

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики»

Кафедра «Автоматической электросвязи»

Л.Н. Сутягина

**Методические указания  
по выполнению курсового проекта  
«Проектирование городской наложенной мультисервисной сети  
связи общего пользования»**

Самара  
2016 г.

УДК 621.391

Рекомендовано к изданию Методическим советом ПГУТИ, протокол № 26 от 10.05.2016г.

**Рецензент:** зав.кафедрой СС ПГУТИ, д.т.н., профессор Васин Н.Н.

**Сутягина, Л.Н.**

«Проектирование городской наложенной мультисервисной сети связи общего пользования»: методические указания по выполнению курсового проекта / Л.Н. Сутягина. - Самара: ПГУТИМ, 2016. - 40 с.

Предлагаются методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Сети связи и системы коммутации», часть 2 для студентов заочного отделения и дистанционной формы обучения по направлению подготовки 11.03.02 - Инфокоммуникационные технологии и системы связи. Профиль подготовки - Оптические и проводные сети и системы связи

Пособие содержит задание на курсовое проектирование и методические указания по его выполнению.

Методические указания утверждены на заседании кафедры АЭС №7 от 21.04.2016 г.

## Содержание

1	Задание на курсовой проект.....	4
1.1	Постановка задачи проектирования.....	4
1.2	Исходные данные и задание на курсовое проектирование.....	4
2	Общие указания.....	7
3	Методика расчета возникающих и межстанционных нагрузок.....	10
4	Методика расчета емкости пучков межстанционной связи.....	13
5	Расчет пропускной способности цифрового кольца для сети с коммутацией каналов.....	15
5.1	Характеристика транспортной сети синхронной цифровой иерархии SDH.....	15
5.2	Методика расчета требуемой пропускной способности цифрового SDH-кольца.....	16
5.3	Пример расчета требуемой пропускной способности цифрового SDH-кольца.....	17
6	Расчет сети общеканальной сигнализации ОКС№7.....	20
7	Расчет сети с пакетной коммутацией.....	22
7.1	Методика расчета и выбора типов интерфейсов для передачи разговорного трафика.....	23
7.2	Определение транспортного ресурса и интерфейса подключения транзитного шлюза к пакетной сети.....	25
7.3	Расчет производительности гибкого коммутатора.....	26
7.4	Методика расчета и выбора типов интерфейсов для передачи Интернет трафика.....	27
7.5	Методика расчета и выбора типов интерфейсов для передачи видео трафика .....	30
	Список рекомендованных источников литературы.....	33
	Приложения.....	34

# 1 ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

## 1.1 Постановка задачи проектирования

1. На существующей городской сети связи (ГСС) имеется несколько цифровых опорных станций (ОПС), количество, тип оборудования и емкость которых указаны в табл. 1.1. Все станции сети соединены между собой через транспортную сеть SDH кольцевой топологии на базе ВОЛС.

2. Разработать план реконструкции существующей цифровой ГСС, предполагающий построение городской наложенной мультисервисной сети связи общего пользования (МСС) с использованием технологии гибкого коммутатора (Softswitch) для предоставления пакета услуг класса Triple Play (пакетная телефония VoIP, доступ в Интернет, пакетное телевидение IP-TV, видео по запросу VoD).

3. Проектируемую городскую наложенную мультисервисную сеть связи реализовать с применением свободных волокон в существующих оптических кабелях или на базе оборудования спектрального уплотнения xWDM. Проектируемое узловое оборудование мультисервисной сети связи может быть размещено в зданиях существующих ОПС или в новых помещениях в соответствии с заданием на курсовое проектирование. Самостоятельно определить места размещения центра обслуживания вызовов ЦОВ(ранее узел спецслужб - УСС), узла доступа в Интернет, узла предоставления видео-услуг.

## 1.2 Исходные данные и задание на курсовое проектирование

1. Номер варианта -  $N$  соответствует двум последним цифрам номера зачетной книжки.

2. Характеристика станционного оборудования существующей цифровой ГСС представлена в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Характеристика станционного оборудования существующей ГСС

Номера вариантов	$N = 00 \div 29$	$N = 30 \div 49$	$N = 50 \div 79$	$N = 80 \div 99$
Число ОПС на ГСС	6	5	6	5
Система ОПС	AXE-10 и EWSD	EWSD и Alcatel 1000 S-12	AXE-10 и Alcatel 1000 S-12	EWSD
Задействованная емкость ОПС, номеров	20000 ÷ 30000	25000 ÷ 40000	15000 ÷ 30000	20000 ÷ 35000
Структурный состав абонентов ОПС	$N_{KB}, \% - 90$	$N_{KB}, \% - 88$	$N_{KB}, \% - 85$	$N_{KB}, \% - 90$
	$N_{HX}, \% - 7$	$N_{HX}, \% - 8$	$N_{HX}, \% - 9$	$N_{HX}, \% - 6$
	$N_{ISDN}, \% - 3$	$N_{ISDN}, \% - 4$	$N_{ISDN}, \% - 6$	$N_{ISDN}, \% - 4$

3. Интенсивность нагрузки к ЦОВ (УСС) принимается равной 2% от общей возникающей нагрузки ОПС.

4. Нумерация на сети - шестизначная.

5. Нагрузка на ЗСЛ от одного абонента  $\alpha_{зсл} = 0,002$  Эрл. Нагрузка на СЛМ для одного абонента  $\alpha_{слм} = 0,0015$  Эрл.

