*Министерство РФ по связи и информатизации*

Сибирский государственный университет

*телекоммуникаций и информатики*

# *Кафедра АЭС*

## Курсовой проект

**«Проект ГТС**

**на базе систем передачи SDH»**

 ***Выполнил:*** *ст. гр.АС-61*

 *Ефремова А.В.*

 ***Проверил:*** *Шерстнева О.Г.*

*Новосибирск 2010*

 **Содержание**

**Введение …………………………………………………………………. ………………..стр.3**

 **1. Разработка схемы построения ГТс………………………………………………….стр.4**

 **1.1. Анализ способов построения местных телефонных сетей общего пользования**

 **1.2. Разработка вариантов построения ГТС**

 **1.3 Разработка нумерации абонентских линий**

 **2.Расчет интенсивности нагрузки на ГТС………………………………………….....стр.8**

**2.1. Расчет исходящей местной нагрузки**

**2.2.Расчёт нагрузки к УСС**

**2.3. Распределение межстанционной нагрузки на сети**

**2.4. Расчёт междугородной нагрузки**

#  **3 Расчет емкости пучков соединительных линий………………… стр.14**

#  **4 Выбор оптимальной структуры построения сети SDN………….…стр.16**

#  **5 Выбор типа синхронного транспортного модуля……………..…….стр.23**

## 5.1 Расчет числа ИКМ трактов передачи.

**5.2. Выбор типа модуля STM**

**5.3. Комплектация оборудования для сети SDH**

 **6 Оценка структурной надежности сети……………………………………………….стр.29**

 **Список литературы…………………………………………………………………………стр.32**

**Введение.**

Современный этап развития взаимоувязанной сети связи России характеризуется широким внедрением оборудования цифровых технологий коммутации и передачи. Этот процесс нашел отражение и в развитии городских телефонных сетей (ГТС), на которых стали использоваться синхронные и асинхронные системы коммутации, цифровые системы передачи синхронной цифровой иерархии (SDH), волоконно-оптические системы передачи.

Новые возможности цифровых систем коммутации и передачи, позволяющие создавать высокоэкономичные и надежные сети, вызывают необходимость в разработке современных методов планирования и проектирование сетей связи, в том числе и ГТС.

В данном курсовом проекте мы проектируем ГТС на базе систем передачи синхронной цифровой иерархии. Для начала расчета необходимо разработать схему построения ГТС, а также систему нумерации абонентских линий. Далее будем рассчитывать интенсивности нагрузки, емкость пучков соединительных линий.

 Выбирать оптимальную структуру построения сети на базе SDH, а также тип синхронного транспортного модуля.

 И заканчивая, курсовой проект мы произведем оценку структурной надежности сети.

**1. Разработка схемы построения ГТС.**

**1.1. Анализ способов построения местных телефонных сетей общего**

**пользования.**

По способу организации соединительного тракта между оконечными абонентскими устройствами сети связи делятся на коммутируемые и некоммутируемые. Создание некоммутированной телефонной сети может быть экономически оправдано только при очень высокой интенсивности удельной телефонной нагрузки. На телефонных сетях общего пользования удельная телефонная нагрузка может быть относительно невелика, поэтому эти сети строятся коммутируемыми.

Различают четыре основных способа построения коммутируемых телефонных сетей: “каждая с каждой”, радиальный, радиально-узловой и комбинированный.

При модернизации местной телефонной сети следует делать упор на разработку такой перспективной структурной схемы сети, при которой:

* капитальные затраты на станционные и линейные сооружения при вводе новых телефонных станций были как можно меньше;
* максимально бы использовались преимущества цифровых телефонных станций над аналоговыми АТС.

Для выполнения этих условий при цифровизации местной сети используется стратегия «наложенной сети». Основные правила построения наложенной сети следующие:

* все связи между цифровыми АТС должны осуществляться только через цифровые АТС и узлы;
* при связи между цифровыми АТС должны использоваться стандартные тракты цифровых систем передачи;
* в пределах одной местной сети при любых соединениях допускается только один переход между «наложенной» и существующей аналоговой сетью;
* вновь вводимые цифровые АТС должны включаться только в «наложенную сеть»;
* связь между цифровыми и аналоговыми АТС должна осуществляться по линейным трактам стандартных цифровых систем передачи с установкой аналого-цифрового преобразования и согласования систем сигнализации на стороне аналоговых АТС;
* цифровые станции и узлы могут размещаться на одной территории или даже в одном здании с аналоговыми АТС и узлами.

Рекомендуется производить развитие отдельных местных сетей на однотипных цифровых системах коммутации (не более двух типов).

По структурному принципу построения ГТС классифицируется следующим образом:

* нерайонированные;
* районированные без узлообразования;
* районированные с узлами входящих сообщений (УВС);
* районированные с узлами входящих и исходящих сообщений (с УИС и УВС).

При использовании цифровых АТС, в условиях применения выносных концентраторов, нерайонированная структура может быть экономически целесообразна при емкости сети до сотен тысяч номеров (аналоговых - до 20000 №№).

Районированные ГТС без узлообразования имеют несколько районных АТС, которые на аналоговой сети связываются между собой по принципу «каждая с каждой», а на цифровой сети – по принципу «каждая с каждой» с использованием обходных направлений.

Районированная структура цифровой ГТС без узлообразования экономически целесообразна при емкости сети в несколько сотен тысяч номеров (аналоговых - до 80000 №№).

Районированные ГТС с узлами входящих сообщений делятся на узловые районы, в каждом из которых для концентрации нагрузки к АТС узлового района устанавливаются один или несколько УВС. Все АТС узлового района имеют общий стотысячный (двухсоттысячный) код.

Цифровые районированные ГТС с УВС могут иметь емкость до нескольких миллионов номеров (аналоговые - до 800000№№).

Районированные ГТС с узлами входящих и исходящих сообщений обычно имеют несколько десятков узловых районов.

Цифровые станции позволяют реализовать более экономичные структуры ГТС по сравнению с аналоговыми АТС. Основные особенности перспективных структур ГТС с цифровыми станциями следующие:

* широкое использование выносных концентраторов;
* комбинированное использование оборудования АТС (РАТС, РАТС и УВС, УИВС, РАТС и УИВС, РАТС и АМТС и т.д.);
* возможность использования двухсторонних соединительных линий;
* применение обходных направлений;
* широкое использование общеканальной системы сигнализации ОКС№7;
* предоставление абонентам значительного числа дополнительных видов обслуживания;
* создание на сети центров технической эксплуатации.

Варианты построения «наложенной» цифровой сети зависят от емкости и структуры существующей аналоговой сети.

При создании «наложенной сети» на аналоговой ГТС без узлов вновь вводимые цифровые АТС должны быть связаны со всеми РАТС данной ГТС цифровыми трактами с установкой оборудования АЦП на стороне аналоговых станций. При введении следующих станций необходимо решать вопрос рационального подключения данных станций к существующей ГТС. Возможно три основных способа подключения вновь вводимых РАТС:

организация прямых пучков каналов соединительных линий между каждой цифровой и каждой аналоговой РАТС («каждая с каждой»);

использование ранее введенных в сеть цифровых РАТС в качестве транзитных станций для вновь вводимых станций. При этом связь вводимых РАТС с аналоговой ГТС будет осуществляться через транзитную станцию;

комбинированное решение, основанное на сочетании перечисленных ранее вариантов.

***Связь со спецслужбами.***

Для приема информации от населения в экстренных случаях, а также для предоставления населению определенных услуг (справка, информация , заказы) на ГТС должны быть организованы справочные, заказные и экстренные службы. На районированной ГТС могут применяться как централизованные, так и децентрализованные службы. Доступ к централизованным службам от абонентов ГТС осуществляется через узел спец. связи (УСС). В зависимости от местных условий возможны:

* доступ к отдельным службам от абонентов некоторых АТС помимо УСС;
* организация для части АТС выхода к УСС по общему пучку соединительных линий через специальный узел исходящего сообщения

(УИС-“0”) с целью экономии числа соединительных линий между УСС и отдельной группой АТС, расположенных близко одна от другой и на значительном расстоянии от УСС.

Выбор того или иного варианта организации доступа определяется при проектировании.

***Связь с АМТС.***

Связь станций ГТС с АМТС, расположенной в том же или другом городе, осуществляется с использованием линий городской и внутризоновой сети. Исходящая связь от РАТС к АМТС должна осуществляться по заказно-соединительным линиям (ЗСЛ) либо непосредственно, либо через узел ЗСЛ (УЗСЛ) или через УИВС-Э. Входящие междугородные соединения от АМТС к АТС должны осуществляться по соединительным линиям междугородной связи (СЛМ) либо непосредственно, либо через узел УВСМ.

**1.2. Разработка вариантов построения ГТС**

***Построение сети способом «каждая с каждой»***

* 1. Между ЦАТС для передачи сигналов используется общий канал сигнализации (OKС №7) и пучки линий двухстороннего занятия. При соединении АТС координатного типа между собой, а также между АТСК-У и ЦАТС используются пучки одностороннего занятия и применяется система сигнализации по двум выделенным сигнальным каналам для передачи линейных сигналов, а многочастотная система сигнализации "2 из 6" используется для передачи сигналов управления. Для связи АМТС с АТС используются междугородные соединительные линии (СЛМ), для связи АТС с АМТС – заказно-соединительные линии (ЗСЛ).
	2. Достоинства данного способа:
	3. - высокая структурная надёжность из-за избыточности сети связи;
	4. - отсутствие транзитных соединений влечёт минимальное время установления соединения, следовательно повышается эффективность использования средств связи и повышается качество тракта телефонной передачи;
	5. - обеспечивается создание пучков каналов между оконечными станциями по кратчайшим путям.
	6. Недостатки:
	7. - большое количество пучков соединительных линий (N=24), следовательно, высокие затраты на первичную сеть.

