнитная совместимость; выбор типа экрана (для экранированной витой пары) и его заземление;
- противопожарная безопасность;
- стоимость кабеля; стоимость монтажных работ, стоимость компонентов и активного оборудования.

Только тщательный анализ перечисленных требований позволит проектировщику выбрать оптимальный кабель для конкретной сети.

## **2.5 Топология структурированных кабельных сетей**

Основа любой компьютерной сети - среда для передачи данных, в подавляющем большинстве случаев это электрический кабель того или иного рода. В структурированной сети используют несколько витых пар, объединенных в один (неэкранированный) кабель, какой давно применяется телефонными компаниями. Витая пара обеспечивает неплохую

помехозащищенность (значительно выше, чем у простого двухжильного провода) и небольшие потери.

Качество витой пары оценивается числом витков на единицу длины и тем, насколько равномерна навивка. По этому параметру кабели делятся "телефонные" (Voice Grade) и "цифровые" (Data Grade). (Level 3 и Level 5 - классификация АТ&Т, у других производителей названия могут быть иными, хотя обычно они все похожи.) Названия условные, сложились исторически. Наиболее употребительны так называемые кабели Level 3 (Voice Grade) и Level 5 (Date Grade). Level 3 сертифицирован для использования в сетях со скоростями передачи до 16 Мбит/с, а Level 5 - до 100 Мбит/с.

Как кабели являются основой сети, средой передачи данных, так коммутационные панели являются тем элементом, который обеспечивает этой сети гибкость и простоту конфигурирования. Коммутационные панели тоже много лет используются в телефонных сетях. За долгие годы их конструкция претерпела много изменений и сейчас это элегантное устройство, совмещающее простоту и надежность конструкции с удивительной легкостью установки и использования.

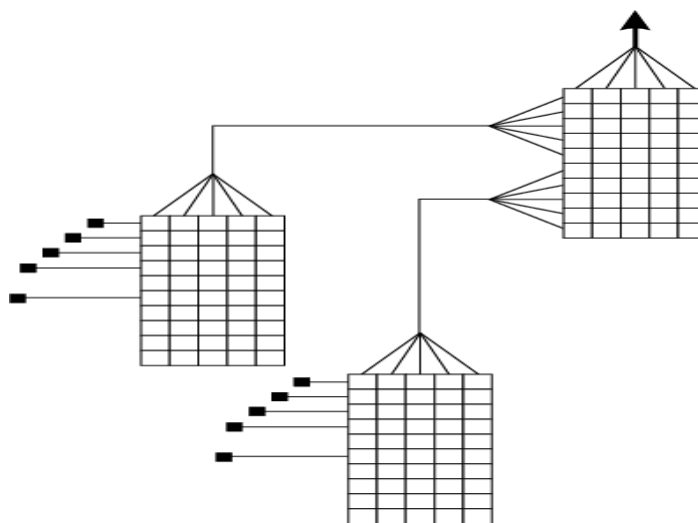


Рисунок 2.1 - Общая топология структурированной сети

Розетке во всей этой структуре отводится роль точки подключения сетевых устройств. Опять-таки используются обычные (американские) телефонные розетки. Правда, если необходима скорость передачи 100 Мбит/с, то нужны розетки особой конструкции с малой внутренней индуктивностью, они также чуть дороже обычных. Как все это используется для построения структурированной кабельной сети? Топологически она представляет из себя дерево (см. рис. 2). (Строго говоря, не всегда. В некоторых случаях, особенно для промышленных предприятий, на верхнем уровне иерархии могут использоваться связи, дающие избыточность системе, которые будут образовывать замкнутые петли. "Листьями" в данном случае являются розетки на рабочих местах пользователей, узлами -

коммутационные панели. Между собой все они соединяются кабелем. Отличие лишь в том, что от розетки к коммутационной панели ведет один кабель; между собой, однако, панели соединяются несколькими кабелями. В реальной жизни ситуация может осложниться присутствием в узлах еще и активного сетевого оборудования (сама по себе кабельная сеть - пассивный элемент), у которого есть свои входы и выходы, и которые тоже надо коммутировать. Поэтому коммутационные панели обычно позволяют сделать несколько коммутаций в одном узле.

При сравнении стоимости традиционной схемы и структурированной сети надо учесть несколько факторов. Во первых, кабеля в структурированной сети приходится прокладывать больше, чем в традиционном случае, но витая пара значительно дешевле коаксиального кабеля.

Во-вторых, расстояние от розетки до первой коммутационной панели обычно невелико, а при большой избыточности розеток именно этот отрезок существенно определяет стоимость, так как к следующей панели пойдет значительно меньше проводов.

В-третьих, сегодня даже при построении традиционной сети коаксиальный кабель стараются прокладывать по периметру в каждой комнате, что как раз и дает готовность к новым подключениям и переездам на год-два. Однако кабеля при этом расходуется немало. Что также очень важно, при такой прокладке коаксиального кабеля резко сокращается его эффективная длина за счет "петляния". Как известно, это потребует подключения дополнительных активных элементов - репитеров или бриджей - немедленно повышая стоимость системы. Иной же способ, когда коаксиальный кабель идет прямо, а подключение к нему станции осуществляется с помощью специальных трансиверных кабелей (это характерно для "толстого" Ethernet) немедленно взвинчивает цену за счет дорогостоящего трансиверного кабеля и самих трансиверов. Структурированная система вполне может оказаться несколько дороже традиционной сети за счет значительной избыточности при проектировании.

Поясним, как обычно располагаются коммутационные панели. Как правило, панель первого уровня приходится одна на комнату (если та большая), либо на этаж (если этаж большой, то панелей на нем может быть несколько). Возможны и другие варианты, например, одна панель на несколько этажей. Есть обычно и центральный коммутационный узел, куда сходятся кабели от панелей более низкого уровня и, что важно, внешние коммуникации. Коммутационные панели принято помещать в помещения с контролируемым доступом, там же располагают и активное сетевое оборудование, а также зачастую и сетевые серверы.



Следует отметить, что в системе структурированной сети есть и другие компоненты. Большую популярность в последнее время приобрели оптоволоконные кабели. Их применение в структурированной сети оправдано при необходимости получить либо очень высокую полосу пропускания (свыше 100 Мбит/с), либо очень высокую помехозащищенность, либо когда расстояния оказываются слишком велики для витой пары (максимальное расстояние от розетки до активного сетевого элемента не более 100м провода Level 3. Level 5 способен выдержать и 150 м при 16 Мбит/с, однако при 100 Мбит/с он тоже ограничен ста метрами). Для разводки оптических кабелей существует также свой арсенал средств - световоды, оптические коммутационные панели и оптические разъемы (аналоги розеток).

Кроме того, важными составляющими структурированной сети являются средства для подключения к ней оборудования, рассчитанного на другие типы кабеля. Дело в том, что коммуникационные сети современных зданий не ограничиваются компьютерными, существует множество других - телефонные, радио, телевизионные, охранные, пожарная сигнализация, системы управления и контроля и т.д. Принятие структурированной системы в значительной степени было обусловлено тем, что она объединила все эти сети в одну коммуникационную систему и решила проблему в комплексе.

В пределах здания структурированная кабельная сеть включает в себя горизонтальную и вертикальную разводку.

## **2.6 Горизонтальная разводка**

От рабочих мест до этажного узла коммутации:

- патч-корд от сетевого адаптера компьютера до розетки
- скрытая проводка от розетки до заднего выхода патч-панели в узле коммутации
- патч-корд от переднего выхода патч-панели до активного оборудования

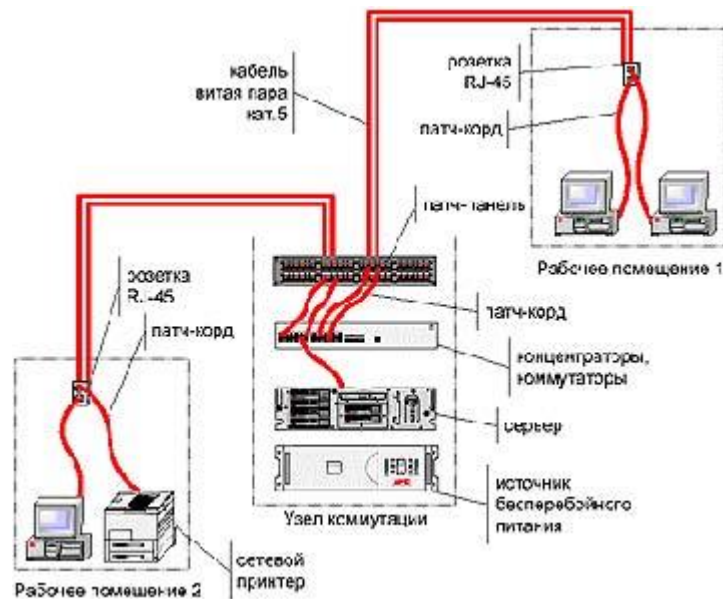


Рисунок 2.2 - Пример горизонтальной разводки в СКС

Вертикальная разводка:

Между этажными узлами коммутации:

- скрытая проводка между патч-панелями этажных узлов коммутации
- патч-корд между патч-панелями и активным оборудованием

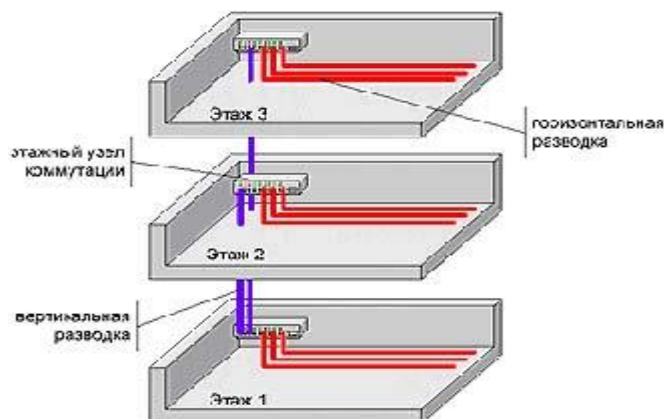


Рисунок 2.3 - Пример вертикальной разводки в СКС

Топология:

Топология горизонтальной и вертикальной разводки - звезда:

- на горизонтальном уровне все компьютеры соединяются с портами активного оборудования, расположенного в коммутационном узле
- на вертикальном уровне этажные узлы коммутации подключаются к центральному узлу коммутации здания

Оборудование:

- сетевые адаптеры для персональных компьютеров

- розетки RJ-45 категории 5
- 19" напольные или настенные шкафы (стойки) для размещения оборудования в узлах коммутации
- патч-панели RJ-45 для монтажа в стойку 19"
- кабель для горизонтальной разводки от розеток до патч-панелей и для вертикальной разводки между патч-панелями - витая пара категории 5
- патч-корды (готовые) для подключения компьютеров к розеткам и активного оборудования к патч-панелям - витая пара категории 5
- активное оборудование
- фурнитура

При использовании оптоволоконного кабеля, патч-панели и патч-корды заменяются оптическими. Калькуляция оборудования составляется исходя из числа пассивных и активных портов.

Активные порты: число активных портов равняется числу фактически подключаемых конечных устройств: персональных компьютеров, серверов, сетевых принтеров.

Число активных портов определяет стоимость приобретаемого активного оборудования, которая обычно составляет больше половины стоимости проекта в целом. С другой стороны, правильно спроектированная сеть позволяет легко наращивать число активных портов, приобретая дополнительное активное оборудование по мере надобности. Поэтому разумный подход - оценивать число активных портов исходя из текущих потребностей и ближайшей перспективы (например, на полгода).

Пассивные порты: пассивные порты - розетки для подключения конечных устройств и соединенные с ними разъемы на патч-панелях. Число пассивных портов определяет максимально возможное количество подключений конечных устройств. Принципиально важно при проектировании сети оценивать число пассивных портов с запасом, на долгосрочную перспективу.

Телефонные порты: структурированная кабельная сеть подходит для подключения не только компьютеров, но и телефонных аппаратов. Поэтому при проектировании следует рассмотреть целесообразность объединения в одной кабельной системе компьютерной и телефонной сети.

Типовое решение - каждое рабочее место оборудуется двумя розетками RJ-45, каждая из которых может быть с одинаковым успехом использована для подключения компьютера или телефона. Розетки включаются в компьютерную или телефонную сеть в узле коммутации

соединением соответствующих портов патч-панелей с сетевым или телефонным оборудованием.

Узлы коммутации. В узлах коммутации устанавливаются 19" шкафы или стойки, в которых размещается пассивное и активное оборудование. Конкретное исполнение (стойка/напольный шкаф/настенный шкаф) и размер (высота, глубина) выбираются исходя из помещения и размещаемого оборудования. Высота шкафа/стойки измеряется в т.н. юнитах (units или просто U), приблизительно равных 4.5см. Типичные габариты активного и пассивного оборудования - 1U на 24 порта.

Узлы коммутации предпочтительно размещать в служебных помещениях, предназначенных для размещения электронного или телекоммуникационного оборудования: серверная комната, телефонный кросс и т.п. Небольшие (по числу портов) узлы можно размещать в навесных шкафах в офисных или рабочих помещениях.

Активное оборудование: типовое решение - DualSpeed (10/100 Мбит/с) коммутаторы. С точки зрения производительности, предпочтительны модели, объединяемые в стек; если же главным приоритетом является снижения затрат, то коммутаторы сочетаются с концентраторами.

При большом объеме сетевого трафика следует выбирать коммутаторы, поддерживающие транки Fast Ethernet и позволяющие устанавливать модули Gigabit Ethernet. Транковые и гигабитные каналы в первую очередь используются для соединения между собой узлов коммутации и для подключения серверов.

При большом числе активных портов в центральный узел коммутации устанавливается коммутатор третьего уровня. Все оборудование выбирается в стоечном исполнении.

## **2.7 Общие требования к проектной документации структурированных кабельных сетей**

Корпоративная система разрабатывается с учетом индивидуальных пожеланий заказчика, системной проработки всего комплекса проблем, связанных с созданием, внедрением и эксплуатацией создаваемого объекта, а также будущих перспектив развития информационных технологий. При разработке проекта учитываются возможности расширения компании заказчика, изменения ее структуры, численности персонала, увеличения количества, назначения и интенсивности использования рабочих мест. В зависимости от масштаба проекта, заказчику предоставляется стандартное технико-коммерческое предложение, содержащее спецификацию и краткие пояснения, рабочая документация, технический или технорабочий проект, выполненный в соответствии с нормами и стандартами проектирования.

#### Проектная документация

При обращении заказчика в компанию и до заключения договора менеджер проекта проводит обследование и анализ всех имеющихся у заказчика технических средств, определяет архитектуру разрабатываемой системы и предоставляет Заказчику Технико-коммерческое предложение (ТКП).

#### Технико-коммерческое предложение

Технико-коммерческое предложение описывает работы выполняемые компанией и демонстрирует заказчику его возможности. На этапе создания и обсуждения технико-коммерческого предложения контролируется соответствие выработанного решения требованиям, изложенным в запросе заказчика. Кроме того, в нем дается ориентировочная оценка стоимости и функциональности будущей СКС, а также обосновываются финансовые затраты.

- В рамках технико-коммерческого предложения разрабатываются следующие документы:
- Пояснительная записка. Описание общих характеристик СКС, демонстрирует, как будут выполнены требования, заявленные заказчиком. Здесь же содержится описание выбранных для построения СКС комплектующих и их эксплуатационные параметры.
- Структурная схема СКС. Графический документ, который показывает расположение и взаимосвязь составных частей СКС.
- Планы этажей. Показывают размещение оборудования и расположение рабочих мест
- Спецификация оборудования и работ с ценами. Документ, описывающий количество и стоимость оборудования для реализации системы, а также объем и стоимость предстоящих работ)
- Технический проект.

Технический проект составляется по требованию Заказчика и предоставляется после заключения договора на проектирования СКС и до заключения договора на работы по монтажу СКС. Проект представляет из себя детально проработанный документ, описывающий все стороны реализации СКС. На основе информации представленной в техническом проекте проводятся строительно-монтажные работы. Технический проект составленный профессионально и качественно позволяет осуществить монтаж СКС даже независимыми сторонними исполнителями.

В рамках технического проекта разрабатываются следующие документы:

- Пояснительная записка. Содержит подробное описание проектируемой СКС, состав и назначение подсистем, схему их взаимодействия, способы организации кабельных трасс, схему маркировки компонентов СКС, методику защиты компонентов СКС от внешних

воздействий и доступа, требования к персоналу, устанавливающему и эксплуатирующему систему.

- Спецификации оборудования. Перечень конструктивных элементов, шкафов, кабель каналов и принадлежностей.
- Структурная схема СКС. Графический документ, который показывает расположение и взаимосвязь составных частей СКС. В ней обозначен план помещений с коммутационным оборудованием, пространственные зоны, обслуживаемые каждым коммутационным помещением, магистральные соединения, связывающие эти помещения между собой и внешним миром. Также эта схема содержит описание качественных и количественных параметров подсистем СКС, например, тип и количество кабелей в магистрали, количество и тип шкафов в кроссовых помещениях, кроссового оборудования в каждом шкафу.
- Таблицы соединений и подключений СКС. Перечень всех элементов СКС, их назначение и привязку к помещениям, портам, кабельным трассам, а также их способ защиты и прокладки.
- План-схемы расположения оборудования в технических помещениях и оборудования в монтажных шкафах. Показывают привязку расположения соответствующих элементов (шкафов - к помещениям, кроссовых панелей - к шкафам, кабелей - к кроссовым панелям и/или розеткам)
- поэтажные планы помещений. Схемы точного пространственного расположения рабочих мест, оборудования и каждого элемента системы на архитектурных чертежах здания.
- Программы и методики испытаний СКС. Содержат перечень мероприятий, которые будут проведены в ходе реализации СКС.