6. Средняя интенсивность исходящей нагрузки на одну абонентскую линию:

-  $a_{кв} = 0,03$  Эрл (квартирный сектор);

-  $a_{нх} = 0,07$  Эрл (народно-хозяйственный сектор);

-  $a_{исдн} = 0,25$  Эрл (для одного абонента ЦСИС- ISDN).

7. По каждому проектируемому мультисервисному узлу доступа (MSAN), размещаемому в помещении существующей ОПС задается:

- количество абонентов, имеющих доступ в Интернет:  $N_{Int}$  - 20÷30% от задействованной емкости ОПС;

- количество абонентов, использующих услугу пакетного телевидения IP-TV:  $N_{IP-TV}$  - 10÷15% от задействованной емкости ОПС;

- количество абонентов, использующих услугу «Видео по запросу» (Video-on-Demand, VoD):  $N_{VoD}$  - 5÷10% от задействованной емкости ОПС.

8. Количество мультисервисных узлов доступа проектируемой сети -  $N_{IP}$ , размещаемых в новых помещениях, выбирается в соответствии с номером варианта  $N$  и данными табл. 1.2.

Таблица 1.2

Количество проектируемых MSAN -  $N_{IP}$

Номера вариантов	$N = 00\div29$	$N = 30\div49$	$N = 50\div79$	$N = 80\div99$
Количество проектируемых MSAN, размещаемых в новых помещениях	3	4	3	4

9. Данные о структурном составе абонентов MSAN, размещаемых в новых помещениях проектируемой МСС, необходимо выбрать в соответствии с номером варианта  $N$  из табл. 1.3.

Таблица 1.3

Характеристика структурного состава абонентов MSAN проектируемой мультисервисной сети

Номера вариантов $N$	Количество аналоговых абонентских телефонных линий, $N_{ал}$	Количество абонентов доступа в Интернет в % от $N_{ал}$ , $N_{Int}$	Количество абонентов пакетного телевидения в % от $N_{ал}$ , $N_{IP-TV}$	Количество абонентов услуги «Видео по запросу» в % от $N_{ал}$ , $N_{VoD}$
1	2	3	4	5
00÷09	22000	35	19	8
10÷19	20000	25	18	10

Продолжение табл. 1.3

1	2	3	4	5
20÷29	25000	40	12	8
30÷39	15000	35	18	9
40÷49	22000	40	15	4
50÷59	26000	35	16	7
60÷69	18000	50	12	10
70÷79	25000	35	15	8
80÷89	15000	40	10	5
90÷99	20000	55	15	10

В курсовом проекте требуется:

1. Разработать схему организации связи, план нумерации и выбрать системы сигнализации для существующей ГСС и для проектируемой наложенной мультисервисной сети связи общего пользования.

2. Рассчитать возникающие и межстанционные телефонные нагрузки в проектируемой мультисервисной сети связи.

3. Выполнить расчет емкости пучков межстанционных связей в проектируемой МСС.

4. Рассчитать необходимые цифровые потоки SDH для включения ОПС и транзитных шлюзов в кольцевую транспортную сеть SDH.

5. Разработать схему сети общеканальной сигнализации ОКС№7, рассчитать сигнальную нагрузку и число необходимых сигнальных звеньев в каждом направлении.

6. Определить транспортные и сигнальные нагрузки при реализации услуг пакета Triple Play для каждого узла доступа проектируемой МСС.

7. Рассчитать требуемую пропускную способность и выбрать интерфейсы для подключения оборудования мультисервисной сети в пакетную транспортную сеть для пропуска телефонной нагрузки и каждого вида нагрузки из услуг пакета Triple Play.

8. Выбрать необходимую технологию для реализации транспортной пакетной сети.

9. Выполнить расчет производительности гибкого коммутатора проектируемой МСС.

## 2 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Существующая цифровая ГСС представляет собой сеть, на которой действуют только цифровые системы коммутации. Все станции ГСС связаны между собой по принципу «каждая с каждой», используя в качестве транспортной сети кольцевую SDH структуру. На одной из ОПС организуется ЦОВ(УСС). Выход на междугородную телефонную сеть осуществляется через ЗТУ(зоновый транзитный узел). Вариант структурной схемы цифровой ГСС представлен на рис. 2.1.