Рисунок 1.2.1 Схема построения ГТС.

РАТС 2

S-12, 18200

РАТС 1

S-12, 14500

РАТС 3

S-12,16500

АМТС,

АХЕ-10

РАТС 4

АТСК-У, 14300

РАТС 5

S-12, 20000

ОКС №7 ДСЛ

"2 из 6", 2ВСК

"2 из 6", 2ВСК

"2 из 6", 2ВСК

ОКС№7,ДСЛ

ОКС №7,ДСЛ

"2 из 6", 2ВСК

"2 из 6", 2ВСК

ОКС№7,ДСЛ

ОКС №7,ДСЛ

ОКС №7 ДСЛ

ОКС №7 ДСЛ

ОКС №7 ДСЛ

ОКС №7,ДСЛ

ОКС №7 ДСЛ

ЗСЛ

СЛМ

ОКС №7 ДСЛ

Рис. 1. Схема построения сети по принципу «каждая с каждой»

 ***Построение сети с оконечными и транзитными станциями***

* 1. Достоинства данного способа:

- уменьшение числа пучков соединительных линий;

- за счёт концентрации нагрузки можно достигнуть высокого использования соединительных линий.

Недостатки:

- надёжность при таком построении сети ниже, чем при способе «каждая с каждой»;

- время установления соединения выше.

* 1. **1.3 Разработка нумерации абонентских линий.**

Система нумерации – это система знаков (цифр или букв), используемых вызывающим абонентом при автоматической телефонной связи. К системам нумерации предъявляются следующие основные требования:

* отсутствие совпадающих номеров абонентских линий на единой сети связи;
* минимальная значность номера;
* неизменность системы нумерации в течении длительного времени;
* достаточные запасы емкости нумерации с учетом развития местных, зоновых, междугородных сетей;
* простота структуры номера, облегчающая его запоминание и пользование связью абонентами.

Различают два вида систем нумерации: закрытая и открытая.

Для нумерации абонентских линий на ГТС используется закрытая пяти, -шести, - или семизначная в зависимости от емкости сети. При выборе значности следует учитывать коэффициент использования номерной емкости сети, составляющий 40-50% на ближайшее десятилетие и 60-80% в перспективе при широком использовании цифровых систем коммутации. В качестве первого знака абонентского номера могут использоваться любые цифры кроме «0» и «8».

Кроме закрытой нумерации одинаковой значности на ГТС может применяться и закрытая смешанная нумерация, когда в сети одновременно существуют абонентские номера с разным числом знаков (5 и 6-значная или 6 и 7-значная нумерации). Использование такой нумерации допускается на переходный период.

На аналоговой ГТС с УВС при создании цифровой сети необходимо организовывать отдельный сто, - двухсот, - и т.д. тысячный узловой район. Этот район будет являться базой для создания «наложенной цифровой сети». В отдельных случаях может оказаться целесообразным создание нескольких узловых районов в пределах одной «наложенной сети».

Рассмотрим алгоритм выбора числа знаков в номере абонентов местной сети с учетом вновь вводимых АТС:

1. Определим монтированную емкость сети:

 

 где i = 1, 2, …, m – номер РАТС,

N РАТСi - монтированная емкость i-ой РАТС.

1. Определим номерную емкость перспективной сети:



 номеров.

104375

8

,

0

83500

N

ном





где  - коэффициент использования номерной емкости.

3. Определим минимально необходимую значность номера (nmin) с учётом реализации экстренных служб и выхода на АМТС:

Nном. ≤ 8\*10n-1,

где n – минимально необходимое число знаков в местном абонентском номере.

Nном. ≤ 8\*106-1, n =6.

Далее следует разработать местные абонентские номера для абонентов проектируемой ГТС. При этом нужно определить местные коды для каждой РАТС сети. Местный код (однозначный, двухзначный или трехзначный в зависимости от емкости сети) на ГТС закрепляется за каждой десятитысячной группой абонентов. Далее следует разработать зоновые номера для абонентов ГТС. Зоновый номер имеет следующую структуру – авххххх, где ав – внутризоновый код (код стотысячной группы);

ххххх – абонентский номер на местной телефонной сети емкостью равной 100000 номеров.

Заметим, что при вызове абонентов ГТС с 5 или 6 – значным местным номером последний должен дополняться до зонового (семизначного) цифрами 22 или 2 соответственно. При этом «а» не может принимать значения «8» или «0»:

«8» – индекс выхода к АМТС; «0» – выход к УСС.

Далее следует разработать междугородные и международные номера абонентов.

При автоматической междугородной телефонной связи абонент должен набирать 8 –АВСавххххх,

где АВСавххххх – междугородный номер;

АВС – междугородный код;

8А – междугородный индекс.

В качестве «А» могут быть использованы любые цифры, кроме 1 и 2, а в качестве «В» и «С» – любые цифры.

При автоматической международной телефонной связи абонент должен набирать – 810 №мн.,

где 810 – индекс автоматической международной связи;

№мн. – международный номер вызываемого абонента.

Международный номер для абонентов России имеет следующую структуру: αАВСавххххх,

где α - международный код, который присвоен национальной телефонной

сети России (α = 7).

Таблица 1. Нумерация линий на ГТС

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| РАТС | РАТС1 | РАТС2 | РАТС3 | РАТС4 | РАТС5 |
| Тип РАТС | S-12 | S-12 | S-12 | Атск-у | S-12 |
| Емкость РАТС | 14500 | 18200 | 16500 | 14300 | 20000 |
| МестныйАбонент-ский № | 100000-114499 | 100000-118199 | 100000-116499 | 100000-114299 | 100000-119999 |
| Зонно-вый № | 2 100000-2 114499 | 2 100000-2 118199 | 2 100000-2 116499 | 2 100000-2 114299 | 2 100000-2119999 |
| Между-город-ный № | 3832 100000-3832 114499 | 3832 100000-3832 118199 | 3832 100000-3832116499 | 3832 100000-3832 114299 | 3832 100000-3832 119999 |
| Междуна-родный № | 73832 100000-73832 114499 | 73832 100000-73832 118199 | 73832 100000-73832116499 | 73832 100000-73832 114299 | 73832 100000-73832 119999 |

**2.Расчет интенсивности нагрузки на ГТС.**

**2.1. Расчет исходящей местной нагрузки.**

Произведём расчёт нагрузки по методике, изложенной в НТП 112-2000 (РД 45.120 – 2000).

Согласно данной методике, расчёт нагрузки Аисх i производится отдельно для утреннего и вечернего ЧНН и из этих значений выбирается максимальное значение, которое принимается за расчётную нагрузку.

Аисх i = max{Aутр., Авеч.}, Эрл.

Расчёт нагрузки утреннего ЧНН : ,

где Аi утр. ЧНН – суммарная нагрузка для всех i категорий абонентов, имеющих максимальный ЧНН – утренний;

A утр .время – добавочная суммарная нагрузка, создаваемая во время утреннего ЧНН абонентами тех категорий, которые имеют ЧНН не утренний, а вечерний.

A j утр. ЧНН = , Эрл

где Ni – количество абонентов конкретной категории i;

ai – интенсивность нагрузки в утренний ЧНН от абонентов i-ой категории, определённой по таблице приложения А. [1]

A утр .время = ,

= , Эрл

где – количество абонентов j-ой категории;

- интенсивность нагрузки в вечерний ЧНН абонента j-ой категории, определяемой по таблице приложения А [].

К=0,1 – коэффициент концентрации нагрузки;

Т=16 часов – период суточной нагрузки ЧНН. Тогда:

A утр .время = 

Аналогичным образом рассчитывается нагрузка в ЧНН вечерний – АВЕЧ:

A ВЕЧ = A j веч. ЧНН + A веч .время, Эрл

= , Эрл

A веч .время = 

A j утр. ЧНН = , Эрл

Учитывая, что структурный состав абонентов для всех станций одинаков, рассчитаем нагрузку только для РАТС 2 типа AXE-10.

* ,

 = 10150,

=10150\*0.022=223,3 Эрл;

* ,

 4205,

=4205\*0,07=294,35 Эрл;

* =0,2 Эрл

 =0,004\*14500=58

=58\*0,2=11,6 Эрл;

**A утр. ЧНН = 223,3+294,35+11,6 =529,25 Эрл.**

* 

=10150\*0,03=304,5 Эрл;

* =;
* ,

= 58\*0,27 =15,66 Эрл;

**= 304,5+177,71+15,66=497,87Эрл.**

Итак, А исх. 1 = 529,25 Эрл.

Найдем нагрузку на выходе коммутационного поля:



А исх. 1 =

W – коэффициент, учитывающий снижение нагрузки на выходе КП



 - среднее время набора номера абонентами станции в сек,

=

n – значность номера, n=6

=

 - среднее время занятия входа КП при обслуживании одного вызова в сек,



=



 Эрл

Определим среднюю удельную нагрузку на одну АЛ:

,

=0,0319Эрл.