Рабочая документация.

Рабочая документация предоставляется по завершению всех работ по реализации СКС. Данная документация точно соответствует установленной СКС и содержит параметры всех существующих каналов связи, расположение и маркировку всех элементов созданной инфраструктуры, правила эксплуатации системы. Рабочая документация дополняет и уточняет документацию технического проекта. Для простых систем рабочая документация может не разрабатываться.

В рабочей документации уточняются:

- схемы прокладки кабельных трасс;
- схемы размещения оборудования в коммутационных помещениях;
- схемы подключений кабелей на панелях и кроссах;

- схемы организации рабочих мест;
- таблицы соединений.

Дополнительно разрабатываются:

- Протоколы согласования (отражают изменения схем прокладки кабелей и расположения оборудования.)
- Протоколы тестирования СКС (документ необходимый для проведения сертификации СКС, представляет из себя таблицу с измерениями функциональных параметров линий и каналов)
- Инструкция по эксплуатации СКС. (рекомендации по поддержанию работоспособного состояния СКС, перечень и сроки гарантийного и сервисного обслуживания)

Технорабочий проект.

Технорабочий проект разрабатывается параллельно с выполнением работ по реализации СКС (после заключения договора на проектирование и выполнение работ по монтажу СКС с Заказчиком) и предоставляется Заказчику по окончании выполнения работ по реализации СКС. Технорабочий проект представляет собой документ, который передает полное описание спроектированной и установленной СКС. Допускается объединять «Технический проект» и «Рабочую документацию» в один документ «Технорабочий проект».

В рамках технорабочего проекта разрабатываются следующие документы:

- Пояснительная записка
- Структурная схема СКС
- Схемы/планы прокладки кабельных трасс и расположения рабочих мест
- спецификация оборудования и работ
- Схемы размещения оборудования в коммутационных помещениях (несколько помещений)
- Схемы компоновки коммутационного оборудования в шкафах и стойках
- Таблицы соединений и подключений кабелей.
- Протоколы испытаний СКС
- Программа и методика испытаний СКС
- Инструкция по эксплуатации СКС

Простое документирование.

Простое документирование предоставляется Заказчику после установки кабельной системы. В случае, если структура кабельной системы простая и объем выполнения работ незначителен, а также не требуется выполнения проекта в соответствии с ГОСТ, Заказчику предлагается простое документирование.

Простое документирование содержит следующие документы:

- Схемы/планы прокладки кабельных трасс
- Кабельный журнал
- Протокол испытаний кабельной системы

## 2.8 Формирование сети первого уровня

Для построения сети первого уровня необходимо несколько составляющих:

- план этажа
- желательное размещение компьютеров на этаже (сколько компьютеров будет указывает заказчик)
- предоставление помещения для сервера (обычно рекомендует исполнитель)
- определение длин кабелей, подходящих к компьютеру (обычно задается относительная точка применительно к одному из компьютеров от которой и производится в дальнейшем расчет длин)



Рисунок 2.4 - Модуль формирования плана этажа

На рис.5 представлен план этажа промышленного здания. Для простоты план подобного этажа будет одинаков для всех видов промышленных зданий. Однако, размещение компьютеров разным. В роли заказчика будет выступать кнопка "Установить компьютеры". После ее нажатия, на предварительно установленном номере этажа появится схематическое изображение компьютеров, среди которых можно потом самостоятельно выбрать и размещение комнаты сервера, как показано на рис.6



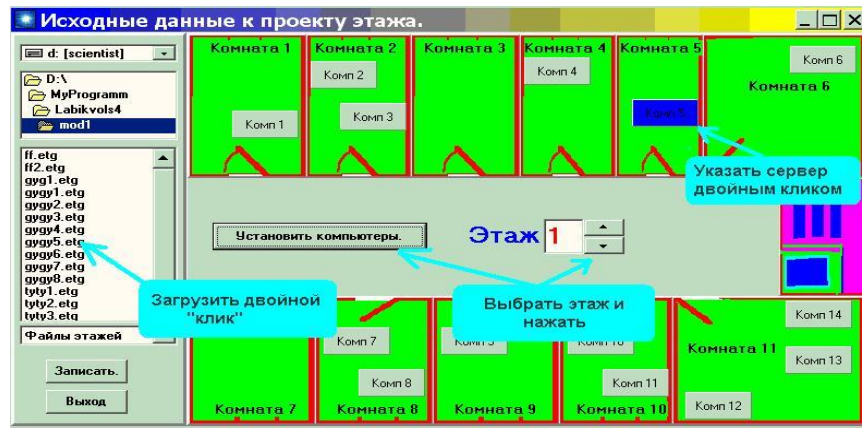


Рисунок 2.5 - Пример размещения компьютеров и сервера на этаже

Выбор номера этажа и их количество осуществляется на основе номера задания, выданного преподавателем.

## 2.9 Формирование сети второго уровня

Для построения сети второго уровня необходимо сформировать полный комплексный план всего промышленного здания на основе полученных сведений по размещению компьютеров в горизонтальной разводке сетей по этажам. Здесь планируется создать вертикальную разводку, считая минимальную длину кабеля нее между этажами равной 4 метрам. Кроме того, необходимо определиться с сервером.

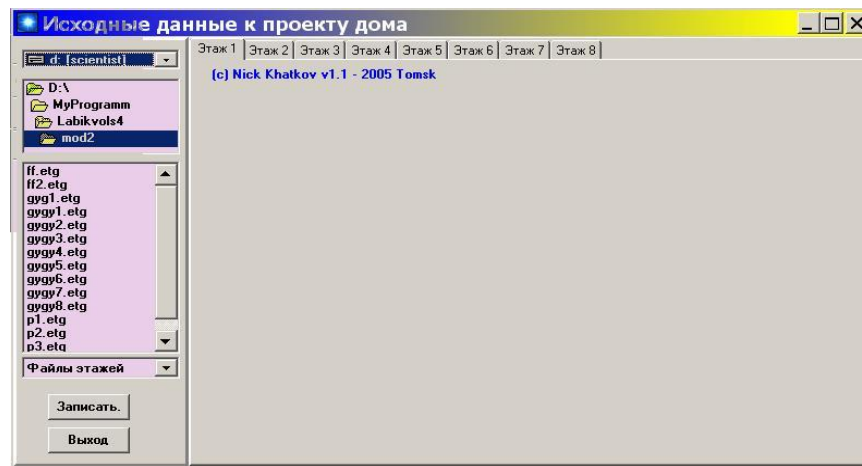


Рисунок 2.6 - Модуль формирования плана промышленного здания

На рис.7 представлен план промышленного здания. Для простоты план зданий подобного типа будет одинаков. Необходимо завести компьютеры в здание посредством загрузки соответствующих файлов этажей, полученных в предыдущем модуле (необходим двойной "клик" на имени файла). В результате получим ситуацию, представленную на рис.8



Рисунок 2.7 - Пример размещения компьютеров в здании на этаже

В случае, если на заданном этаже имеется в наличии сервер, то вид этажа в здании будет содержать не только сервер, но и оборудование, которое устраивает заказчика, хотя Вы можете использовать и другое оборудование.

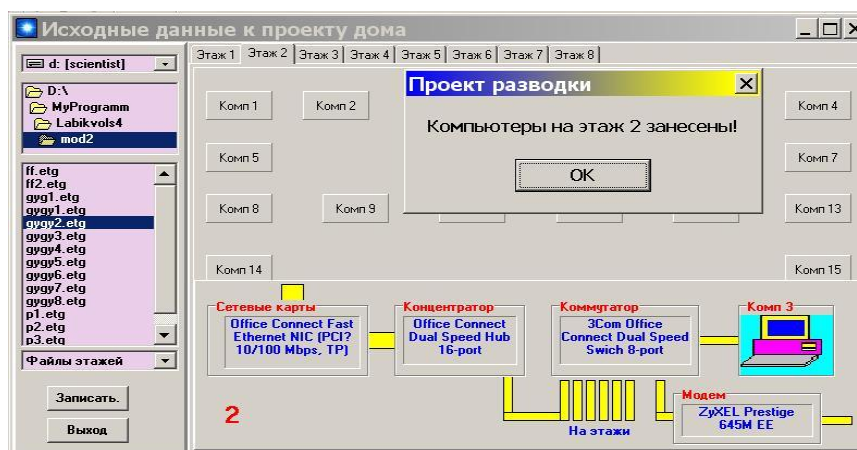


Рисунок 2.8 - Общий вид этажа в здании с имеющимся оборудованием к серверу

## 2.10 Формирование сети третьего уровня

Для построения сети третьего уровня необходимо сформировать полный комплексный план всего промышленного района на основе полученных сведений по размещению компьютеров в домах конкретного района. Здесь планируется создать районную сеть, расположенную в ключевых промышленных зданиях. Здания расположены на карте, где в том числе указаны предполагаемое размещение кабелей с учетом местных особенностей их прокладки и пересечения дорог. Также указан масштаб карты для оценки требуемой длины кабелей. Общий вид одного из промышленных районов представлен на рис.10.



Рисунок 2.9 - Модуль формирования плана промышленного района с его картой

Для простоты на плане района здания представлены в одинаковом виде и не в масштабе. Необходимо завести компьютеры в здание посредством загрузки соответствующих файлов зданий, полученных в предыдущем модуле (необходим двойной "клик" прямо на изображении конкретного здания, при этом должен быть указан его конкретный файл). В результате загрузки появится условное название соответствующего дома, а также в списке будет представлено содержание и расположение основного оборудования в здании. Пример подобной операции представлен на рис.11

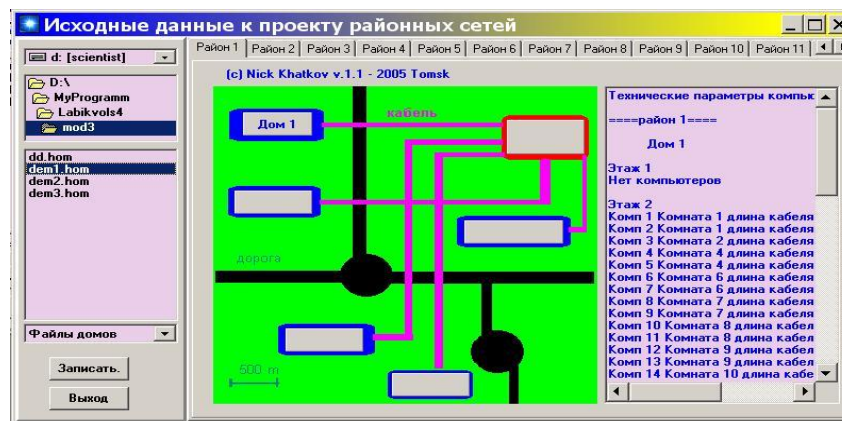


Рисунок 2.10 - Пример размещения компьютеров в здании

После заполнения промышленных зданий всего района можно получить полное наименование основного оборудования, сделав соответствующий двойной клик на головной станции маршрутизатора сети (обозначен красным контуром)



Рисунок 2.11 - Общий вид района с завезенным оборудованием

Все полученные результаты по формированию сети района можно сохранять и считывать из текстового файла, как показано на рис. 12

### 3 Порядок выполнения лабораторной работы

#### 3.1 Формирование сети первого уровня.

- Загрузите программный модуль для получения плана размещения компьютеров на этаже - [mod1.zip](#)
- После загрузки его необходимо разархивировать в произвольную папку и запустить. Его внешний вид органы управления представлены на рисунках 5-6.
- Согласно выданному заданию сначала установите номер этажа и осуществите размещение на нем компьютеров. В последующем, если возникнет необходимость укажите и размещение сервера. Учтите, что между этажами длина кабеля составляет 4 метра, а конкретные расстояния между компьютерами определяться в последующих модулях. Составьте примерную топологию размещения компьютеров. Определите потребность в розетках и пр. коммуникационных устройствах.

#### 3.2 Формирование сети второго уровня

- Загрузите программный модуль для получения плана размещения компьютеров на этаже - [mod2.zip](#)
- После загрузки его необходимо разархивировать в произвольную папку и запустить. Его внешний вид, органы управления представлены на рисунках 7 - 9.
- Сначала осуществите размещение в здании компьютеров. При размещении проконтролируйте наличие или отсутствие серверов, а также определите их необходимое количество для Вашего случая. В последующем, если Вы изначально ошиблись в размещении серверов, придется вернуться на шаг назад - в предыдущий модуль и

повторить прошлые свои действия, с учетом возникшей ошибки. Составьте примерную топологию размещения компьютеров и оцените требуемую длину кабеля в вертикальной разводке. Определите примерную потребность в дополнительных розетках и пр. коммуникационных устройств для целого здания.

### **3.3 Формирование сети третьего уровня**

- Загрузите программный модуль для получения плана размещения компьютеров в промышленных зданиях района - [mod3.zip](#)
- После загрузки его необходимо разархивировать в произвольную папку и запустить. Его внешний вид, органы управления представлены на рисунках 10 - 12.
- Осуществите размещение компьютерных сетей в зданиях района. При размещении проконтролируйте правильность заполнения справок по оборудованию сетей в промышленном здании. в) Самостоятельно выберите тип кабеля, используемого для его прокладки к маршрутизатору сети. Длину кабеля от зданий определите по схеме его прокладки с учетом местных особенностей. Определите состав оборудования требуемого для обеспечения передачи информации по кабелю - тип домового ввода, количество стыков, повторителей, соединителей и пр. д) Составьте полную топологию размещения компьютеров в районе с учетом длин кабелей начиная с этажей и кончая районом. В спецификации укажите количество и тип используемого оборудования для организации районной компьютерной сети. Проведите установку IP адресов компьютерной сети передачи данных в пределах только одного района и определите класс сети. Оцените примерную стоимость проекта сети, исходя из стоимости современного оборудования и комплектующих. Оцените аналогичные параметры и для других районов.

### **3.4 Запишите выводы по каждому разделу в отчет**

## **4 Контрольные вопросы**

1. На какой иерархической топологии основывается структура СКС?
2. Какие основные качества отличают СКС по сравнению с другими сетями?
3. Какие основные технические требования предъявляются к построению СКС?
4. На какие сроки работы рассчитаны СКС?
5. Для чего необходим американский стандарт EIA/TIA-568?
6. Для чего необходим международный стандарт ISO/IEC 11801?
7. Для чего необходим европейский стандарт CENELEC EN/BS 50173?

8. На каком расстоянии друг от друга над фальш-потолками подвешиваемые кабели с помощью J- или Т-образного крепежа должны располагаться точки крепления согласно стандарту TAI/EIA-569 ?
9. Какой ширины должны быть специальные стяжки кабеля, используемые для его перехвата?
10. Как в основном определяется допустимый радиус изгиба для горизонтальных кабелей UTP?
11. Как в основном определяется радиус изгиба для многопарных магистральных кабелей UTP?
12. Какая топология у горизонтальной и вертикальной разводок сети?
13. Что называется активным портом сети передачи данных?
14. Что называется пассивным портом сети передачи данных?
15. Что определяет число активных портов в сети передачи данных?
16. Что определяет число пассивных портов в сети передачи данных?
17. Имеются ли в СКС телефонные и телевизионные порты?
18. Какое оборудование устанавливается в узлах коммутации?
19. Какие документы разрабатываются в рамках технико-коммерческого предложения для создания СКС?
20. Какие документы разрабатываются в рамках технического предложения для создания СКС?
21. Что такое технорабочий проект?
22. Что такое простое документирование проекта?
23. Какие частотно-независимые параметры кабеля обычно указывают в технической документации?
24. Какие частотно-зависимые параметры кабеля обычно указывают в технической документации?
25. В каком частотном диапазоне работает тракт категории 5e ?
26. В каком частотном диапазоне работает тракт категории 6 ?
27. Как определяется параметр влияния NEXT?
28. Как определяется параметр влияния FEXT?
29. Как определяется параметр влияния ACR?
30. В связи с чем возникла потребность в параметре ELFEXT?
31. Из чего состоит "проброс" кабеля?
32. Чем отличается "проброс" от тракта?

33. Что означает FEXT Loss?
34. Что означает Return Loss?
35. Что описывают PS NEXT и PS ELFEXT?
36. Для чего используется приставка PS?
37. Чему равно волновое сопротивление витых пар?
38. Какие вспомогательные функции могут быть у измерительных приборов?
39. Какие причины вызывают неоднородность характеристического импеданса?
40. Какая качественная зависимость наблюдается для погонного затухания кабеля в зависимости от частоты?
41. Что означает термин "коллизия"?
42. Является ли в сети Ethernet коллизия пакетов данных с их взаимным повреждением типичным рабочим случаем в работающей безупречно сети?
43. В каких случаях витая пара может использоваться в технологии построения сетей в виде двойного назначения?

