

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра сверхвысоких частот и квантовой радиотехники  
(СВЧ и КР)

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРИРОВАННОЙ КАБЕЛЬНОЙ  
СЕТИ**

Томск-2011

Министерство образования и науки Российской Федерации

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра сверхвысоких частот и квантовой радиотехники  
(СВЧ и КР)

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. Кафедрой СВЧ и КР  
\_\_\_\_\_ С.Н. Шарангович  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2011г.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРИРОВАННОЙ КАБЕЛЬНОЙ  
СЕТИ**

**РУКОВОДСТВО**

к компьютерной лабораторной работе по дисциплине  
“Волоконно-оптические локальные сети и системы  
кабельного телевидения ”  
для студентов специальности  
210401 “Физика и техника оптической связи”

Разработчики  
Доцент кафедры СВЧ и КР  
\_\_\_\_\_ Н.Д. Хатьков

ассистент кафедры СВЧ и КР  
\_\_\_\_\_ Д.Г. Осетров

## 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.

## 2 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.

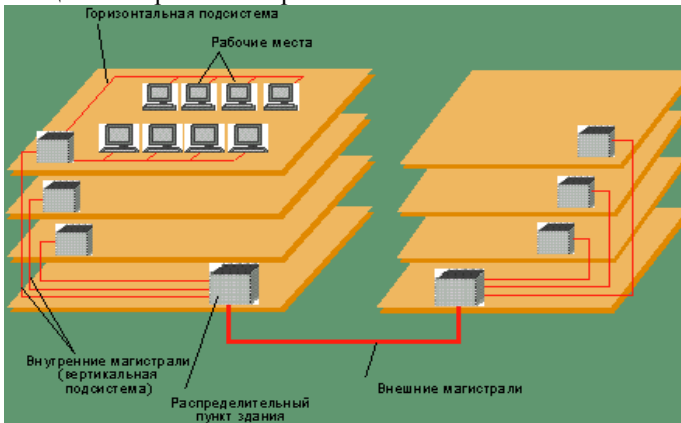


Рис.1. Иерархическая структура СКС основывается на топологии «звезда» и имеет подсистему внешних, внутренних магистралей и горизонтальную подсистему.

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.

## **2.1 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».

## **2.2 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.

## **2.3 Проектирование СКС**

Проектирование и инсталляция 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.

## **2.4 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 ТIA/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 монтажа СКС дается в результате тестирования. Инсталляцию завершает процесс документирования телекоммуникационной инфраструктуры, определяемый стандартами администрирования.



## **2.5 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.

## **2.6 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 AT&T, 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.

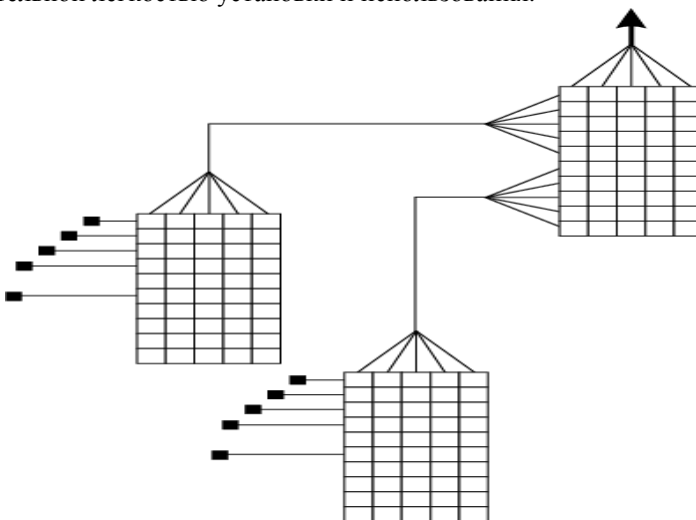


Рис.2. Общая топология структурированной сети.

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.

