

Федеральное агентство связи  
Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение  
высшего образования  
«Поволжский государственный университет телекоммуникаций и  
информатики»

Кафедра ССС

Практическое занятие

Методические указания и контрольные задания по дисциплине  
«Цифровые многоканальные телекоммуникационные системы»  
для студентов заочной формы обучения специальности 11.03.02  
«Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Семестр 6

Составил: к.т.н., доц. В.И. Иванов

Рецензент: проф. к.т.н., Б.В. Попов

Самара 2019

## Основные сокращения

АЛ	- абонентская линия;
АМТС	- автоматическая междугородняя телефонная станция;
АРУ	- автоматическая регулировка уровня;
АСК	- аппаратно-студийный комплекс;
АРП	- аппаратура регенерационного пункта;
АТС	- автоматическая телефонная станция;
АСТЭ	- автоматическая телефонная станция электронная;
ВЗГ	- ведомый задающий генератор;
ВОЛП	- волоконно-оптическая линия передачи;
ВОЛС	- волоконно-оптическая линия связи;
ВСС	- взаимоувязанная сеть связи;
ГСЭ	- генератор сетевого элемента;
ГТС	- городская телефонная сеть;
ДП	- дистанционное питание;
ЗС	- звуковое сообщение;
ИКМ	- импульсно-кодовая модуляция;
К.З.	- короткое замыкание;
ЛАЦ	- линейно-аппаратный цех;
ЛД	- лазерный диод;
ЛТ	- линейный тракт;
ЛФД	- лавинный фотодиод;
МДМ	- минимальная детектируемая мощность;
МСЭ-Т	- Международный Союз Электросвязи, комитет по Телефонии;
НРП	- необслуживаемый регенерационный пункт;
НС	- неразъемное соединение;
ОВ	- оптическое волокно;
ОК	- оптический кабель;
ОП	- оконечный пункт;
ОРП	- обслуживаемый регенерационный пункт;
ОЦК	- основной цифровой канал;
ПОМ	- передающий оптический модуль;
ПОРП	- полубслуживаемый регенерационный пункт;
ПРОМ	- приёмный оптический модуль;
ПЦИ	- (PDH) плезиохронная цифровая иерархия;
ПЭГ	- первичный эталонный генератор;
РАТС	- районная АТС;
РП	- регенерационный пункт;
РС	- разъемный соединитель;
РТМ	- руководящий технический материал;
РТЦ	- радио -, телецентр;
РУ	- регенерационный участок;
СКТВ	- система кабельного телевидения;
СЛ	- соединительная линия;
СТМ	- (STM) синхронный транспортный модуль;
СЦИ	- (SDH) синхронная цифровая иерархия;
ТКС	- телекоммуникационная система;
ТМ	- терминальный (оконечный) мультиплексор;
ТО	- техническое обслуживание;
ТРС	- токораспределительная сеть;
ТС	- транспортная сеть или система;
ТСЛ	- транссибирская линия;
ТСС	- тактовая сетевая синхронизация;
ТЭ	- техническая эксплуатация;
УВС	- узел входящих сообщений;
УИС	- узел исходящих сообщений;
УС	- узел связи;
ФД	- фотодетектор;

ЦСП	- цифровая система передачи;
ЦУС	- центральный узел связи;
ЭЗНП РАН	- экспериментальный завод научного приборостроения Российской академии наук;
ЭПУ	- электропитающее устройство;
AB	- аварийный звонок;
AL	- аварийная лампа;
APS	- автоматическое защитное переключение;
ADM	- мультиплексор ввода/вывода;
AU	- административный блок;
AUG	- группа административных блоков;
B-ISDN	- широкополосная сеть с интеграцией служб;
ВВЕР	- $K_{\text{ош}}$ по блокам с фоновыми ошибками;
C	- контейнер;
DCC	- канал передачи данных;
DM	- несрочная сигнализация;
DCC <sub>M</sub>	- канал передачи данных в мультиплексной секции;
DCC <sub>R</sub>	- канал передачи данных в регенерационной секции;
ECC	- канал управления;
ESR	- $K_{\text{ош}}$ по секундам, с ошибками;
EM	- местный терминал;
ENM	- система сетевого контроля и управления;
EM-OS	- система сетевого контроля и управления;
ETSI	- Европейский институт стандартов в области связи;
FS	- балласт;
IEEE	- институт инженеров по электронике и радиотехнике;
LAN	- локальная вычислительная сеть;
LST	- местный терминал управления;
LT	- местный терминал;
LM	- линейный мультиплексор;
MSON	- заголовок мультиплексной секции;
MAINT	- сигнализация об обслуживании;
MSP	- защита мультиплексной секции
MT	- пульт технического обслуживания;
MAINT (M)	- сигнал о состоянии оборудования;
NE	- сетевой элемент;
NPI	- индикация нулевого указателя;
NMS	- сетевая система контроля и управления;
NR	- режим без возврата;
OAM	- контроль, управление и обслуживание;
OLT	- оптический линейный терминал;
PM	- срочная сигнализация;
POH	- трактовый заголовок;
PCT	- портативный пульт управления;
PDH	- плезиохронная цифровая иерархия;
PTR	- указатель;
RSOH	- заголовок регенерационной секции;
RMT	- сигнализация об аварии на удалённом объекте;
RDP	- панель распределения электропитания;
RPS	- защита трактов виртуальных контейнеров;
SOH	- секционный заголовок;
SESR	- $K_{\text{ош}}$ по секундам, поражённым ошибками;
STNALM	- блок интерфейса станционных аварийных сигналов;
SD	- сервисные данные;
SDH	- синхронная цифровая иерархия;
TU	- субблок, трибутарный блок;
TUG	- группа субблоков;

TMN - сеть управления электросвязью;  
 VC - виртуальный контейнер;

Излагаются методические указания по выполнению практического занятия по дисциплине «ЦМТС», вопросы и задачи для самоконтроля, задания к практической работе и методические рекомендации по их выполнению.

**Вариант практической работы определяется студентом по его номеру в списке группы.**

Текст контрольной работы вместе с вариантом и исходными данными приводят в пояснительной записке на отдельной, как правило, первой странице.

Принятые решения, при выполнении ПЗ, обязательно сопровождаются необходимыми пояснениями и ссылками на литературу, использованную при выполнении соответствующего задания, список которой приводят в конце практической работы.

Изучение дисциплины «ЦМТС» базируется на обеспечивающих курсах: информатика, физика, теория вероятностей и математическая статистика, теория электрических цепей, общая теория связи, цифровая обработка сигналов, основы построения инфокоммуникационных систем и сетей, направляющие системы электросвязи.