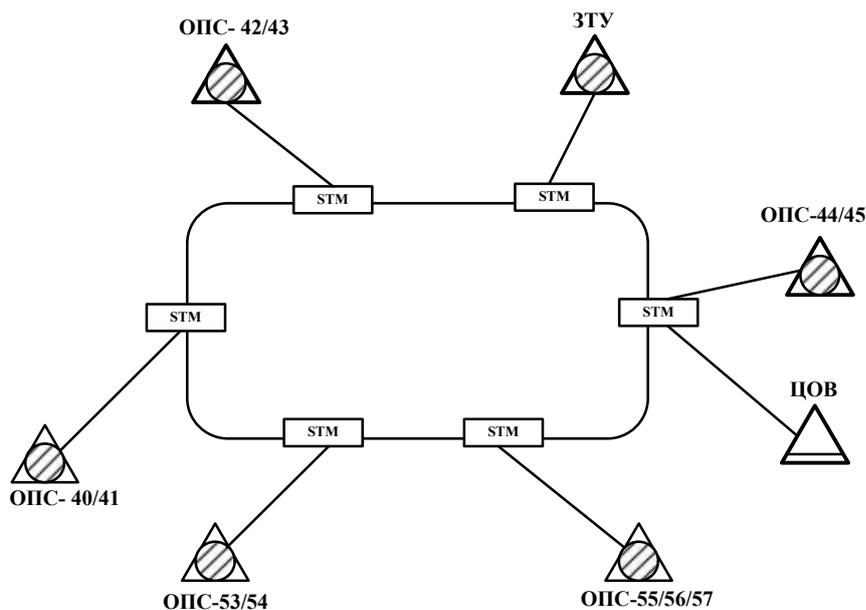


Рис. 2.1 - Вариант структурной схемы цифровой ГСС

Схема размещения проектируемого оборудования мультисервисных узлов доступа приведена на рис. 2.2.

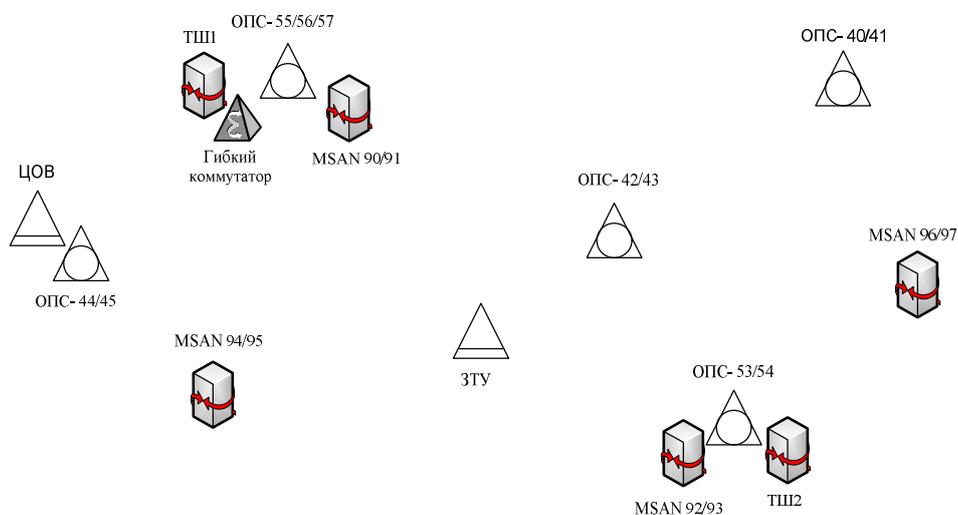


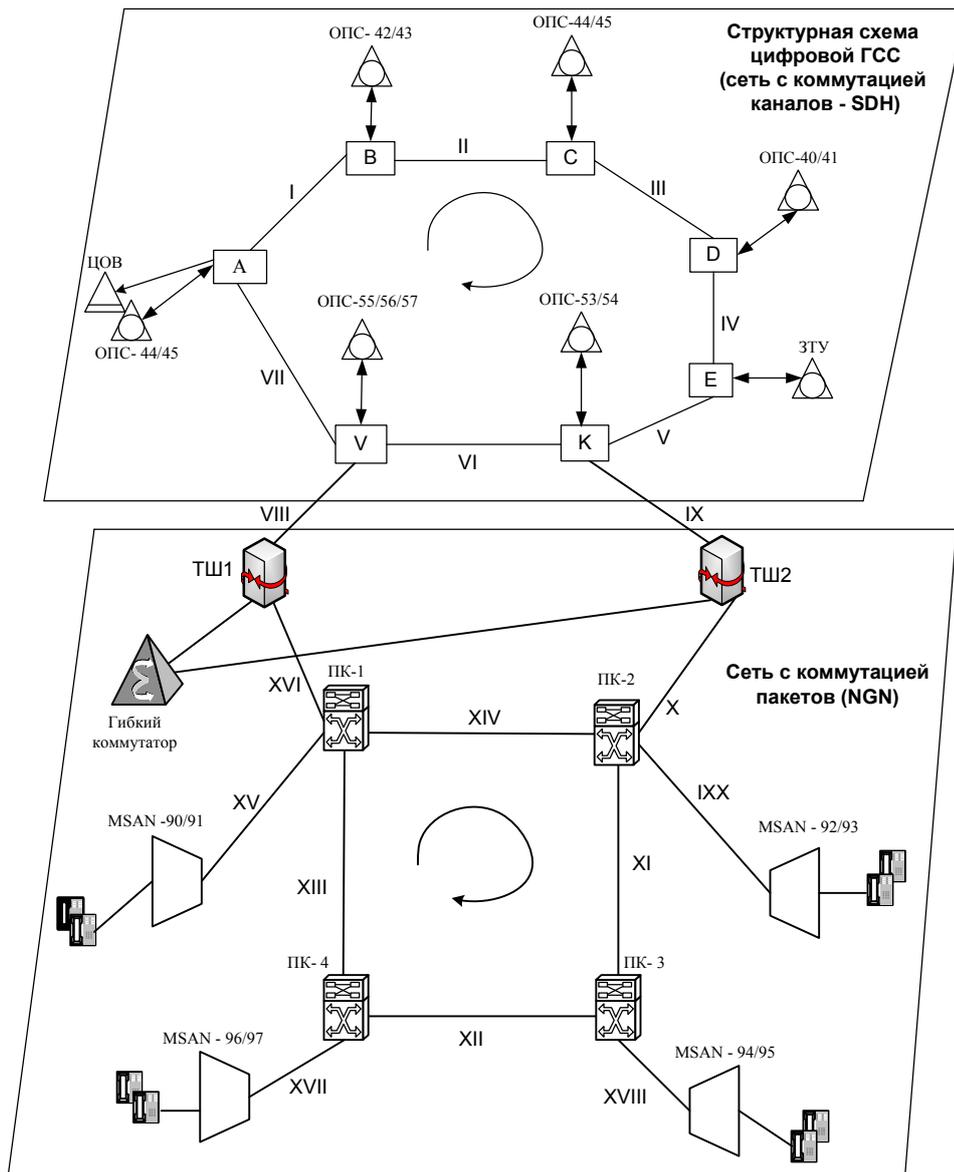
Рис. 2.2 - Схема размещения проектируемого оборудования МСС