## 5 Варианты заданий

Вариант	Задание
1	1 дом (1, 3, 5 - этаж) 2 дом (2, 4, 6 - этаж) 3 дом (3, 4, 5 - этаж) 4 дом (4, 5, 6 - этаж) 5 дом (1, 2, 3 - этаж) - 1 район 1 дом (2, 4, 6 - этаж) 2 дом (1, 4, 7 - этаж) 3 дом (4, 5, 6 - этаж) 4 дом (6, 7, 8 - этаж) 5 дом (1, 3, 4 - этаж) - 9 район 1 дом (6, 8 - этаж) 2 дом (3, 5 - этаж) 3 дом (2, 3 - этаж) 4 дом (6, 8 - этаж) 5 дом (4, 8 - этаж) - 15 район тлф. в 1, 3 домах 9 района
2	1 дом (3, 5 - этаж) 2 дом (4, 6 - этаж) 3 дом (4, 5 - этаж) 4 дом (5, 6 - этаж) 5 дом (2, 3 - этаж) - 2 район 1 дом (3, 5, 7 - этаж) 2 дом (2, 5, 8 - этаж) 3 дом (5, 6, 7 - этаж) 4 дом (1, 7, 8 - этаж) 5 дом (1, 3, 4 - этаж) - 10 район 1 дом (2, 6, 8 - этаж) 2 дом (2, 3, 5 - этаж) 3 дом (1, 2, 3 - этаж) 4 дом (2, 6, 8 - этаж) 5 дом (2, 4, 8 - этаж) - 16 район тлф. в 1, 2 домах 16 района
3	1 дом (2, 4, 6 - этаж) 2 дом (3, 5, 7 - этаж) 3 дом (4, 5, 6 - этаж) 4 дом (5, 6, 7 - этаж) 5 дом (2, 3, 4 - этаж) - 3 район 1 дом (1, 3, 5 - этаж) 2 дом (1, 5, 6 - этаж) 3 дом (5, 6, 7 - этаж) 4 дом (5, 6, 8 - этаж) 5 дом (2, 4, 8 - этаж) - 8 район 1 дом (4, 6 - этаж) 2 дом (2, 3 - этаж) 3 дом (1, 2 - этаж) 4 дом (5, 7 - этаж) 5 дом (3, 7 - этаж) - 14 район тлф. в 2, 4 домах 14 района
4	1 дом (5, 6, 7 - этаж) 2 дом (1, 7, 8 - этаж) 3 дом (1, 4, 5 - этаж) 4 дом (1, 5, 6 - этаж) 5 дом (2, 5, 6 - этаж) - 4 район 1 дом (2, 5, 6 - этаж) 2 дом (1, 3, 7 - этаж) 3 дом (4, 6, 7 - этаж) 4 дом (4, 7, 8 - этаж) 5 дом (1, 6, 4 - этаж) - 7 район 1 дом (3, 8 - этаж) 2 дом (1, 5 - этаж) 3 дом (2, 8 - этаж) 4 дом (3, 8 - этаж) 5 дом (1, 8 - этаж) - 17 район тлф. в 2, 3 домах 7 района
5	1 дом (1, 3, 6 - этаж) 2 дом (2, 4, 7 - этаж) 3 дом (3, 4, 6 - этаж) 4 дом

	<p>(4, 5, 7 - этаж) 5 дом (1, 2, 4 - этаж) - 5 район  1 дом (2, 4, 7 - этаж) 2 дом (1, 4, 8 - этаж) 3 дом (4, 5, 7 - этаж) 4 дом (1, 7, 8 - этаж) 5 дом (1, 3, 8 - этаж) - 13 район  1 дом (6, 8 - этаж) 2 дом (3, 5 - этаж) 3 дом (2, 3 - этаж) 4 дом (6, 8 - этаж) 5 дом (4, 8 - этаж) - 14 район  тлф. в 1, 3 домах 13 района</p>
6	<p>1 дом (2, 3, 5 - этаж) 2 дом (3, 4, 6 - этаж) 3 дом (4, 5, 8 - этаж) 4 дом (1, 5, 6 - этаж) 5 дом (2, 6, 7 - этаж) - 6 район  1 дом (2, 3, 6 - этаж) 2 дом (1, 3, 7 - этаж) 3 дом (3, 5, 6 - этаж) 4 дом (3, 7, 8 - этаж) 5 дом (1, 3, 8 - этаж) - 12 район  1 дом (1, 8 - этаж) 2 дом (1, 5 - этаж) 3 дом (1, 3 - этаж) 4 дом (1, 8 - этаж) 5 дом (1, 8 - этаж) - 17 район  тлф. в 3, 4 домах 12 района</p>
7	<p>1 дом (2, 3, 5 - этаж) 2 дом (2, 4, 6 - этаж) 3 дом (2, 4, 5 - этаж) 4 дом (2, 5, 6 - этаж) 5 дом (1, 2, 4 - этаж) - 7 район  1 дом (2, 4, 6 - этаж) 2 дом (2, 4, 7 - этаж) 3 дом (2, 5, 6 - этаж) 4 дом (2, 7, 8 - этаж) 5 дом (1, 2, 4 - этаж) - 11 район  1 дом (3, 8 - этаж) 2 дом (3, 5 - этаж) 3 дом (2, 3 - этаж) 4 дом (4, 8 - этаж) 5 дом (5, 8 - этаж) - 17 район  тлф. в 2, 3 домах 11 района</p>
8	<p>1 дом (1, 3, 5 - этаж) 2 дом (2, 5, 6 - этаж) 3 дом (3, 4, 5 - этаж) 4 дом (4, 5, 6 - этаж) 5 дом (1, 2, 5 - этаж) - 1 район  1 дом (2, 5, 6 - этаж) 2 дом (1, 5, 7 - этаж) 3 дом (4, 5, 6 - этаж) 4 дом (5, 7, 8 - этаж) 5 дом (1, 3, 5 - этаж) - 6 район  1 дом (5, 8 - этаж) 2 дом (3, 5 - этаж) 3 дом (2, 5 - этаж) 4 дом (5, 8 - этаж) 5 дом (1, 8 - этаж) - 13 район  тлф. в 1, 3 домах 6 района</p>
9	<p>1 дом (1, 3, 6 - этаж) 2 дом (2, 4, 7 - этаж) 3 дом (3, 4, 6 - этаж) 4 дом (4, 5, 7 - этаж) 5 дом (1, 2, 6 - этаж) - 2 район  1 дом (2, 4, 6 - этаж) 2 дом (1, 6, 7 - этаж) 3 дом (4, 5, 7 - этаж) 4 дом (1, 7, 8 - этаж) 5 дом (1, 3, 6 - этаж) - 10 район  1 дом (2, 8 - этаж) 2 дом (3, 6 - этаж) 3 дом (1, 1 - этаж) 4 дом (3, 4 - этаж) 5 дом (5, 6 - этаж) - 15 район  тлф. в 1, 2 домах 10 района</p>
10	<p>1 дом (1, 3, 7 - этаж) 2 дом (2, 4, 7 - этаж) 3 дом (3, 4, 7 - этаж) 4 дом (4, 5, 7 - этаж) 5 дом (1, 2, 7 - этаж) - 3 район  1 дом (2, 4, 7 - этаж) 2 дом (1, 4, 8 - этаж) 3 дом (4, 5, 8 - этаж) 4 дом (3, 7, 8 - этаж) 5 дом (1, 3, 7 - этаж) - 12 район  1 дом (4, 8 - этаж) 2 дом (4, 5 - этаж) 3 дом (2, 4 - этаж) 4 дом (3, 8 - этаж) 5 дом (1, 8 - этаж) - 16 район  тлф. в 1, 3 домах 12 района</p>
11	<p>1 дом (1, 3, 5 - этаж) 2 дом (1, 4, 6 - этаж) 3 дом (1, 4, 5 - этаж) 4 дом (1, 5, 6 - этаж) 5 дом (1, 2, 3 - этаж) - 4 район  1 дом (1, 4, 6 - этаж) 2 дом (1, 4, 7 - этаж) 3 дом (1, 5, 6 - этаж) 4 дом (1, 7, 8 - этаж) 5 дом (1, 3, 4 - этаж) - 10 район  1 дом (1, 8 - этаж) 2 дом (1, 5 - этаж) 3 дом (1, 3 - этаж) 4 дом (1, 8 - этаж) 5 дом (1, 8 - этаж) - 15 район  тлф. в 2, 3 домах 10 района</p>
12	<p>1 дом (3, 4, 5 - этаж) 2 дом (3, 4, 6 - этаж) 3 дом (1, 4, 5 - этаж) 4 дом (1, 5, 6 - этаж) 5 дом (1, 2, 4 - этаж) - 5 район  1 дом (3, 4, 6 - этаж) 2 дом (3, 4, 7 - этаж) 3 дом (3, 5, 6 - этаж) 4 дом (3, 7, 8 - этаж) 5 дом (1, 3, 6 - этаж) - 13 район  1 дом (3, 8 - этаж) 2 дом (3, 5 - этаж) 3 дом (2, 4 - этаж) 4 дом (4, 8 - этаж) 5 дом (3, 8 - этаж) - 17 район  тлф. в 1, 2 домах 13 района</p>
13	<p>1 дом (1, 2, 5 - этаж) 2 дом (2, 3, 6 - этаж) 3 дом (3, 4, 7 - этаж) 4 дом (1, 5, 6 - этаж) 5 дом (1, 2, 4 - этаж) - 6 район  1 дом (2, 4, 6 - этаж) 2 дом (3, 4, 7 - этаж) 3 дом (1, 5, 6 - этаж) 4 дом (1, 7, 8 - этаж) 5 дом (1, 3, 7 - этаж) - 14 район  1 дом (3, 8 - этаж) 2 дом (1, 5 - этаж) 3 дом (1, 3 - этаж) 4 дом (5, 8 -</p>



	этаж) 5 дом (2, 8 - этаж) - 16 район тлф. в 1, 3 домах 14 района
14	1 дом (1, 4, 5 - этаж) 2 дом (3, 4, 6 - этаж) 3 дом (2, 4, 5 - этаж) 4 дом (1, 5, 6 - этаж) 5 дом (1, 2, 6 - этаж) - 1 район 1 дом (2, 5, 6 - этаж) 2 дом (1, 5, 7 - этаж) 3 дом (4, 5, 7 - этаж) 4 дом (1, 7, 8 - этаж) 5 дом (2, 3, 4 - этаж) - 5 район 1 дом (3, 8 - этаж) 2 дом (1, 5 - этаж) 3 дом (2, 7 - этаж) 4 дом (2, 8 - этаж) 5 дом (3, 8 - этаж) - 12 район тлф. в 2, 3 домах 5 района
15	1 дом (1, 2, 5 - этаж) 2 дом (2, 5, 6 - этаж) 3 дом (1, 4, 5 - этаж) 4 дом (4, 5, 6 - этаж) 5 дом (1, 2, 3 - этаж) - 2 район 1 дом (2, 4, 6 - этаж) 2 дом (1, 4, 7 - этаж) 3 дом (3, 5, 6 - этаж) 4 дом (6, 7, 8 - этаж) 5 дом (1, 3, 4 - этаж) - 10 район 1 дом (6, 8 - этаж) 2 дом (1, 5 - этаж) 3 дом (2, 8 - этаж) 4 дом (3, 8 - этаж) 5 дом (4, 8 - этаж) - 14 район тлф. в 1, 3 домах 10 района
16	1 дом (1, 3, 4 - этаж) 2 дом (2, 4, 7 - этаж) 3 дом (3, 4, 5 - этаж) 4 дом (4, 5, 6 - этаж) 5 дом (1, 2, 3 - этаж) - 3 район 1 дом (2, 4, 6 - этаж) 2 дом (1, 4, 8 - этаж) 3 дом (4, 5, 6 - этаж) 4 дом (6, 7, 8 - этаж) 5 дом (1, 3, 4 - этаж) - 8 район 1 дом (6, 8 - этаж) 2 дом (3, 6 - этаж) 3 дом (1, 3 - этаж) 4 дом (7, 8 - этаж) 5 дом (4, 8 - этаж) - 14 район тлф. в 1, 3 домах 8 района
17	1 дом (1, 3, 8 - этаж) 2 дом (2, 4, 6 - этаж) 3 дом (3, 4, 5 - этаж) 4 дом (4, 5, 6 - этаж) 5 дом (1, 2, 3 - этаж) - 4 район 1 дом (2, 4, 8 - этаж) 2 дом (1, 4, 8 - этаж) 3 дом (4, 5, 6 - этаж) 4 дом (6, 7, 8 - этаж) 5 дом (1, 3, 4 - этаж) - 7 район 1 дом (6, 8 - этаж) 2 дом (3, 5 - этаж) 3 дом (2, 8 - этаж) 4 дом (6, 8 - этаж) 5 дом (4, 8 - этаж) - 10 район тлф. в 1, 3 домах 7 района
18	1 дом (1, 3, 5 - этаж) 2 дом (2, 4, 6 - этаж) 3 дом (3, 4, 5 - этаж) 4 дом (4, 5, 7 - этаж) 5 дом (1, 2, 3 - этаж) - 5 район 1 дом (2, 4, 7 - этаж) 2 дом (1, 4, 7 - этаж) 3 дом (4, 5, 6 - этаж) 4 дом (6, 7, 8 - этаж) 5 дом (1, 3, 6 - этаж) - 9 район 1 дом (6, 8 - этаж) 2 дом (3, 8 - этаж) 3 дом (2, 8 - этаж) 4 дом (6, 8 - этаж) 5 дом (4, 8 - этаж) - 12 район тлф. в 1, 3 домах 9 района
19	1 дом (1, 2, 5 - этаж) 2 дом (3, 4, 6 - этаж) 3 дом (1, 4, 5 - этаж) 4 дом (1, 5, 6 - этаж) 5 дом (1, 2, 6 - этаж) - 3 район 1 дом (1, 4, 6 - этаж) 2 дом (1, 4, 7 - этаж) 3 дом (1, 5, 6 - этаж) 4 дом (4, 7, 8 - этаж) 5 дом (1, 3, 4 - этаж) - 10 район 1 дом (6, 8 - этаж) 2 дом (4, 5 - этаж) 3 дом (2, 4 - этаж) 4 дом (6, 8 - этаж) 5 дом (4, 8 - этаж) - 13 район тлф. в 1, 2 домах 10 района
20	1 дом (2, 3, 5 - этаж) 2 дом (2, 4, 6 - этаж) 3 дом (2, 4, 5 - этаж) 4 дом (2, 5, 6 - этаж) 5 дом (1, 2, 5 - этаж) - 4 район 1 дом (3, 4, 6 - этаж) 2 дом (3, 4, 7 - этаж) 3 дом (4, 5, 8 - этаж) 4 дом (1, 7, 8 - этаж) 5 дом (1, 3, 7 - этаж) - 11 район 1 дом (1, 8 - этаж) 2 дом (1, 5 - этаж) 3 дом (2, 3 - этаж) 4 дом (5, 8 - этаж) 5 дом (4, 8 - этаж) - 14 район тлф. в 1, 3 домах 11 района

## 6 Список литературы

1. Ефанов В.И. Электрические и волоконно-оптические линии связи. 2-е изд., доп. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. – 256 с. [25]

2. Ефанов В.И. Основы проектирования сетей кабельного телевидения: Учеб. Пособие. Томск, Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2007. – 104 с.
3. А. Семенов Проектирование и расчет структурированных кабельных систем и их компонентов.: ДМК, 2008.- 416 с.
4. Программа сетевой академии Cisco CCNA 1 и 2. Вспомогательное руководство, 3-е издание, исправленное.: Вильямс, 2007. – 1168 с.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3**

### **СИСТЕМЫ КАБЕЛЬНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ**

#### **1 Введение**

Цель работы - на примере готовых программных модулей изучить структуру, электрические параметры и основные элементы систем кабельного телевидения, ознакомиться с условиями приема телевизионного сигнала, рассчитать уровни сигнала, шумов и помех комбинационных частот.

В последнее время структурированные кабельные системы (СКС) получают все большее распространение. Объясняется это тем, что качественный прием телевидения на комнатные антенны в городских многоэтажных домах невозможен. В этих условиях радиоволны, излученные антенной ТВ передатчика, проникают в квартиры одновременно по множеству различных по протяженности путей, и суммарный сигнал становится непригодным для воспроизведения на экране кинескопа телевизора четкого изображения. Установка на крышах многоквартирных городских домов индивидуальных приемных антенн, как это стало практиковаться в начале внедрения телевидения, недопустима по техническим, экономическим и эстетическим соображениям.

Необходимое качество приема у городских жителей было достигнуто за счет создания систем коллективного приема телевидения (СКПТ), в которых от благоприятно расположенных антенн по ветвящемуся кабелю осуществляется распределение качественных ТВ сигналов всем абонентам системы. В больших городах, где из-за разновысотной застройки образуются зоны радиоантенн и зоны отраженных сигналов, создаются крупные системы типа «антенна — микрорайон» (КСКПТ), в которых антенны и головные станции (СГ) предварительной обработки сигналов могут быть вынесены за пределы этих зон. Такие системы с числом абонентов до нескольких тысяч называются системами кабельного телевидения (СКТВ).

#### **2 Основные теоретические положения**

Необходимые уровни ТВ сигналов у абонентов домовых распределительных сетей (СДР) обеспечиваются включенными на их входах домовыми усилителями (УД).

В распределительных сетях (СР) СКТВ по одному коаксиальному кабелю магистральных (ЛМ) и субмагистральных линий (ЛСМ) осуществляется передача сигналов нескольких ТВ каналов на расстояние 2 ... 3 км и более. Для компенсации затухания в ЛМ и

ЛСМ через определенные интервалы включаются широкополосные высокочастотные усилители (соответственно УМ, УСМ).

Распределительные сети имеют полосу пропускания частот 40... 240 МГц, в которой могут одновременно распределяться сигналы 12 каналов диапазонов I—III телевидения и ОВЧ ЧМ сигналы вещания. Сигналы ТВ каналов IV и V диапазонов на СГ преобразуются в сигналы ТВ каналов I, II или III диапазонов, так как обеспечить непосредственное их распределение невыгодно из-за большого затухания коаксиальных кабелей на этих частотах.

Серийные телевизоры пока не позволяют использовать соседние каналы, поэтому общее число распределяемых в СКТВ ТВ каналов ограничивается пятью—шестью.