Определим исходящую нагрузку для других станций:

А исх. 2 = 0,0319\*18200 = 580,58Эрл;

А исх. 3 = 0,0319\*16500 = 526,35Эрл;

А исх. 4 = 0,0319\*14300 = 456,17 Эрл;

А исх. 5 = 0,0319\*20000 = 638Эрл.

Рассчитаем нагрузку на выходе коммутационного поля:

А вых. КП i = (1 – Ксн)\* А вх. КП i ,

где Ксн ≈ 0,05 – коэффициент снижения нагрузки.

А вых. КП 1 = 462,56 Эрл

А вых. КП 2 = (1 – 0,05)\*580,58= 609,6 Эрл;

А вых. КП 3 = 0,95\* 526,35=552,66 Эрл;

А вых. КП 4 = 0,95\*456,17=478,97 Эрл;

А вых. КП 5 = 0,95\*638=669,9 Эрл.

**2.2.Расчёт нагрузки к УСС**

Доля интенсивности нагрузки к УСС от местной исходящей нагрузки на выходе КП составляет 3 – 5 %. Тогда АУССi = 0,03АВЫХ КПi, Эрл;

АУСС1 = 0,03\*462,56 = 13,87 Эрл;

АУСС2 = 0,03\*580,58 = 18,28Эрл;

АУСС3 = 0,03\*526,35 = 16,57Эрл;

АУСС4 = 0,03\*456,17 = 14,36 Эрл;

АУСС5 = 0,03\*638 = 20,09Эрл.

**2.3. Распределение межстанционной нагрузки на сети**

Определим значения нагрузки от каждой станции ГТС, подлежащей распределению на местной сети.

Аi = АВЫХ КПj - АУССj, Эрл

А1 = 462,56 - 13,87=448,69 Эрл;

А2 = 609,6- 18,28==591,32 Эрл;

А3 = 552,66-16,57=536,09 Эрл;

А4 = 478,97-14,36=464,61 Эрл;

А5 = 669,9- 20,09=649,81 Эрл.

Произведём расчёт межстанционной нагрузки по методике, изложенной в НТП 112-2000.

Алгоритм расчёта распределения нагрузки, изложенной в НТП112-2000, включает следующие шаги:

**1.** Для каждой РАТС сети определяется коэффициент ηi, характеризующий долю исходящей нагрузки к i-ой РАТС к суммарной исходящей нагрузке всех РАТС города:

 , %

%;

%;

%;

%;

%.

**2.** Используя коэффициенты , определим по таблице приложения Б [1] значения коэффициентов внутристанционного тяготения Квн i (i=1,m) для каждой станции методом интерполяции.

Квн 1 = 34,78%;

Квн 2 = 39,5%;

Квн 3 = 38,2%;

Квн 4 = 35,74%;

Квн 5 = 41,4%.

**3**. Определим значение нагрузки, подлежащей распределению на местной межстанционной сети Аi РАСПР для каждой станции, по формуле:













**4.** Рассчитаем межстанционную нагрузку на сети по формуле:



где Аij – межстанционная нагрузка от i-ой станции к j-ой станции ГТС.

* А11 = 

А12 = 

А13 = 

А14 = 

А15 = 

* А21 = 

А22 =0,27\*357,7 = 93 Эрл;

А23 = 0,27\*331,3= 90,9 Эрл;

А24 = 0,27\*298,55 = 81,9 Эрл;

А25 = 0,277 \*380,7= 104,4 Эрл;

* А31 = 

А32 =0,25\*357,7 = 89,1 Эрл;

А33 =0,25\*331,3 = 82,52 Эрл;

А34 =0,25\*298,55 = 74,36 Эрл;

А35 =0,25\*380,7 = 94,82 Эрл;

* А41 = 

А42 =0,22\*357,7=78,3 Эрл;

А43 =0,22\*331,3=72,5 Эрл;

А44 =0,22\*298,55=65 Эрл;

А45 =0,22\*380,7=83,4 Эрл;

* А51 = 

А52 =0,29\*357,7=106,3 Эрл;

А53 =0,29\*331,3 = 98,48 Эрл;

А54 =0,29\*298,55=88,75 Эрл;

А55 =0,29\*380,7=113,17Эрл.

**2.4. Расчёт междугородной нагрузки**

Для расчёта исходящей междугородной нагрузки, поступающей на заказно-соединительные линии АЗСЛ i для i-ой станции, используем выражение:



где  - удельная нагрузка от одного источника на ЗСЛ;

АИ РПП – исходящая междугородная нагрузка, создаваемая кабинами переговорных пунктов:



где  – удельная исходящая и входящая нагрузка на одну кабину переговорного пункта.

* 

АМТА – нагрузка, создаваемая междугородными телефонами-автоматами:

АМТА = аМТА\*NМТА, Эрл

где аМТА = (0,42  0,65) – удельная нагрузка от одного МТА,

NМТА – количество междугородных телефонов-автоматов.

АМТА1 = 0,65\*(14500\*0,002) = 18.85 Эрл;

АЗСЛ 1 = 0,0015(10150+4205) +13,05 + 18,85 = 53,43 Эрл.

* ;

АМТА2 = 0,65\*(18200\*0,002) = 23,66 Эрл;

АЗСЛ 2 = 0,0015(12740+5278) +16,38 + 23,66 = 67,06 Эрл.

* ;

АМТА3 = 0,65\*(16500\*0,002) = 21,45 Эрл;

АЗСЛ 3 = 0,0015(11550+4785) +14,85 + 21,45 = 60,8 Эрл.

* ;

АМТА4 = 0,65\*(14300\*0,002) = 18,59 Эрл;

АЗСЛ 4 = 0,0015(10010+4147) +12,87 + 18,59 = 52,69 Эрл.

* ;

АМТА5 = 0,65\*(20000\*0,002) = 26 Эрл;

АЗСЛ 5 = 0,0015(14000+5800) +18 + 26 = 73,7 Эрл.

Расчёт интенсивности входящей междугородной нагрузки:

;

где  - удельная входящая междугородная нагрузка, поступающая к абоненту квартирного или народно-хозяйственного сектора.

АСЛМ 1 = 0,001(10159+4205) + 13,05 = 27,4 Эрл;

АСЛМ 2 = 0,001(12740+5278) + 16,38 = 34,39Эрл;

АСЛМ 3 = 0,001(11550+4785) + 14,85 =31,18 Эрл;

АСЛМ 4 = 0,001(10010+4147) + 12,87 = 27,02 Эрл;

АСЛМ 5 = 0,001(14000+5800) + 18 = 37,8 Эрл.

Таблица 2. Значения интенсивности нагрузки на ГТС (Эрл)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № РАТС | РАТС1 | РАТС2 | РАТС3 | РАТС4 | РАТС5 | АМТС | УСС |
| ЗСЛ | СЛМ |
| РАТС1 | 62,7 | 76,6 | 70,9 | 63,94 |  81,54 | 53,43 | 27,4 | 13,87 |
| РАТС2 | 80,4 | 98 | 90,9 | 81,9 | 104,4 | 67,06 | 34,39 | 18,28 |
| РАТС3 | 73 | 89,1 | 82,52 | 74,36 | 94,82 | 60,8 | 31,18 | 16,57 |
| РАТС4 | 64,2 | 78,3 | 72,5 | 65 | 83,4 | 52,69 | 27,02 | 14,36 |
| РАТС5 | 88,7 | 106,3 | 98,48 | 88,75 | 113,17 | 73,7 | 37,8 | 20,09 |

**3 Расчет емкости пучков соединительных линий**

При расчете емкости пучка соединительных линий (каналов) следует учитывать:

* норму потерь (качество обслуживания вызовов) в направлении связи;
* величину нагрузки на заданном направлении связи;
* структуру коммутационного поля узла автоматической коммутации (ОТС, АМТС);
* тип пучка соединительных линий (односторонний или двусторонний).

Средние значения нагрузки на различных направлениях, представленные в таблице 2.5.1. необходимо пересчитать в расчетные значения по формуле:

, Эрл – для односторонних линий.

, Эрл – для двусторонних линий.

Где .

Полученные данные для удобства сведем в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 Расчетные значения нагрузки в различных направлениях

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №РАТС | РАТС1 | РАТС2 | РАТС3 | РАТС4 | РАТС5 | АМТС | УСС |
| РАТС1АТСКУ | - | 163,34(Д) |  151,68(Д) | 68,16 (О) |  179,08(Д) | 57,1(О) | 15,28 |
| РАТС2AXE-10 | 163,34(Д) | - | 189,2(Д) | 86,92(О) | 123,3(Д) | 81,37(О) | 20 |
| РАТС3AXE-10 |  151,68(Д) | 189,2(Д) | - | 85,21(О) | 203,12(Д) | 64,86(О) | 18,24 |
| РАТС4S-12 | 68,4(О) | 83,16(О) | 74,6(О) | - | 85,9(О) | 56,37(О) | 15,7 |
| РАТС5S-12 |  179,08(Д) | 123,3(Д) | 203,12(Д) | 100,8(О) | - | 78,39(О) | 21,98 |
| АМТСAXE-10 | 29,72(О) | 37,12(О) | 33,71(О) | 29,33(О) | 40,48(О) | - | 19,86 |

Как известно, пучки соединительных линий могут быть неполнодоступными и полнодоступными. Структура пучка определяется коммутационными возможностями КП используемых систем коммутации.

