

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

Северо-Кавказский филиал
ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Московский технический университет связи и информатики»»

Методические указания

по выполнению курсового проекта по дисциплине

Проектирование и эксплуатация сетей связи Б1.В.16

Направление подготовки **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии
и системы связи**

Профиль **Сети связи и системы коммутации**

Формы обучения **очная, заочная**

Ростов-на-Дону

2019 г.

Методические указания по выполнению курсового проекта

по дисциплине

Проектирование и эксплуатация сетей связи

Составитель: А.А. Нерсисянц

Рассмотрено и одобрено
на заседании кафедры
Протокол от «26» августа 2019 г. № 1

СОДЕРЖАНИЕ

1 Цель проекта.....	4
2 Общие сведения о порядке проектирования и эксплуатации сетей связи.....	4
3 Постановка задачи на проектирование.....	6
4. Исходные данные.....	6
5. Расчет абонентского мультимедийного трафика.....	8
6. Выбор конфигурации вторичной сети.....	11
7. Определение конфигурации первичной сети.....	11
8. Определение полосы пропускания (ПП) выделенных каналов.....	12
9. Определение суммарной занимаемой полосы в отдельных ветвях SDH-кольца.....	13
10. Расчет основных параметров сети.....	14
11 Выбор оборудования.....	21
12. Порядок оформления контрольной работы.....	22
Рекомендуемая литература.....	22

1 Цель проекта.

- а) Ознакомиться с основными этапами проектирования сетей связи.
- б) Изучить процесс проектирования сетей связи на примере проектирования корпоративной городской мультисервисной сети.

2 Общие сведения о порядке проектирования и эксплуатации сетей связи

2.1 Стадии разработки проектов и состав конструкторской документации.

Специфика проектирования сетей связи предусматривает 2 этапа разработки: изыскания и собственно разработка проекта.

Целью изыскательских работ является сбор исходных данных для разработки проекта и согласование основных проектных решений со всеми заинтересованными организациями. Определяются потребности в связи, возможности обеспечения строительства, топография, геология, гидрология, трассы, площадки и др.

В соответствии с ГОСТ 2.103-68 установлены следующие стадии разработки конструкторской документации (КД).

а) **ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ** – совокупность КД, которые должны содержать технические и техно-экономические обоснования целесообразности разработки документации изделия на основании анализа технического задания заказчика и различных вариантов возможных решений изделий, сравнительной оценки решений с учётом конструкторских и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующих изделий и патентные исследования. Присвоение документации литеры П.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ после согласования и утверждения является основанием для разработки **ЭСКИЗНОГО ПРОЕКТА** или (по согласованию с заказчиком) - **ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА**.

Требования ГОСТ к выполнению **ТЕХНИЧЕСКОГО ПРЕДЛОЖЕНИЯ** представлены в приложении 2.

б) **ЭСКИЗНЫЙ ПРОЕКТ** – совокупность КД, которые должны содержать принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры изделия. Присвоение документации литеры Э.

ЭСКИЗНЫЙ ПРОЕКТ после согласования и утверждения служит основанием для разработки **ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА** или (по согласованию с заказчиком) сразу рабочей КД.

в) **ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ** – совокупность КД, которые должны содержать окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, и исходные данные для разработки рабочей документации. При необходимости – изготовление и испытание макетов. Присвоение документации литеры Т.

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ после согласования и утверждения служит основанием для разработки рабочей КД.

2.2 Принципы технической эксплуатации и мониторинга сетей связи. а) Техническая эксплуатация (ТЭ) - основной вид производственной деятельности предприятий электросвязи, реализуемый через систему технической эксплуатации. ТЭ сети отдельного оператора представляет собой совокупность методов и алгоритмов технического обслуживания (ТО), которые обеспечивают организацию и поддержание в требуемых пределах установленных норм любого объекта технической эксплуатации (ОТЭ).

Техническая эксплуатация производится при:

- вводе в эксплуатацию (паспортизация);
- поддержании в состоянии исправности в процессе эксплуатации (техническое обслуживание);
- восстановлении работоспособности (ремонтно-настроечные и ремонтно-восстановительные работы).

Процесс технической эксплуатации включает в себя:

- измерение рабочих характеристик;
- обнаружение отказов;
- сигнализацию об отказах и рабочих характеристиках;
- резервирование;
- восстановление работоспособности;
- проверку (после восстановления).

б) Система управления сетью – это совокупность программных средств, ориентированных на управление коммуникационным оборудованием и контроль сетевого трафика.

В настоящее время наиболее популярным протоколом для реализации управления сетью является SNMP (*Simple Network Management Protocol* — простой протокол сетевого управления) — стандартный интернет-протокол для управления устройствами в IP-сетях. SNMP предоставляет данные для управления в виде переменных, описывающих конфигурацию управляемой системы. Эти переменные могут быть запрошены (а иногда и заданы) управляющими приложениями.

При использовании SNMP один или более административных компьютеров (где функционируют программные средства, называемые *менеджерами*) выполняют отслеживание или управление группой хостов или устройств в компьютерной сети. На каждой управляемой системе есть постоянно запущенная программа, называемая *агент*, которая через SNMP передаёт информацию *менеджеру*.

Агент — программное обеспечение, запускаемое на управляемом устройстве (маршрутизаторы, серверы доступа, коммутаторы, мосты, концентраторы, IP-телефоны, IP-видеокамеры, компьютеры-хосты, принтеры и т.п.).

3 Постановка задачи на проектирование корпоративной городской мультисервисной сети

Корпоративная сеть состоит из 4-х офисов (Главный офис и 3 филиала, Рис.1).

В каждом офисе имеются компьютеры, организованные в локальную вычислительную сеть и телефонные аппараты, подключенные к учрежденческой АТС (PBX).

Кроме того, в Главном офисе расположен серверный пул, состоящий из группы информационных серверов и обслуживающий все рабочие станции (ПЭВМ) корпорации.

Связь между офисами осуществляется по выделенным каналам, арендованным у оператора городской опорной оптоволоконной сети (SDH кольцо).