Поскольку СКТВ по мере расширения городского строительства и реконструкции застройки также развивается в направлении ее укрупнения, при ее проектировании монтаже закладываются такие параметры, которые обеспечивают возможность постепенного подключения сетей нижнего порядка к сетям высшего порядка.

## 2.1 Электрические параметры СКТВ и ее элементов

Все значения напряжений в СКТВ выражаются через уровни, представляющие собой отношение действующего напряжения сигнала  $u_c$ , В, к действующему опорному напряжению  $u_0 = 1$  мкВ, выраженное в дБмкВ:

$$E_c = 20 \cdot \lg\left(\frac{u_c}{u_0}\right) \quad (2.1)$$

Уровень телевизионного сигнала определяется эффективным значением напряжения несущей частоты сигнала изображения во время передачи синхроимпульса. Уровень собственного шума на входе активного элемента определяется пересчитанным к его входу эффективным значением напряжения флуктуационных тепловых шумов в полосе частот видеосигнала 5,75 МГц, дБмкВ:

$$U_{ш} = U_{ш75} + K_{шy} \quad (2.2)$$

где  $U_{ш75} = 2,4$  дБмкВ — уровень шума на сопротивление 75 Ом в полосе частот 5,75 МГц при температуре 294 К;  $K_{шy}$  — коэффициент шума активного элемента, показывающий, на сколько децибел собственный уровень шума этого активного элемента превосходит уровень шума сопротивления 75 Ом. Отношение сигнал-шум, дБ:

$$B_{ш} = E_c - U_{ш} \quad (2.3)$$

Отношение сигнал-помеха комбинационных частот представляет собой разность между выходным уровнем сигнала при частоте несущей изображения  $f$  и максимальным выходным уровнем помехи, образовавшейся на другой частоте в результате взаимодействия выходных

сигналов в рабочем диапазоне частот при усилении сигналов с уровнями и частотами в соответствии с  $(ИМА_{III(K)})$ ,  $(ИМА_{III(B)})$  и  $(ИМА_{II(B)})$ , дБ, где:

$ИМА_{III(K)}$  — отношение сигнал-помеха комбинационных частот третьего порядка, измеренное методом трех генераторов стандартных частот (ГСС) для систем с канальными телевизионными усилителями;

$ИМА_{II(B)}$  — отношение сигнал-помеха комбинационных частот третьего порядка, измеренное методом трех ГСС для систем или частей систем с диапазонными и широкополосными усилителями; считается мерой для перекрестной модуляции и определяется ТУ на усилители (будет обозначаться  $Вспу$ ) или системы;

$ИМА_{I(B)}$  — отношение сигнал-помеха комбинационных частот второго порядка, измеренное методом двух ГСС для систем или частей систем с широкополосными усилителями; в современных усилителях обеспечивается высокая симметрия их амплитудных характеристик и с помехами вида  $ИМА_{I(B)}$ , как правило, можно не считаться (Рис. 1).

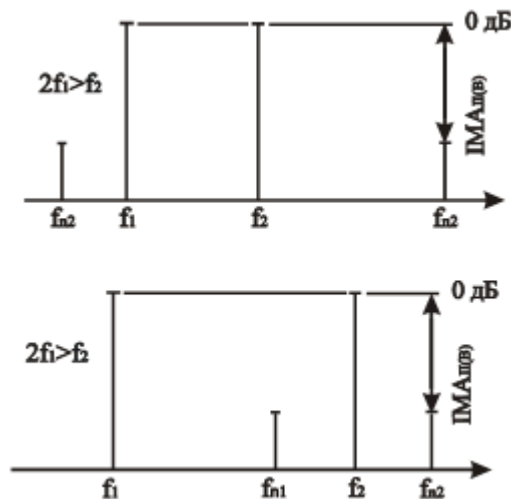


Рисунок 2.1 Измерение отношения сигнал-помеха для комбинационных частот второго порядка в РС, содержащих диапазонные и широкополосные усилители

Отношение сигнал-фоновая помеха, дБ:

$$B_{сф} = 201g(A/a) \quad (2.4)$$

$a$  — размах одной из огибающих.

Затухание элементов или частей СКТВ обозначается  $-A$  дБ, а усиление  $+A$  дБ.

Затухание экранирования  $G_Э$  дБ, представляет собой разность между уровнем нежелательного сигнала на входе (выходе) объекта экранирования и уровнем этого сигнала

на полуволновом вибраторе, размещенном вместо объекта экранирования и ориентированного на максимум принимаемого сигнала.

Субъективная визуальная оценка наблюдателями качества изображения на экране телевизионных приемников производится в соответствии с табл.1

Таблица 1

Степень качества	Качество изображения	Ухудшение качества
5	Отличное	Незаметное
4	Хорошее	Чуть заметное (пороговое значение)
3	Удовлетворительное	Немного мешающее
2	Неудовлетворительное	Мешающее
1	Непригодное	Сильно мешающее

## 2.2 Условия приема телевизионного сигнала

Можно полагать, что у ТВ передатчиков, расположенных в черте города, основной лепесток ДН их антенн наклонен к поверхности Земли под углом порядка  $\xi = 1^\circ = 0,0175$  рад по отношению к горизонтали. При этом ось ДН встречается с поверхностью Земли на расстоянии, км:

$$R_A = R_3 \cdot \left\{ \arcsin \left[ \frac{R_3 + H_A}{R_3} \cdot \sin \left( \arcsin \frac{R_3}{R_3 + H_A} - \xi \right) \right] - \arcsin \frac{R_3}{R_3 + H_A} + \xi \right\} \quad (2.5)$$

где  $R_3 = 6366$  км — радиус Земли;  $H_A$  — высота центра передающей антенны, км. Напряженность поля на уровне крыш высоких домов на этом расстоянии, дБмкВ/м:

$$E_{РА} = 107 + 10 \cdot \lg P_A + \varepsilon_{\text{нрп}\lambda/2} \quad (2.6)$$

где  $P_A$  — мощность в антенне, кВт;  $\varepsilon_{\text{нрп}\lambda/2}$  — коэффициент усиления передающей антенны по отношению к полуволновому вибратору, дБ.

Напряжение на выходе приемной антенны (АП) на расстоянии  $R_A$ , км, от передатчика, дБмкВ:

$$U_{сАП} = E_{РА} + 33,57 - 20 \cdot 1g f - \varepsilon_{АП} \quad (2.7)$$

где  $f$  — частота ТВ канала, МГц;  $\varepsilon_{АП}$  — коэффициент усиления приемной антенны по отношению к полуволновому вибратору, дБ.

Напряжение  $U_{сАП}$ , за вычетом затухания кабеля  $A_k$  между приемной антенной и СГ, подводится к входу СГ, дБмкВ:

$$U_{СГ} = U_{сАП} - A_k \quad (2.8)$$

По мере приближения к передатчику напряженность поля будет определяться значениями коэффициента усиления его антенны  $\varepsilon_{\alpha\lambda/2}$ , где  $\alpha$  — угол наклона направления от центра антенны передатчика на точку приема. Значения  $\varepsilon_{\alpha\lambda/2}$  последовательно будут при этом проходить основной лепесток и ряд боковых лепестков ДН по углу места. Подобная картина будет и при изменении направления на точку приема по азимуту, где ДН также имеет переменное значение  $\varepsilon_{\alpha\lambda/2}$ .

В первом приближении можно принять, что истинная напряженность поля в месте установки приемных антенн ГС и при расположении передатчика на территории города не будет отличаться от определенной для  $R_A$  более чем на  $\pm 10$  дБмкВ/м.

Более достоверные результаты получают при предпроектном обследовании путем конкретных измерений.

В условиях застройки современных городов высотными зданиями и отражения от них радиоволн ТВ передатчиков в приемную антенну кроме основного поступают и запаздывающие по времени отраженные сигналы. Наличие одного такого, отстающего по времени сигнала вызывает появление на экране телевизора (справа от основного) ослабленного повторного позитивного или негативного изображения.

Интервал, на который сдвинуто изображение, пропорционален времени запаздывания или разности путей прямого и отраженного сигналов. Если изображение на экране сдвинуто на  $\Delta L$ , а длина строки на кинескопе  $L$ , то время запаздывания, мк:

$$t_3 = 52 \cdot \frac{\Delta L}{L} \quad (2.9)$$

Разность путей прямого и отраженного сигналов, м:

$$\Delta l = 15600 \cdot \frac{\Delta L}{L} \quad (2.10)$$

Если прямой сигнал прошел расстояние  $l_1$ , м, то отраженный сигнал прошел расстояние, м:

$$l_2 = l_1 + \Delta l \quad (2.11)$$

Объект, от которого отразился запаздывающий сигнал, обязательно лежит на эллипсе, у которого фокусы расположены в точках приема и излучения, а расстояние от первого фокуса до любой точки, лежащей на эллипсе, составляет, м:

$$\rho = l_2 \cdot \left[ 1 - \left( \frac{l_1}{l_2} \right)^2 \right] / \left[ 1 + \left( \frac{l_1}{l_2} \right) \cdot \cos \varphi \right] \quad (2.12)$$

где  $\varphi$  — угол между большой осью эллипса и направлением на эту точку (Рис. 2). Если угол между векторами основного и повторного сигналов  $\pm \beta l < \pi/2$ , то повторное изображение будет позитивным, если  $\pm \beta l > \pi/2$  — то негативным (Рис. 3).

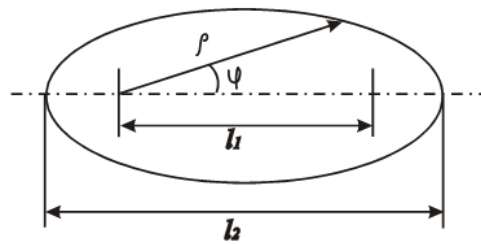


Рисунок 2.2 - Возникновение повторных сигналов при отражении от высотных зданий

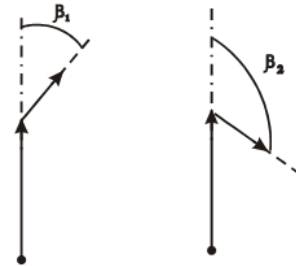


Рисунок 2.3 - Зависимость позитивности и негативности повторных изображений от углов между основным и отраженным сигналами

Зависимость порога заметности помех от интенсивности и времени запаздывания повторных сигналов была установлена экспериментально, и ею пользуются при проектировании и наладке СКТВ.

Количественному расчету уровни отраженных сигналов не поддаются, и их интенсивность выявляется при предпроектном обследовании возможных мест установки приемной антенны. Известно, что относительно более высокие уровни отраженных сигналов возникают на низкочастотных ТВ каналах.



Для исключения мешающих отраженных сигналов в СКТВ принимаются следующие меры:

отыскивается в допустимых пределах удаления от центра района СКТВ место установки приемных антенн СГ с минимальным уровнем отраженных сигналов;

применяются канальные приемные антенны с ДН, обладающими более высокой помехозащищенностью, чем диапазонные антенны;

используются сложные антенные системы, обеспечивающие компенсацию отраженных сигналов.

В перспективе радикальным способом избавления от помех при приеме сигналов ТВ на СГ СКТВ является подача этих сигналов по стекловолоконным или специальным радиорелейным линиям.

Существенное влияние на систему использования ТВ каналов в СКТВ оказывает недостаточное экранирование телевизоров. В СКТВ недопустимо наличие даже единиц процентов абонентов с некачественными сигналами. Этими абонентами могут оказаться жители верхних этажей домов, окна квартир которых обращены в сторону передающей ТВ антенны. Внутри этих квартир ослабление внешнего поля ТВ передатчика может не превышать 10 дБ.

Согласно ТУ на телевизоры уровень их экранирования  $G_{Э} > 40$  дБ для I и  $G_{Э} > 50$  дБ для II и III диапазонов.

Уровень поля мощных ТВ передатчиков на территории города может быть близким к  $E = 110$  дБмкВ/м. При этом на входе телевизора возникнет напряжение, дБмкВ:

$$U_{ТВ} = 23,57 - 20 \cdot \lg f - G_{Э} \quad (2.13)$$

Для первого ТВ канала на входе ТВ приемника наводится мешающий сигнал  $U_{ТВ} = 60$  дБмкВ при норме ГОСТа на основной сигнал 57 ... 84 дБмкВ. Наведенный сигнал на много микросекунд будет опережать основной, переданный по СР от СГ, и его мешающее действие выразится в появлении на экране телевизора так называемого «левого повтора». При существующем уровне экранирования телевизоров единственным путем избавления в СКТВ от помех вида «левых повторов» является изменение номера ТВ канала в СР путем конвертирования на СГ частоты принимаемого ТВ канала с заменой его частоты частотой ТВ канала, не занятого передачей телевидения в данном городе. Такое конвертирование необходимо осуществлять для всех распределенных в СКТВ каналов, во всех крупных городах, где ТВ передатчики расположены на их территории. Избежать конвертирования в

метровом диапазоне будет возможно лишь тогда, когда коэффициент  $G_{\text{Э}}$  телевизоров будет увеличен до 70 ... 80 дБ.

## 2.3 Расчет уровней сигнала, шумов и помех комбинационных частот в СКТВ

### 2.3.1 Приемная ТВ антенна

Эффективная температура шумов приемной ТВ антенны  $T_A$  с учетом тепловых шумов окружающей среды, шумов радиоизлучения Галактики и шумов сопротивления потерь антенны зависит от частоты (Рис.4). Антенна приемная (АП) всегда согласована с сопротивлением 75 Ом. Эффективное напряжение шумов АП на этом сопротивлении (т. е. на входе антенного фидера), дБмкВ:

$$U_{\text{шАП}} = U_{\text{ш75}} + 10 \cdot \lg \left( \frac{T_A}{T_0} \right) \quad (2.14)$$

где  $U_{\text{ш75}} = 2,4$  дБмкВ – напряжение шумов сопротивления 75 Ом в полосе ТВ канала при температуре  $T_0 = 300$  К.

Отношение сигнал-шум на входе антенного фидера, дБ:

$$B_{\text{сшАП}} = U_{\text{сАП}} - U_{\text{шАП}} \quad (2.15)$$

### 2.3.2 Головная станция (СГ)

Конкретное место размещения аппаратуры СГ определяется экспериментально выбранным пунктом установки ее антенн, в котором качество принимаемых ТВ каналов было бы не ниже четырех баллов.

На основании данных проекта известны протяженность и затухание фидеров  $A_{\text{ф}}$  между антеннами и аппаратурой СГ. Отсюда определяется напряжение полезного ТВ сигнала на входе СГ, дБмкВ:

$$U_{\text{сСГэк}} = U_{\text{сАП}} - A_{\text{к}} \quad (2.16)$$

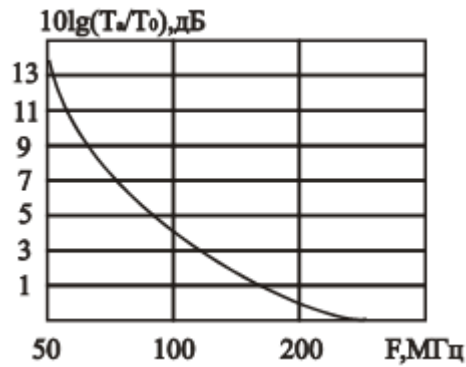


Рисунок 2.4 - Зависимость отношения  $10\lg(T_a/T_o)$  от частоты принимаемого ТВ радиосигнала

Если  $U_{сСГвх}$  больше номинального входного сигнала  $U_{сСГвхн}$ , то на входе СГ включается аттенюатор, снижающий уровень  $U_{сСГвх}$  до значения  $U_{сСГвхн}$ . Если уровня полезного сигнала не хватает, то около приемной антенны устанавливается усилитель антенный (УА).

При отсутствии УА от приемной антенны на вход СГ поступает полезный сигнал с уровнем  $U_{сСГвхн}$  и шум антенны с уровнем, дБмкВ:

$$U_{шАТСГ} = U_{сСГшн} - U_{сшАП} \quad (2.17)$$

Пересчитанный к входу собственный уровень шума СГ, дБмкВ:

$$U_{шСГш} = 2,4 + K_{шСГ} \quad (2.18)$$

Суммарный уровень шума на входе СГ, дБмкВ:

$$U_{шСГш\Sigma} = 10 \cdot \lg(10^{0,1U_{шАТСГ}} + 10^{0,1U_{шСГш}}) \quad (2.19)$$

Отношение сигнал-шум на входе (и на выходе) СГ, дБ:

$$B_{сшСГ} = U_{сСГшн} - U_{шСГш\Sigma} \quad (2.20)$$

Уровень полезного сигнала на выходе СГ, дБмкВ:

$$U_{сСГшн} = U_{сСГшн} + A_{уСГ} \quad (2.21)$$

где  $A_{уСГ}$  — затухание усилителей СГ, дБ.

При наличии УА полагаем, что уровень полезного сигнала на его входе может быть установлен равным его номинальному значению  $U_{\text{СУАВХН}}$ . При этом от приемной антенны на вход УА поступает напряжение шума с уровнем дБмкВ:

$$U_{\text{шАТУА}} = U_{\text{сУАвхн}} - B_{\text{сшАТ}} \quad (2.22)$$

Пересчитанный к входу УА уровень его собственного шума, дБмкВ:

$$U_{\text{шУАср}} = 2,4 + K_{\text{шУА}} \quad (2.23)$$

Суммарный уровень шума на входе УА, дБмкВ:

$$U_{\text{шУАср}\Sigma} = 10 \cdot \lg(10^{0,1 U_{\text{шАТУА}}} + 10^{0,1 U_{\text{шУАср}}}) \quad (2.24)$$

Отношение сигнал-шум на входе (и на выходе) УА, дБ:

$$B_{\text{сшУА}} = U_{\text{сУАвхн}} - U_{\text{шУАср}\Sigma} \quad (2.25)$$

Уровень полезного сигнала на выходе УА, дБмкВ:

$$U_{\text{сУАвхн}} = U_{\text{сУАвхн}} + A_{\text{УА}} \quad (1.26)$$

Полагаем, что этот уровень достаточен, чтобы установить на входе СГ номинальный входной уровень полезного сигнала, дБмкВ:

$$U_{\text{сСГвхн}} = U_{\text{сУАвхн}} - A_{\text{Ф}} - A_{\text{Д}} \quad (1.27)$$

где  $A_{\text{Д}}$  — дополнительное затухание аттенюатора.