Характеристика проектируемого и существующего оборудования проектируемой мультисервисной сети приведена табл. 2.1. Структурная схема проектируемой городской наложенной мультисервисной сети связи общего пользования показана на рис. 2.3.

Таблица 2.1

Характеристика оборудования проектируемой городской наложенной мультисервисной сети связи общего пользования

№ п/п	Индекс ОПС, шлюзов NGN	Тип оборудования	Емкость	Нумерация	Примечание
1	2	3	4	5	6
1.	ОПС-40/41	EWSD	20000	400000 ÷ 419999	-
2.	ОПС-42/43	Alcatel 100 S-12	15000	420000 ÷ 434999	-
3.	ОПС-44/45	EWSD	16000	440000 ÷ 455999	-
4.	ОПС-53/54	EWSD	18000	530000 ÷ 547999	-
5.	ОПС-55/56/57	Alcatel 100 S-12	25000	550000 ÷ 574999	-
6.	ЦОВ	EWSD	-	-	Расположен в здании с ОПС- 44/45
7.	ЗТУ	EWSD	-	-	-
8.	MSAN- 90/91	Интегрированный медиашлюз доступа UA 5000 компании Huawei	18000	900000 ÷ 917999	Расположен в здании с ОПС-55/56/57
9.	MSAN- 92/93	Интегрированный медиашлюз доступа UA 5000 компании Huawei	15000	920000 ÷ 934999	Расположен в здании с ОПС-53/54
10.	MSAN- 94/95	Интегрированный медиашлюз доступа UA 5000 компании Huawei	16000	940000 ÷ 955999	-
11.	MSAN -96/97	Интегрированный медиашлюз доступа UA 5000 компании Huawei	14000	960000 ÷ 973999	-
12.	ТШ1	Универсальный медиашлюз UMG 8900 компании Huawei	-	-	Расположен в здании с ОПС-55/56/57
13.	ТШ2	Универсальный медиашлюз UMG 8900 компании Huawei	-	-	Расположен в здании с ОПС 53/54
14.	ГК1	Гибкий коммутатор SoftX3000 компании Huawei	-	-	Расположен в здании с ОПС-55/56/57
Суммарная ёмкость сети 157000					



ОПС - опорная станция; MSAN - мультисервисный узел доступ;  
 ПК – пакетный коммутатор; ТШ – транзитный (транкинговый шлюз);  
 ЗТУ – Зоновый транзитный узел (Автоматическая междугородная станция);  
 ЦОВ – центр обслуживания вызовов (узел спецслужб);  
 А, В, С и т.д. - мультиплексоры ввода/вывода сети SDH (STM - синхронный транспортный модуль).

Рис. 2.3 - Пример структурной схемы проектируемой городской наложенной мультисервисной сети связи общего пользования

### 3 МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВОЗНИКАЮЩИХ И МЕЖСТАНЦИОННЫХ НАГРУЗОК

Согласно инструкции, изложенной в [1], расчет интенсивности возникающей абонентской нагрузке при отсутствии статистических данных, должен производиться в соответствии с данными табл. 7.2 в [1]. Причем расчет возникающей нагрузки, должен производиться отдельно для утреннего и вечернего ЧНН, затем выбирается максимальное значение возникающей нагрузки, которое принимается за расчетную.

В курсовом проекте для упрощения расчетов возникающую нагрузку  $i$ -ого узла коммутации (ОПС или MSAN) можно определять по формуле:

$$y_i = a_i \cdot N_i, \quad (3.1)$$

где  $a_i$  - нагрузка, создаваемая одним абонентом  $i$ -ой категории (смотри исходные данные на проектирование);

$N_i$  - число абонентов  $i$ -ой категории (указано в табл. 1.1).

Например, структурный состав абонентов станции емкостью 15000 номеров:  $N_{\text{КВ}} = 12000$ ;  $N_{\text{НХ}} = 2000$ ;  $N_{\text{ISDN}} = 1000$ . Тогда при  $a_{\text{КВ}} = 0,03$  Эрл.;  $a_{\text{НХ}} = 0,07$  Эрл. и  $a_{\text{ISDN}} = 0,25$  Эрл. возникающая нагрузка  $i$ -го узла доступа:

$$y_{\text{возн.}i} = 0,03 \cdot 12000 + 0,07 \cdot 2000 + 0,25 \cdot 1000 = 750 \text{ Эрл.}$$

Затем для каждой станции сети определяют возникающую нагрузку, как описано выше, после этого находят суммарную возникающую нагрузку сети:

$$y_{\text{возн.сети}} = \sum_{i=1}^n y_{\text{возн.}i}, \quad (3.2)$$

где  $n$  - число узлов доступа сети.