Коммутационные поля цифровых систем коммутации позволяют создавать полнодоступные пучки в направлении связи. Для расчета емкости пучка в этом случае используется первая формула Эрланга или таблицы Пальма.

Для расчета числа каналов от координатных АТС к другим станциям сети используется метод эффективной доступности (МЭД), поскольку коммутационные блоки АТСК обладают внутренними блокировками.

На АТСК-У исходящие СЛ включаются в выходы коммутационных блоков ГИ-3 с параметрами 80х120х400 на ступени 1ГИ. На АТСК исходящие СЛ включаются в выходы коммутационных блоков 60х80х400 ступени ИГИ.

Для расчета числа СЛ методом МЭД следует:

1. Определить эффективную доступность − Дэф.

2. Используя формулу О`Делла, определить число СЛ.

Расчет Дэф производится по формуле: , где  − минимальная доступность;  − среднее значение доступности.

, где  − число выходов из одного коммутатора звена А;  − число входов в один коммутатор звена А;  − коэффициент связности для рассматриваемого блока коммутации;  − число выходов из одного коммутатора звена В в заданном направлении (*q* = 1, Д*max* = 20; *q* = 2, Д*max* = 40); *Q –* коэффициент, зависящий от параметров звеньевого включения, величины нагрузки, потерь и доступности в направлении искания (*Q* = 0.65-0.75).

, где  − нагрузка, обслуживаемая  промежуточными линиями звеньевого включения:

, где  − удельная нагрузка на один вход блока коммутации (1ГИ или ИГИ),  = (0.5-0.7) Эрл.

Формула О`Делла имеет следующий вид:

, где  − расчетная нагрузка в направлении от *i*-ой станции к *j*-ой станции;  и  − коэффициенты, значения которых определяются для заданных потерь в направлении связи и найденному значению Дэф.

Емкость пучков СЛ рассчитывается исходя из нормы потерь и интенсивности нагрузки, поступающей в том или ином направлении

 *Рi → j* = *Рi ↔ j* = 0,01;

*Рi → УСС* = 0,001;

*Рi → АМТС* = *РiЗСЛ*= 0,003;

*РАМТС→ i* = *РiСЛМ*= 0,002;

**Для РАТС4:** *q* = 1, *f* = 1, *ma* = 20, *na* = 13.333;

 Аm=0.5\*13.33=6,665 Эрл

  = 1\*(20-6,665)=13,67

 Дmin = (1/1)\*(20-13,33+1)=8

 Дэфф = 8+0,7\*(13,33-8)=30,8

Найдем: *α* = 1.52 и *β* = 3.1 (РАТС-РАТС, Р = 0,01);

 *α* = 1.87 и *β* = 4.2 (РАТС-УСС, Р = 0,001);

 *α* = 1.76и *β* = 3.5 (СЛМ к РАТС, Р = 0,003);

 *α* = 1.7 и *β* = 3.8 (ЗСЛ от РАТС, Р = 0,002);

Результаты расчета сведем в таблицу 3.2

Таблица 3. 2.Расчет числа соединительных линий

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №РАТС | Тип РАТС | РАТС1 | РАТС2 | РАТС3 | РАТС4 | РАТС5 | АМТС | УСС |
| РАТС1 | S-12 | - | 185 | 174 | 106,7 | 157 | 76 | 28 |
| РАТС2 | S-12 | 185 | - | 167 | 135,2 |  104 | 103 | 35 |
| РАТС3 | S-12 | 174 | 167 | - | 132,61 | 179 | 83 | 33 |
| РАТС4 | АТСКУ | 107 | 129,5 | 116,4 | - | 133,6 | 99,6 | 33,55 |
| РАТС5 | S-12 | 157 | 104 | 179 | 156,31 | - | 100 | 37 |
| АМТС | AXE-10 | 44 | 53 | 48 | 55,12 | 57 | - | 34 |

**4 Выбор оптимальной структуры построения сети SDN**

Система SDH позволяет организовывать универсальную транспортную сеть, решая задачи не только передачи информационных потоков, но контроля и управления данной сетью. Она рассчитана на транспортирование всех сигналов PDH (ИКМ-30, ИКМ-120, ИКМ-480, ИКМ-1920), а также всех действующих и перспективных служб, в том числе и широкополосной цифровой сети с интеграцией служб (B-ISDN), использующей асинхронный способ передачи (АТМ).

В системе SDH использованы последние достижения в электронике, системотехнике, вычислительной технике, программировании и т. п. Применение SDH для построения первичных сетей различного уровня позволяет существенно сократить капитальные затраты, эксплуатационные расходы, сократить сроки монтажа и настройки оборудования. При этом повышается надежность сетей, их гибкость и качество связи.

Линейные сигналы SDH организованы в синхронно транспортные модули STM (агрегатные блоки). Первый из них – STM-1 – соответствует скорости передачи 155 Мбит/с. Каждый последующий имеет скорость в 4 раза большую, чем предыдущий. Уже стандартизованы STM-4 (622 Мбит/с) и STM-16 (2.5 Гбит/с). Ожидается принятие STM-64 (10 Гбит/с). Основной направляющей системой для SDH являются ВОЛП (волоконно-оптические линии передач).

В сети SDH используется принцип контейнерных перевозок. Передаваемые сигналы предварительно размещаются в стандартных контейнерах С. Все операции производятся с контейнерами независимо от их содержимого. Благодаря этому достигается универсальность сети SDH.

## 4.1 Анализ способов построения сетей на базе SDH

Сеть на базе SDH строится с помощью различных функциональных модулей. Состав модулей определяется основными операциями, которые необходимо выполнить для обеспечения передачи высокоскоростных цифровых потоков по сети связи. Эти операции следующие:

* сбор входящих потоков, поступающих в сеть SDH, в синхронные транспортные модули (STM);
* передвижение (передача) STM по сети с возможностью ввода/вывода цифровых потоков (контейнеров) в промежуточных пунктах;
* передача контейнеров, несущих полезную информацию из одной части сети в другую в одном и том же узле;
* объединение нескольких однотипных потоков (STM) в потоки (STM) более высокого уровня;
* восстановление формы и амплитуды сигналов, передаваемых на большие расстояния;
* сопряжение сети SDH с сетями пользователей (сети доступа) с помощью согласующих устройств.

Для решения поставленных задач в состав SDH входят следующие модули:

* мультиплексоры;
* концентраторы;
* регенераторы;
* коммутаторы.

Мультиплексор – основной модуль сети SDH.

Мультиплексор выполняет следующие функции:

* объединение низкоскоростных потоков в высокоскоростной поток (мультиплексирование) и наоборот (демультиплексирование);
* обеспечение доступа (терминального доступа) низкоскоростных каналов иерархии PDH к входным портам SDH;
* решение задач локальной коммутации, концентрации регенерации цифровых потоков.

Различают два основных вида мультиплексоров: терминальный (ТМ) и мультиплексор ввода/вывода (ADM).

ТМ является оконечным устройством сети SDH с некоторым числом каналов доступа (оптических и электрических).

ТМ имеют один или два входа/выхода. Два входа/выхода используются ля повышения надежности. К входам/выходам ТМ (агрегатным) подключаются ВОЛП, образуя линейные тракты первичной сети.

Мультиплексор ADM отличается от ТМ наличием 2-х или 4-х оптических агрегатных входов/выходов при том же числе каналов доступа, что и в ТМ. Дополнительно к возможностям коммутации, осуществляемой ТМ, ADM позволяет осуществлять:

* сквозную коммутацию цифровых потоков в обоих направлениях;
* осуществлять замыкание канала приема на канал передачи на обеих сторонах («восточной» и «западной») в случае выхода из строя одного из направлений;
* пропускать в случае аварийного выхода из строя мультиплексора основной оптический поток мимо него в обходном режиме.

Все это дает возможность использовать ADM в топологиях типа «кольцо».

Концентратор – это мультиплексор, объединяющий несколько, как правило, одинаковых (со стороны входных портов) потоков, поступающих от удаленных узлов сети в один распределительный узел сети SDH, не обязательно также удаленный, но связанный с основной транспортной сетью.

Этот узел может также иметь не два, а три или четыре или больше линейных портов типа STM-1 или STM-N и позволяет организовывать ответвление от основного потока или подключение нескольких узлов ячеистой сети к кольцу SDH. В общем случае он позволяет уменьшить общее число каналов, подключенных непосредственно к основной транспортной сети SDH. Мультиплексор распределительного узла позволяет локально коммутировать подключенные к нему каналы, давая возможность удаленным узлам обмениваться через него между собой, не загружая основную сеть.

Регенератор – мультиплексор, который имеет два или четыре агрегатных входа/выхода и специальные каналы доступа, предназначенные для обслуживания сети SDH. Регенератор используется для увеличения расстояния между узлами сети путем восстановления формы и амплитуды сигналов полезной нагрузки. Он используется для увеличения допустимого расстояния между узлами сети SDH путем регенерации сигналов полезной нагрузки.

Коммутатор (DXC) – устройство, которое позволяет связывать различные пользовательские каналы путем организации постоянных или временных (полупостоянных) перекрестных соединений между ними.

Коммутаторы применяются в узлах большой пропускной способности, где необходимо гибкое управление нагрузкой различных направлений.

Для того чтобы спроектировать сеть SDH, необходимо, прежде всего, выбрать структуру сети. Известны следующие основные базовые топологии (структуры), на основе которых может быть составлена топология сети в целом.