Уровень внешнего шума, дБмкВ:

$$U_{\text{шСГвн}} = U_{\text{сСГвхн}} - B_{\text{сшУА}} \quad (1.28)$$

Суммарный уровень шума на входе СГ при этом, дБмкВ:

$$U_{ш\text{СГэкз}} = 10 \cdot \lg(10^{0,1U_{ш\text{СГэк}} + 10^{0,1U_{ш\text{СГэк}}}) \quad (2.26)$$

Отношение сигнал-шум на входе (на выходе) СГ, дБ:

$$B_{сш\text{СГ}} = U_{с\text{СГэк}} - U_{ш\text{СГэк}} \quad (2.27)$$

Выходной уровень сигнала каждого ТВ канала у СГ равен номинальному, дБмкВ:

$$U_{с\text{СГэк}} = U_{с\text{СГэк}} + A_{у\text{СГ}} \quad (2.28)$$

Запасы в выполнении норм ГОСТов на отношения сигнал-шум  $\Delta_{сш}$  и сигнал-помеха  $\Delta_{сп}$  при сложении сигналов на выходе СГ фильтровым методом, дБ:

$$\Delta_{сш\text{СГ}} = B_{сш\text{СГ}} - B_{сш\text{ГОСТ}} \quad (2.29)$$

При сложении сигналов на мостовых схемах с последующим их усилением на выходе СГ групповым усилителем должны быть учтены шумы и помехи комбинационных частот, вносимые этим усилителем.

### 2.3.3 Магистральные линии (ЛМ) распределительной сети

Изложенное ниже справедливо и для субмагистральных линий. Магистральные линии представляют собой отдельные интервалы (ИЛМ), каждый из которых состоит из магистрального усилителя и отрезка высокочастотного кабеля с затуханием на высшей частоте диапазона (240 МГц), равным в первом приближении усилению усилителя.

В СКТВ принято обеспечивать на выходе усилителей СР равные между собой уровни сигналов всех распределяемых ТВ каналов. Для достижения такого равенства на входе каждого УМ включен входящий в его состав регулятор наклона АЧХ (РН) с АЧХ, обратной АЧХ отрезка кабеля. Затухание РН на частоте 240 МГц при изменении наклона его АЧХ не изменяется. Установка необходимого наклона АЧХ (РН) у всех УМ при наладке смонтированной ЛМ осуществляется вручную, начиная от СГ, при этом выходные уровни всех распределяемых ТВ каналов для каждого УМ уравниваются между собой. Кроме РН на входе каждого усилителя включен аттенюатор для уточнения уровня ТВ каналов. Затухание отрезков кабеля ИЛМ для обеспечения возможности регулировки

принимается при проектировании несколько меньшим усиления  $A_y$  усилителей (в том числе учитывается возрастание затухания кабелей при старении).

Уровень шума усилителя, пересчитанный к его входу, не зависит от уровня сигнала, дБмкВ:

$$U_{шy} = U_{ш75} + K_{шy} = 2,4 + K_{шy} \quad (2.30)$$

Уровень помех комбинационных частот возрастает с увеличением уровня сигналов ТВ каналов. Эти помехи возникают как результат нелинейности 3-й степени амплитудной характеристики усилителей, В:

$$u_{сех} = \alpha_1 u + \alpha_2 u^2 + \alpha_3 u^3 \quad (2.31)$$

В технических условиях на усилитель определены:  
усиление, дБ:

$$A_y = 20 \cdot \lg \alpha_y \quad (2.32)$$

отношение сигнал-помеха комбинационных частот, дБ:

$$B_{сy} = 20 \cdot \lg(u_y / u_{сy}) = 20 \cdot \lg b_{сy} \quad (2.33)$$

при номинальном выходном сигнале:

$$U_y = 20 \cdot \lg u_y \quad (2.34)$$

и измерении помех комбинационных частот по методу трех ГСС (имитирующих два ТВ канала);

коэффициент шума, дБ:

$$K_{шy} = U_{шy} - U_{ш75} \quad (2.35)$$

где  $U_{шy}$  - уровень собственных шумов усилителя, пересчитанный к его входу;  $U_{ш75}$  - уровень собственных шумов сопротивления 75 Ом. Исходя из этих значений

$$\alpha_3 = 8 \cdot \alpha_y^3 / 3 \cdot b_{сny} \cdot u_{сск}^2 \quad (2.36)$$

откуда отношение сигнал-помеха

$$b_{ск} = b_{сny} \cdot u_y^2 / \alpha_y^2 \cdot u_{сск}^2 \quad (2.37)$$

в логарифмическом масштабе, дБ:

$$B_{ск} = -2 \cdot U_c + B_{сny} + 2 \cdot U_y - 2 \cdot A_y \quad (2.38)$$

При  $B_{сп} = B_{спy}$  уровень сигнала, дБмкВ:

$$U_{сп} = U_y - A_y \quad (2.39)$$

Напряжение  $U_y$  и отношение  $B_{спy}$  приводятся в ТУ на усилитель для двух каналов, а для  $m$  каналов, дБ:

$$B_{ск} = -2 \cdot U_c + B_{сny} + 2 \cdot U_y - 2 \cdot A_y - 20 \cdot \lg(m/2) \quad (2.40)$$

При этом если  $B_{сп} = B_{спy}$ , то уровень сигнала, дБмкВ:

$$U_{сп} = U_y - A_y - 10 \cdot \lg(m/2) \quad (2.41)$$

Таким образом, чтобы при каждом удвоении числа ТВ каналов  $B_{сп}$  оставалось бы неизменным, необходимо снижать уровень сигнала каждого из каналов на 3 дБ. Эта рекомендация имеется в ГОСТ 11216—83. Однако в этом же ГОСТе указывается, что в этом случае надлежит снижать уровень  $U_c$  на  $7,51g(m-1)$  дБ. Это объясняется тем, что  $7,51g(m-1) \sim 101g(m/2)$ .

При последовательном включении ИЛМ пересчитанные к входам их усилителей шумы будут суммироваться по мощности, а помехи комбинационных частот на выходах усилителей — по напряжению. Для  $n$  последовательно включенных ИЛМ, дБ:

$$B_{сш} = U_c - U_{шy} - 10 \cdot \lg n \quad (2.42)$$

$$B_{сш} = -2 \cdot U_c + B_{сшy} + 2 \cdot U_y - 2 \cdot A_y - 20 \cdot \lg(m/2) - 20 \cdot \lg n \quad (2.43)$$

Следовательно, при каждом возрастании уровня сигнала на 1 дБ отношение  $B_{сш}$  улучшается на 1 дБ, а  $B_{сш}$  ухудшается на 1 дБ и, наоборот, при убывании уровня сигнала на 1 дБ отношение  $B_{сш}$  ухудшается на 1 дБ, а  $B_{сш}$  улучшается на 2 дБ. Отсюда вытекает, что уровень сигнала  $U_c$  следует выбирать таким, при котором запас в выполнении нормы ГОСТа по шумам  $\Delta_{сш} = B_{сш} - B_{сшГОСТ}$  был бы в 2 раза меньше запаса по помехам комбинационных частот  $\Delta_{сш} = B_{сш} - B_{сшГОСТ}$ . Имея в виду, что  $B_{сш} = B_{сшГОСТ}$ , получаем, дБ:

$$\Delta_{сш} = 0,5 \cdot (U_y - U_{сш} - 10 \cdot \lg(m/2) - A_y - 20 \cdot \lg n - B_{сшГОСТ}) \quad (2.44)$$

$$\Delta_{сш} = 2 \cdot \Delta_{сш} \quad (2.45)$$

При этом имеем уровень сигнала, дБмкВ:

$$U_c = 0,5 \cdot [U_y - A_y + U_{шy} + B_{сшГОСТ} - 10 \cdot \lg(m/2)] \quad (2.46)$$

Уровень такого оптимизированного по запасам в выполнении норм на  $B_{сшГОСТ}$  и  $B_{сшГОСТ}$  сигнала не зависит от числа ИЛМ в ЛМ и определяется только параметрами данного типа усилителя:  $A_y$ ;  $U_y$ ;  $U_{шy}$  и числом ТВ каналов  $m$ . Распределительные сети, в которых для каждого усилителя выбран оптимальный уровень сигнала, удовлетворяют требованиям ГОСТа о возможности их развития или присоединения к более крупным СКТВ без изменения режима работы. При этом должны лишь выполняться условия обеспечения необходимых уровней  $U_c$  на стыках сетей.

Мера совершенства современных УМ (УСМ) определяется достигнутыми в заданном диапазоне частот (40 ... 240 МГц) малым значением  $K_{шy}$  их входных каскадов и большим выходным уровнем  $U_y$  каскадов выходных. Усиление усилителей  $A_y$  может быть обеспечено



различным практически без изменения  $K_{ш}$  и  $U_{ш}$  за счет изменения усиления промежуточных каскадов. Необходимо определить, при каком  $A_y$  будет достигнута наибольшая протяженность ЛМ с заданными  $B_{сш} = B_{сшГОСТ}$  и  $B_{сш} = B_{сшГОСТ}$ . При этом, очевидно,  $\Delta_{сш} = 0$  и  $\Delta_{сш} = 0$ , т. е.

$$U - B - U - 10 \cdot \lg(m/2) - A - 20 \cdot \lg n = 0 \quad (2.47)$$

Значение  $U_y - B_{сшГОСТ} - U_{ш} - 10 \lg(m/2) = G$  задано и постоянно. Тогда  $G - A_y - 20 \lg n = 0$  и  $n = 10^{0,05(G - A_y)}$ . Затухание ЛМ, дБ:

$$A_{лм} = n \cdot A_y = 10^{0,05(G - A_y)} \cdot A_y \quad (2.48)$$

Максимум  $A_{лм}$  будет тогда, когда  $dA_{лм}/dA_y = 1/A_y \lg 10 - 1/20 = 0$ , откуда  $A_{уmax} = 0,868$  дБ или  $\alpha_{уmax} = e = 2,718$  дБ.

Полученный результат свидетельствует о невыгодности применять при больших затуханиях ЛМ усилители с большими коэффициентами усиления. В то же время нет достаточных оснований иметь усилители с  $A_y = 8,686$  дБ, так как окажется необходимым применить их неоправданно много. Компромиссным является использование для ЛМ и ЛСМ усилителей с усилением, лежащим между 15 и 26 дБ, что и реализовано у УМ нового выпуска.

Задавшись определенным запасом в выполнении на участке ЛМ норм ГОСТа на отношение сигнал-шум  $A_{сшЛМ}$  и приняв в ЛМ оптимизированный уровень сигнала  $U_{сшЛМ}$  можно определить протяженность ЛМ с таким запасом при заданных характеристиках УМ и затухании кабеля  $A_k$ , дБ/км.

Число усилителей в ЛМ:

$$n = 10^{0,05(U_y - B_{сшГОСТ} - U_{ш} - 10 \lg(m/2) - A_y - \Delta_{сшЛМ})} \quad (2.49)$$

Затухание ЛМ, дБ:

$$A_{лм} = n \cdot A_y \quad (2.50)$$

Протяженность ЛМ, км:

$$L_{\text{ТМ}} = A_{\text{ТМ}} / A_x \quad (2.51)$$

### 2.3.4 Домовая распределительная сеть (СДР)

Указанная сеть может выполняться в двух вариантах:

с распределительным кабелем, проложенным непосредственно через квартиры, когда абонентские коробки (КА) установлены вблизи абонентских разветвителей (РА), включенных в этот кабель, и абонентских кабелей между РА и КА по существу нет;

с распределительным кабелем, проложенным вдоль лестничной клетки каждого подъезда, когда от установленных на каждом этаже РА в каждую квартиру к КА отходят абонентские кабели протяженностью порядка 20 м.

Для осуществления контроля исправности и ремонта СДР, постоянной по первому варианту, необходимо проникать в квартиры, по второму — этого не требуется. В нашей стране принято выполнять СДР только с распределительным кабелем, проложенным вдоль лестничных клеток.

Общим принципом устройства РА является обеспечение защиты СДР от вредных последствий замыкания или обрыва абонентского кабеля в квартирах абонентов. С этой целью используются направленные ответвители с различными коэффициентами ослабления в отводы, выполненные либо на отрезках длинных линий (РА старой конструкции), либо на мостовых схемах с трансформаторами на ферритах (РА новой конструкции).

Абонентские распределители на отрезках длинных линий имеют частотно-зависимые коэффициенты ослабления в отводы, у РА на мостовых схемах такой зависимости нет.

Простейшее исполнение СДР — это использование РА с неизменными коэффициентами ослабления на всех этажах, однако при этом число абонентов, которое можно обеспечить сигналами от одного УД, сокращено из-за излишнего расхода энергии абонентами, подключенными в начале распределительного кабеля. Оптимальным было бы такое распределение, при котором на каждом этаже обеспечивался бы у абонента сигнал номинального уровня. Однако это нереально, так как требует наличия неограниченного числа градаций ослабления в отводы у РА. Расчеты показывают, что вполне удовлетворительный результат дает выпуск РА на три-четыре значения ослабления в отводы, что и реализовано в новых типах РА.

Расчет уровней сигналов ТВ каналов, шумов и помех комбинационных частот в СДР проводится, начиная с определения входного и выходного сигналов выбранного типа УД. Входной сигнал УД, дБмкВ:

$$U = 0,5 \left[ U_{\text{УД}} - A_{\text{УД}} - U_{\text{шУД}} + B_{\text{смГОСТ}} - 10 \cdot \lg(m/2) \right] \quad (2.52)$$

Выходной сигнал, дБмкВ:

$$U_{\text{сУДвых}} = U_{\text{сУДвх}} + A_{\text{УД}} \quad (2.53)$$

Запасы в выполнении норм ГОСТа на участие СДР, дБ:

$$\Delta_{\text{смУД}} = U_{\text{сУДвх}} - U_{\text{шУД}} - B_{\text{смГОСТ}}; \quad \Delta_{\text{снУД}} = 2 \cdot \Delta_{\text{смУД}} \quad (2.54)$$

Расчеты уровней сигналов ТВ каналов у абонентов проводятся для ТВ канала, имеющего высшую частоту из распределяемых в СКТВ. Для выбранного типа распределительного кабеля определяется затухание  $A$ , его отрезка между соседними РА, т. е. между этажами. Рекомендуемый минимально допустимый уровень на отводе РА  $U_{\text{отв min}} = 70$  дБмкВ.

Составляется таблица значений  $U_{\text{отв}}$  для всех  $I$  этажей здания, начиная от ближайшего к УД, причем для каждого этажа выбирается такой РА, при котором с минимальным запасом выполнялось бы требование  $U_{\text{отвк}} \geq U_{\text{отв min}}$ .

Проходное затухание  $РА_k$ , равное  $A_{РАk}$ , учитывается при определении входного сигнала  $РА_{(k+1)}$  следующего этажа, дБмкВ:

$$U_{РА_{\text{вх}}(k+1)} = U_{РА_{\text{вх}}k} - A_{РАk} - A_3 \quad (2.55)$$

Уровень сигнала на отводе  $РА_{(k+1)}$ , дБмкВ:

$$U_{РА_{\text{отв}}(k+1)} = U_{РА_{\text{вх}}(k+1)} - A_{РА_{\text{отв}}(k+1)} \quad (2.56)$$

Таблица заполняется до последнего этажа, если выполняется условие  $U_{PA_{отвл}} \geq 70$  дБмкВ. В случае, если  $U_{PA_{отвл}}$  значительно больше 70 дБмкВ, то проверяется, возможно ли осуществить питание от одного УД двух соседних подъездов.

Если оказалось, что на  $k$ -м этаже ( $k < 1$ ) уже не удастся получить на отводе РА уровень напряжения 70 дБмкВ, то проверяется вариант установки около УД разветвителя мощности на два направления. По одному из отводов подается питание на возможное число ближайших этажей. На остальные этажи питания поступает по отдельному распределительному кабелю от второго отвода. Такая схема питания позволяет увеличить число питаемых абонентов на 20... 25%.

Если и это решение не обеспечивает питанием всех абонентов данного подъезда, то в конце первого распределительного кабеля, когда от него уже не удастся получить нужного уровня напряжения на абонентском отводе РА, устанавливается второй УД, от которого осуществляется питание остальных абонентов. Для этих абонентов необходимо дополнительно учесть шумы и помехи, вносимые вторым УД.

### 2.3.5 Порядок определения общих запасов СР и СКТВ в выполнении норм ГОСТа на ВсшГОСТ и ВспГОСТ.

На основании данных о протяженности ЛМ и ЛСМ и выбора типа кабеля для их исполнения определяются затухания  $A_{LM}$  и  $A_{LSM}$ . При этом к затуханию кабеля добавляется 5% на его старение, а также проходное затухание всех ответвителей, включенных в СР в соответствии с принятой планировкой разводки кабеля по территории города.