В формуле (3.1) при определении  $y_{\text{возн.}i}$  не учитывается нагрузка к ЗТУ.

Выполнив расчеты по формулам (3.1) и (3.2), находят в % долю возникающей нагрузки каждой станции в общем возникающем сообщении сети:

$$m_i = \frac{y_{\text{возн.}i}}{y_{\text{возн.сети}}} \quad (3.3)$$

Используя значение  $m_i$ , по табл. 7.3 в [1] (таблица 1 Приложения) определяют долю внутрисканционнoгo сoбщeния, т.е.  $m_i \Rightarrow K_{внут.i}$

Зная значение  $K_{вн.i}$ , определяется величина внутрисканционнoй нaгрузки  $y_{вн.i}$ :

$$y_{вн.i} = k_{вн.i} \cdot y_{возн.i} \quad (3.4)$$

Для каждого узла доступа сети или ОПС рассчитывается величина исходящей нагрузки:

$$y_{исх.i} = y_{возн.i} - y_{вн.i} - y_{усс.i} \quad (3.5)$$

При отсутствии статистических данных нагрузка к узлу спецслужб принимается равным 2% от  $y_{возн.i}$ :

$$y_{усс.i} = 0,02 \cdot y_{возн.i} \quad (3.6)$$

Интенсивности исходящих нагрузок от каждой станции сети распределяются пропорционально интенсивностям исходящих нагрузок других узлов сети, т.е.:

$$y_{ij} = \frac{y_{исхi} \cdot y_{исхj}}{\sum_{k=1}^m y_{исхk} - y_{исхi}} \quad (3.7)$$

Для определения нагрузки к и от ЗТУ необходимо использовать данные табл.7.5 [1], соответственно:

$$y_{зтвi} = \alpha_{зсл} \cdot N_i \quad \text{и} \quad y_{слм.i} = \alpha_{слм} \cdot N_i \quad (3.8)$$

где  $N_i$  - число абонентов -ой станции;

$\alpha_{зсл} = 0,002$  Эрл. и  $\alpha_{слм} = 0,0015$  Эрл.

Результаты расчетов по формулам (3.1) ÷ (3.6) и по формуле (3.8) целесообразно представить в виде табл. 3.1.

Таблица 3.1

Результаты расчетов возникающих нагрузок

Узел доступа проектируемой сети	$y_{возн.i}$ , Эрл.	$m_i$ , %	$k_{вн.i}$	$y_{вн.i}$ , Эрл.	$y_{усс.i}$ , Эрл.	$y_{исх.i}$ , Эрл.	$y_{зтвi}$ , Эрл.	$y_{слм.i}$ , Эрл.
1								
2								
...								
n								

Используя данные расчетов по формуле (3.8), строится матрица межстанционных потоков нагрузки, представленная в виде табл. 3.2.

Таблица 3.2

Матрица потоков межстанционных нагрузок  $u_{ij}$ , Эрл.

Узел доступа	1 (ОПС- 40/41)	2 (ОПС- 42/43)	3	...	MSAN - 94/95	$n$
1	-					
2		-				
3						
...				-		
MSAN - 94/95						
$n$						-

#### 4 МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЕМКОСТИ ПУЧКОВ МЕЖСТАНЦИОННОЙ СВЯЗИ

Так как на городской наложенной мультисервисной сети связи общего пользования используются только цифровые системы коммутации, то в проекте для расчета емкостей пучков МСС следует использовать первую формулу Эрланга:

$$E_V(y) = \frac{y^V}{V!} \cdot \frac{1}{\sum_{i=0}^V \frac{y^i}{i!}}, \quad (4.1)$$

где  $E_V(y)$  - вероятность потерь в полнодоступном пучке из  $V$  линий, на который поступает нагрузка  $y$ , создаваемая простейшим потоком вызовов.

Первая формула Эрланга табулирована [2]. При выполнении курсового проекта можно воспользоваться табл. 2 Приложения. При расчетах необходимо использовать соответствующую вероятность потерь, значения которых приведены табл. 4.1[1].

Таблица 4.1

Значения вероятности потерь для соответствующих направлений ГСС

Наименование направлений	Вероятность потерь по вызовам
ОПС – ОПС (MSAN-ОПС или MSAN - MSAN )	0,010
ОПС (MSAN) - УСС	0,001
ОПС(MSAN) - ЗТУ	0,004
ЗТУ - ОПС(MSAN)	0,002

Результаты расчета сводятся в матрицу емкости пучков МСС (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Матрица емкости пучков МСС  $V_{ij}$

$V_{ij}$	1 (ОПС-40/41)	2 (ОПС- 42/43)	3	...	MSAN - 94/95	n	$V_{зсл}$	$V_{усс}$
1	-							
2		-						
3			-					
...				-				
n						-		
$V_{СЛМ}$							-	-

Число ИКМ-трактов в каждом направлении МСС  $N_{ij}$  определяется по формуле:

$$N_{ij} = \left\lceil \frac{V_{ij}}{30} \right\rceil, \quad (4.2)$$

где  $V_{ij}$  - число соединительных линий в данном направлении, взятое из табл. 4.2;

«30» - число пользовательских каналов в ИКМ тракте со скоростью 2,048 Мбит/с.