Топология «точка-точка».

В этом случае соединение двух узлов А и В осуществляется с помощью терминальных мультиплексоров. Топология «точка-точка» может быть использована для участков магистральной сети с большой протяженностью и значительной нагрузкой (уровни STM-16, STM-64) при 100% резервировании линий и группового оборудования аппаратуру (мультиплексоров и регенераторов).

Топология «линейная цепь».

Эта конфигурация используется тогда, когда интенсивность нагрузки в сети невелика и существует необходимость ответвления в ряде точек на линии, где могут вводиться и выводится каналы доступа. Линейная цепь реализуется с помощью ТМ на обоих концах цепи и мультиплексоров ADM в точках ответвления.

Указанная структура может быть реализована без резервирования или при 100% резервировании (резервирование типа 1+1).

Топология «звезда».

Эта топология применяется для подключения удаленных узлов сети к транспортной магистрали. При этом один из мультиплексоров выполняет функции концентратора, у которого часть нагрузки выводится к терминалам пользователя, а оставшаяся нагрузка распределяется по другим узлам сети. В этом случае мультиплексор должен обладать свойствами мультиплексора ввода/вывода с развитыми возможностями коммутатора.

Топология «кольцо».

Эта топология часто используется для построения местных и внутризоновых первичных сетей связи. В синхронной цифровой иерархии это наиболее используемая структура для уровней STM-1, STM-4, STM-16. Основное преимущество кольцевой структуры – простота реализации защиты 1+1, благодаря использованию для построения кольца мультиплексоров ADM. Переключения в кольце позволяют локализовать (организовать обход) поврежденные участки линий или мультиплексоры. Кольцевая структура первичной сети может быть двух видов: двухволоконное кольцо и четырехволоконное кольцо. Второй вариант рекомендуется для организации сети на уровне STM-16.

Кольцевые сети могут обеспечить высокую надежность и экономичность по сравнению с указанными вариантами построения первичной сети.

Существует два варианта построения сети кольцевой топологии: однонаправленное и двунаправленное кольцо.

При первом варианте каждый входящий в сеть цифровой поток направляется вокруг кольца в обоих направлениях, а в пункте приема осуществляется выбор наилучшего сигнала. Для построения кольца используются два волокна. Передача по основному пути происходит в одном направлении (например, по часовой стрелке), а по резервному – в противоположном. Следует отметить, что деление на основной и резервный здесь является условным, т. к. оба пути равноправны. Поэтому, такое кольцо, называется однонаправленным с переключением трактов или с закрепленным резервом.

Однонаправленное кольцо целесообразно использовать для случая центростремительного трафика. Например, для построения внутризоновой первичной сети и т. п.

В двунаправленном кольце при нормальной работе, если используется два волокна, каждый входящий поток направляется вдоль кольца по кратчайшему пути в любом направлении (отсюда и название «двунаправленное»).

При возникновении отказа, с помощью мультиплексора ADM на обоих концах отказавшего участка, осуществляется переключение секций сети SDH или защита с совместноиспользуемым резервом.

Возможно строительство двунаправленного кольца с четырьмя волокнами. При этом надежность кольца увеличивается, но существенно возрастают и затраты на его построение.

Двунаправленные кольца выгодны при достаточно равномерном тяготении узлов коммутации вторичной сети. Поэтому двунаправленные кольца широко используются для построения первичной сети города.

Архитектура сетей SDH.

Архитектурные решения при проектировании сети могут быть сформированы на базе использования рассмотренных выше элементарных топологий сети в качестве ее отдельных сегментов. Учитывая возможность самостоятельного использования отдельных элементарных топологий, рассмотрим здесь только сети, комбинирующие элементарные топологии.

Радиально-кольцевая архитектура. Эта сеть фактически построена на базе использования двух базовых топологий: «кольцо» и «последовательная линейная цепь». Вместо последней может быть использована более простая топология «точка-точка». Число радиальных ветвей ограничивается допустимой нагрузкой (общим числом каналов доступа) на кольцо.

Архитектура типа «кольцо-кольцо». Кольца в этом соединении могут быть либо одинакового, либо разного уровней иерархии.

Каскадная схема соединения трех колец различного (по нарастающей) уровней − STM-1, STM-4, STM-16. При таком соединении можно использовать необходимые оптические каналы доступа предыдущего иерархического уровня при переходе от кольца одного уровня к другому (например, триб STM-1 при переходе на кольцо STM-4 и триб при переходе не кольцо STM-16).

Архитектура разветвлений сети общего вида. В процессе развития сети SDH разработчики могут использовать ряд решений, характерных для глобальных сетей. Например, разветвленная сеть SDH с каскадно-кольцевой и ячеистой структурой. Остов (или опорно-магистральная сеть) ее сформирован для простоты в виде одной сетевой ячейки, узлами которой являются коммутаторы типа SDXC, связанные по типу «каждый с каждым». К этому остову присоединены периферийные сети SDH различной топологии, которые могут быть «образами» либо корпоративных сетей SDH, либо сегментов других глобальных сетей, либо общегородских сетей SDH. Эта структура может рассматриваться как некий образ глобальной сети SDH.

В нашей работе мы будем использовать топологию «двунаправленного кольца».

## 4.2 Разработка оптимальной структуры сети МСС

В качестве исходных данных при разработке оптимальной структуры сети используем план населенного пункта, на котором отмечено расположение телефонных станций. Кроме того известна структура ситуационных трасс (см. рисунок 4.2.1), по которым возможна прокладка кабеля. Каждый участок ситуационных трасс характеризуется расстоянием (одно деление сетки улиц составляет 6 км). Требуется найти оптимальную кольцевую структуру трасс, соединяющих все станции. Будем использовать приведенный ниже алгоритм[1].

**Математическая постановка задачи.** Задан граф *G* =(*X*, *U*), где *X* − множество вершин, в которых заканчиваются ситуационные трассы; *U* – множество ребер, соответствующих участкам ситуационных трасс.

*Х*′ ⊆ *Х* – подмножество вершин, в которых расположены телефонные станции. *Lij* − длина участка трассы *uij*. Требуется найти цикл *С* в графе *G*, проходящий по всем вершинам множества *Х*′ и имеющий минимальную длину: .

2

1

3

4

5

**Анализ алгоритмов.** Рассмотрим задачу, когда *Х′ = Х*. В этом случае требуется построить кольцо, проходящее по всем вершинам, то есть, предполагаем, что во всех вершинах расположены станции. Эта задача известна в теории графов как «Задача коммивояжера». Она принадлежит классу NP – трудных задач, для которых не существует точных эффективных алгоритмов. Поэтому задачу решают приближенными, эвристическими алгоритмами с вычислением нижней и верхней оценок решения.

В случае *Х′* ⊂ *Х* наша задача еще более усложняется. Опишем метод, с помощью которого она может быть сведена к «Задаче коммивояжера».

**Построение аппроксимирующего графа.**

**Шаг 1.** Вычислить по алгоритму Дейкстры кратчайшие пути между всеми парами вершин из множества *Х*′. Алгоритм реализуется следующим образом:

* выбираем вершину (ОТС) и находим вершины, смежные с ней. Присваиваем каждой найденной вершине пару чисел, состоящую из номера корневой (выбранной) и длины соответствующего ребра. Для остальных вершин графа сопоставляют пару (0, ∞);
* из множества неотмеченных вершин найдем вершину с минимальным весом, включаем ее в дерево кратчайших путей и отмечаем ее. Далее уже для вновь отмеченной вершины находим смежные с ней. Найденной вершине (смежной) присваиваем вес минимальный из двух возможных: либо уже существующий, либо вес, полученный из суммы длины ребра с весом предыдущей вершины; так необходимо повторять до тех пор, пока вершины не будут просмотрены и отмечены.

**Шаг 2.** Построить полный граф *G*′ = (*X*′, *U*′), у которого множество вершин совпадает с множеством вершин *X*′. Множество ребер соединяет две пары вершин. Для каждого ребра *uij* положить его вес равным длине кратчайшего пути из *Хi* в *Хj* в исходном графе *G*, полученном на шаге 1.

**Шаг 3.** На полученном графе можно решать задачу коммивояжера, т. е. найти цикл минимального веса, проходящий по всем вершинам *X*′.

**Шаг 4.** Получив структуру цикла в графе *G*′, выделить кратчайшие пути в графе *G*, соответствующие ребрам полученного цикла.

Методы решения «Задачи коммивояжера».

Рассмотрим алгоритм получения верхней и нижней оценок для «Задачи коммивояжера» (ЗК).

Нижней оценкой для ЗК является решение, полученное с помощью алгоритма Прима-Краскала, в результате которого строится кратчайшее остовое дерево (КОД). Длина искомого цикла не может быть меньше суммарного веса КОД.

Верхняя оценка цикла в ЗК может быть получена с использованием стратегии «иди в ближайший». Опишем подробнее этот алгоритм.

**Шаг 1.** Выбрать исходную вершину и считать ее текущей вершиной строящегося нового цикла.

**Шаг 2.** Найти ближайшую вершину к текущей вершине относительно длины ребра и сделать ее текущей. Увеличить вес цикла на длину ребра.

**Шаг 3.** Если не все вершины включены в цикл, то шаг 2 повторяется. Если в цикл включены все вершины графа, то запомнить суммарный вес ребер, включенных в цикл. Если вес полученного цикла меньше предыдущего решения, считать его наилучшим.