## Список литературы

### Основная литература

1. Конспект лекций по курсу ЦМТС. Иванов В.И. Каф. ССС ПГУТИ. 2019
2. Слепов Н. Н. Синхронные цифровые сети SDH. - М.: Эко-Трендз, 1997. - 148 с.
3. Курс лекций "Сети ЭВМ и средства телекоммуникаций". Internet
4. CWDM, DWDM технологии. Учебное пособие для вузов /В.И. Иванов, А.А. Преснов, М.А. Студяникова/- Оренбург ЗАО «Новое знание.- 2012.- 123 с.: ил
5. Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов /Иванов В.И., Гордиенко В.Н., Попов Г.Н., и др. Под редакцией В.И. Иванова.- М.: Горячая линия – Телеком, 2003, - 232 с.: ил.
6. Волоконно-оптические системы передачи. / В.И. Иванов, Л.В. Адамович, А.А. Преснов, К.Е. Цветкова/- Оренбург: ЗАО «Новое знание.- 2012.- 123 с.: ил.
7. УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов / В.В. Крухмалев, В.Н. Гордиенко, А.Д. Моченов и др.; Под ред. В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалева. – 2-е изд., испр. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 424 с: ил.
- 8. Дополнительная литература**
9. Гордиенко В.Н., Тверецкий М.С. Многоканальные телекоммуникационные системы. Учебник для вузов.- М: Горячая линия -Телеком, 2005.-416 с.: ил.
10. Оптические кабели связи российского производства. Справочник./ Воронцов А.С., Гурин О.И., Мифтяхетдинов С.Х., Никольский К.К., Питерских С.Э. -М.: Эко - Трендз, 2003. -228 с.: ил.

## ЗАДАНИЯ

### и методические указания к их выполнению

Целью ПЗ является изучение принципы построения транспортных сетей связи на базе технологий АЦИ, СЦИ, WDM и АТМ.

**ЗАДАНИЕ. Расчёт сети SDH****1 Исходные данные**

В районе построено N цифровых АТС. Предполагается использовать технологию SDH, связав все станции в единую сеть.

Основные исходные данные для расчета сети заключены в структуре сетевого трафика между отдельными станциями, представленной в числителе таблицы 1, где приведено число первичных цифровых потоков Е1 по 2 Мбит/с. В знаменателе приведено расстояние между узлами в км.

Таблица 1

Сетевой межстанционный трафик

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>R</b>	<b>T</b>	<b>V</b>	<b>U</b>	<b>Q</b>
<b>A</b>		10/20	8/45	4/90	8/140	76/34	17/25	33/80	45/65	25/32
<b>B</b>	10/20		167/50	115/80	10/67	80/55	40/45	90/15	80/99	50/56
<b>C</b>	8/45	167/50		68/20	21/90	60/44	120/62	140/16	80/56	70/23
<b>D</b>	4/90	115/80	68/20		4/76	50/55	35/105	65/63	75/45	100/28
<b>E</b>	8/140	10/67	21/90	4/76		110/76	76/55	89/65	120/21	55/89
<b>R</b>	76/34	80/55	60/44	50/55	110/76		99/55	40/76	68/80	120/22
<b>T</b>	17/25	40/45	120/62	35/105	76/55	99/55		75/33	55/24	45/65
<b>V</b>	33/80	90/15	140/16	65/63	89/65	40/76	75/33		80/68	30/90
<b>U</b>	45/65	80/99	80/56	75/45	120/21	68/80	55/24	80/68		80/70
<b>Q</b>	25/32	50/56	70/23	100/28	55/89	120/22	45/65	30/90	80/70	

**Число станций (узлов А, В, С .....)** выбирается исходя из данных таблицы 2 по порядковому номеру студента в списке группы.

Таблица 2

<b>N в списке группы</b>	<b>Число узлов</b>	<b>N узлов</b>	<b>Топология сети SDH</b>
1	2	A, E	Точка-точка
2	3	B, D, U	Линейная сеть с вводом/выводом
3	4	Q, T, C, A	Кольцевая с мультиплексорами ввода/вывода
4	5	U, B, R, C, E	«Звезда»
5	6	A, B, C, D, E, R	Ячеистая структура
6	2	R, T	Точка-точка
7	3	Q, T, D	«Звезда»
8	4	C, B, R, Q	Линейная сеть с вводом/выводом
9	5	C, D, T, R, T	Кольцевая с мультиплексорами ввода/вывода
10	6	Q, U, V, T, R, E	Ячеистая структура
11	2	V, B	Точка-точка
12	3	D, E, V	Ячеистая структура
13	4	D, E, R, V	Кольцевая с мультиплексорами

			ввода/вывода
14	5	U, R, E, D, A	«Звезда»
15	6	A, B, C, Q, U, V	Ячеистая структура
16	2	Q, A	Точка-точка
17	3	U, T, R	Линейная сеть с вводом/выводом
18	4	T, R, E, Q	«Звезда»
19	5	D, E, R, T, V	Кольцевая с мультиплексорами ввода/вывода
20	6	E, R, U, V, B, D	Ячеистая структура
21	2	E, U	Точка-точка
22	3	U, C, R	«Звезда»
23	4	A, U, E, Q	Ячеистая структура
24	5	Q, T, R, C, B	Линейная сеть с вводом/выводом
25	6	U, T, R, D, A, C	Кольцевая с мультиплексорами ввода/вывода
26	2	B, U	Точка-точка
27	3	U, T, C	Кольцевая с мультиплексорами ввода/вывода
28	4	R, Q, V, U	Ячеистая структура
29	5	D, C, R, V, A	«Звезда»
30	6	A, C, E, T, U, V	Линейная сеть с вводом/выводом

## 2. Краткое содержание контрольной работы

1. Исходные данные
2. Введение
3. Расчет уровня телекоммуникационных систем (ТКС)
4. Схема организации связи в соответствии с топологией сети (предварительная, упрощённая)
5. Выбор оптического кабеля и его характеристики
6. Расчет максимальной длины участка регенерации
7. Выбор транспортной системы SDH, основные характеристики
8. Схема организации связи (окончательная)
9. Заключение

## Методические указания

### Пример 1. 3. Расчет уровня телекоммуникационных систем (ТКС)

#### 3.1 Исходные данные

В районе построено 5 цифровых АТС. Предполагается использовать технологию SDH, связав все станции в единую сеть.

Основные исходные данные для проектирования заключены в структуре сетевого трафика между отдельными станциями, представленной в таблице 1, где число до дроби соответствует числу основных каналов по 2 Мбит/с, а после дроби - резервных. Топология сети SDH показана на рисунке 1.