Выход в Internet для всех пользователей корпорации осуществляется только из маршрутизатора Главного офиса. Это делается в интересах защиты корпоративной информации от злоумышленников из вне.

Контрольное задание предусматривает определение полосы пропускания для всех арендованных каналов вторичной сети и расчёт временных характеристик корпоративной сети.

4 Исходные данные

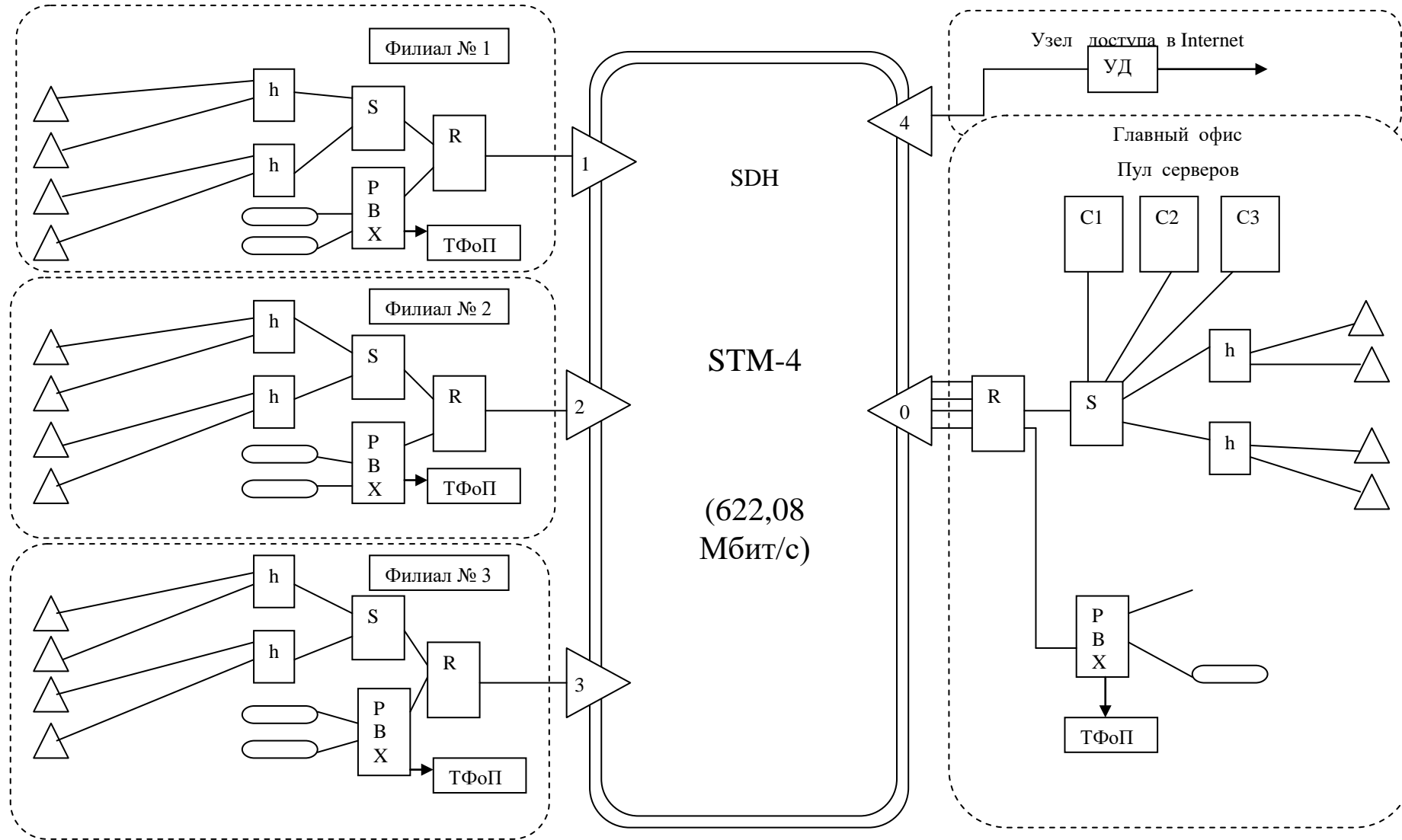
4.1 Каждый персональный компьютер (PC или ПЭВМ) в корпорации в пиковые периоды обмениваются с каждым сервером серверного пула, расположенного в Главном офисе и с сетью Internet информацией следующих объемов:

- ПЭВМ \rightarrow сервер: $a_1 = 1$ Кбайт/с;
- Сервер \rightarrow ПЭВМ: $a_2 = 10$ Кбайт/с;
- ПЭВМ \rightarrow Internet: $b_1 = 0.5$ Кбайт/с;
- Internet \rightarrow ПЭВМ: $b_2 = 8$ Кбайт/с.

Трафик данных между филиалами отсутствует.

4.2 Каждый телефонный аппарат (ТА) в режиме IP-телефонии (VoIP) является источником симметричного трафика оцифрованной пакетизированной речи в объеме $d_1 = 2$ Кбайт/с для внутрикорпоративного трафика и $d_2 = 1$ Кбайт/с для внешнего трафика. Речевой трафик между филиалами отсутствует.

4.3 Количество ПЭВМ (n_{pc}) в каждом из 4-х офисов определяется по табл. 1 в зависимости от последней цифры номера студенческого билета.



Обозначения на схеме сети: R-router-маршрутизатор, S-switch-коммутатор, h-hub-концентратор, PBX-Private Branch Exchange-учрежденческая АТС. \triangle – ПЭВМ, \bigcirc – ТЛФ-аппарат

Рис 1. Структурная схема корпоративной сети

Таблица 1. Число РС в офисах.

Последняя цифра номера	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Число РС в офисах	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Длина серверного сообщения, Кбайт	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70

4.4 Количество ТА ($n_{ТА}$) в каждом из 4-х офисов определяется по табл. 2 в зависимости от предпоследней цифры номера студенческого билета.

Таблица 2. Число ТА в офисах.