**Шаг 4.** Если не все вершины графа просмотрены как исходные вершины циклов, то перейти на шаг 1, иначе цикл, имеющий минимальный вес является верхней оценкой для ЗК.

**Шаг 5.** Полученное кольцо минимальной длины вложить в структуру ситуационных трасс первичной сети. При этом ветви кольца не должны содержать элементы структуры ситуационных трасс более одного раза.

Используя данные задания на выполнение курсового проекта и изложенную методику, необходимо определить длину оптимального кольца по структуре ситуационных трасс города.

Вычислим по алгоритму Дейкстры кратчайшие пути между всеми парами АТС.

2

1

3

4

5

А)Кратчайшие пути от РАТС1 до всех станций данной сети

2

1

3

4

5

Б)Кратчайшие пути от РАТС2 до всех станций данной сети

2

1

3

4

5

В)Кратчайшие пути от РАТС3 до всех станций данной сети

2

1

3

4

5

Г)Кратчайшие пути от РАТС4 до всех станций данной сети

2

1

3

4

5

Д)Кратчайшие пути от РАТС5 до всех станций данной сети

2

1

3

4

5

Е)Кратчайшие пути от АМТС до всех станций данной сети

Полученные данные сведем в таблицу 4.2.1.

Таблица 4.1 Кратчайшие пути между АТС

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | ОТС1 | ОТС2 | ОТС3 | ОТС4 | ОТС5 | АМТС |
| ОТС1 | - | 8 | 12 | 16 | 28 | 12 |
| ОТС2 | 8 | - | 12 | 16 | 20 | 4 |
| ОТС3 | 12 | 12 | - | 4 | 24 | 8 |
| ОТС4 | 16 | 16 | 4 | - | 20 | 12 |
| ОТС5 | 28 | 20 | 24 | 20 | - | 16 |
| АМТС | 12 | 4 | 8 | 12 | 16 | - |

Используя выбранные кратчайшие пути, построим граф и решим для него «Задачу коммивояжера».

РАТС 1

РАТС 2

РАТС 3

АМТС

РАТС 4

РАТС 5

Рисунок 4.2.8 Кольцо минимальной длины

Длина оптимального цикла равна 64.

Нанесем полученное кольцо на сетку улиц города (рисунок 4.2.1) в соответствии с выбранными кратчайшими путями (рисунок 4.2.2 – 4.2.7) получим рисунок 4.2.9.

2

1

3

4

5

#  **5 Выбор типа синхронного транспортного модуля**

## 5.1 Расчет числа ИКМ трактов передачи

В качестве каналов доступа узлов коммутации (ОТС, АМТС, УСС) к первичной сети, реализованной на базе SDH, будем использовать плезиохронные системы передачи ИКМ-30 (стандарт Е1).

Для расчета количества цифровых потоков типа Е1, необходимых для реализации пучков соединительных линий (каналов) между различными станциями сети, следует учитывать:

1) число СЛ в направлениях связи;

2) тип используемых СЛ (односторонние или двусторонние);

3) тип используемой системы сигнализации.

При использовании односторонних линий и децентрализованной системы сигнализации (2ВСК, «2 из 6» и т. д.), для расчета требуемого числа потоков Е1 от *i*-ой станции к *j*-ой станции, воспользуемся формулой:

 , где  − требуемое число цифровых потоков Е1 от *i*-ой станции к *j*-ой станции;  − число соединительных линий (каналов) между *i*-ой и к *j*-ой станциями, (); − знак целой части числа.

При использовании двусторонних пучков и централизованной системы сигнализации (ОКС №7) воспользуемся формулой: .

Эта формула справедлива, если  > 60 каналов. В противном случае необходимо использовать предыдущую формулу, заменив  на .

Результаты расчета числа цифровых потоков Е1 заносятся в таблицу 5.1.1.

Таблица 5. 1.Число ИКМ трактов передачи цифровых потоков Е1 между станциями сети

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | РАТС1 | РАТС2 | РАТС3 | РАТС4 | РАТС5 | АМТС | УСС |
| РАТС1 | - | 7 | 7 | 8 | 6 | 7 | 1 |
| РАТС2 | - | - | 6 | 9 | 4 | 4 | 2 |
| РАТС3 | - | - | - | 9 | 7 | 4 | 2 |
| РАТС4 | - | - | - | - | 10 | 6 | 2 |
| РАТС5 | - | - | - | - | - | 5 | 2 |

## 5.2. Выбор типа модуля STM.

Синхронный транспортный модуль STM − это информационная структура, используемая для осуществления соединений в SDH. Состоит из информационной (полезной) нагрузки и секционного заголовка, объединенных в блочную цикловую структуру с периодом повторения 125 мкс. Эта информация соответственно подготовлена для последующей передачи со скоростью синхронизированной с сетью. Базовый синхронный модуль STM-1 позволяет собрать потоки со скоростью 2Мбит/с в один модуль и передавать их со скоростью 155 Мбит/с. STM-1 позволяет объединить 63 потока Е1. Каждому 2 Мбитному потоку соответствует свой адрес выделения.

Модуль STM-4 обеспечивает передачу 252 цифровых потоков Е1 со скоростью 622 Мбит/с. Модуль STM-16 позволяет объединить 1008 цифровых потоков типа Е1 и обеспечивает их передачу со скоростью 2.5 Мбит/с.

Для определения типа синхронного транспортного модуля используются результаты, полученные в предыдущих разделах:

* структура оптимального кольца с указанием местоположения мультиплексоров ввода/вывода (ADM) на заданном кольце;
* схема взаимодействия ADM с узлами коммутации ГТС (ОТС, УВС и т. д.), АМТС, УСС;
* количество цифровых потоков стандарта Е1 между различными узлами коммутации телефонной сети.
* На основании вышеуказанных данных строится матрица *М* емкостей кратчайших путей и ребер.
* Матрица *М* включает:
* перечень взаимодействующих узлов коммутации (станций) сети в соответствии со схемой построения ГТС;
* количество цифровых потоков стандарта Е1 между различными узлами коммутации (станциями) ГТС;
* перечень участков кольца, которые используются для создания основных и резервных путей (маршрутов) для передачи цифровых потоков Е1 между различными узлами (станциями) ГТС.

Для построения первичной сети на базе SDH используется двунаправленное кольцо со 100% резервированием в случае аварии на участках кольца.

РАТС 1

РАТС 2 (УСС)

АМТС

РАТС5

РАТС 4

РАТС 3

ADM

ADM

ADM

ADM

ADM

ADM

Рисунок 5.2.1 Структура кольца.

A

B

C

D

E

F

Матрица М емкостей кратчайших путей и ребер для рассматриваемого задания представлена в виде таблиц 5.2.1- 5.1.3.