**Внимание! Вам в КР резервная не задается (т.е. резервный трафик равен 0)**

Таблица 1

Сетевой межстанционный трафик

	A	B	C	D	E
--	---	---	---	---	---

A		10/4	8/8	4/1	8/8
B	10/4		167/40	115/25	0
C	8/8	167/40		68/20	21/21
D	4/1	115/25	68/20		4/2
E	8/8	0	21/21	4/2	

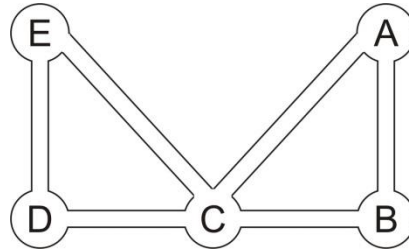


Рисунок 1 - Схема простой ячеистой топологии SDH

Требуется:

- выбрать направления основного и резервных путей между отдельными станциями;
- рассчитать нагрузки сегментов сети и ее узлов;
- выбрать требуемый уровень и число мультиплексов.

### 3.2 Расчет нагрузки на сегменты пути.

Проводим расчёт нагрузки на основные и резервные пути.

3.2.1 Нагрузка на основные пути. Выбираем основные пути, соединяющие каждые два узла (каналов E1):

- для узла A:

A – 10 – B;

A – 8 – C;

A – 4 – C – 4 – D;

A – 8 – C – 8 – E;

- для узла B:

B – 167 – C;

B – 115 – C – 115 – D;

B – 0 – C – 0 – E;

- для узла C:

C – 68 – D;

C – 21 – E.

- для узла D:

D – 4 – E;

Суммарная нагрузка основных путей на сегменты (каналов E1):

A – B: 10

A – C:  $8+4+8=20$

B – C:  $167+115+0=282$

C – D:  $4+115+68=187$

C – E:  $8+0+21=29$

D – E: 4

3.2.2 Нагрузка на резервные пути. Выбираем резервные пути, соединяющие каждые два узла (каналов E1):

– для узла А:

$A - 4 - C - 4 - B$ ;

$A - 8 - B - 8 - C$ ;

$A - 1 - B - 1 - C - 1 - E - 1 - D$ ;

$A - 8 - B - 8 - C - 8 - D - 8 - E$ .

– для узла В:

$B - 40 - A - 40 - C$ ;

$B - 25 - A - 25 - C - 25 - E - 25 - D$ ;

$B - 0 - A - 0 - C - 0 - D - 0 - E$ .

– для узла С:

$C - 20 - E - 20 - D$ ;

$C - 21 - D - 21 - E$ .

– для узла D:

$D - 2 - C - 2 - E$ .

Суммарная нагрузка резервных путей на сегменты (каналов E1):

$A - B: 8+1+8+40+25+0=82$ ;

$A - C: 4+40+25+0=69$ ;

$B - C: 4+8+1+8=21$ ;

$C - D: 8+0+21+2=31$ ;

$C - E: 1+25+20+2=48$ ;

$D - E: 1+8+25+0+20+21=75$ .

### 3.3 Узловая нагрузка каналов E1

Нагрузка на каждый узел сети высчитывается как сумма нагрузки на те сегменты, с которыми данный узел соединен.

Узел А:  $(10+20)+(82+69)=181$ (к), скорость - 362 Мбит/с;

Узел В:  $(10+282)+(82+21)=395$ (к), скорость - 790 Мбит/с;

Узел С:  $(20+282+187+29)+(69+21+31+48)=687$ (к), скорость - 1374 Мбит/с;

Узел D:  $(187+4)+(31+75)=297$ (к), скорость - 594 Мбит/с;

Узел E:  $(29+4)+(48+75)=156$ (к), скорость - 312 Мбит/с.

Результирующая величина справедлива для режима полноценного резервирования, при котором выход из строя какого-либо соединительного пути и последующий переход на резервный путь не оказывает какого-либо влияния на работу других узлов (соответственно, при нормальном функционировании основных путей резервные каналы просто бездействуют).

### 3.4 Выбор требуемого уровня и числа мультиплексов

Система SDH обеспечивает стандартные уровни информационных структур, то есть набор стандартных скоростей.

Базовый уровень скорости — STM-1 155,52 Мбит/с. Цифровые скорости более высоких уровней определяются умножением скорости потока STM-1, соответственно, на 4, 16, 64...: 622 Мбит/с (STM-4), 2,5 Гбит/с (STM-16), 10 Гбит/с (STM-64) и 40 Гбит/с (STM-256).

Рассчитав нагрузку на узлах сети, можно судить о том, мультиплексы какого уровня иерархии SDH необходимо установить в каждом из них.

Требования трёх узлов (А, D, E) могут быть обеспечены коммутатором/ мультиплексором ECI STM-4. Остальные узлы (В и С) требуют большей канальной емкости и должны быть оборудованы коммутатором ECI STM-16.



#### Пример 2. 4. Схема организации связи

Топология сети – кольцевая. Передача информации между объектами ПТУС "Башнефть": УС Курасково, УС Серафимовский, УС Белебей, УС Приютово, УС Ишимбай.

**Внимание! В Вашем случае населенные пункты обозначаете как А, В, С, и т. д.**  
Количество потоков Е1 между узлами связи приведено в таблице 2.

Таблица 2 Число

потоков Е1

Узлы связи	Дема	Серафимовский	Белебей	Приютово	Ишимбай	Всего по узлам
Дема	–					
Серафимовский	105	–				105
Белебей	2	4	–			6
Приютово	2	2	4	–		8
Ишимбай	84	2	4	8	–	98
Всего потоков Е1						217

В таблице 3 приводятся расстояния в километрах между узлами связи. Так как строится кольцевая сеть, приводятся расстояния между узлами расположенными по кольцу.

Таблица 3

Расстояния между узлами связи, км

Участки между узлами связи	Обозначения	Расстояния между узлами, км.
УС Дема – УС Степановка	А	38,7
УС Степановка – УС Ишимбай	Б	57
УС Ишимбай – НРП Шафраново	В	58
НРП Шафраново – УС Приютово	Г	62
УС Приютово – УС Белебей	Д	38,2
УС Белебей – УС Серафимовский	Е	52,7
УС Серафимовский – УС Языково	Ж	60
УС Языково – УС Дема	З	42,2

#### 6. Расчет максимальной длины участка регенерации

Известно, что длина регенерационного участка ВОСП определяется двумя параметрами: суммарным затуханием РУ и дисперсией сигналов ОВ /7/.