Предпоследняя цифра номера	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Число ТА в офисах	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200

4.5 Число серверов (n_S) в Главном офисе определяется по табл. 3 в зависимости от последней цифры текущего года.

Таблица 3. Число серверов в Главном офисе.

Последняя цифра текущего года	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Число серверов в Главном офисе	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7

5 Расчет абонентского мультимедийного трафика

Целью данного раздела является расчёт элементов матриц тяготений для потоков данных и речи в корпорации и составление суммарной матрицы потоков.

5.1 Расчет потоков данных между офисами и сетью Internet

Поток данных в направлении филиал \rightarrow Главный офис определяется как сумма потоков от каждой ПЭВМ (их число равно n_{PC}) к серверам (их число равно n_S), т.е.

$$S_{\phi-Гл}^D = n_{PC} \cdot n_S \cdot a_1$$

Здесь $S^D_{\phi-\Gamma\text{л}}$ - поток данных от каждого филиала к Гл. офису. В основном это запросы на получение информации от информационных серверов.

Поток данных в направлении филиал \rightarrow Internet составляет:

$$S^D_{\phi-I} = n_{PC} \cdot b_1$$

Здесь $S^D_{\phi-I}$ –поток данных от каждого филиала в сеть Internet. Так как по условию задания число ПЭВМ в каждом офисе (в том числе и в главном) одинаково и равно n_{PC} и одинаковы интенсивности потоков от каждой ПЭВМ (b_1), то поток $S^D_{\Gamma\text{л}-I} = S^D_{\phi-I}$.

Обратные потоки определяются как:

$$S^D_{\Gamma\text{л}-\phi} = n_{PC} \cdot n_S \cdot a_2 \quad \text{и} \quad S^D_{I-\phi} = n_{PC} \cdot b_2$$

Здесь в силу тех же причин $S^D_{I-\Gamma\text{л}} = S^D_{I-\phi}$.

Результаты расчетов абонентского трафика данных сводятся в табл. 4.

Таблица 4. Трафик данных между офисами и сетью Internet.

Отправ. \ Получ.	Гл. офис	Филиал 1	Филиал 2	Филиал 3	Internet
Главный офис	—	$S^D_{\Gamma\text{л}-\phi}$	$S^D_{\Gamma\text{л}-\phi}$	$S^D_{\Gamma\text{л}-\phi}$	$S^D_{\Gamma\text{л}-I}$
Филиал 1	$S^D_{\phi-\Gamma\text{л}}$	—	0	0	$S^D_{\phi-I}$
Филиал 2	$S^D_{\phi-\Gamma\text{л}}$	0	—	0	$S^D_{\phi-I}$
Филиал 3	$S^D_{\phi-\Gamma\text{л}}$	0	0	—	$S^D_{\phi-I}$
Internet	$S^D_{I-\Gamma\text{л}}$	$S^D_{I-\phi}$	$S^D_{I-\phi}$	$S^D_{I-\phi}$	—

В телекоммуникации такие результаты принято представлять в виде матрицы тяготений. Например:

$$S^D = \left\| S^D_{ij} \right\| = \begin{vmatrix} S^D_{00} & S^D_{01} & S^D_{02} & S^D_{03} & S^D_{04} \\ S^D_{10} & S^D_{11} & S^D_{12} & S^D_{13} & S^D_{14} \\ S^D_{20} & S^D_{21} & S^D_{22} & S^D_{23} & S^D_{24} \\ S^D_{30} & S^D_{31} & S^D_{32} & S^D_{33} & S^D_{34} \\ S^D_{40} & S^D_{41} & S^D_{42} & S^D_{43} & S^D_{44} \end{vmatrix}$$

Соответствие индексов: 0 – Главный офис, 1,2 и 3 – филиалы, 4 – Internet.

Например, поток S^D_{20} в предыдущих обозначениях соответствует потоку $S^D_{\text{ф-Гл}}$, но теперь номер филиала конкретизирован. В данном случае это поток из филиала 2 в Гл. офис.

5.2 Расчёт телефонного трафика

В основном этот расчёт аналогичен расчёту трафика данных. Речевой поток между офисами корпорации определяется как:

$$S^T_{\text{ф-Гл}} = S^T_{\text{Гл-ф}} = 2n_{\text{ТА}}d_1$$

Коэффициент 2 учитывает принятую в задании симметричность телефонного трафика и тот факт, что число ТА в филиалах и Главном офисе одинаково и равно $n_{\text{ТА}}$.

Между каждым офисом и абонентами Internet потоки равны:

$$S^T_{\text{ф-I}} = S^T_{\text{I-ф}} = S^T_{\text{Гл-I}} = S^T_{\text{I-Гл}} = 2n_{\text{ТА}}d_2$$

Аналогично пункту 3.3. составляются табл. 5 для телефонного трафика и матрица тяготений.

Таблица 5. Речевой трафик между офисами и сетью Internet.

Отправ. \ Получ.	Гл. офис	Филиал 1	Филиал 2	Филиал 3	Internet
Главный офис	—	$S^T_{\text{Гл-ф}}$	$S^T_{\text{Гл-ф}}$	$S^T_{\text{Гл-ф}}$	$S^T_{\text{Гл-I}}$
Филиал 1	$S^T_{\text{ф-Гл}}$	—	0	0	$S^T_{\text{ф-I}}$
Филиал 2	$S^T_{\text{ф-Гл}}$	0	—	0	$S^T_{\text{ф-I}}$
Филиал 3	$S^T_{\text{ф-Гл}}$	0	0	—	$S^T_{\text{ф-I}}$
Internet	$S^T_{\text{I-Гл}}$	$S^T_{\text{I-ф}}$	$S^T_{\text{I-ф}}$	$S^T_{\text{I-ф}}$	—

Структура и индексация матрицы S^T такие же как и у матрицы S^D .

$$S^T = \|S^T_{ij}\|$$

Например, поток: $S^T_{20} = 2n_{\text{ТА}} \cdot d_1$.