Результаты расчета заносятся в матрицу числа ИКМ-трактов  $N_{ij}$  (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Матрица числа ИКМ-трактов  $N_{ij}$

$N_{ij}$	1 (ОПС-40/41)	2 (ОПС- 42/43)	3	...	7 MSAN - 94/95	n	$N_{ЗСЛ}$	$N_{УСС}$
1	-							
2		-						
3			-					
...				-				
n						-		
$N_{СЛМ}$							-	-

## 5 РАСЧЕТ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЦИФРОВОГО КОЛЬЦА ДЛЯ СЕТИ С КОММУТАЦИЕЙ КАНАЛОВ

### 5.1 Характеристика транспортной сети синхронной цифровой иерархии SDH

В настоящее время на городских сетях связи Российской Федерации основным транспортным средством являются средства связи синхронной цифровой иерархии SDH, которые имеют возможность выделения сигналов цифровых сетевых трактов из сигналов вышестоящих цифровых сетевых трактов без демультиплексирования последних. Стандартные системы SDH приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Стандартные системы синхронной цифровой иерархии SDH

Тип системы SDH	STM-1	STM-4	STM-16	STM-64
Количество потоков E1	63	252	1008	4032
Скорость, Мбит/с	155,520	622,080	2488,320	9953,280

При использовании оборудования SDH сети строятся в виде волоконно-оптических колец, на которых в пунктах концентрации нагрузки устанавливаются мощные транзитные центры, а вдоль по кольцу - мультиплексоры ввода/вывода (синхронные транспортные модули- STM).

Методика проектирования сети SDH для ГСС предусматривает повторное использование каналов на различных участках кольца. Расчет цифрового потока в кольце производится для структуры кольца, состоящей из четырех оптических волокон. Выбор данного числа оптических волокон основан на следующих положениях:

1. По одному оптическому волокну (ОВ) организуется только симплексная связь, т.е. передача информации в одном направлении (например, по часовой стрелке). Для возможности дуплексной связи используется другое ОВ, в котором передача информации осуществляется в обратном направлении (например, против часовой стрелки). При этом задействованы одни и те же участки кольца;

2. По одному и тому же кольцу можно организовать как входящую, так и исходящую связь относительно одной станции. При этом участвуют разные участки кольца. Таким образом, для организации дуплексной входящей и исходящей связи в кольце должно быть задействовано два ОВ. За прямое направление циркулирования информационного потока принято направление исходящей связи (например, по часовой стрелке);

3. Для обеспечения надежности связи предусмотрена возможность организации связи в обратном направлении (в случае обрыва одного из

участков кольца или отдельного ОВ). Для этих целей используются два других ОВ. Переключение на резерв осуществляется службой оперативного управления сетью (автоматически или вручную).

Таким образом, для организации надежного функционирования кольца требуется четыре оптических волокна, два из которых - для основного и два - для резервного кольца.

Пропускная способность цифрового кольца выбирается по максимальной требуемой скорости цифрового потока в основном кольце.

## **5.2 Методика расчета требуемой пропускной способности цифрового SDH-кольца**

Методика расчета требуемой пропускной способности цифрового SDH-кольца предусматривает выполнение следующих расчетов:

1. Рассчитываются нагрузки  $y_{ij}$ , вводимые в  $i$ -м пункте и выводимые в  $j$ -м пункте, путем суммирования всех межстанционных нагрузок, циркулирующих между указанными пунктами кольца, где  $i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, N; N$  - количество пунктов ввода-вывода в кольце;

2. Отдельно определяются нагрузки от/к ЗТУ и к ЦОВ(УСС), вводимые в  $i$ -м пункте и выводимые в  $j$ -м пункте (если они имеются), путем суммирования всех соответствующих нагрузок, циркулирующих между указанными пунктами кольца.

3. Рассчитывается число каналов, необходимое для обслуживания каждой из определенных выше нагрузок;

4. Полученные результаты емкостей пучков соединительных линий округляются до «30» в большую сторону для нахождения числа первичных цифровых потоков Е1 в каждом участке межстанционной связи.

5. Подсчитывается необходимое число первичных цифровых потоков на каждом  $k$ -м участке кольца  $V_k$  путем суммирования числа всех первичных цифровых потоков, задействованных на соответствующем участке, где  $k$  - номер участка кольца,  $k = 1, 2, \dots, K; K$  - общее число участков кольца;

6. Выбирается участок кольца, на котором требуется наибольшее количество первичных цифровых потоков  $V_{kmax}$ ;

7. С учетом запаса на развитие сети полученное число  $V_{kmax}$  увеличивается на 30 ÷ 40% (запас емкости кольца может быть другим при соответствующем обосновании специфических условий развития сети);

8. Выбор типа системы передачи SDH для реализации цифрового кольца осуществляется с учетом максимального количества первичных цифровых потоков, которые может обеспечить соответствующая система (см. табл. 5.1).

Если требуемая канальная емкость цифрового кольца выше одной из стандартных емкостей системы SDH, то выбирается система более высокого уровня или на сети образуют два или несколько колец.