 Таблица 5.2. Распределение ИКМ трактов по кольцу

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| исх. п. | вх. п. | NИКМ | A-B | B-A | B-C | C-B | C-D | D-C | D-E | E-D | E-F | F-E | F-A | A-F |
| РАТС-1 | РАТС-2 | 7 | Осн. | 7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Рез. |  | 7 |  | 7 |  | 7 |  | 7 |  | 7 |  |  |
| РАТС-3 | 7 | Осн. |  |  | 7 |  | 7 |  | 7 |  | 7 |  | 7 |  |
| Рез. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 7 |
| РАТС-4 | 8 | Осн. | 8 |  | 8 |  | 8 |  | 8 |  |  |  |  |  |
| Рез. |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 8 |  | 8 |
| РАТС-5 | 6 | Осн. | 6 |  | 6 |  | 6 |  |  |  |  |  |  |  |
| Рез. |  |  |  |  |  |  |  | 6 |  | 6 |  | 6 |
| АМТС | 7 | Осн. | 7 |  | 7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Рез. |  |  |  |  |  | 7 |  | 7 |  | 7 |  | 7 |
| УСС | 1 | Осн. | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Рез. |  |  |  | 1 |  | 1 |  | 1 |  | 1 |  | 1 |
| РАТС-2 | РАТС-1 | 7 | Осн. |  |  | 7 |  | 7 |  | 7 |  | 7 |  | 7 |  |
| Рез. |  | 7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| РАТС-3 | 6 | Осн. |  |  | 6 |  | 6 |  | 6 |  | 6 |  |  |  |
| Рез. |  | 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 6 |
| РАТС-4 | 9 | Осн. |  |  | 9 |  | 9 |  | 9 |  |  |  |  |  |
| Рез. |  | 9 |  |  |  |  |  |  |  | 9 |  | 9 |
| РАТС-5 | 4 | Осн. |  |  | 4 |  | 4 |  |  |  |  |  |  |  |
| Рез. |  | 4 |  |  |  |  |  | 4 |  | 4 |  | 4 |
| АМТС | 4 | Осн. |  |  | 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Рез. | 4 |  |  |  |  | 4 |  | 4 |  | 4 |  | 4 |
| УСС | 2 | Осн. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Рез. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| РАТС-3 | РАТС-1 | 7 | Осн. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 7 |
| Рез. | 7 |  | 7 |  | 7 |  | 7 |  | 7 |  |  |  |
| РАТС-2 | 3 | Осн. | 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 |  |
| Рез. |  |  |  | 3 |  | 3 |  | 3 |  | 3 |  |  |
| РАТС-4 | 9 | Осн. | 9 |  | 9 |  | 9 |  | 9 |  |  |  | 9 |  |
| Рез. |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 9 |  |  |
| РАТС-5 | 7 | Осн. | 7 |  | 7 |  | 7 |  |  |  |  |  | 7 |  |
| Рез. |  |  |  |  |  |  |  | 7 |  | 7 |  |  |
| АМТС | 4 | Осн. | 4 |  | 4 |  |  |  |  |  |  |  | 4 |  |
| Рез. |  |  |  |  |  | 4 |  | 4 |  | 4 |  |  |
| УСС | 2 | Осн. | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 |  |
| Рез. |  |  |  | 2 |  | 2 |  | 2 |  | 2 |  |  |
|  |  УСС | 2 | Осн. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Рез. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| РАТС-4 | РАТС-1 | 8 | Осн. |  |  |  |  |  |  |  |  | 8 |  | 8 |  |
| Рез. |  | 8 |  | 8 |  | 8 |  | 8 |  |  |  |  |
| РАТС-2 | 8 | Осн. | 8 |  |  |  |  |  |  |  | 8 |  | 8 |  |
| Рез. |  |  |  | 8 |  | 8 |  | 8 |  |  |  |  |
| РАТС-3 | 9 | Осн. |  |  |  |  |  |  |  |  | 9 |  |  |  |
| Рез. |  | 9 |  | 9 |  | 9 |  | 9 |  |  |  | 9 |
| РАТС-5 | 10 | Осн. | 10 |  | 10 |  | 10 |  |  |  | 10 |  | 10 |  |
| Рез. |  |  |  |  |  |  |  | 10 |  |  |  |  |
| АМТС | 6 | Осн. | 6 |  | 6 |  |  |  |  |  | 6 |  | 6 |  |
| Рез. |  |  |  |  |  | 6 |  | 6 |  |  |  |  |
| УСС | 2 | Осн. | 2 |  |  |  |  |  |  |  | 2 |  | 2 |  |
| Рез. |  |  |  | 2 |  | 2 |  | 2 |  |  |  |  |
| РАТС-5 | РАТС-1 | 6 | Осн. |  |  |  |  |  |  | 6 |  | 6 |  | 6 |  |
| Рез. |  | 6 |  | 6 |  | 6 |  |  |  |  |  |  |
| РАТС-2 | 6 | Осн. | 6 |  |  |  |  |  | 6 |  | 6 |  | 6 |  |
| Рез. |  |  | 6 |  | 6 |  |  |  |  |  |  |  |
| РАТС-3 | 4 | Осн. |  |  |  |  |  |  | 4 |  | 4 |  |  |  |
| Рез. |  | 4 |  | 4 |  | 4 |  |  |  |  |  | 4 |
| РАТС-4 | 7 | Осн. |  |  |  |  |  |  |  | 7 |  |  |  |  |
| Рез. |  | 7 |  | 7 |  | 7 |  |  |  | 7 |  | 7 |
| АМТС | 5 | Осн. | 5 |  | 5 |  |  |  | 5 |  | 5 |  | 5 |  |
| Рез. |  |  |  |  |  | 5 |  |  |  |  |  |  |
| УСС | 2 | Осн. | 2 |  |  |  |  |  | 2 |  | 2 |  | 2 |  |
| Рез. |  |  | 2 |  | 2 |  |  |  |  |  |  |  |
| АМТС | РАТС-1 | 7 | Осн. |  |  |  |  | 7 |  | 7 |  | 7 |  | 7 |  |
| Рез. |  | 7 |  | 7 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| РАТС-2 | 4 | Осн. | 4 |  |  |  | 4 |  | 4 |  | 4 |  | 4 |  |
| Рез. |  |  |  | 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| РАТС-3 | 4 | Осн. |  |  |  |  | 4 |  | 4 |  | 4 |  |  |  |
| Рез. |  | 4 |  | 4 |  |  |  |  |  |  | 4 |  |
| РАТС-4 | 6 | Осн. |  |  |  |  | 6 |  | 6 |  |  |  |  |  |
| Рез. |  | 6 |  | 6 |  |  |  |  |  | 6 |  | 6 |
| РАТС-5 | 5 | Осн. |  |  |  |  | 5 |  |  |  |  |  |  |  |
| Рез. |  | 5 |  | 5 |  |  |  | 5 |  | 5 |  | 5 |
| Сумма NИКМ | 115 | 89 | 144 | 83 | 144 | 83 | 97 | 102 | 108 | 89 | 100 | 83 |

После заполнения матрицы М для всех взаимодействующих станций и узлов телефонной сети определяется суммарное число трактов Е1 для каждого участка кольца первичной сети. Далее выбираем участок кольца , на котором передается максимальное количество цифровых потоков Е1 (Sтреб). С учетом коэффициента запаса на развитие сети (Кр), необходимое число цифровых потоков Е1 (SH) должно удовлетворять следующему условию:

 SH≥ Кр ·Sтреб , тогда

Рекомендуемый коэффициент Кр = 1,4 тогда

Тип синхронного транспортного модуля выбирается с учетом стандартных уровней STM.

Если 0< SH ≤ 63, то выбираем STM1

 63< SH ≤ 252, то - STM4

 252< SH ≤ 1008, то - STM16

**SH**≥1,4·144=**201,6 -** выбираем **STM-4.**

Выбор типа оптического кабеля зависит от следующих основных факторов:

- требуемого числа оптических волокон в кабеле;

- используемой оптической системы передачи;

- от условий прокладки кабеля (в кабельной канализации, в грунте, под водой, по опорам ЛЭП и т.д.).

При реализации кольцевой структуры используется не менее 4 оптических волокон (2 основных и 2 резервных). Общее число волокон определяется исходя из емкости цифровых линейных трактов, необходимости резервирования и т.д.

 Выбор типа кабеля зависит от расстояния между узлами первичной сети. При организации первичной сети на территории города и расстоянии между узлами не более 40 км можно использовать одномодовые ОК, работающей на длине волны λ=1.3 мкм (затухание данного кабеля β1.3=0.35 – 0.4 Дб/км). При расстоянии между узлами более 40 км целесообразно использовать одномодовые кабели с λ=1.55 мкм (затухание β1.55=0.10-0.25дб/км).Но стоимость данного кабеля превышает стоимость кабеля, работающего на длине волны λ=1.3 мкм.

В курсовом проекте для построения транспортной сети кольцевой структуры рекомендуется использовать синхронный мультиплексор SM – 1/4 фирмы Siеmens. Как следует из технического описания, для стыковки мультиплексора М-155 (STM-1) с ОК, можно использовать два типа модулей оптического линейного тракта – Opt.155Мб (SH) или Opt.155Мб (LH). Модуль Opt.155Мб (SH) предназначен для коротких линий (λ=1.3 мкм) и перекрывает затухание 28 дБ. Opt.155Мб (LH) предназначен для длинных линий (λ=1.55 мкм) и также перекрывает затухание 28 дБ.

Для мультиплексора М-622 также имеются два типа модулей оптического линейного тракта:

* Opt.622мб (SH) – λ=1.3 мкм, В≤24 дБ;
* Opt.622мб (LH) - λ=1.55 мкм, В≤24 дБ.

Зная максимальное расстояние между мультиплексорами ввода-вывода, а также тип используемого STM, можно определить оптимальную длину волны и выбрать соответствующий модуль оптического линейного тракта.

Определим затухание участка кольца при использовании кабеля с длиной волны λ=1.3 мкм. и λ=1.55 мкм.

 **Вуч. λ=1.3**= ·β1.3=60км·0,4 дБ/км =**24 дБ**

 **Вуч. λ=1.55**= ·β1.55= 60км·0,10 дБ/км = **6дБ**

Поскольку в первом и во втором случае затухание участка не превышает значение перекрываемого затухания 28 дБ, целесообразно использовать **λ=1.3** **мкм** и Opt.622Мб (SH).

**5.3. Комплектация оборудования для сети SDH**

**.**

## EI2.2

## EI2.2

SN-4

Opt 622(SH)

Opt 622(SH)

М 155

М 155

 LAD

OHA

Рис.18 Схема модуля ADM для РАТС4.

1. Е1.2 Mb/s – модуль ввода/вывода потоков 2 Mb/s в соответствии с ITU–T G.703, на одном модуле можно выделить до 21 потока 2 Mb/s, возможно резервирование модулей в режиме N+1.
2. Opt. 622 Mb (SH) – модуль оптического линейного тракта STM-4 для коротких линий, длина волны 1300 nm, перекрываемое затухание до 24 db.
3. М155 – модуль мультиплексора 155/622 используется совместно с модулем Opt.622 Mb.
4. ОНА – модуль служебных каналов, возможно резервирование 1+1, обеспечивает организацию следующих каналов:
* 2 канала 64 kb/s, в соответствии с ITU–T G.703;
* 4 канала стыка V.11, со скоростями 64, 192 или 576 kb/s;
* один 2-проводный интерфейс служебной связи;
* два 4-проводных E&M интерфейса;
* один интерфейс PABX;
* один вызывной интерфейс.
1. SN4 – матрица временного коммутатора SM – 1/4
2. LAD – устройство сигнализации и жесткий диск.

Модули UCU, SN4, LAD являются неотъемлемой частью мультиплексора SM –1/4 и устанавливаются на каждом узле.