### **2.7 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

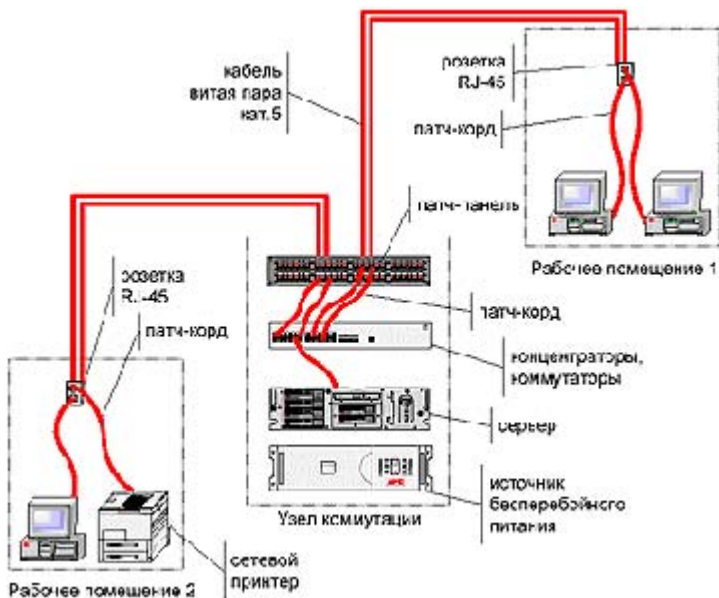


Рис.3. Пример горизонтальной разводки в СКС

Вертикальная разводка:

Между этажными узлами коммутации:

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

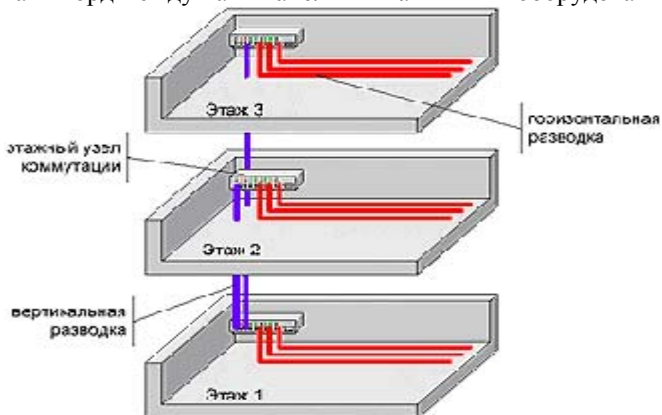


Рис.4. Пример вертикальной разводки в СКС

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 оптоволоконная кабель, 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 оконечных 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 оконечных устройств и соединенные с ними разъемы на патч-панелях. Число пассивных портов определяет максимально возможное количество подключений оконечных 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.

## **2.8 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

## 2.9 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)



Рис.5. 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

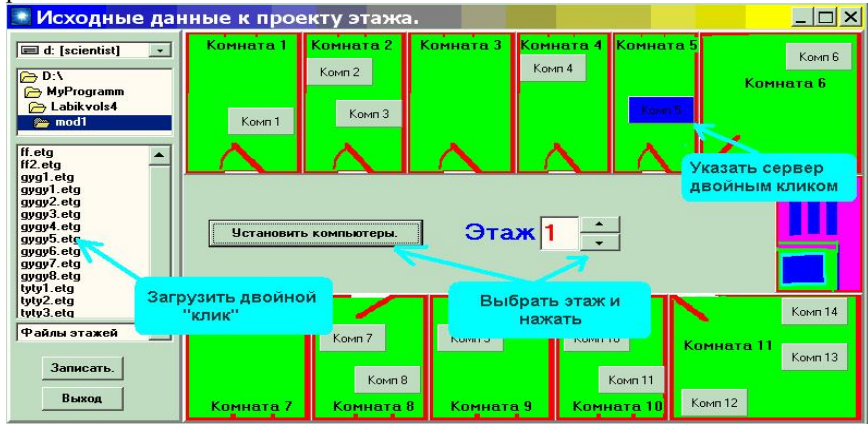


Рис.6. Пример размещения компьютеров и сервера на этаже.