### 5.3 Пример расчета требуемой пропускной способности цифрового SDH-кольца

Рассмотрим расчет требуемой пропускной способности цифрового SDH-кольца, обеспечивающего межстанционную связь на ГСС, представленную на рис. 5.1.

В кольцо используется четыре мультиплексора ввода-вывода нагрузки (или кроссконнектора), обозначенные на рис. 5.1 символами А, В, С и D. В мультиплексор А включены ОПС-1 и ОПС-4. В мультиплексор В - ЗТУ, ОПС-2, ОПС-5, ОПС-6. Мультиплексор С соединен с ОПС-3, а к мультиплексору D подключены ЦОВ(УСС) и ОПС-7. Участки кольца между мультиплексорами обозначены римскими цифрами I, II, III и IV.

Так как в рассматриваемой сети отсутствуют транзитные и опорно-транзитные станции, обеспечивающие групповое использование пучков соединительных линий на отдельных участках сети, то все пучки между всеми станциями сети можно считать независимо на основании соответствующих нагрузок.

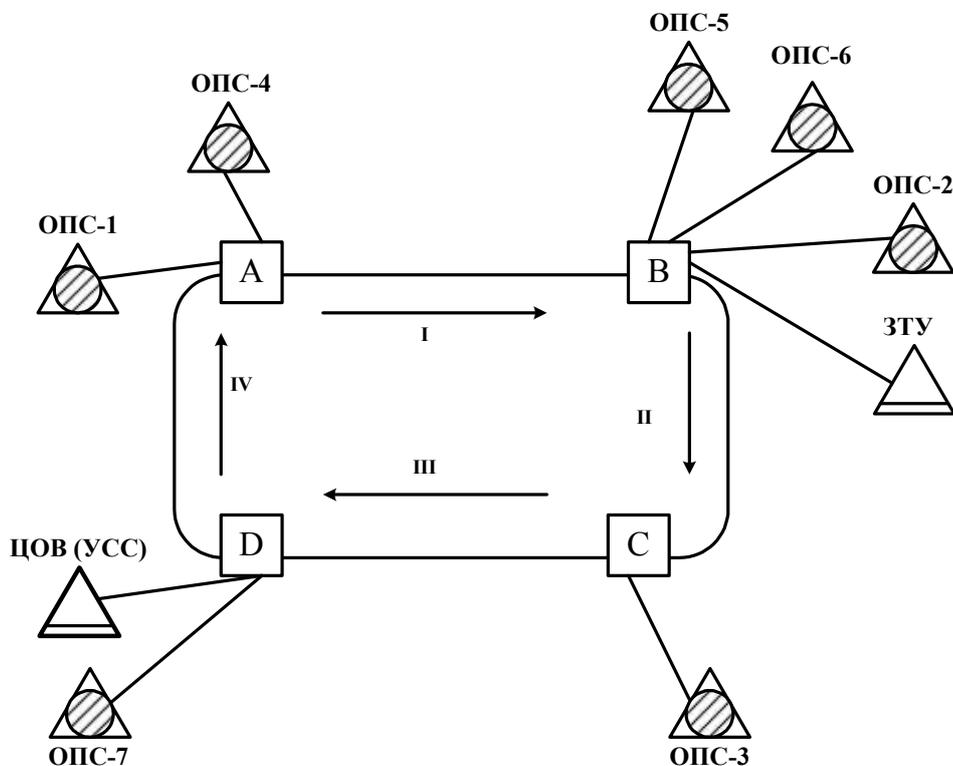


Рис. 5.1 - Пример кольцевой структуры ГСС

Значения емкостей пучков округляются в большую сторону до числа, кратного «30», и полученные числа делятся на 30. Таким образом, получается таблица емкостей пучков соединительных линий в первичных цифровых трактах (ПЦТ) 2,048 Мбит/с. Для рассматриваемого примера сети такая таблица будет иметь следующий вид (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Емкости пучков межстанционных связей

№ ОПС	1	2	3	4	5	6	7	ЗТУ	УСС
1	-	$V_{1-2}$	$V_{1-3}$	$V_{1-4}$	$V_{1-5}$	$V_{1-6}$	$V_{1-7}$	$V_{1-ЗТУ}$	$V_{1-УСС}$
2	$V_{2-1}$	-	$V_{2-3}$	$V_{2-4}$	$V_{2-5}$	$V_{2-6}$	$V_{2-7}$	$V_{2-ЗТУ}$	$V_{2-УСС}$
3	$V_{3-1}$	$V_{3-2}$	-	$V_{3-4}$	$V_{3-5}$	$V_{3-6}$	$V_{3-7}$	$V_{3-ЗТУ}$	$V_{3-УСС}$
4	$V_{4-1}$	$V_{4-2}$	$V_{4-3}$	-	$V_{4-5}$	$V_{4-6}$	$V_{4-7}$	$V_{4-ЗТУ}$	$V_{4-УСС}$
5	$V_{5-1}$	$V_{5-2}$	$V_{5-3}$	$V_{5-4}$	-	$V_{5-6}$	$V_{5-7}$	$V_{5-ЗТУ}$	$V_{5-УСС}$
6	$V_{6-1}$	$V_{6-2}$	$V_{6-3}$	$V_{6-4}$	$V_{6-5}$	-	$V_{6-7}$	$V_{6-ЗТУ}$	$V_{6-УСС}$
7	$V_{7-1}$	$V_{7-2}$	$V_{7-3}$	$V_{7-4}$	$V_{7-5}$	$V_{7-6}$	-	$V_{7-ЗТУ}$	$V_{7-УСС}$
ЗТУ	$V_{ЗТУ-1}$	$V_{ЗТУ-2}$	$V_{ЗТУ-3}$	$V_{ЗТУ-4}$	$V_{ЗТУ-5}$	$V_{ЗТУ-6}$	$V_{ЗТУ-7}$	-	-

Затем заполняется таблица ПЦТ, вводимых в  $i$ -м мультиплексоре и выводимых в  $j$ -м мультиплексоре цифрового кольца.