5.3 Расчет суммарного мультимедийного трафика

Математическое ожидание суммарного трафика определяется как сумма математических ожиданий трафиков данных и речи:

$$\mathbf{S} = \mathbf{S}^D + \mathbf{S}^T = \|\mathbf{S}_{ij} = \mathbf{S}_{ij}^D + \mathbf{S}_{ij}^T\|$$

Сложение матриц производится обычным образом (сложение одноименных элементов матриц).

6. Выбор конфигурации вторичной сети

В телекоммуникационных сетях целесообразно конфигурацию каналов вторичной сети приводить в соответствие с направлениями информационных потоков. Для данной корпоративной сети такая конфигурация представляется звездой с центром в главном офисе (Рис.2).

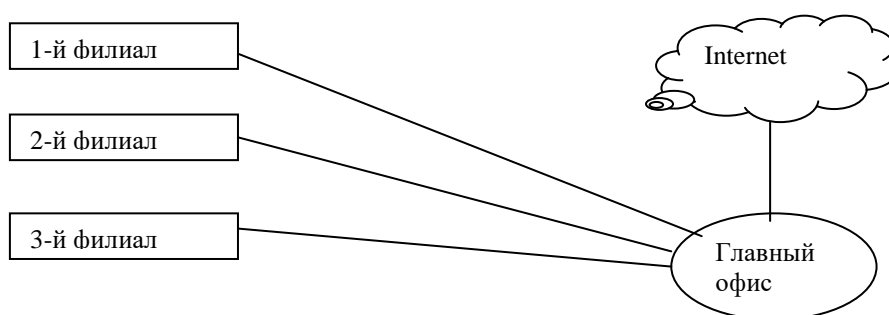


Рис 2. Схема соединений вторичной сети.

Требования по надежности могут внести коррективы в эту простую конфигурацию путем добавления альтернативных связей, однако в данной работе будем считать, что в корпоративной сети требования по надежности не слишком жесткие и допускается конфигурация звезда.

7. Определение конфигурации первичной сети

Богатая корпорация может позволить себе проведение собственных линий связи между своими офисами, но лучше воспользоваться арендой выделенных каналов.

Типичная ситуация, когда в городе существует кольцо опорной оптоволоконной сети и оператор этой сети предоставляет провайдерам вторичной сети или администраторам корпоративных сетей выделенные каналы требуемой полосы пропускания (для цифровых каналов это означает требуемую канальную скорость).

Для схемы Рис.2, учитывая двунаправленность 4-х ее ветвей, потребуется 8 выделенных каналов: V_{01} , V_{10} , V_{02} , V_{20} , V_{03} , V_{30} , V_{04} и V_{40} .

Индексация соответствует нумерации строк и столбцов в матрицах потоков \mathbf{S} . Например, ветвь V_{30} - означает канал между филиалом 3 и Гл. офисом, а ветвь V_{04} – между Гл. офисом и сетью Internet.

8. Определение полосы пропускания (ПП) выделенных каналов

ПП определяется по интенсивности информационных потоков, представленных в матрице S в пункте 5.3. следующим образом:

$C_{01} = 8(S_{01} + S_{41})$ - так для ветви V_{01} учитывается, что в соответствии с конфигурацией вторичной сети (рис. 2), через эту ветвь пройдут два потока: от Гл. офиса к филиалу 1 и из Internet к филиалу 1. Аналогично вычисляются остальные 5 канальных скоростей: $C_{10} = 8(S_{10} + S_{14})$, $C_{02} = 8(S_{02} + S_{42})$, $C_{20} = 8(S_{20} + S_{24})$, $C_{03} = 8(S_{03} + S_{43})$ и $C_{30} = 8(S_{30} + S_{34})$.

Определение канальных скоростей для ветвей V_{04} и V_{40} должно учитывать тот факт, что через эти ветви проходит совокупный трафик всей корпорации (см. рис. 2). Тогда:

$$C_{04} = 8(S_{04} + S_{14} + S_{24} + S_{34}) \quad \text{и} \quad C_{40} = 8(S_{40} + S_{41} + S_{42} + S_{43})$$

Справедливость этих выражений легко проследить сопоставляя матрицу потоков S с соответствующей трассировкой этих потоков по ветвям схемы Рис.2. Коэффициент 8 введен в связи с тем, что информационные потоки (матрица S) указываются в байтах, а канальные скорости (C_{ij}) в битах.

Непосредственно использовать значения C_{ij} для аренды ПП в первичной сети не всегда возможно по следующей причине. Первичная сеть, представляемая оптоволоконным кольцом, связывается с внешними ТК-системами, которые она обслуживает, с помощью мультиплексоров ввода/вывода (MBB - ADM – Add/Drop Multiplexer). Схема MBB (рис. 3) имеет каналы доступа (трибы) и каналы оптического кольца (агрегатные каналы).

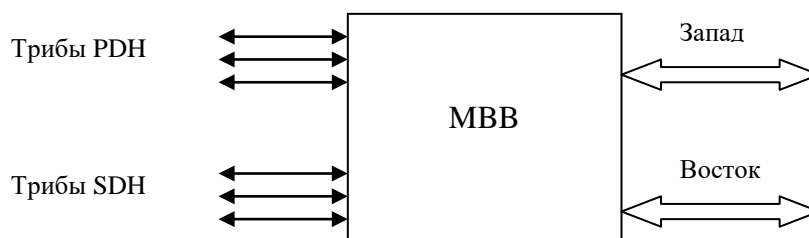


Рис 3. Схема портов оптоволоконного мультиплексора.

Существующие MBB реализуются с трибными входами, рассчитанными обычно на стандартизованную сетку канальных скоростей в иерархиях PDH и SDH. Это следующие номиналы:

- для PDH: $E1=2048$ Кбит/с; $E2=8448$ Кбит/с; $E3=34368$ Кбит/с; $E4=139264$ Кбит/с

- для SDH: STM1=155,52 Мбит/с; STM4=622,08 Мбит/с и т.д. в строгом учетверении скоростей.