Длина РУ с учетом только затухания оптического сигнала, то есть потерь в ОВ, устройствах ввода оптического излучения (как правило, потерь в разъёмных соединениях), неразъёмных соединениях (сварных соединениях строительных длин кабеля) можно найти из формулы:

$$A_{py} = \mathcal{E} = \alpha \cdot l_{py} + A_p \cdot n_p + A_n \cdot n_n, \text{ дБ}, \quad (1.4)$$

где  $A_{py}$  – затухание оптического сигнала на регенерационном участке, дБ;

$\mathcal{E}$  – энергетический потенциал системы передачи, дБ,

$\alpha$  – коэффициент затухания ОВ, дБ /км,

$l_{py}$  - длина регенерационного участка, км,  
 $A_p, A_n$  - затухание оптического сигнала на разъемном и неразъемном соединениях, дБ  
 $n_p, n_n$  - количество разъемных и неразъемных соединений ОВ на регенерационном участке.

В этой формуле количество неразъемных соединений ОВ на длине регенерационного участка равно:

$$n_n = \frac{l_{py}}{l_c} - 1,$$

где  $l_c$  - строительная длина ОК.

Подставив количество неразъемных соединений на регенерационном участке в уравнение (1.2), получим:

$$\mathcal{E} = \alpha \cdot l_{py} + A_p \cdot n_p + A_n \cdot \left( \frac{l_{py}}{l_c} - 1 \right),$$

$$\mathcal{E} = \alpha \cdot l_{py} + A_p \cdot n_p + \frac{A_n}{l_c} \cdot l_{py} - A_n,$$

$$l_{py} \left( \alpha + \frac{A_n}{l_c} \right) = \mathcal{E} - A_p \cdot n_p + A_n.$$

Отсюда можно выразить длину регенерационного участка

$$l_{py} = \frac{\mathcal{E} - A_p \cdot n_p + A_n}{\alpha + A_n / l_c}.$$

Современные технологии позволяют получать затухания  $A_p \leq 0,5$  дБ,  $A_n \leq 0,1$  дБ. Кроме того, на регенерационном участке количество разъемных соединений  $n_p = 2$ .

Тогда можно найти максимальную и минимальную длины регенерационных участков с учетом потерь на затухание в ОВ, потерь в устройствах ввода/вывода оптического сигнала (в разъемных соединителях), потерь в неразъемных сварных соединениях при монтаже строительных длин кабеля

$$l_{py \max \alpha} = \frac{\mathcal{E} - \mathcal{E}_3 - A_p \cdot n_p + A_n}{\alpha + A_n / l_c}, \text{ км}, \quad (1.5)$$

$$l_{py \min \alpha} = \frac{\mathcal{E} - \mathcal{E}_3 - A_p \cdot n_p + A_n}{\alpha + A_n / l_c}, \text{ км}, \quad (1.6)$$

где  $\mathcal{E}_3$  - энергетический (эксплуатационный запас) системы, необходимый для компенсации эффекта старения элементов аппаратуры и ОВ,  $\mathcal{E}_3 = 6$  дБм,

Для ТКС SDH  $A_{APU}$  не задается, поэтому на линиях SDH рассчитывается только  $l_{py \max \alpha}$ .

По формулам (1.5 и 1.6) рассчитываются максимальная и минимальная длины РУ ВОСП PDH, определяемые затуханием оптического сигнала.

При проектировании оптической линии передачи SDH энергетический потенциал ВОСП рассчитывается как разность уровней передачи и минимального уровня приема.

При расчете минимальной длины регенерационного участка результат может получиться с отрицательным знаком. Это означает что минимальная длина РУ равна нулю.

Как было отмечено выше, длина регенерационного участка ВОСП зависит также и от дисперсии сигнала в ОВ. Максимальная длина РУ с учетом дисперсионных свойств ОВ рассчитывается по следующей формуле:

$$l_{py \max \sigma} = \frac{0,25}{\sigma \cdot B}, \text{ км}, \quad (1.7)$$

где  $\sigma$  - дисперсия сигнала в ОВ, определенная для многомодового ОВ по формуле (1.2),  
а для одномодового ОВ – по формуле (1.3),

$V'$  – скорость передачи цифрового сигнала в линейном тракте.

Из рассчитанных максимальных длин по формулам (1.5 и 1.7) в проекте выбирается наименьшее значение, которое должно находиться в пределах между минимальным и максимальным значениями длин регенерационных участков, указанных для ВОСП РДН в приложении А.

Для транспортных систем SDH соответствие рассчитанной длины регенерационного участка техническим параметром системы можно проверить по допустимому максимальному затуханию, приведенному в приложениях В, Г, Д. Затухание, рассчитанное по формуле

$$A_{py \max} = \sigma \cdot l_{py \max}, \text{ дБ},$$

должно быть не больше допустимого затухания на РУ, приведенного в приложениях В,Г,Д.

После расчета максимальной длины регенерационного участка следует распределить регенерационные пункты.

При проектировании внутризонавой, зонавой или магистральной междугородной связи в соответствии с заданием или по взаимному тяготению следует выбрать населенные пункты, где будет осуществляться ввод/вывод рассчитанного количества каналов или цифровых потоков.

Такие пункты чаще всего проектируются как обслуживаемые. Затем, если расстояния между ними будут больше  $l_{py \max}$ , необходимо рассчитать число регенерационных участков, расположенных между обслуживаемыми пунктами:

$$n_{py} = \frac{l_{OP(ORP)}}{l_{py \max}},$$

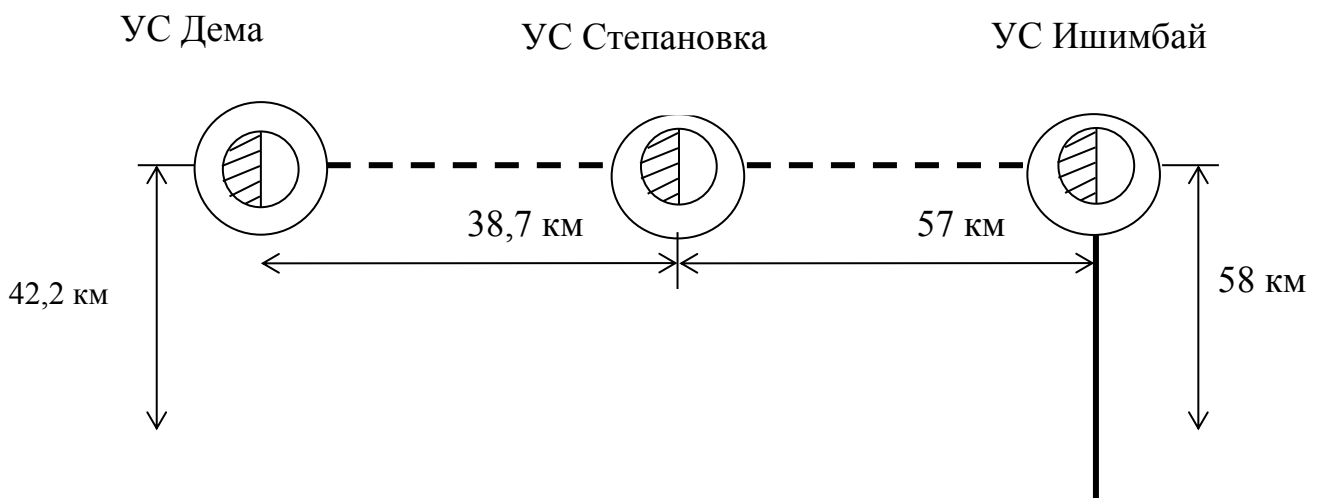
а количество необслуживаемых регенерационных пунктов (НРП) на этой секции будет равно:

$$n_{НРП} = n_{py} - 1.$$

По этой же методике следует распределить НРП на всех участках между ОРП (ОР) и выбрать тип НРП. Такой же методике следует придерживаться при проектировании областных и межобластных кольцевых сетей.