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

## 2.10 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.

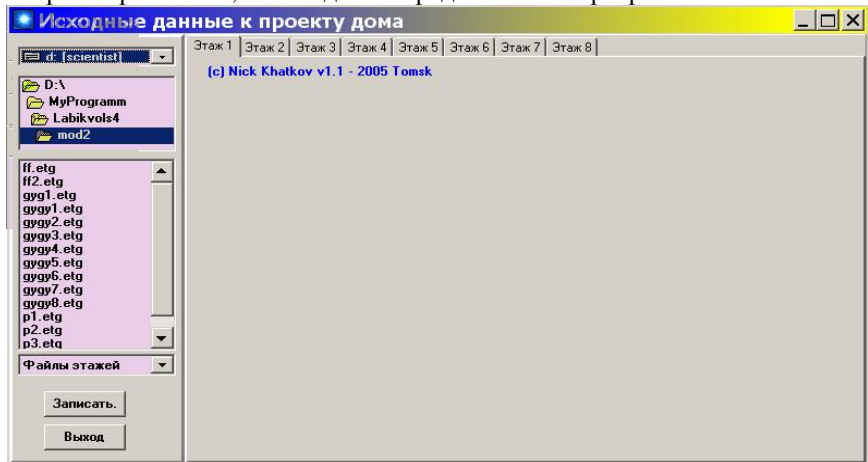


Рис.7. Модуль формирования плана промышленного здания.

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

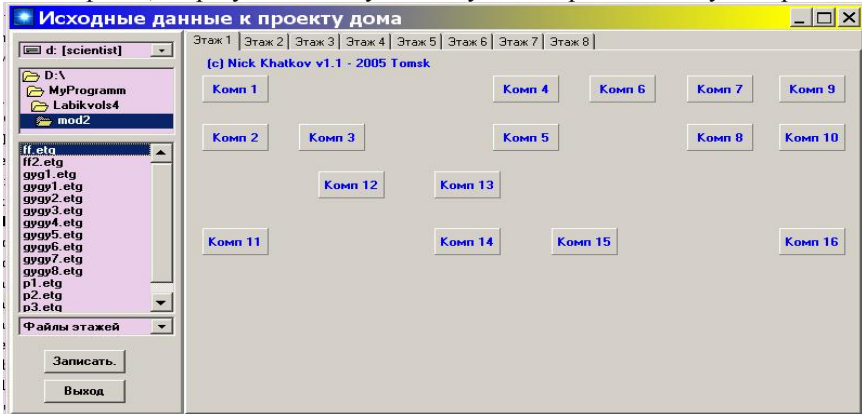


Рис.8. Пример размещения компьютеров в здании на этаже.

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.

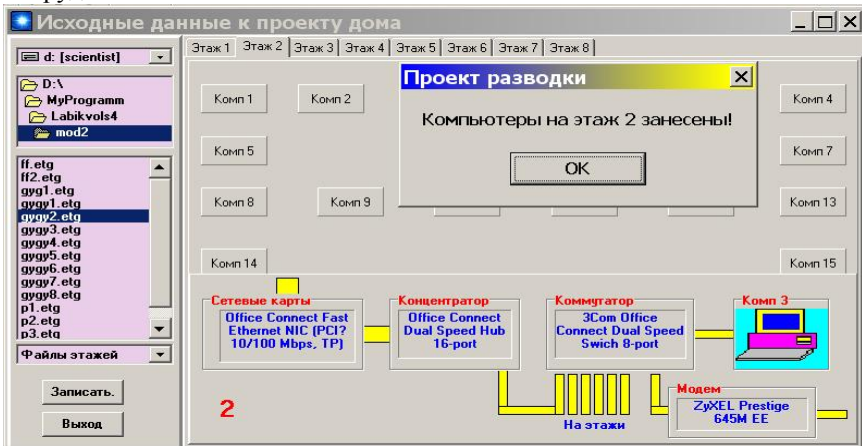


Рис. 9. Общий вид этажа в здании с имеющимся оборудованием к серверу.