Для расчета общих запасов СР в выполнении норм на  $V_{сш}$  и  $V_{сп}$  выбирается максимальное суммарное затухание части ЛМ от СГ до ответвления ЛСМ и полного затухания ответвившейся ЛСМ ( $A_{LM}$  и  $A_{LSM}$  соответственно). Далее для ЛМ выбираются усилители УМ с усилением  $A_{ум}$ , для ЛСМ — усилители УСМ с усилением  $A_{усм}$  и для СДР — усилители УД с усилением  $A_{уд}$ . Находится число ИЛМ и ИЛСМ (с округлением до целого в сторону увеличения):

$$\begin{aligned} n_{LM} &= A_{LM} / A_{ум} \\ n_{LSM} &= A_{LSM} / A_{усм} \end{aligned} \quad (2.57)$$

Определяются уровни сигналов  $U_M$ ;  $U_{ссм}$  и  $U_{сдр}$  (с учетом параметров выбранных усилителей и числа распределяемых ТВ каналов). Проектом предусматривается

обязательная установка этих уровней на стыках СГ и ЛМ, ЛМ с ЛСМ и ЛСМ с СДР, для чего закладываются необходимые запасы уровней сигналов на этих стыках.

Находятся отдельно для ЛМ, ЛСМ и СДР запасы в выполнении норм на  $V_{\text{сшГОСТ}}$  и  $V_{\text{спГОСТ}}$ ;  $\Delta_{\text{сш м}}$  и  $\Delta_{\text{сп м}}$ ,  $\Delta_{\text{сш см}}$  и  $\Delta_{\text{сп см}}$ ,  $\Delta_{\text{сш сдр}}$  и  $\Delta_{\text{сп сдр}}$ .

Определяются общие запасы СР в выполнении норм на шумы и помехи комбинационных частот:

$$\Delta_{\text{сшСН}} = -10 \cdot \lg(10^{-0,1 \cdot \Delta_{\text{сшМ}}} + 10^{-0,1 \cdot \Delta_{\text{сшСМ}}} + 10^{-0,1 \cdot \Delta_{\text{сшСДР}}})$$

$$\Delta_{\text{сшСР}} = 2 \cdot \Delta_{\text{сшСН}}$$
(2.58)

Учитываются шумы и помехи комбинационных частот СГ, дБ:

$$\Delta_{\text{сшСКТВ}} = -10 \cdot \lg(10^{-0,1 \cdot \Delta_{\text{сшСР}}} + 10^{-0,1 \cdot \Delta_{\text{сшСГ}}})$$

$$\Delta_{\text{сшСКТВ}} = -20 \cdot \lg(10^{-0,05 \cdot \Delta_{\text{сшСР}}} + 10^{-0,05 \cdot \Delta_{\text{сшСГ}}})$$
(2.59)

Полученные запасы  $\Delta_{\text{сшСКТВ}}$  и  $\Delta_{\text{сшСКТВ}}$  должны обеспечить выполнение норм ГОСТа при изменении параметров кабеля под влиянием перепадов температуры окружающей среды и воздействии других дестабилизирующих работу сети факторов.

В расчетах уровней сигналов не учитывались помехи из-за сигналов, отраженных от мест рассогласованных соединений элементов СКТВ и кабелей. Это объясняется тем, что все широкополосные активные и пассивные элементы и кабели СКТВ обеспечивают необходимую меру точности равенства их входных и выходных сопротивлений номинальному значению (75 Ом), исключаящую возникновение заметных амплитуд отраженных сигналов.

### 2.3.6 Влияние изменения затухания высокочастотных кабелей на характеристики распределительной сети

Наибольшее влияние на характеристики СР оказывает изменение затухания высокочастотных кабелей под воздействием перепадов температуры внешней среды на высшей частоте диапазона СКТВ ( $f_{\text{в}}=240$  МГц). Дальнейший анализ проводится с учетом этой частоты.

Затухание кабеля одного ИЛМ протяженностью  $l_{\text{и}}$ , м, на частоте  $f_{\text{x}}$ , МГц, при температуре  $t_{\text{y}}^{\circ}\text{C}$ , дБ:

$$A_{\text{зху}} = A_0 \cdot l_u \sqrt{f_x/f_0} [1 + 0,0015(t_y - t_0)] \quad (2.60)$$

где  $A_0$ - затухание 1 м кабеля на частоте  $f_0$ , МГц, при температуре  $t_0$ , град.

Затухание РН в зависимости от частоты определяется по формуле, дБ:

$$A_{\text{РЗХ}} = A_0 \cdot l_u [1 + 0,0015(t_y - t_0)] \cdot (\sqrt{f_B} - \sqrt{f_x}) / \sqrt{f_0} \quad (2.61)$$

где  $t_p$ - расчетная температура внешней среды, равная среднему арифметическому максимальной ( $t_+$ ) и минимальной ( $t_-$ ) температур:

$$t_p = 0,5(t_+ - t_-) \quad (2.62)$$

Суммарное затухание кабеля и РН одного ИЛМ при расчетной температуре  $t_p$  не зависит от частоты и определяется по формуле, дБ:

$$A_{\text{зр}} = A_{\text{зху}} + A_{\text{РЗХ}} = A_0 \cdot l_u \cdot [1 + 0,0015(t_p - t_0) \cdot \sqrt{f_s/f_0}] \quad (2.63)$$

Для ТВ канала, имеющего  $t_b$ , максимальное изменение суммарного затухания одного ИЛМ при изменении температуры от  $t_p$  до  $t_{\pm}$ , дБ:

$$H_{\text{зху}} = A_0 \cdot l_u \sqrt{f_s/f_0} [1 + 0,0015(t_y - t_0)] \quad (2.64)$$

При  $t_p$  затухание ИЛМ равно усилению  $A_y$  УМ и при  $t_{\pm}$  изменение затухания составит, дБ:

$$H_{\text{зху}} = \pm A_y \cdot 0,0015 \cdot 0,1(t_+ - t_-) \quad (2.65)$$

Если принять, что при прокладке кабеля в телефонной канализации  $t_+ - t_- = 20^{\circ} \text{C}$ , а  $A_y = 20$  дБ, то  $H_{\text{и}\pm} = \pm 0,3$  дБ.

При подвеске кабеля на открытом воздухе  $t_+ - t_- = 100^{\circ} \text{C}$  и  $H_{\text{и}\pm} = 1,5$  дБ.

Изменение уровня сигнала на выходе ЛМ из  $n_m$  ИЛМ составит, дБ:

$$\delta_{УМ} = n_{УМ} H_{УМ} = A_{УМ} \cdot 0,0015 \cdot 0,5(t_+ - t_-) \quad (2.66)$$

где  $A_{УМ}$ - затухание ЛМ на частоте  $f_{УМ}$  при температуре  $t_p$ . Выходной уровень ЛСМ изменится подобным образом, дБ:

$$\delta_{УСМ} = n_{УСМ} H_{УСМ} = A_{УСМ} \cdot 0,0015 \cdot 0,5(t_+ - t_-) \quad (2.67)$$

Общее изменение уровня СР, равное сумме изменений ЛМ (до ответвления ЛСМ) и ЛСМ, дБ:

$$\delta_{УСР} = \delta_{УМ} + \delta_{УСМ} \quad (2.68)$$

Приняв для приблизительной оценки допустимое изменение уровня на выходе СР равным 3 дБ, имеем максимально допустимое суммарное затухание СР без пилотного регулирования (РП), дБ:

$$A_{СР\max} = 3,2/0,0015(t_+ - t_-) \quad (2.69)$$

При прокладке кабеля в телефонной канализации  $A_{СР\max}=200$  дБ, при подвеске на открытом воздухе  $A_{СР\max}=30$  дБ, т.е. в первом случае возможно выполнять СР без пилотного регулирования до 10 ИЛМ, во втором- только в составе одного ИЛМ.

Мера  $q$  пилотного регулирования (РП) усиления усилителя определяется отношением изменения выходного напряжения усиливаемого им пилот-сигнала  $\Delta U_{РП\text{вых}}$  дБ, к изменению его входного напряжения  $\Delta U_{РП\text{вх}}$  их, дБ:

$$q = \Delta U_{РП\text{вых}} / \Delta U_{РП\text{вх}} \quad (2.70)$$

Кроме параметра  $q$  ТУ на усилитель определяется также пределы изменения входного уровня пилот-сигнала  $\Delta U_{РП\pm}$ , дБ, в которых действует РП с параметром  $q$ . Для усилителя УМ-222  $q=0,1$  при  $\Delta U_{РП\pm}=\pm 5$  дБ.

Усилители магистральные с РП включаются в ЛМ через такое число ИЛМ, на котором накапливается  $\Delta U_{УМ\pm}$ , близкое к  $\Delta U_{РП\pm}$ , но с некоторым запасом.

### 2.3.7 Условия эксплуатации СКТВ

При проектировании СКТВ наибольшие трудности вызывает определение места размещения приемных антенн головной станции. Предпроектное обследование не всегда возможно, так как бывает, что дома, для которых проектируется СКТВ, еще не построены. Может быть и так, что правильно выбранное место позднее окажется непригодным из-за влияния вновь возведенных зданий. Во многих случаях в районе создания СКТВ всеобщее не удастся отыскать место, где можно принять ТВ сигнал высокого качества. Логическим выходом при таких сложившихся условиях является получение ТВ программ на СГ непосредственно из студий телецентра по РРЛ или ВОЛС, минуя эфир.

В варианте использования РРЛ на опоре антенн телецентра города дополнительно устанавливаются несколько антенн, на каждую из которых подается один и тот же суммарный сигнал нескольких (по числу ТВ каналов) передающих комплектов стволы РРЛ. Диаграммы направленности антенн РРЛ ориентируются в выбранных оптимизированных направлениях, определяемых планировкой города.

На базовых СГ, находящихся в секторах ДН антенн РРЛ, осуществляется прием переданных сигналов, которые затем с выходов приемных комплектов стволы РРЛ подводятся к модуляторам-передатчикам, создающим в СР сигналы ТВ каналов нужных номеров ТВ диапазонов I—III.

Высококачественные сигналы этих ТВ каналов с базовых СГ передаются на соседние СГ, находящиеся в радиусе до 3 км при использовании кабельных линий связи и до 10 км при ВОЛС. Таким образом, может быть телефицирована вся территория большого города.

Благодаря малому затуханию ВОЛС позволяют обеспечить ТВ сигналами без промежуточного усиления все СГ города. Путем модуляции света ЧМ сигналом промежуточной частоты РРЛ 70 МГц в режиме ограничения по одному волокну пока может быть организован только один ТВ канал. Такое решение позволит унифицировать системы распределения ТВ каналов по РРЛ и ВОЛС.

Полная замена в СКТВ коаксиальных кабелей волоконно-оптическими встречает целый ряд возражений. Стоимость коаксиальных медных кабелей не превышает 10% стоимости всего оборудования СКТВ, следовательно, существенной экономии такой заменой достичь нельзя, тем более что стекловолоконный кабель стоит в настоящее время дороже коаксиального медного кабеля. Кроме того, в ветвящейся СР СКТВ теряется преимущество ВОЛС в затухании и, наоборот, возникают серьезные трудности в ветвлении сигналов. Усложняется монтаж: если коаксиальный кабель присоединяется к элементам



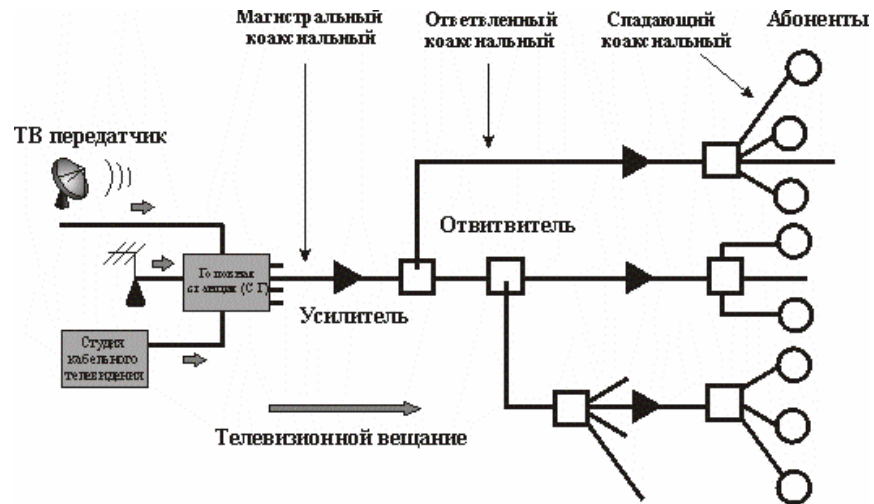
под зажим, то стекловолокно требует сварки. Стекловолоконные разъемы представляют собой изделия точной механики.

Другим направлением развития СКТВ является увеличение числа одновременно распределяемых ТВ каналов. На СГ уже существующего типа возможно в принципе сформировать суммарный сигнал всех 12 ТВ каналов диапазонов I—III, а в СР — довести их до абонентов. Однако принять такое число каналов на ТВ приемники невозможно, так как согласно ТУ на них они не обеспечивают прием соседних ТВ каналов. Таким образом, при существующем парке ТВ приемников возможность передачи в СКТВ ограничивается пятью—шестью каналами.

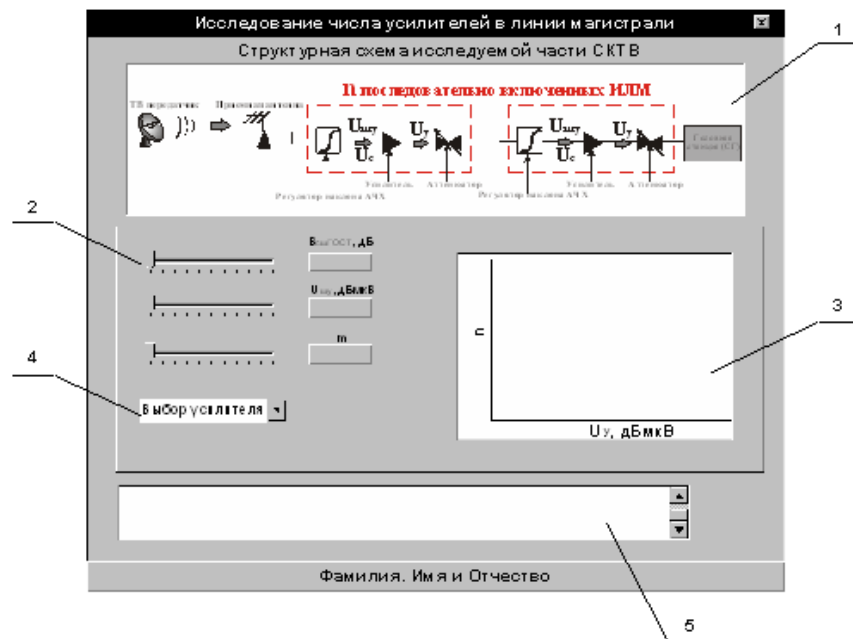
Увеличение числа ТВ каналов в СКТВ без улучшения *избирательности* приемников возможно путем использования свободного участка диапазона 104 ... 174 МГц. На СГ сигналы ТВ каналов будут формироваться на этих частотах. Распределительные сети обеспечат их доведение до абонентов. К каждому телевизору необходимо будет добавить приставку-конвертор с хорошей избирательностью, преобразующую частоты принимаемых в диапазоне 104 ... 174 МГц ТВ каналов в стандартные частоты существующих ТВ каналов диапазонов I—III.

### 2.3.8 Структурная схема СКТВ

На рис. 3.1 показана структурная схема СКТВ. Головная телевизионная станция принимает телевизионные спутниковые и эфирные каналы, а также каналы от локальной студии кабельного телевидения, выполняет их частотное мультиплексирование и направляет комбинированный широкополосный спектральный сигнал по *магистральному коаксиальному кабелю* - такой поток телевизионных передач от головного узла к абонентам принято называть *нисходящим потоком*. От магистрального кабеля на узлах ответвления - *ответвителях* - могут отделяться один или несколько ответвленных коаксиальных кабелей - *коаксиальных ветвей* - при этом ответвитель может содержать встроенный распределительный усилитель. Дальнейшее ответвление кабель испытывает, приходя в абонентский ответвитель, от которого непосредственно в квартиры абонентов следуют *спадающие коаксиальные кабели*.



### 3 Общий вид лабораторного стола



- 1 – структурная схема исследуемой части СКТВ
- 2 – изменяемый параметр
- 3 – график исследуемой зависимости
- 4 – выбор усилителя (кабеля)
- 5 – сценарий выполнения лабораторной работы

### 4 Порядок выполнения лабораторной работы

- 4.1 Ознакомиться со структурной схемой исследуемой части СКТВ.
- 4.2 Получить у преподавателя свой вариант задания.

4.3 Выбрать тип кабеля (или усилителя), если это требуется для выполнения данной работы.

4.4 Исследовать изменение физической величины от параметра, указанного в варианте задания.

4.5 Выполнить измерения для других типов кабелей (или усилителей).

4.6 По результатам измерения определить затухание кабеля  $A_k$  (или усиление усилителя  $A_u$ ).

4.7 Результаты по проделанной работе занести в отчет и сделать соответствующие выводы.

## 5 Содержание отчета

5.1 Определить вид данной зависимости.

5.2 Указать, как меняется измеряемая величина в зависимости от изменяемого параметра.

5.3 Сравнить измерения, полученные при различных типах кабеля (или усилителя). Описать в чем состоит их отличия. Объяснить почему.

5.4 Записать значения затухания кабеля (усиления усилителя), полученные по результатам лабораторной работы.