При проектировании городских кольцевых сетей необходимо стремиться к тому, чтобы на сети не было НРП. При необходимости этого можно добиться выбором кабелей с одномодовыми ОВ с наименьшим затуханием и использованием длины волны 1,55 мкм. А при небольших расстояниях между АТС целесообразна работа на длине волны 1,3 мкм чтобы не было перегрузки входных усилителей РП.

Схема организации связи приведена на рис. 2.



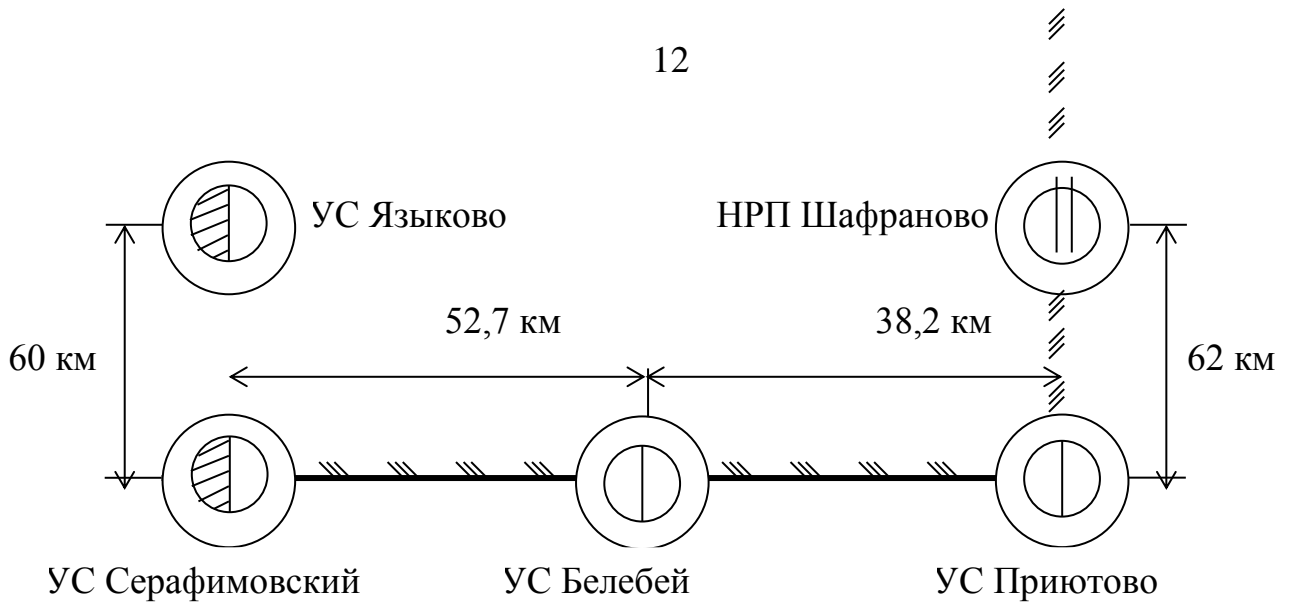


Рисунок 2. Схема организации связи (предварительная)

### Пример 3 7. Выбор и характеристика транспортной системы

Исходной информацией для выбора ВОСП является количество организуемых цифровых потоков различного уровня. Таким образом, выбор ВОСП определяется характером передаваемой информации, а также числом организуемых каналов.

Обычно к ТКС PDH используется наименование «система передачи», а к ТКС SDH – «транспортная система».

Волоконно-оптической системой передачи или транспортной системой называется совокупность активных и пассивных устройств, предназначенных для передачи (транспортирования) информации на расстояние по ОВ с помощью оптических волн. Следовательно, ВОСП – это совокупность электрических и оптических устройств и оптических линий передачи для создания, обработки и передачи (транспортирования) оптических сигналов.

Волоконно-оптической линией передачи (ВОЛП) понимается совокупность физических цепей, линейных трактов систем передачи, имеющих общие среду распространения (ОК), линейные сооружения и устройства их технического обслуживания и управления.

Большинство ВОСП работают по ОК по двухволоконной схеме, когда для передачи информации в одном направлении используется одно ОВ, а для передачи в другом направлении – второе ОВ, расположенное в том же ОК.

В результате расчета числа каналов была определена скорость передачи информации 622,08 Мбит/с и на её основании выбрана телекоммуникационная система SDH STM-4 - FlexGain A2500, выпускаемая ЗАО "НТЦ НАТЕКС". FlexGain A2500 – это новое направление решений SDH дополняющее серию мультиплексоров FlexGain A155 и FlexGain T155, производимых и поставляемых НТЦ НАТЕКС.

FlexGain A2500 – полнофункциональный мультиплексор выделения добавления до уровня STM-16, который можно использовать также и в качестве регенератора .

Постоянное увеличение объемов передаваемого трафика вместе с лавинообразным ростом Internet трафика приводит к необходимости увеличения пропускной способности каналов передачи данных. На сегодняшний день уровень STM-4 необходимо использовать не только на магистральных сетях, как это принято предполагать, но и на любом уровне сетевых топологий. При этом, оборудование должно быть достаточно компактным и удовлетворять всем требованиям пользователя.

Гибкий и компактный мультиплексор FlexGain A2500 поддерживает как передачу стандартного TDM трафика через интерфейсы STM1/STM4/STM16, так и передачу данных по интерфейсу 1000 Base SX (Gigabit Ethernet). FlexGain A2500 дает всем этим интерфейсам преимущества SDH, такие как механизмы защиты, возможность наращивания, легкая интеграция в существующие сети.

FlexGain A2500 имеет встроенные SNMP агент и HTTP сервер для управления на элементном уровне. Сетевой уровень управления обеспечивается с использованием FlexGain View, являющейся единой системой централизованного управления для оборудования FlexGain A2500 и NATEKS MMX [3].