Поэтому, если, например, для ветви V_{01} требуется выделить полосу $C_{01}=20$ Мбит/с, то абонента придется подключать к трибному входу ЕЗ и арендовать для него выделенный канал в 34 Мбит/с.

В связи с этим все значения C_{ij} , полученные выше, необходимо увеличить до ближайших сверху стандартизированных (нормированных) значений.

В результате такого “округления” получим новый ряд из 8-и чисел Q_{ij} .

Значения C_{ij} и Q_{ij} свести в Таблицу 7.

Таблица 7. Значения реальных и нормированных потоков в ветвях первичной сети

ij	01	10	02	20	03	30	04	40
C_{ij}								
Q_{ij}								

9. Определение суммарной занимаемой полосы в отдельных ветвях SDH-кольца

Перенумеровав все MBV в SDH-кольце (рис. 1), мы получим 5 отрезков кольца: r_{04} , r_{41} , r_{12} , r_{23} , r_{30} .

Существуют различные варианты организации потоков по кольцу: только по часовой стрелке, только против часовой стрелки, в обе стороны, с различными вариантами резервирования и без него.

Примем для данной работы самую простую схему – только против часовой стрелки без резервирования.

Тогда, например, поток Q_{02} пройдет по отрезкам кольца r_{04} , r_{41} и r_{12} .

Проведя аналогичную работу для всех 8-и значений Q_{ij} , составим Таблицу 8.

Таблица 8. Арендуемые полосы по участкам оптоволоконного кольца.

$Q_{ij} \setminus r_{ij}$	r_{04}	r_{41}	r_{12}	r_{23}	r_{30}
Q_{01}	Q_{01}	Q_{01}	—	—	—
Q_{10}	—	—	Q_{10}	Q_{10}	Q_{10}
Q_{02}					
Q_{20}					
Q_{03}					
Q_{30}					
Q_{04}					
Q_{40}					
Суммарная					

скорость в отрезке коль- ца					
-----------------------------------	--	--	--	--	--

В данной таблице, для примера, заполнены только первые две строки.

10. Расчет основных параметров сети

10.1. Информационные потоки через основные узлы сети

В данном пункте определяются информационные потоки (в байт/с) через коммутаторы и маршрутизаторы Гл. офиса и филиалов.

10.1.1. Коммутаторы в ЛВС филиалов (S)

В данной корпоративной сети все коммутаторы в ЛВС филиалов находятся в одинаковых условиях, так как обслуживают одно и то же количество ПЭВМ с одинаковыми потоками.

Поток данных через внешний порт коммутатора (к маршрутизатору R) складывается из исходящего трафика данных $S_{\text{ф-Гл}}^D + S_{\text{ф-И}}^D$ и входящего – $S_{\text{Гл-ф}}^D + S_{\text{И-ф}}^D$, определенных в п. 3.1 (см. табл. 4 и матрицу тяготений S^D):

$$S_{\text{ком.ф.внеш.}}^D = S_{\text{ф-Гл}}^D + S_{\text{ф-И}}^D + S_{\text{Гл-ф}}^D + S_{\text{И-ф}}^D = S_{10}^D + S_{14}^D + S_{01}^D + S_{41}^D$$

Количество внутренних портов коммутатора и потоки через них зависят от схемы ЛВС. Обычно концентраторы ($\text{hub}_{\text{вн}}$) устанавливаются в подразделениях, связанных единой территорией (комната или группа комнат). Желательно также, чтобы ПЭВМ, подключенные к одному концентратору, характеризовались существенным взаимным информационным тяготением. Отметим, что реальные схемы ЛВС могут иметь гораздо более сложные структуры, чем изображенные на схеме рис. 1.

Определить ориентировочно поток данных через внутренний порт коммутатора (порт подключения концентратора) можно, разделив внешний поток $S_{\text{ком.ф.внеш.}}^D$ на число внутренних портов и увеличив полученную величину, например, в 2 раза (таким образом можно учесть потоки, замыкающиеся между внутренними портами коммутатора). Тогда:

$$S_{\text{ком.ф.внут.}}^D = 2S_{\text{ком.ф.внеш.}}^D / n_{\text{внутр. портов}}$$

10.1.2. Коммутатор в ЛВС главного офиса

а) Внешний выход.

$$S_{КОМ.Гл.ВНЕШ}^D = S_1 + S_2$$

где S_1 – входящий и исходящий потоки данных между ПЭВМ главного офиса и Internet (см. п. 3.1.):

$$S_1 = S_{Гл-I}^D + S_{I-Гл}^D = S_{04}^D + S_{40}^D$$

S_2 – входящий и исходящий потоки данных между ПЭВМ филиалов и серверами главного офиса:

$$S_2 = 3S_{10} + 3S_{01}$$

Коэффициенты «3» в каждом слагаемом соответствуют числу филиалов в корпорации.

б) Серверные выходы.

Для каждого сервера входящий и исходящий потоки данных определяются как:

$$S_{КОМ.Гл.СЕРВ.} = 4 \cdot n_{PC} \cdot a_1 + 4 \cdot n_{PC} \cdot a_2 = 4 \cdot n_{PC} \cdot (a_1 + a_2)$$

Коэффициент «4» соответствует общему числу офисов корпорации, в которых (в данном случае) одинаковое число ПЭВМ в каждом офисе, равное n_{PC} (см. п. 2.3.).