## 6 Контрольные вопросы

1. Какие меры принимают для исключения мешающих отраженных сигналов в СКТВ?
2. Чему равно отношение сигнал-помеха комбинационных частот Всш?
3. Чему равен уровень шума на сопротивление  $75 \text{ Ом}$  в полосе частот  $5,75 \text{ МГц}$  при температуре  $294 \text{ К}$ ?
4. В какой полосе частот видеосигнала определяется уровень собственного шума на входе активного элемента?
5. Что показывает коэффициент шума активного элемента?
6. Чем может быть вызвано появление на экране телевизора (справа от основного) ослабленного повторного позитивного или негативного изображения?
7. Что такое затухание экранирования?
8. В чем преимущество канальных приемных антенн перед антеннами диапазонного типа?
9. Чем определяется конкретное место размещения аппаратуры СГ?
10. Для чего на входе СГ устанавливают аттенюатор?
11. Как изменяется уровень помех комбинационных частот с увеличением уровня сигналов ТВ каналов?

12. В каком случае возможно обеспечение различного усиления усилителей практически без изменения коэффициента шума усилителя  $K_{ш}$  и номинального выходного сигнала  $U_y$ ?
13. За счет чего возможно изменение затухания высокочастотных кабелей?
14. Каким путем можно избавиться от помех вида «левых повторов»?
15. Что вызывает наибольшие трудности при проектировании СКТВ?

## 7 Варианты задания

Лабораторный стол 1

Вариант	1	2	3	4	5	6
Изменяемый параметр	$e$ , дБ	$f$ , МГц	$E_{ап}$ , дБмкВ	$e$ , дБ	$E_{ап}$ , дБмкВ	$f$ , МГц

Лабораторный стол 2

Вариант	1	2	3	4	5	6
Изменяемый параметр	$f$ , МГц	$G_e$ , дБ	$E$ , дБмкВ	$G_e$ , дБ	$E$ , дБмкВ	$f$ , МГц

Лабораторный стол 3

Вариант	1	2	3	4	5	6
Изменяемый параметр	$U_{сУАВых}$ , дБмкВ	$A_d$ , дБ	$A_f$ , дБ/км	$A_d$ , дБ	$U_{сУАВых}$ , дБмкВ	$A_f$ , дБ/км

Лабораторный стол 4

Вариант	1	2	3	4	5	6
Изменяемый параметр	$В_{спу}$ , дБ	$В_{спу}$ , дБ	$A_y$ , дБ	$A_y$ , дБ	$U_c$ , дБмкВ	$U_c$ , дБмкВ

Лабораторный стол 5

Вариант	1	2	3	4	5	6
Изменяемый параметр	$U_y$ , дБмкВ	$m$ , каналов	$A_y$ , дБ	$m$ , каналов	$U_y$ , дБмкВ	$A_y$ , дБ

Лабораторный стол 6

Вариант	1	2	3	4	5	6

Изменяемый параметр	Ушу, дБмкВ	n	Ус, дБмкВ	n	Ус, дБмкВ	Ушу, дБмкВ
---------------------	------------	---	-----------	---	-----------	------------

Лабораторный стол 7

Вариант	1	2	3	4	5	6
Изменяемый параметр	Уу, дБмкВ	Уу, дБмкВ	Ушу, дБмкВ	Ушу, дБмкВ	ВсшГО СТ, дБ	ВсшГО СТ, дБ

Лабораторный стол 8

Вариант	1	2	3	4	5	6
Изменяемый параметр	ВсшГОСТ, дБ	ВсшГОСТ, дБ	Ушу, дБмкВ	Ушу, дБмкВ	m, каналов	m, каналов

Лабораторный стол 9

Вариант	1	2	3	4	5	6
Изменяемый параметр	УуУД, дБмкВ	УуУД, дБмкВ	Ушу, дБмкВ	Ушу, дБмкВ	ВсшГОСТ, дБ	ВсшГОСТ, дБ

Лабораторный стол 10

Вариант	1	2	3	4	5	6
Изменяемый параметр	УшУД, дБмкВ	ВсшГОСТ, дБ	УсУДвх, дБмкВ	ВсшГОСТ, дБ	УшУД, дБмкВ	УсУДвх, дБмкВ

## 8 Список используемой литературы

1. Ефанов В.И. Электрические и волоконно-оптические линии связи. 2-е изд., доп. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. – 256 с. [25]
2. Ефанов В.И. Основы проектирования сетей кабельного телевидения: Учеб. Пособие. Томск, Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2007. – 104 с. [25]
3. Е. Б. Алексеев, В. Н. Гордиенко, В. В. Крухмалев, А. Д. Моченов, М. С. Тверецкий, Проектирование и техническая эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей: – М.: Горячая Линия - Телеком, 2008
4. Ведомственные нормы технологического проектирования объектов телевидения, радиовещания и телекинопроизводства.— М.: гостелерадио СССР, 1987.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ШУМОВ ОПТИЧЕСКОГО ТРАКТА НА ЦВЕТОВУЮ СОСТАВЛЯЮЩУЮ ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА

## 1 Введение

Цель работы - На примере готовых программных модулей, изучить влияние шумов различных участков оптического тракта на цветовую составляющую телевизионного сигнала.

## 2 Основные теоретические положения

### 2.1 Модель волоконно-оптической системы передачи

Рис. 2.1 представляет простую модель ВОСП, которая как можно заметить, аналогична некой радиосистеме или беспроводной системе передач.

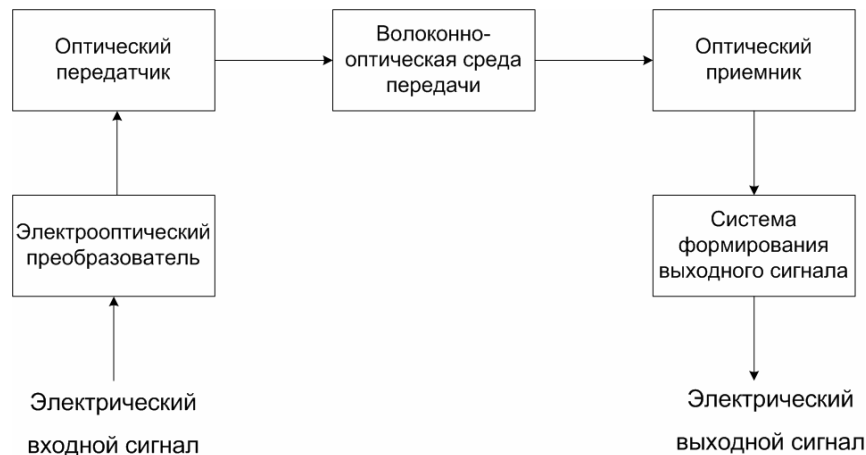


Рисунок 2.1 – Упрощенная модель ВОСП

Операции в блоках могут быть аналоговыми или цифровыми. Многие кабельные телевизионные системы используют аналоговый формат, со временем, однако, он все больше меняется на цифровой. Другая форма аналоговых приложений - передача радиосигналов в их естественной форме без использования частотной модуляции.

Возвращаясь к рис. 2.1, опишем кратко функцию каждого блока на блок-схеме, двигаясь слева направо. *Электрооптический преобразователь* (ЭОП) преобразует цифровой электрический сигнал в оптический NRZ- или RZ-сигнал или сигнал, использующий манчестерский код. Он также устанавливает требуемый уровень постоянного смещения входных импульсов.

*Оптический передатчик светового излучения.* Существуют два различных источника света, широко используемых сегодня на практике: *светоизлучающий диод* — СИД (LED) и *лазерный диод* — ЛД (LD). Оба источника относятся к устройствам со сравнительно низким уровнем выхода, лежащим в диапазоне от  $-10$  дБм до  $+6$  дБм.

Этот источник соединяется с *оптическим приемником* светового сигнала на удаленном конце через одно из оптических волокон в ВОК (другие волокна используются для других целей, в том числе и для резервирования). Оптические волокна внутри кабеля могут быть как одно-модовыми, так и многомодовыми.

## 2.2 Шумы в оптических сетях

В общем случае (Рис.2.2) простейшая аналоговая ВОЛС включает в свой состав оптический передатчик (Optical Transmitter), оптический усилитель (Optical Amplifier) и оптический приемник (Optical Receiver). Оптические усилители используются только во втором окне прозрачности (рис.2.3), т.е. на длине волны  $\lambda = 1550$  нм.



Рис. 2.2

Весь ниже изложенный математический аппарат ориентирован на использование DFB лазеров (Distributed Feed Back – лазер с распределенной обратной связью).

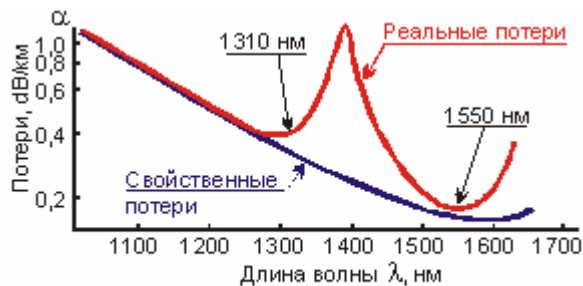


Рис. 2.3

**Шумы оптического передатчика.** Шумы передатчика формируются лазером вследствие спонтанной эмиссии фотонов, которая приводит к некогерентности светового потока. Эти шумы характеризуются относительной интенсивностью шумов – RIN (Relative Intensity Noise). Иными словами, это мощность шумов, измеряемая в полосе 1 Гц по отношению к мощности излучаемого квазикогерентного светового потока. А отношение несущая/шум ( $C/N$  – carrier/noise) записывается в виде:

$$C/N_{RIN} = \frac{m^2}{2\Pi(RIN)}, \quad (2.1)$$

где:  $m$  - индекс канальной оптической модуляции (ОМІ – Optical Modulation Index), исчисляемый в безразмерных единицах<sup>1</sup>;

$\Pi$  - шумовая полоса TV канала по видео полосе (3,75/4,75/5,75 МГц для систем NTSC/PAL/SECAM соответственно).

Выражение (1) может быть переписано в логарифмическом виде:

$$C/N_{RIN[dB]} = 201g(m) - 101g(\Pi)_{[МГц]} - RIN_{[dB/Гц]} - 63, \quad (2.2)$$

Величина 63 в правой части формулы (2.2) представляет собой результат суммирования 3 dB (логарифмическое представление числа 2) и поправки к величине относительной интенсивности шумов, пересчитанной для полосы с шириной в 1 Гц. Интенсивность шумов в этой полосе будет больше RIN в  $10^6$  раз, что при логарифмическом представлении приводит к увеличению значения на 60 dB.

Из формулы (2.2) видно, что с повышением  $m$  (достигается путем увеличения уровня сигнала, подаваемого на вход оптического модулятора) увеличивается  $C/N_{RIN}$ . Важно отметить, что всякое увеличение (уменьшение) уровня входного сигнала оптического передатчика на 1 dB вызывает увеличение (уменьшение) ОМІ на 0,5 dB и, как следствие, увеличение (понижение)  $C/N$  на выходе оптического приемника также на 1 dB (при неизменном уровне входной оптической мощности).

Типовое значение индекса оптической модуляции ( $m$ ) составляет 3...5%. Типовое значение RIN для DFB неохлаждаемых лазеров составляет -135...165 dB/Гц.

Если в КСКТП транслируется N каналов в другой системе цветности (например, SECAM с  $\Pi = 5,75$  МГц), то  $C/N_{RIN}$  изменится на величину  $\Delta_{RIN}^2$ :

$$\Delta_{RIN} = 101g\left(\frac{N}{N_{\Pi}}\right) + 101g\left(\frac{\Pi_{\Pi}}{\Pi}\right), \quad (2.3)$$



**Пример 1.** На какую величину изменится отношение несущая/шум ( $C/N_{RIN}$ ) оптического передатчика DVO 902, если в КСКТП транслируется 50 каналов с системой цветности SECAM<sup>3</sup>?

Подставляем численные значения в выражение (2.3):

$$\Delta_{RN} = 101g\left(\frac{50}{42}\right) + 101g\left(\frac{4,75}{5,75}\right) = 0,1dB$$

Таким образом,  $C/N_{RIN}$  фактически не изменится.

На основании проведенных расчетов можно сделать следующие полезные практические рекомендации:

- для поддержания прежнего значения  $C/N_{RIN}$  при произвольном значении числа транслируемых каналов  $N$  и сигналов с другой системой цветности, необходимо изменить уровень входного сигнала оптического передатчика на величину  $-\Delta_{RIN}$ ;
- при использовании в КСКТП разных систем цветности (например, PAL и SECAM), входные каналные уровни (или уровни сигналов с выходов кассетных модулей головной станции) должны различаться на величину  $10 \lg(\Pi_1/\Pi_2)$ . Большей полосе видео канала должен соответствовать больший входной уровень сигнала (с целью поддержания равного отношения сигнал/шум);
- всякому увеличению (уменьшению) уровня сигнала, подаваемого на вход оптического передатчика на 1 dB, будет соответствовать ухудшение (улучшение) CSO также на 1 dB и СТВ на 2 dB. Это накладывает довольно жесткие ограничения на уровни входных модулирующих сигналов.

Еще одна рекомендация касается передатчиков с заявленными на них параметрами в стандарте NTSC. Приведенные выше формулы позволяют корректно пересчитать шумовые характеристики для любой системы цветности. Но уровни интермодуляционных искажений, в силу отличий американских и европейских методик измерения параметров, с должной точностью пересчитать невозможно. Поэтому, приобретая такой передатчик, следует запросить у производителя параметры для требуемой системы цветности (PAL или SECAM).

Таким образом, можно получить конечное отношение по расчету несущая/шум оптического передатчика в логарифмической форме через его паспортные (с индексом «П») и эксплуатационные параметры

$$C/N_{RN[dB]} = 201g(m_P) - 101g(IT)_{[дБ/Гц]} + |RIN|_{[дБ/Гц]} - 63 + 101g\left(\frac{N}{N_P}\right) + (U_{ex} - U_{ex.P})_{[дБ/МГц]} \quad (2.4)$$

На рис. 2.4 представлена расчетная зависимость отношения несущая/шум оптического передатчика DVO 902 (Teleste) от рабочего индекса оптической модуляции для 42 PAL каналов.

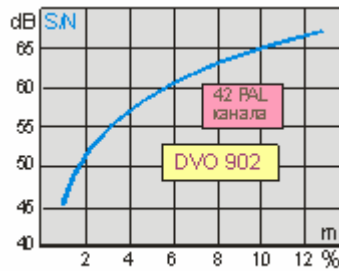


Рис. 2.4

**Шумы оптического усилителя** (EDFA – Erbium Doped Fiber Amplifier – оптический усилитель на волокне, легированном эрбием) также обязаны спонтанной эмиссии фотонов. В технической литературе эти шумы часто именуется как ASE (Amplifier Spontaneous Emission – спонтанная эмиссия усиления), а отношение несущая/шум вычисляется по формуле:

$$C/N_{EDFA} = \frac{S/N_{ex} \cdot m^2}{2IF} \quad (2.5)$$

где:  $S/N_{BX}$  - собственное отношение сигнал-шум на входе оптического усилителя (не путать с входным отношением несущая-шум);

$F$  - коэффициент шума EDFA.

$S/N_{BX}$  является функцией входной оптической мощности  $P_{BX}$  (Вт) усилителя:

$$S/N_{ex} = \frac{\lambda P_{ex}}{2hc}, \quad (2.6)$$

здесь:  $\lambda$  - длина оптической волны, м;

$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  - постоянная Планка;

$c = 3 \cdot 10^8$  м/с – скорость распространения световой волны.

Подставляя (2.6) в (2.5) и приведя все к логарифмической форме, удобной для практического использования, получим:

$$C/N_{EDFA} = 91 + 101g(\lambda)_{[мкм]} + P_{ex}[дБм] + 201g(m) - 101g(IT)_{[МГц]} - F_{[дБ]}. \quad (2.7)$$

Из (2.7) следует, что по факту, единственным «управляемым» параметром для EDFA при проведении проектных работ является уровень входной оптической мощности, с увеличением которого увеличивается  $C/N$  EDFA (рис.2.4). Однако, как и в случае с оптическим передатчиком, при увеличении входной оптической мощности увеличиваются

интермодуляционные искажения (хотя они по своей величине и много меньше искажений, возникающим в передатчике и приемнике).

Шумы оптического приемника во многом зависят от его чувствительности  $S$ , определяемой по формуле:

$$S = \frac{\eta q \lambda}{hc} \quad (2.8)$$

где:  $h$  - квантовая чувствительность фотодетектора; это физическая величина, измеряемая током (в кулонах), который появляется на выходе фотодетектора при воздействии на его входе одного кванта световой энергии;

$q = 1,6 \cdot 10^{-19}$  - заряд электрона в кулонах.

Из (2.8) следует, что чувствительность фотодетектора на длине 1550 нм выше на 0,73 dB чувствительности на длине волны 1310 нм. Так, для типового значения  $h = 0,8$ :  $S_{1310} = 0,85$  А/Вт и  $S_{1550} = 1,0$  А/Вт (или мА/мВт). Например, для приемника АС 6810 компании Teleste заявлены значения чувствительности  $S_{1310} = 0,85$  А/Вт и  $S_{1550} = 0,95$  А/Вт. Физически параметр  $S$  означает (рис.5), какой ток (в мА) появится на выходе фотодетектора при воздействии на его входе оптической мощности в 1 мВт (0 dBm). Очевидно, что чем выше данное справочное значение, тем лучше (возможность работы при пониженной входной оптической мощности при том же значении  $C/N$ , или реализация большего  $C/N$  при том же значении входной оптической мощности).