#### **Основные преимущества FlexGain – A2500**

FlexGain A2500 использует все преимущества стандарта SDH, обладая многообразными интерфейсами (включая 155 и 622 Мбит/с, увеличиваемое до 2,48 Гбит/с), позволяет объединять локальные/глобальные сети с обеспечением высокого уровня защиты трафика. FlexGain A2500 позволяет использовать все стандартные типы защиты трафика используемые технологией SDH: защита мультиплексорной секции (MSP), направления (SNC-P) или кольца (MS-Spring). Основные платы мультиплексора, платы агрегатных и трибутарных потоков резервируются на аппаратном уровне, что повышает общую надежность оборудования в сети.

FlexGain A2500 имеет достаточно малые габариты шасси (ШхГхВ): 450x280x270 мм. Высокая степень интеграции элементной базы, используемой при разработке мультиплексора, позволила одновременно с уменьшением габаритов мультиплексора значительно повысить надежность и снизить энергопотребление. Также немаловажным фактом является простота в настройке и обслуживании FlexGain A2500 (мультиплексор имеет гибкую самонастраивающуюся конфигурацию, предустановленную по умолчанию).

Мультиплексор FlexGain A2500 может использоваться в различных конфигурациях: терминальный мультиплексор, мультиплексор выделения/добавления, регенератор или кроссовый коммутатор. В шасси мультиплексора предусмотрено 6 посадочных мест для установки трибутарных плат. Ядром системы является не блокируемая переключаемая матрица 64x64 VC4 с возможностью переключения на уровне VC12 (рисунок 1.2).

FlexGain A2500 имеет встроенный HTTP сервер. Это дает возможность наблюдать за событиями и авариями любого мультиплексора в сети. http сервер имеет дружелюбный пользователю графический интерфейс. Сеть мульти-плексоров T155, A155 и A2500 может конфигурироваться и мониториться при помощи единой системы управления FlexGain View, которая поддерживает многопользовательский режим и позволяет назначить различный уровень доступа оператора к узлам. FlexGain View работает под управлением операционной системы Windows NT и имеет различные режимы обслуживания узлов в зависимости от уровня доступа пользователя. Технические характеристики FlexGain A2500 приведены в таблице 1.5.

#### **Режимы защиты**

FlexGain A2500 поддерживает три режима защиты:

- STM-n MSP 1+1 (для трибутарных модулей STM-1 и STM-4);
- защита пути VC4 SNC-P;
- MS-SPRING.

Защита мультиплексорной секции (1+1) достигается за счет дублирования оптической линии и трибутарного модуля:

- передача информации дублируется одновременно по двум оптическим линиям: основной и резервной;
- прием осуществляется только по выбранной линии.

Переключение приема с основной линии на резервную происходит автоматически,

согласно рекомендации ITU-T G.823. Прерывание трафика при переключении линии не происходит.

Переключение на резервную линию может быть инициализировано:

- обрывом ВОК;
- выходом из строя модуля приемопередатчика;
- командой оператора.

Критерием переключения может служить:

- SF (потеря сигнала) или потеря входного сигнала STM-n (LOS);
- потеря мультифрейма STM-n (LOF);
- обнаружение в мультиплексной секции сигнала AIS (MS-AIS);
- передача большого количества ошибочных битов в байте B2 (EBER-B2);
- выход из строя или отсутствие модуля STM-n;
- SD (ухудшение качества сигнала);
- количество ошибок в байте B2 больше установленного порога.

События SF и SD постоянно обрабатываются и отфильтровываются мультиплексором (время реакции фильтра настраивается). В случае возникновения ошибки активируется протокол K1/K2, описанный в рекомендации ITU-T G.783 и инициализирует механизм защиты [4].

Защита SNC-P используется в кольцевых топологиях в случае, когда от приемника до источника используется два пути с разных сторон кольца. Один путь считается основным, а другой – резервным.

Критерием переключения пути может служить:

- SF (потеря сигнала) или обнаружение AIS на конце пути (LP-AIS);
- передача большого количества битовых ошибок в байте B3 (EBER-B3);
- SD (ухудшение качества сигнала);
- количество ошибок в байте B3 больше установленного порога.

События SF и SD постоянно обрабатываются и отфильтровываются мультиплексором; (время реакции фильтра настраивается).

Процесс переключения занимает порядка 50 мс после подтверждения факта переключения из-за возникшей неисправности и поддерживается в переключенном состоянии до восстановления сигнала на трибутарном модуле.

Защита MS-SPRING используется в кольцевых топологиях. Она осуществляется резервированием 8 VC4 контейнеров в кольце и переключением основного кольца на резервное в случае возникновения неисправностей в основном кольце. В отличие от SNC MS-SPRING не воздействует на трафик во время создания пути, только во время возникновения неисправности, следовательно, этот тип защиты оптимизирует пропускную способность и позволяет кольцу передавать большее количество трафика.

Максимально возможное количество узлов в кольце при использовании защиты – MS-SPRING – 16. События SF и SD постоянно обрабатываются и отфильтровываются мультиплексором; (время реакции фильтра настраивается). В случае возникновения ошибки активируется протокол K1/K2 описанный в рекомендации ITU-T G.841 и инициализирует механизм защиты.

### **Синхронизация**

FlexGain A2500 в режиме синхронизации может :

- использовать свой собственный источник синхронизации для синхронизации потоков через STM-n интерфейсы;
- отдавать синхроимпульсы для синхронизации внешнего оборудования;
- быть засинхронизированным от внешнего или внутреннего источника синхронизации.

FlexGain A2500 может быть засинхронизирован от следующих источников:

- трибутарный либо агрегатный STM-n интерфейс;
- внешний источник синхронизации (ITU-T G.703 2048 кГц);
- внутренний тактовый генератор.

В случае сбоя источника синхронизации система автоматически переходит на другой источник синхронизации согласно таблице приоритетов мультиплексора. Переключение также может осуществляться обратно в случае восстановления источника с большим приоритетом.

### Оптические ресурсы приемопередатчика FG-A2500

В дипломной работе ведется создание локальной сети СЦИ на ВОСП, таким образом, экономически целесообразно создавать максимальное количество абонентских точек вхождения в оптическую сеть доступа, подключение к которым даст возможность предоставлять потребителю все существующие в настоящее время и перспективные виды услуг.