10.1.3. Маршрутизаторы в филиалах (R)

У маршрутизаторов филиалов задействованы 3 порта:

а) от коммутатора ЛВС – поток данных через этот порт равен потоку через выходной порт коммутатора (см. п. 8.1.1.), т.е.

$$S_{\text{марш.ф.лвс}}^D = S_{\text{ком.ф.внеш.}}$$

б) от УАТС – суммарный объем трафика VoIP от сотрудников филиала 1 к Гл. офису и Internet подсчитывается по матрице S^T (см. п. 3.2):

$$S_{\text{марш.ф.УАТС}}^T = S_{10}^T + S_{14}^T$$

в) внешний – к мультиплексору SDH-кольца. Поток через этот порт равен сумме потоков через два предыдущих порта. Такое упрощение предполагает отсутствие потоков VoIP внутри офиса, то есть между ТА, подключенных к УАТС, и ТА, подключенных к ЛВС. Т.е.:

$$S_{\text{марш.ф.внеш.}} = S_{\text{марш.ф..ЛВС}} + S_{\text{марш. ф УАТС}}$$

10.1.4. Маршрутизаторы в Главном офисе

Задействованы 6 портов (см. рис.4):

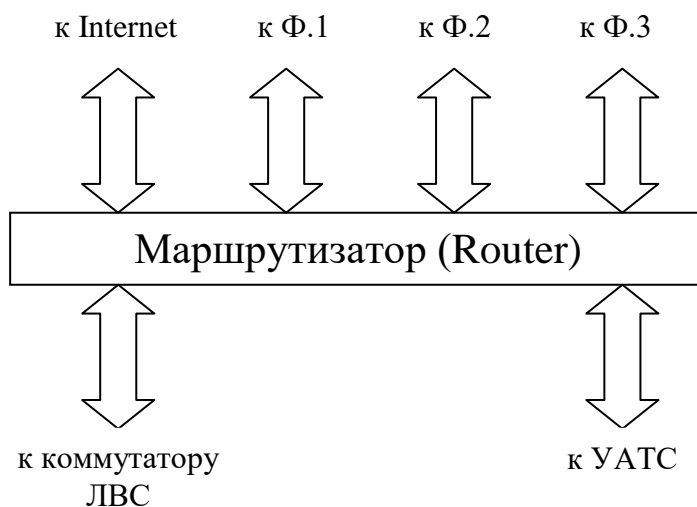


Рис 4. Распределение портов маршрутизатора в главном офисе.

а) Поток данных через внутренний порт к ЛВС равен потоку через внешний порт коммутатора (см. п. 10.1.2а):

$$S_{\text{марш.Гл.ЛВС}} = S_{\text{ком.Гл.внеш.}}^D$$

б) Поток IP-пакетов через внутренний порт к УАТС рассчитывается также, как и для филиалов (см. п. 10.1.3б.). Т.е.:

$$S_{\text{марш.Гл.УАТС}} = 3S_{01}^T + S_{04}^T$$

Значения $S_{01}^T + S_{04}^T$ взять из матрицы тяготений S^T (п. 5.2). Коэффициент 3 соответствует 3-м филиалам.

в) Поток данных через внешний порт с любым из филиалов равен потоку внешнего порта маршрутизатора филиала (см. 10.1.3в), т.е.

$$S_{\text{марш.Гл-ф}} = S_{\text{марш.ф..внеш}}$$

г) Поток данных через внешний порт с Internet определяется по матрице суммарных потоков S (п.5.3 матрица тяготений S), как сумма входящего и исходящего трафиков:

$$S_{\text{МАРШ.Гл-I}} = 4(S_{04} + S_{40})$$

Все результаты расчётов в п. 10.1 заносятся в табл. 9. При этом значения информационных потоков, полученные в байт/с, необходимо перевести в значения канальных скоростей, измеряемые в бит/с. Т. е. для всех данных необходимо произвести пересчет $C_{ij} = 8S_{ij}$.

10.2. Определение требований к пропускным способностям основных узлов сети и выбор канальных технологий

В качестве примера проиллюстрировано заполнение табл. 9 для коммутатора главного офиса.

а) Пусть в п. 8.1.2а определено $S_{\text{ком.Гл.внеш.}}^D = 2$ Мбайт/с. Скорость внешнего выхода получим равной

$$C_{\text{ком.Гл.внеш.}} = 8 S_{\text{ком.Гл.внеш.}}^D = 8 * 2 = 16 \text{ Мбит/с}$$

Тогда выбранная технология в данной ветви будет Fast Ethernet со скоростью 100 Мбит/с.

б) Выбираем произвольно количество внутренних портов равное 5. Тогда поток данных в каждом из них составит 0.8 Мбайта/с или 6.4 Мбит/с (см. п. 10.1.1). Тогда можно выбрать технологию Ethernet со скоростью 10 Мбит/с.

в) Пусть в п. 8.1.2 б определено $S_{\text{ком.Гл.серв}}^D = 2$ Мбайт/с. Скорость внутреннего серверного порта получим равной $C_{\text{ком.Гл.серв}} = 8 * 2 = 16$ Мбит/с. Тогда для связи коммутатора с сервером выбирается технология Fast Ethernet со скоростью 100 Мбит/с.

Таблица 9. Пропускные способности портов в основных узлах корпоративной сети.

Устройство	Порт	Рассчитанные потоки, Мбит/с	Технология (Мбит/с)	Суммарный поток, Мбит/с
Коммутатор филиала	Внешний			
	внутренние (3 порта)			
Коммутатор главного офиса	Внешний	16	Fast Ethernet (100)	16 + 5*6.4 + 3*16 = 96
	внутренние к РС (5 портов)	6.4	Ethernet (10)	
	внутренние к серверам (n_s серверов)	16	Fast Ethernet (100)	
Маршрутизатор филиала	внешний			
	внутренний к коммутатору			
	внутренний к УАТС			
Маршрутизатор главного	внешний к Internet			

офиса	внешние к филиалам			
	внутренний к коммутатору			
	внутренний к УАТС			

г) Суммарный поток через коммутатор (поток по внутренней шине) определяется как сумма потоков по п.п. а), б), в) с учетом количества портов, т.е. 5 портов к концентраторам и $n_s = 3$ порта к серверам.

Таким образом, для коммутатора главного офиса (в данном примере) должен выбираться коммутатор, имеющий не менее 4-х портов Fast Ethernet и 5 портов Ethernet. Суммарная пропускная способность коммутатора должна быть (с учетом развития) не менее 200 Мбит/с.

10.3. Расчет временных задержек передачи информации в корпоративной сети.

10.3.1. В данном контрольном задании необходимо рассчитать две характеристики:

- время реакции распределенной системы клиент-сервер, под которым понимается время от момента выдачи запроса из ПЭВМ филиала (клиент) до получения им ответа от сервера главного офиса;
- время передачи речевого пакета (VoIP) от УАТС филиала до узла доступа в Internet.