## 2.11 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.



Рис.10. 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

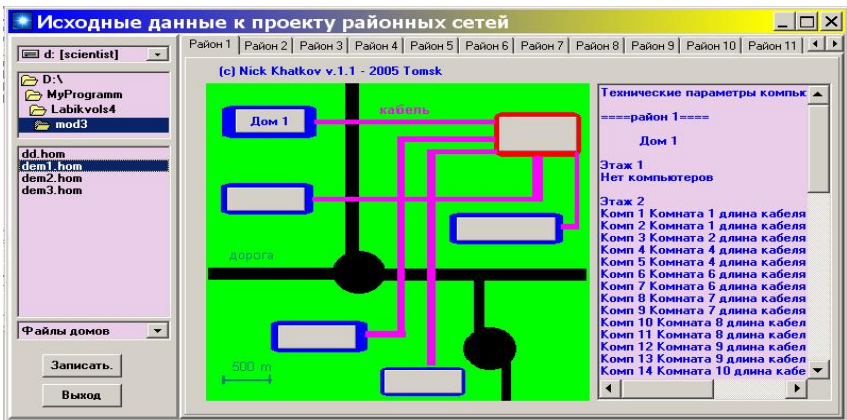


Рис.11. Пример размещения компьютеров в здании.

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

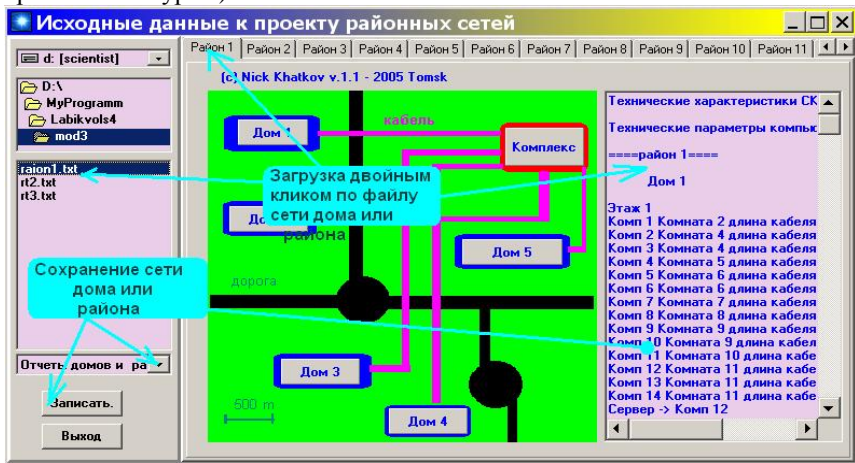


Рис. 12. Общий вид района с завезенным оборудованием.

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 T-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 5е ?
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 безусловно 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	<p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>тлф. в 1, 2 домах 16 района</p>
3	<p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>тлф. в 2, 4 домах 14 района</p>
4	<p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>тлф. в 2, 3 домах 7 района</p>
5	<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, 4 - этаж) - 5 район</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>1 дом (3, 8 - этаж) 2 дом (1, 5 - этаж) 3 дом (1, 3 - этаж) 4 дом (5, 8 - этаж) 5 дом (2, 8 - этаж) - 16 район</p> <p>тлф. в 1, 3 домах 14 района</p>

14	<p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>тлф. в 2, 3 домах 5 района</p>
15	<p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>тлф. в 1, 3 домах 10 района</p>
16	<p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>тлф. в 1, 3 домах 8 района</p>
17	<p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>тлф. в 1, 3 домах 7 района</p>
18	<p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>тлф. в 1, 3 домах 9 района</p>
19	<p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>тлф. в 1, 2 домах 10 района</p>

20	<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, 5 - этаж) - 4 район</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>тлф. в 1, 3 домах 11 района</p>
----	--

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

### Основная

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]

### Дополнительная

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.