Таблица 1.5

Технические характеристики FlexGain A2500

Характеристика	FlexGain A2500
Компонентные интерфейсы	155,52 Мбит/с G.703, G.823 ITU-T 622,08 Мбит/с G.703, G.823 ITU-T 2488,32 Мбит/с G.703 ITU-T Ethernet 10/100 BaseT Bridge
Агрегатный интерфейс	Оптический 2x622,08 Мбит/с, G.957/G.958
Варианты конфигурации	34/45 Мбит/с (Ethernet) 1x155 Мбит/с (STM-1) 4x155 Мбит/с (STM-4) 4x622 Мбит/с (STM-16)
Интерфейсы управления	TCP/IP, 10BaseT (RJ-45) VT100, RS-232(DB-9)
Электропитание	Номинальное напряжение: -48 В (диапазон от 18 В до 72 В) постоянного тока. С дополнительным адаптером: 220 В переменного тока
Потребляемая мощность	До 160 Вт
Габариты (ШxВxГ)	Сточное исполнение: 450x280x270 мм
Условия эксплуатации	Температурный диапазон: от +5°C до +45°C (стандартный) от -25°C до +55°C (расширенный) Относительная влажность < 85%

### Оптические ресурсы приемопередатчика FG-A2500

В дипломной работе ведется создание локальной сети СЦИ на ВОК, таким образом, экономически целесообразно создавать максимальное количество абонентских точек вхождения в оптическую сеть доступа, подключение к которым даст возможность предоставлять потребителю все существующие в настоящее время и перспективные виды услуг.

Таким образом, подключение к оптической сети доступа осуществляется через оптические интерфейсы. В агрегатном блоке STM-4 устройства А-2500 фирмы НТЦ НАТЕКС применяется оптический интерфейс L-4.2 .

Оптические характеристики интерфейса приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6  
Характеристики оптического модуля L-4.2

Характеристики	Единицы измерения	Значения
1. Скорость передачи информации по ОВ	Мбит / с	622,08
2. Тип ОВ		одномодовый
3. Длина волны	мкм	1,55
4. Код		NRZ
5. Средняя величина начальной мощности: — <i>max</i> — <i>min</i>	дБм дБм	+2 -3
6. <i>Min</i> коэффициент ослабления	дБ	10
7. <i>Min</i> оптическое затухание при согласовании кабельной установки с S, включая все разъемы	дБ	10
8. <i>Min</i> чувствительность	дБм	-28
9. Тип стыка		SC
10. <i>Max</i> мощность на приеме	дБм	-8

Все данные верны для одномодовых кабелей соответствующих стандарту G.652[3].

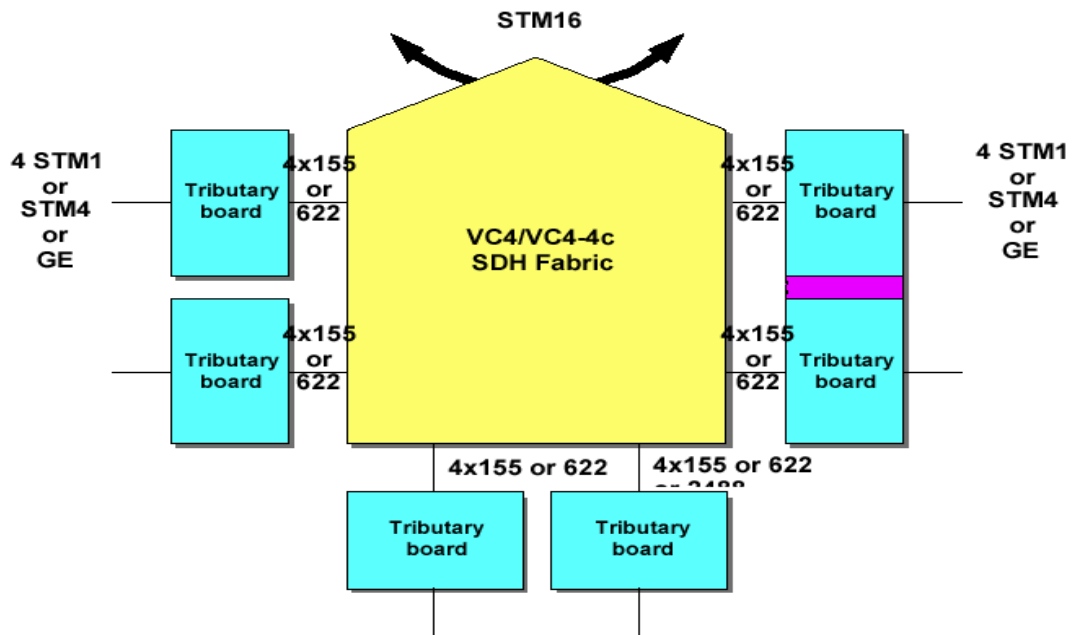


Рисунок 1.2. Блочная схема FG- A2500

### Транспортные системы SDH

Новые возможности цифровых коммутаторов и технических средств транспортной среды (возможность реализации мощных транспортных сетей на базе ВОЛС и мультиплексоров SDH: терминальных, ввода/вывода, с кросс-коммутацией) с перспективой увеличения пропускной способности без существенной реконструкции, способность SDH к глубокой автоматизации и контролю элементов сети и качества услуг, а также к автоматическому и программному управлению сложными конфигурациями (кольцевыми и разветвленными) предъявляют новые требования к планированию и



проектированию сетей электросвязи.

Достижения современной техники коммутации и передачи сместили акценты в распределении затрат. Стоимость канала-километра стремительно снижается, а стоимость точки коммутации если не растет, то снижается значительно меньшими темпами. С другой стороны, появление SDH и мощных мультиплексоров с кросс-коммутацией превратили сеть передачи по сути в распределённый коммутатор.

Это обстоятельство привело к тому, что возникла необходимость пересмотреть многоуровневую структуру прежней первичной сети: местная (городская и сельская), внутризонавая и магистральная, представив её двумя уровнями: сетью доступа и транспортной сетью. Построение таких сетей на базе SDH имеет свои особенности.

Транспортная сеть или система (ТС) может охватывать участки как магистральной и зонавых линий передачи, так и местных сетей. ТС органически объединяет сетевые ресурсы, которые выполняют функции передачи информации, контроля и управления (оперативного переключения, резервирования и т.д.). ТС является базой для всех существующих и планируемых служб интеллектуальных, персональных и других сетей. Информационной нагрузкой ТС SDH являются сигналы PDH. Аналоговые сигналы предварительно преобразуются в цифровую форму с помощью имеющегося на сети аналого-цифрового оборудования. Универсальные возможности транспортирования разнородных сигналов достигаются в SDH благодаря использованию принципа контейнерных перевозок. В ТС SDH перемещаются не сами сигналы нагрузки, а новые цифровые структуры – виртуальные контейнеры, в которых размещаются сигналы нагрузки. Сетевые операции с контейнерами выполняются независимо от их содержания. После доставки на место и выгрузки из виртуальных контейнеров (VC) сигналы нагрузки обретают исходную форму. Поэтому ТС SDH является прозрачной для любых сигналов.