Обе характеристики определяются с учетом следующих задержек информационных пакетов в данной корпоративной сети:

а) Время обработки пакетов в узлах сети (концентратор, коммутатор, маршрутизатор, мультиплексор). Для упрощения расчета принять, что в каждом из перечисленных узлов пакет задерживается на время $t_y = 25$ мкс. При более детальном анализе должны учитываться скорости ввода кадра в узел (например, в коммутатор) и принцип продвижения кадра в коммутаторе (варианты: после приёма адреса получателя, после приёма заголовка кадра или после приёма кадра целиком). Например, кадр длиной в 64 байта в канале 10 Base T (10 Мбит/с) будет вводиться в коммутатор 51.2 мкс, а тот же кадр 100 Base T (100 Мбит/с) – только 5.12 мкс.

б) Время ввода пакета в канал передачи. Это время зависит от длины пакета и канальной скорости и определяется как

$$t_{вв} = \frac{8 \cdot L}{C},$$

где L – длина пакета в байтах;

C – канальная скорость (бит/с);

коэффициент 8 – число бит в байте.

Например, ввод в канал Fast Ethernet пакета длиной в 100 байт займет

$$t_{\text{вв}} = \frac{8 \cdot 100}{100 \cdot 10^6 \text{ бит/с}} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ с} = 8 \text{ мкс}.$$

в) Время распространения сигнала по физической среде. Это время зависит от свойств среды и длины кабеля. Для упрощения примем, что скорость распространения равна $V_p = 200000 \text{ км/с}$ (сравните со скоростью света в вакууме, равной 300000 км/с). Тогда время распространения сигнала по ка-

налу длиной в $D=2 \text{ км}$ будет равно $t_p = \frac{2 \text{ км}}{200000 \text{ км/с}} = 10^{-5} \text{ с} = 10 \text{ мкс}.$

Для расчёта этого времени студенты должны самостоятельно и независимо друг от друга выбрать длины для всех 5-и участков городского оптоволоконного кольца (рис. 1), ориентируясь на общую длину кольца в пределах от 20-и до 40 км.

г) Время ожидания пакетов в очереди. В данной корпоративной сети примем, что очереди пакетов могут возникнуть только в маршрутизаторах, перед их выдачей в линию связи к мультиплексору.

10.3.2. Пример расчета времени доведения пакета-запроса (длина 100 байт) от ПЭВМ филиала до сервера Гл. офиса.

С учётом приведённых в п. 8.3.1 условий, общее время доведения пакета-запроса можно определить как сумму времён отдельных составляющих:

$$T_{\text{довед.запроса}} = \sum_{i=1}^m t_i,$$

здесь:

t_1 – время формирования запроса в ПЭВМ филиала. Примем $t_1 \approx 0,1 \text{ мс}.$

t_2 – время ввода пакета ($L=100 \text{ байт}$) в канал к концентратору. Скорость в канале примем равной 10 Мбит/с . Тогда:

$$t_2 = t_{\text{вв}} = \frac{8 \cdot 100}{10 \cdot 10^6 \text{ бит/с}} = 80 \text{ мкс}$$

t_3 – время задержки пакета в концентраторе. $t_3 = 25 \text{ мкс}.$

t_4 – время ввода пакета в канал к коммутатору. Если скорость в канале принять равной 10 Мбит/с , то $t_4 = t_2 = 80 \text{ мкс}.$

t_5 – время задержки пакета в коммутаторе. $t_5 = 25 \text{ мкс}.$

t_6 – время ввода пакета в канал к маршрутизатору. Примем скорость в этом канале равной 100 Мбит/с . Тогда $t_6 = 8 \text{ мкс}.$

t_7 – время задержки пакета в маршрутизаторе (без ожидания). $t_7 = 25 \text{ мкс}.$

t_8 – время ожидания (вместе с передачей), можно рассчитать по следующей упрощенной формуле

$$t_8 = t_{\text{ож+вв}} = \alpha \cdot t_n.$$

Здесь:

t_n – время передачи по незагруженной сети. В нашем случае это время ввода в канал к мультиплексору, т.е. $t_n = t_{вв}$;

$\alpha = \frac{1}{1-r}$, где r – отношение средней скорости потока в канале к номинальной канальной скорости. Например, если поток 135 Мбит/с передается по каналу STM-1 (155 Мбит/с), то $r=135/155 = 0,87$, а $\alpha=7,75$.

$$\text{Тогда } t_n = t_{вв} = \frac{8 \cdot 100}{155 \cdot 10^6} = 5,16 \text{ мкс},$$

$$\text{а } t_8 = t_{ож+вв} = 7,75 \cdot 5,16 \text{ мкс} = 40 \text{ мкс}.$$

t_9 – время распространения сигнала по городской сети. Например, на расстояние $D=5$ км от маршрутизатора филиала по оптоволоконному кольцу до маршрутизатора Гл. офиса это время составляет:

$$t_9 = t_p = \frac{l}{V_p} = \frac{5 \text{ км}}{200000 \text{ км/с}} = 25 \text{ мкс}.$$

t_{10} – время задержки пакета в маршрутизаторе Гл. офиса. $t_{10} = 25$ мкс.

t_{11} – время ввода пакета в канал к коммутатору. Скорость в канале примем равной 100 Мбит/с. Тогда $t_{11} = 8$ мкс.

t_{12} – время задержки пакета в коммутаторе. $t_{12} = 25$ мкс.

t_{13} – время ввода пакета в канал к серверу. Скорость в канале примем равной 100 Мбит/с. Тогда $t_{13} = 8$ мкс.

t_{14} – время приема пакета сервером. $t_{14} = 25$ мкс.