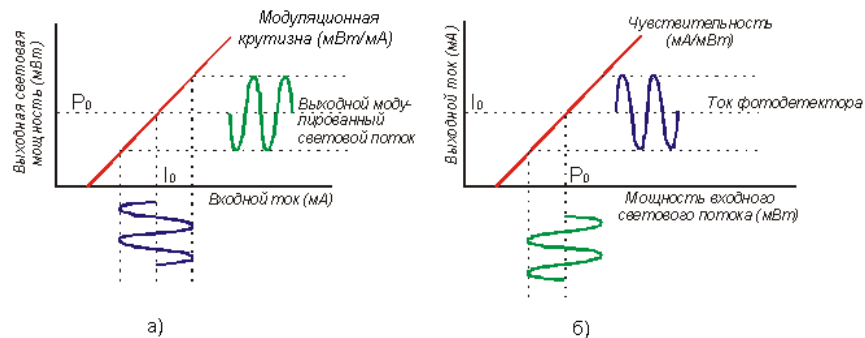


Рис 2.5

Шумы приемника в основном обязаны хаотичному движению электронов (Shot Noise - дробовый шум):

$$C/N_s = \frac{m^2 SP_{\text{вх.опт}}}{4qI} \quad (2.9)$$

а также тепловому шуму (Termal Noise), создаваемому сопротивлением фотодетектора и последующим усилителем:

$$C/N_t = \frac{(mSP_{\text{эконт}})^2}{2\pi I_n^2} \quad (2.10)$$

где  $I_n$  - эквивалентный шумовой тепловой ток усилителя, измеряемый в  $nA/\sqrt{Гц}$ .

$P_{\text{вх.опт.}}$  - уровень входной оптической мощности.

При проведении расчетов в формулу (2.10) должен быть подставлен коэффициент 10 - 12, т.к. шумовой ток должен подставляться в амперах, а не в пикоамперах. Типовая величина  $I_n$  для трансимпедансного каскада, выполненного на GaAs полевом транзисторе, составляет  $7...8 nA/\sqrt{Гц}$ . В настоящее время появились малозумящая транзисторы с очень большим входным сопротивлением, обладающие входным шумовым током до  $5 nA/\sqrt{Гц}$ .

Приведенные соотношения (2.9) и (2.10) могут быть записаны в удобной для практического пользования логарифмической форме:

$$C/N_s = 90 + 201g(m) + P_{\text{эконт}}[\text{дБ}] + 101g(\lambda)_{[\text{нм}]} - 101g(II)_{[\text{МГц}]}, \quad (2.11)$$

$$C/N_t = 113,6 + 201g(m) + 2P_{\text{эконт}}[\text{дБм}] + 201g(\lambda)_{[\text{нм}]} - 101g(II)_{[\text{МГц}]} - 201g(I_n)_{[\text{нА}]}. \quad (2.12)$$

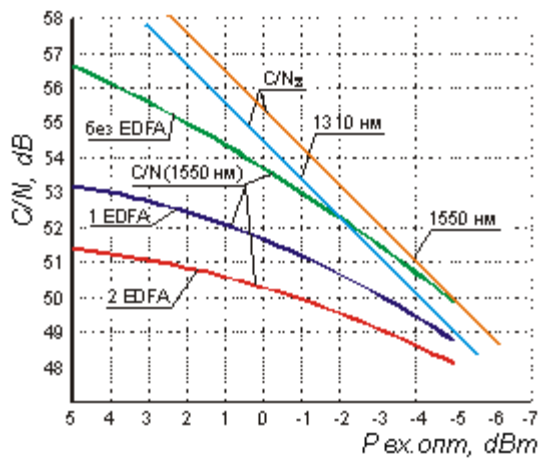


Рис. 2.6

Обратим внимание, что как  $C/N_s$ , так и  $C/N_t$  прямо пропорционально зависят от уровня входной оптической мощности  $P_{\text{вх.опт.}}$ . Следовательно, и суммарное  $C/N_s$  оптического приемника также будет прямо пропорционально уровню входной оптической мощности (рис.2.6).

В последнее время большинство производителей стали непосредственно приводить параметр чувствительности фотодетектора  $S$ , в результате чего конечные расчетные

соотношения могут быть записаны в более точной форме (вне зависимости от типа используемого полупроводника)

$$C/N_s = 91,9 + 201g(m) + 101g(S)_{[A/Bn]} + P_{экстн}[dB] - 101g(IT)_{[MГц]} \quad (2.13)$$

$$C/N_t = 117 + 201g(m) + 201g(S)_{[A/Bn]} + 2P_{эк}[dBm] - 101g(IT)_{[MГц]} - 201g(I_n)_{[μA]} \quad (2.14)$$

**Суммарный шум оптической системы** вычисляется по традиционной формуле сложения некоррелированных мощностей:

$$C/N = -101g \left[ 10^{-\left(\frac{C/N_{ЭВН}}{10}\right)} + 10^{-\left(\frac{C/N_{ЭДФ4}}{10}\right)} + 10^{-\left(\frac{C/N_s}{10}\right)} + 10^{-\left(\frac{C/N_t}{10}\right)} \right] \quad (2.15)$$

На рис.2.6 показана зависимость  $C/N$  оптической системы от уровня входной мощности оптического приемника  $P_{вх.опт}$ . Из расчетного графика (рис.2.6) следует, что увеличение уровня входной мощности  $P_{вх.опт}$  на 1 dB вызывает увеличение  $C/N$  примерно на 0,4 dB. При исключении оптического усилителя данная зависимость приближается к прямо пропорциональной зависимости (0,8 dB). При включении второго оптического усилителя (рис.2. 6) конечное  $C/N$  все в меньшей степени зависит от входной мощности оптического приемника (0,3 dB).

При использовании ВОЛС с двойным оптическим преобразованием (рис.2.7),  $C/N$  рассчитывается по аналогичной формуле:

$$C/N = -101g \left[ 10^{-\left(\frac{C/N_1}{10}\right)} + 10^{-\left(\frac{C/N_2}{10}\right)} \right] \quad (2.16)$$

**Индекс оптической модуляции (ОМІ)** является мерой уровня модуляции оптической несущей ВЧ сигналом. Математически он записывается как отношение пикового значения модулирующего ВЧ тока  $I_p$  к среднему модулирующему току  $I_{mod}$ :

$$m = \frac{I_p}{I_{mod}} \quad (2.17)$$

ВЧ модулирующий ток  $I_p$  может быть записан через модулирующее напряжение в виде:

$$I_p = \frac{U_p}{R_0} = \frac{\sqrt{2}U_{эфф} \cdot K}{R_0} \quad (2.18)$$

где  $U_{эфф}$  - среднеквадратичное (эффективное) входное напряжение лазерной цепи с входным сопротивлением  $R_0$  (как правило, 75 Ом для телевизионной техники) при коэффициенте согласования  $K$  (оказывающего влияние только на фактический уровень подавляемого сигнала).

В свою очередь усредненный лазерный управляющий ток записывается в виде:

$$I_{авд} = \frac{P_{омм}}{E}, \quad (2.19)$$

где:  $P_{омм}$  - усредненная выходная оптическая мощность лазера;

$E$  - эффективность лазерной крутизны (рис.5).

Следовательно, ОМІ (или  $m$ ) может быть записан в виде:

$$m = \frac{\sqrt{2}U_{эфф} \cdot K \cdot E}{P_{омм} \cdot R_0} \quad (2.20)$$

откуда следует, что ОМІ прямо пропорционален входному лазерному напряжению. Иными словами, разным уровням входных управляющих напряжений (см. рис.2.5) будут соответствовать разные значения  $m$ , т.е. может быть записана очевидная пропорция:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{U_1}{U_2} \quad (2.21)$$

Если модулирующие напряжения представить в привычной для нас форме (в  $\text{dB}\mu\text{V}$ ), то:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{10^{(U_1/20)}}{10^{(U_2/20)}}$$

или

$$\frac{m_1}{m_2} = 10^{(U_1 - U_2)/20} \quad (2.22)$$

Наоборот, всякое изменение входного модулирующего напряжения будет вызывать соответствующее изменение  $m$ :

$$(U_1 - U_2)_{[dB\mu V]} = 20 \lg(m_1 / m_2). \quad (2.23)$$

Так, если  $U_1 = 84 \text{ dB}\mu\text{V}$  для  $m_1 = 4,5\%$ , то при  $U_2 = 88 \text{ dB}\mu\text{V}$  канальный индекс оптической модуляции составит  $7,1\%$ .

Рассмотренные выше соотношения относились к канальному индексу модуляции. В технической литературе по оптическим системам можно встретить также понятие композитного (или среднеквадратичного) ОМІ, обозначаемого как  $m$ . Композитный ОМІ учитывает число каналов, принимающих участие в модуляционном процессе и записывается в виде:

$$\mu = m \sqrt{\frac{N}{2}}. \quad (2.24)$$

Определение (242) действует для большого числа каналов (например, более 10) равной амплитуды. Используя определение (24), можно получить простое выражение для пересчета  $m$  в зависимости от числа транслируемых каналов. Рассуждения базируются на условии неизменности  $m$  от числа транслируемых каналов (фактически – неизменности мощности модулирующего сигнала):

$$m_1 \sqrt{\frac{N_1}{2}} = m_2 \sqrt{\frac{N_2}{2}}, \quad (2.24)$$

откуда:

$$m_2 = m_1 \sqrt{\frac{N_1}{N_2}}, \quad (2.25)$$

т.е. с увеличением числа транслируемых каналов  $N_2$  в сравнении со справочным значением  $N_1$ , индекс канальной модуляции  $m_2$  должен быть уменьшен по отношению к заявленному значению  $m_1$  и, наоборот. Решая совместно (2.21) и (2.22) получаем выражение для практического использования:

$$U_{2[dB\mu V]} = U_{1[dB\mu V]} - 10 \lg(N_1 / N_2).$$

Это означает, что с увеличением числа транслируемых каналов уровень входного модулирующего сигнала должен быть понижен на величину  $10\lg(N_1/N_2)$ . При этом снижается канальный  $m_2$  (см. формулу 2.24) и, как следствие,  $C/N$  (также на величину  $10 \cdot \lg(N_1/N_2)$ ) или  $(U_1 - U_2)$  [dB $\mu$ V]). Так, для всякого удвоения числа каналов, уровень входного модулирующего сигнала должен быть понижен на 3 dB (например, с 83 dB $\mu$ V до 80 dB $\mu$ V). При этом СТВ и CSO остаются неизменными (будет показано в следующей статье), а  $C/N$  понижается на 3 dB (например, с 51,4 dB до 48,4 dB). Типовая зависимость  $C/N$  от оптического индекса канальной модуляции представлена на рис.2.8.

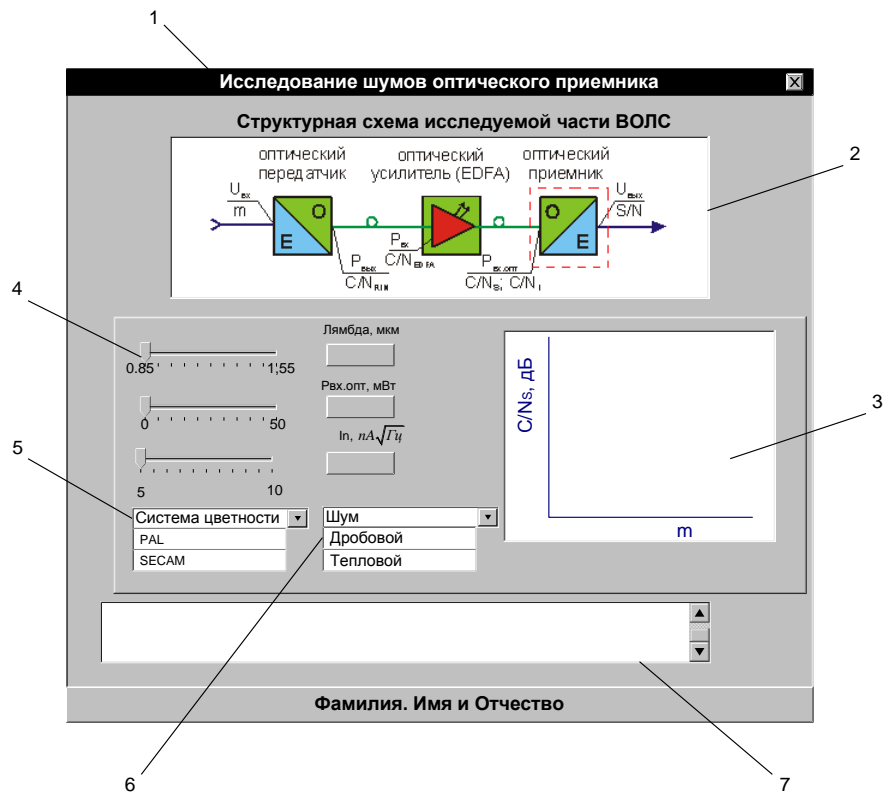
[1] в подавляющем большинстве практических случаев в паспортных параметрах на оптическое оборудование  $m$  выражается в процентах. Например,  $m = 0,045$ , что эквивалентно  $m = 4,5\%$

[1] точно на такую же величину изменяется  $C/N$  на выходе оптического приемника при прочих равных условиях

[2] подразумевается, что уровень входного модулирующего сигнала остается неизменным

[3] интермодуляционные искажения в ВОЛС

### 3 Общий вид лабораторного стола





- 1 – название лабораторного стола;
- 2 – структурная схема исследуемой части ВОЛС;
- 3 – график исследуемой зависимости;
- 4 – изменяемый параметр;
- 5 – выбор системы цветности;
- 6 – выбор исследуемого шума;
- 7 – сценарий выполнения лабораторного стола.

#### **4 Порядок выполнения лабораторной работы**

1. Ознакомиться со структурной схемой исследуемой части ВОЛС;
2. Получить у преподавателя свой вариант задания;
3. Выбрать систему цветности;
4. Выбрать вид исследуемого шума (если это требуется);
5. Исследовать изменение графика зависимости от параметра, указанного в варианте задания;
6. Выполнить измерения для другой системы цветности (для другого вида шума);
7. Результаты по проделанной работе занести в отчет и сделать соответствующие выводы.

#### **5 Содержание отчета**

1. Определить вид данной зависимости.
2. Описать влияние изменяемого параметра на исследуемую зависимость.
3. Сравнить измерения, полученные для другой системы цветности (для другого вида шума), описать в чем состоят их отличия. Объяснить почему.

#### **6 Контрольные вопросы**

1. В каком окне прозрачности используются оптические усилители?
2. Вследствие чего формируются шумы передатчика?
3. Что такое относительная интенсивность шумов?
4. Каким путем достигается увеличение индекса канальной оптической модуляции  $m$ ?
5. Что необходимо для поддержания прежнего значения  $C/N_{RIN}$  при произвольном значении числа транслируемых каналов  $N$  и сигналов с другой системой цветности?
6. Что такое квантовая чувствительность фотодетектора  $h$ ?
7. Вследствие чего формируются шумы оптического приемника?

8. Как изменится индекс оптической модуляции при увеличении уровня входного сигнала оптического передатчика на 1 дБ при неизменном уровне входной оптической мощности?
9. Чем является индекс оптической модуляции?
10. Сколько составляет типовое значение индекса оптической модуляции ( $m$ )?

## 7 Список литературы

1. Ефанов В.И. Электрические и волоконно-оптические линии связи. 2-е изд., доп. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. – 256 с.
2. Ефанов В.И. Основы проектирования сетей кабельного телевидения: Учеб. Пособие. Томск, Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2007. – 104 с
3. Убайдуллаев Р.Р. – Волоконно-оптические сети. – М.: Эко – Трендз, 2001.
4. Иоргачев Д.В. – Волоконно-оптические кабели и линии связи. – М.: Энергоиздат, 2003.
5. Фриман Р. – Волоконно-оптические системы связи. – М.: Эко – Трендз, 2004.
6. Портнов Э.Л. – Оптические кабели связи. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002.

## Список литературы

1. Проектирование структурированной кабельной сети: Руководство к компьютерной лабораторной работе / Осетров Д. Г., Хатьков Н. Д. - 2011. 30 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/145>, дата обращения: 12.06.2018.
2. Оптические направляющие среды и пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи: Методические указания по организации самостоятельной работы / Ефанов В. И. - 2009.41 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1266>, дата обращения: 12.06.2018.
3. Исследование влияния шумов оптического тракта на цветовую составляющую телевизионного сигнала: Руководство к компьютерной лабораторной работе / Осетров Д. Г., Хатьков Н. Д., Лыткина Е. С. - 2011. 16 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/147>, дата обращения: 12.06.2018.
4. Исследование сетевых протоколов передачи данных: Руководство к компьютерной лабораторной работе / Осетров Д. Г., Хатьков Н. Д. - 2011. 29 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/144>, дата обращения: 12.06.2018.
5. Системы кабельного телевидения: Руководство к компьютерной лабораторной работе / Осетров Д. Г., Хатьков Н. Д., Лыткина Е. С. - 2011. 29 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/146>, дата обращения: 12.06.2018.
6. Сборник задач по волоконно-оптическим линиям связи: Учебно-методическое пособие по практическим занятиям / Ефанов В. И. - 2012. 50 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/788>, дата обращения: 12.06.2018.

Н.Д. Хатьков, В.Ю. Рябченко

# ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ЛОКАЛЬНЫЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ КАБЕЛЬНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Учебно-методическое пособие по лабораторным работам  
для студентов направления 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и  
системы связи»

Формат ---.

Усл. печ. л. ---. Тираж -- . Заказ -- .

Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники.  
634050, Томск, пр. Ленина, 40.

Тел. (3822) 533018.