## **8. Схема организации связи (окончательная)**

### **Общие положения**

Схема организации связи разрабатывается на основе размещения ОП, ОРП, НРП, технических возможностей аппаратуры и технического задания с целью получить наиболее экономичный вариант организации необходимого числа каналов ТЧ, ОЦК или цифровых потоков более высокого порядка между соответствующими населенными пунктами или АТС (МТС), если строится городская сеть.

В процессе разработки схемы организации связи должны быть решены вопросы организации цифровой связи, служебной связи, телеконтроля и телемеханики. На схеме должно быть показано размещение ОП, ОРП, НРП, приведена нумерация пунктов. Обслуживаемые пункты нумеруются отдельно от НРП: ОП-1, ОРП-2, ОП-3. Нумерация НРП на линиях передачи малой протяжённости может быть сквозной: НРП-1, НРП-2, ..., НРП-К, а на линиях передачи большой протяжённости (несколько секций) – по секциям. Например, на первой от оконечной станции – НРП-1/1, НРП-2/1 и т.д., на второй секции – НРП-1/2, НРП-2/2 и т.д.

Кроме того, на схеме организации связи необходимо показать количество систем передачи (транспортных систем), распределение каналов и потоков по потребителям, тип аппаратуры оконечных и промежуточных пунктов, сервисного оборудования.

При выполнении схемы организации связи следует использовать условные графические обозначения, приведенные в ГОСТ 2.753-79, приведенные в /2/ и ГОСТ 21.406-88 СПДС, приведенные в приложении Е настоящего учебного пособия.

Схема организации связи для нашего примера приведена на рисунке 1.3

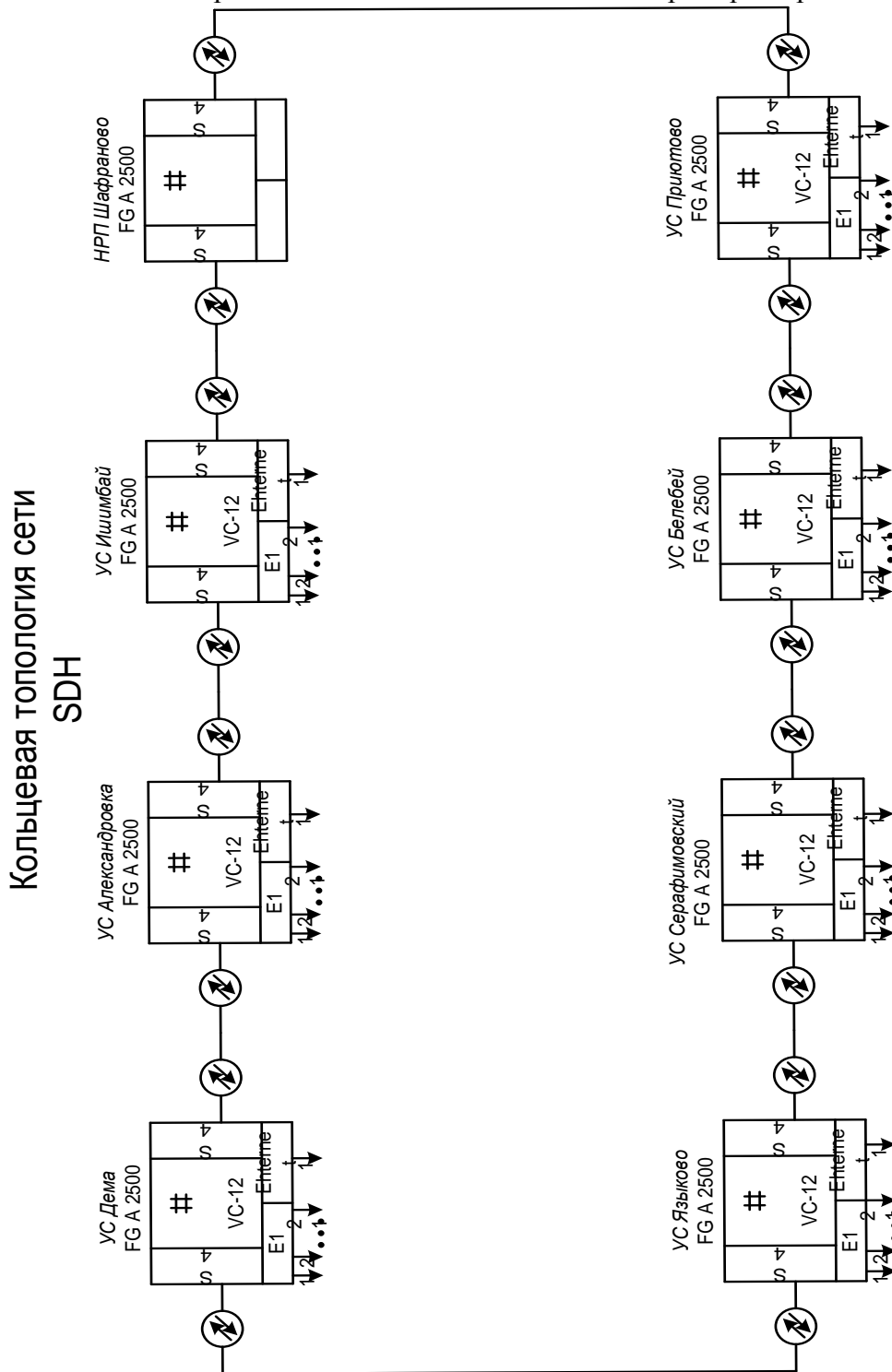


Рис. 1. 3 - Схема организации связи.

### Заключение

В результате выполнения курсовой работы получены теоретические знания по дисциплине «Оптические транспортные сети», практические навыки по расчету и построению транспортных сетей.

SDH (Synchronous Digital Hierarchy) — это система передачи данных, основанная на синхронизации по времени передающего и принимающего устройства. Стандарты сетей SDH определяют характеристики цифровых сигналов. Сети SDH целесообразно использовать в качестве транспортных сетей, связывающих локальные сети передачи данных. Роль сетей SDH растет с развитием технологии ATM, которая становится связующим звеном между локальными компьютерными сетями и глобальными транспортными сетями SDH.

В данной курсовой работе мы связали 5 цифровых АТС в единую сеть. Построенная сеть SDH имеет следующие характеристики:

- архитектура - "ячеистая";
- нагрузка на сегменты - от 4 до 282 каналов 2 Мбит/с;
- нагрузка на узлы - от 156 до 687 каналов 2 Мбит/с;
- задействованные уровни иерархии SDH - до STM-16.