В проведенных расчетах временем распространения сигналов по линиям внутри офисов пренебрегаем из-за его незначительности. Например, при $D=50$ м

$$t_p = \frac{D}{V_p} = \frac{0,05 \text{ км}}{200000 \text{ км/с}} = 0,25 \text{ мкс}.$$

Итого, общее время доведения запроса:

$$T_{\text{дoved.запроса}} = \sum_{i=1}^{14} t_i = 100 + 80 + 25 + 80 + 25 + 8 + 25 + 40 + 25 + 25 + 8 + 25 + 8 + 25 = 499 \text{ мкс} \approx 0,5$$

10.3.3. Расчет времени реакции системы клиент-сервер от ПЭВМ филиала 2 до сервера Гл. офиса (запрос 120 байт) и получение ответа.

Длину ответного сообщения взять из табл.1 для своего варианта. Трасса взаимодействия:

$PC_2 - h_2 - S_2 - R_2 - ADM_2 - ADM_0 - R_0 - S_0 - Serv - S_0 - R_0 - ADM_0 - ADM_2 - R_2 - S_2 - h_2 - PC_2$.

Расчёт времени передачи в обе стороны проводится по аналогии с примером расчёта по п. 10.3.2, но с учётом других длин запросного и ответного сообщений. При определении длины участка оптоволоконного кольца $D_{2-Гл}$ между филиалом 2 и Гл. офисом учесть, что в данной работе кадры по кольцу передаются только по часовой стрелке.

Предположить, что для подготовки ответа на запрос ПЭВМ сервер затрачивает (с учетом возможного ожидания) $t_{\text{serv}}=0,3$ с.

10.3.4. Расчет времени передачи пакета VoIP от УАТС филиала 3 до узла доступа в Интернет.

Расчет провести для общепринятого варианта, когда оцифровка речи производится через каждые 125 мкс (частота дискретизации 8 кГц). Примем условный формат пакета длиной 76 байт, из которых 52 байта содержат оцифрованную речь. На самом деле форматы значительно сложнее и, например, в каналах Ethernet и SDH существенно различны.

Формирование пакета производится в УАТС и здесь возникает специфичная для пакетной передачи речи задержка. Это, так называемая, задержка пакетирования. Дело в том, что 1-й байт оцифрованной речи должен ожидать пока сформируются остальные $(n-1)$ байт. В нашем случае это еще 51 оцифровка с интервалом в 125 мкс. Таким образом, возникает задержка пакетизации в УАТС, равная $t_n = 52 \cdot 125 \text{ мкс} = 6,5 \text{ мс}$.

Остальные составляющие определить также как в рассмотренном выше примере (п. 10.3.2), но с учетом того, что в маршрутизаторе Гл. офиса происходит переадресация пакета. Трасса речевого пакета пройдет по следующим узлам (см. рис. 1):

PBX₃ – R₃ – ADM₃ – ADM₀ – R₀ – ADM₀ – ADM₄ – Узел доступа.

Обратите внимание на то, что кадры по кольцу будут вначале передаваться по ветвям V₃₂ – V₂₁ – V₁₄ – V₄₀ до Гл.офиса, а затем по ветвям V₀₃ – V₃₂ – V₂₁ – V₁₄ до узла доступа к Internet.

11 Выбор оборудования

Выбор оборудования (маршрутизаторы и коммутаторы) для Главного офиса и филиалов корпоративной сети производится на основе анализа следующих характеристик, полученных в разделе 10 и представленных в таблице 9:

- общее число портов в устройстве;
- требуемые пропускные способности портов;
- требуемая суммарная пропускная способность устройства.

При выборе пропускной способности портов необходимо руководствоваться следующим правилом: загрузка линии свыше 70% от её номинальной пропускной способности считается опасной для стабильной работы сети и в этом случае желательно выбрать более производительный порт. Например, если по расчёту оказалось, что информационный поток через порт составляет 8 Мбит/с, то очень опасно выбирать порт Ethernet в 10 Мбит/с. В этом случае следует брать Fast Ethernet в 100 Мбит/с. Это хорошо и с точки зрения запаса на перспективный рост трафика.

Современные коммутаторы и маршрутизаторы делаются, как правило, с дуплексными портами. Поэтому, если, например, по расчёту оказалось, что некоторый порт коммутатора должен обеспечивать 60 Мбит/с на приём и 50 Мбит/с на передачу, то нужно ориентироваться не на сумму этих скоростей, а на большую из них, т.е. на 60 Мбит/с и выбрать порт Fast Ethernet. Выбирать порт по сумме передачи и приёма (т.е. для 110 Мбит/с) нужно только в случае полудуплексной линии, т.е. линии работающей попеременно - то на приём, то на передачу.

Необходимое оборудование широко представлено в Internet. Для упрощения процедуры можно ориентироваться только на линейку скоростей Ethernet.

12 Порядок оформления курсового проекта

Проект должен быть выполнен в том порядке, в каком он описан в настоящем пособии и содержать следующие разделы.

Раздел 1. Описание проектируемой корпоративной сети (рис.1 и конкретные исходные данные из п.2)

Раздел 2. Расчет информационных потоков. (Рассчитываются таблицы 4 и 5 и составляется результирующая матрица тяготений по п. 5.3).

Раздел 3. Схемы первичной и вторичной сетей.

Раздел 4. Определение полосы пропускания выделенных каналов.(Расчет таблицы 6).

Раздел 5. Определение занимаемой полосы в ветвях SDH-канала. (Расчет таблицы 7).

Раздел 6. Расчет потоков через узлы сети и выбор канальных технологий. (Расчет таблицы 8).

Раздел 7. Расчет временных задержек в сети. (по п.10.3.).

Раздел 8. Перечень выбранного оборудования.

Выводы. (Сводка основных результатов).

Рекомендуемая литература

1 В.Г.Олифер, Н.А. Олифер. Основы компьютерных сетей. Питер. С-Пб, 2009.

2 А.А.Нерсисянц Расчёт корпоративной городской мультисервисной сети. Методические указания, СКФ МТУСИ, Р/Д, 2006г.

3 А.А.Нерсисянц Проектирование телекоммуникационных сетей. Методические указания к практическим занятиям, СКФ МТУСИ, Р/Д, 2002г.