Число модулей E1.2 рассчитывается по формуле:

NE1.2=En[(NИКМ-1)/21+1]

NE1.2.РАТС1= En[(7+7+8+6+7-1)/21+1]= 2

Аналогично:

NE1.2.РАТС2 = En[(7+3+8+6+4-1)/21+1]= 2

NE1.2.РАТС3 = En[(7+6+9+4+4-1)/21+1]= 2

NE1.2.РАТС4 = En[(8+9+9+7+6-1)/21+1]= 2

NE1.2.РАТС5 = En[(6+4+7+10+5-1)/21+1]= 2

NE12.АМТС = En[(7+4+4+6+5-1)/21+1]= 2

**Описание конструкции**

Ядром мультиплексора является неблокируемая полнодоступная матрица временного коммутатора емкостью 1008 эквивалентов VC-12. Матрица осуществляет все переключения под управлением встроенного микроконтроллера.

Все подключаемые к мультиплексору плезиохронные сигналы перед вводом в коммутатор преобразуются в виртуальный контейнер (VC) соответствующего уровня в соответствии с рекомендацией ITU–T G.709.

Ядро (модули UCU – микроконтроллер, SN4 – матрица временного коммутатора и LAD – сигнализация и жесткий диск) является неотъемлемой частью мультиплексора.

**Механическая конструкция**

STM-4 формируется на базе мультиплексора SM-1/4.

Мультиплексор SМ-1/4 поставляется в конструктивах двух разновидностей:

* с двумя рядами модулей, максимальное количество выделяемых 2 Mb потоков – 252, максимальное количество направлений STM-4 – 4.
* с одним рядом модулей, максимальное количество выделяемых 2 Mb потоков – 126, максимальное количество направлений STM-4 – 2.

Обе разновидности конструктивов устанавливаются в статив, стандартизированный ETSI (2200 mm x 600 mm x 300 mm), причем в одном стативе может быть размещено:

* три мультиплексора с однорядным расположением модулей, или
* два мультиплексора с двухрядным расположением модулей, или
* один однорядный и один двухрядный конструктив.

Так как у нас выделяемых потоков больше чем 126 и направлений STM-4 – 4, то будем использовать конструктив с двумя рядами модулей.

Панель внешних подключений

515 mm

875 mm

**E1.2/Opt.155**

**E1.2/Opt.155**

**E1.2/Opt.155**

**E1.2/Opt.155**

**E1.2/Opt.155**

**E1.2/Opt.155**

**OHA (1+1)**

**OHA**

**UCU**

**LAD**

Opt.155/622

Opt.155/622

Opt.155/622

Opt.155/622

M.155/Opt.155

M.155/Opt.155

M.155/Opt.155

M.155/Opt.155

SN - 4

SN – 4 (1+1)

Рис. Механическая конструкция SM-1/4.

Панель внешних подключений

E1

E 1

SN-4

SB-4 (1+1)

M 622

Opt. 622

OHA

M 622

OHA (1+1)

Opt/ 622

LAD

UCU

515 мм

575 мм

Рис. .. Механическая конструкция SM-1/4 с одним рядом модулей для РАТС 1.

**6 Оценка структурной надежности сети**

Надежностью сети связи будем называть ее свойство, заключающееся в способности выполнять определенные функции (доставка сообщений) в определенных условиях эксплуатации.

Для сетей связи, являющихся сложными многофункциональными системами, можно выделить два основных аспекта надежности, которые условимся называть аппаратурными и структурными. Под аппаратурным аспектом будем понимать проблему надежности аппаратуры, отдельных устройств и их элементов, входящих в узлы и линии сети. Структурный аспект отражает функционирование сети в целом в зависимости от работоспособности или отказов узлов (станций, пунктов) или линий сети, т. е. он связан с возможностью существования в сети путей доставки информации. В данной работе будем говорить только о структурной надежности сети.

В этом случае первичная сеть связи представляется в виде вероятностного графа. Веса элементов графа (узлов и линий связи) представляются надежностными показателями. Например, коэффициентами готовности – *К*г. Под коэффициентом готовности элемента сети понимается вероятность исправного (работоспособного) состояния данного элемента в произвольный момент времени в процессе эксплуатации. Для упрощения расчетов будем предполагать, что элементы сети, с точки зрения воздействующего фактора, являются статистически независимыми.

Коэффициенты надежности участков кольца примем равным 0.999 на фиксированную длину участка.

В качестве показателя оценки структурной надежности будем использовать математическое ожидание числа связей М (Х) на ГТС. Для определения М (Х) воспользуемся следующим алгоритмом.

1. Определим максимальное число связей на ГТС. Для этого воспользуемся матрицей *М*, заполненной в разделе 5.2.

2. Определим списки путей, которые могут быть использованы для доставки информации от УК*i* до УК*j* сети в нормальных и аварийных условиях.

3. Для каждой сети связи определим вероятность связности узлов.

4. Произведем суммирование значений вероятности связности для различных узлов сети.

В результате получим абсолютное значение математического ожидания числа связей сети − М (Х). Удобнее и нагляднее данную величину выразить в относительных единицах. Тогда величина М (Х)отн может быть рассчитана по формуле: , где  − максимальное (заданное) число связей в сети при условии, что все элементы сети абсолютно надежны. ( = *m·*(*m*-1)).

Для определения вероятности связности узла *i* c узлом *j* воспользуемся следующей методикой.

1. Определим список путей, которые могут быть использованы для связи узла *i* c узлом *j.*

2. Определим надежность каждого из указанных путей.

3. Воспользуемся формулой для расчета вероятности суммы совместных событий: , где *t* – число путей которые могут быть использованы для связи узла *i* c узлом *j*; *Аk* − событие, поставленное в соответствие *i*-ому исправному пути ;  − вероятность наступления события *Аk*;  − вероятность совместного наступления двух событий *Аk* и *Am*;  − вероятность совместного наступления *t* событий;  − вероятность наступления хотя бы одного события *Аk* ().

*K12*

*B*21

1

2

6(А)

5

4

3

*K26*

*B62*

*B*56 *K*65

*B*45

*K*54

*B*34

*K*43

*K*31 *b*13

Рисунок 6.1 Структура сети

*Kij* – коэффициент готовности участка; *bij* – участок сети;  − *k*-ый путь, связывающий узел *i* и *j*.

Определим математическое ожидание числа связей М (Х)отн для сети представленной на рисунке 6.1 при условии, что используются все допустимые пути для связи узлов сети и коэффициент готовности линий связи (ребер графа сети) составляет *К*г = 0.9.

Для решения этой задачи воспользуемся рассмотренным выше алгоритмом.

1. Определим список путей, связывающих узлы сети.

μ112={b21}, μ212 = {b13 ,b34 ,b45,b56,b62};

μ116 = {b21, b62}, μ216 = {b13 ,b34,b45,b65};

μ115 = { b21, b62,b56 }, μ215 = { b31 ,b43,b54};

μ114 = { b21, b62,b56,b45 }, μ214 = { b31 ,b43};

μ113 = { b21, b62,b56,b45, b34}, μ213 = {b13};

Аналогично определяются  для остальных узлов сети.

1. Определим надежность каждого из указанных путей.

H(μ12)= H(μ21)= *K*16=0.99 ;

H(μ16)= H(μ61)= К12\* К26=0.992 =0.9801

H(μ15)= H(μ51)= К12\*К26\*К65=0.993=0.970

H(μ14)= H(μ41)= К12\*К26\*К65\*К54 =0.994 =0.961

H(μ13)= H(μ31)= К12\*К26\*К65\* К54\*К43 =0.995 =0.951

Аналогично определяются *H* () для остальных узлов сети.

3. Определим вероятности связности каждой пары узлов сети.

Р12 = Р21 = К12 + К31 К43 К54 К65К26 – К12 К26 К65 К54 К43 К31=0.9995

Аналогично определяются Рij для остальных узлов сети

4. Определим математическое ожидание числа связей в сети М (Х).

М=Р12+Р21 +Р16+Р61+Р15+Р51 +Р14 +Р41+Р13 + Р31 + Р26 + Р62 + Р25 + Р52  + Р24 + Р42+Р23+Р32+Р65+Р56+Р64+Р46 +Р63+Р36 +Р54+ Р45+Р53+Р35 +Р43 + Р34+Р1-усс+Р2-усс +

+Р3-усс++Р4-усс+ +Р5-усс+Р6 - усс =29,9895

Определим максимальное число связей в сети при абсолютно надежных элементах.

.

Определим М (Х)отн: 

 Повышение структурной надежности связей между заданными пунктами достигается принятием следующих мер:

* выбором аппаратуры или линий с повышенной надежностью, что позволяет повысить надежность отдельных ребер сети;
* применением резерва по каналам, трактам или линиям на отдельных участках сети, что также приводит к повышению надежности ребер;
* применением резервных обходных путей, что эквивалентно увеличению числа независимых путей, которые могут быть использованы для связи;
* созданием соответствующей системы управления разных уровней, обеспечивающей оперативное переключение каналов и трактов, перераспределение и ограничение потоков сообщений;
* использованием поперечных соединений между существующими путями, что эквивалентно увеличению числа зависимых путей.

**Список литературы.**

1. Егунов М.М., Бежаева Е.Б., Шерстнева О.Г. Проектирование ГТС на базе SDH. Учебное пособие. – Н.:СибГУТИ, 2002.
2. Быков Ю.П., Егунов М.М., Ромашова Т.И. Справочные материалы по курсовому и дипломному проектированию. – Н.:СибГУТИ, 2001
3. Конспект лекций по курсу “Сети связи”