Для рассматриваемого примера таблица ПЦТ будет иметь вид (табл. 5.3).

Таблица 5.3

Межстанционные ПЦТ кольцевой структуры

Мультиплексоры ввода ПЦТ	Мультиплексоры вывода ПЦТ				Сумма вводимых ПЦТ
	A	B	C	D	
A	-	$V_{A-B}$	$V_{A-C}$	$V_{A-D}$	$V_{\Sigma A}$
B	$V_{B-A}$	-	$V_{B-C}$	$V_{B-D}$	$V_{\Sigma B}$
C	$V_{C-A}$	$V_{C-B}$	-	$V_{C-D}$	$V_{\Sigma C}$
D	$V_{D-A}$	$V_{D-B}$	$V_{D-C}$	-	$V_{\Sigma D}$

В последнем столбце табл. 5.3 приведены суммы всех элементов каждой строки, которые определяют суммарное число ПЦТ, вводимых в соответствующих мультиплексорах.

Для рассматриваемого примера формулы для расчета пучков ПЦТ, вводимых и выводимых в соответствующих мультиплексорах, имеют вид:

$$\begin{aligned}
 V_{A-B} &= V_{1-2} + V_{1-5} + V_{1-6} + V_{1-ЗТУ} + V_{4-2} + V_{4-5} + V_{4-6} + V_{4-ЗТУ}; \\
 V_{A-C} &= V_{1-3} + V_{4-3}; \\
 V_{A-D} &= V_{1-7} + V_{1-УСС} + V_{4-7} + V_{4-УСС}; \\
 V_{B-A} &= V_{2-1} + V_{2-4} + V_{5-1} + V_{5-4} + V_{6-1} + V_{6-4} + V_{ЗТУ-1} + V_{ЗТУ-4}; \\
 V_{B-C} &= V_{2-3} + V_{5-3} + V_{6-3} + V_{ЗТУ-3}; \\
 V_{B-D} &= V_{2-7} + V_{2-УСС} + V_{5-7} + V_{5-УСС} + V_{6-7} + V_{6-УСС} + V_{ЗТУ-7};
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_{C-A} &= V_{3-1} + V_{3-4}; \\
V_{C-B} &= V_{3-2} + V_{3-5} + V_{3-6} + V_{3-3ТУ}; \\
V_{C-D} &= V_{3-7} + V_{3-УСС}; \\
V_{D-A} &= V_{7-1} + V_{7-4}; \\
V_{D-B} &= V_{7-2} + V_{7-5} + V_{7-6} + V_{7-3ТУ}; \\
V_{D-C} &= V_{7-3}.
\end{aligned}$$

Общее число ПЦТ на каждом участке кольца определяется суммарным значением ПЦТ, вводимых на данном участке (в мультиплексоре начала участка), и ПЦТ, проходящих транзитом по данному участку от мультиплексоров других участков кольца. Для рассматриваемого примера в кольце имеется четыре участка. Формулы для расчета суммарного числа ПЦТ на каждом участке кольца имеют вид:

$$\begin{aligned}
V_I &= V_{\Sigma A} + V_{D-B} + V_{C-B} + V_{D-C}; \\
V_{II} &= V_{\Sigma B} + V_{A-C} + V_{D-C} + V_{A-D}; \\
V_{III} &= V_{\Sigma C} + V_{A-D} + V_{B-D} + V_{B-A}; \\
V_{IV} &= V_{\Sigma D} + V_{C-A} + V_{B-A} + V_{C-B}.
\end{aligned}$$

Требуемая пропускная способность цифрового кольца определяется максимальным значением пропускной способности отдельного участка. Используя полученное значение и данные табл. 5.1, выбирается требуемый тип синхронного транспортного модуля STM.

## 6 РАСЧЕТ СЕТИ ОБЩЕКАНАЛЬНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ ОКС№7

Для построения общеканальной сети сигнализации ОКС №7 необходимо на каждой цифровой станции, поддерживающей ОКС (включая ЗТУ), организовать оконечный пункт сигнализации SP. Кроме этого между каждой парой взаимодействующих пунктов сигнализации организуется резервное звено сигнализации.

В табл. 6.1 приведено соответствие между узлами сети и организованными в них оконечными пунктами сигнализации SP.

Таблица 6.1

Таблица соответствия между узлами сети и SP

УК	SP
ОПС-44/45	SP1
ОПС-42/43	SP2
ОПС-40/41	SP3
ЗТУ	SP4
ОПС-53/54	SP5
ОПС- 55/56/57	SP6
ЦОВ (УСС)	SP1*

На рис. 6.1 приведена структурная схема ОКС№7 существующей цифровой ГСС.

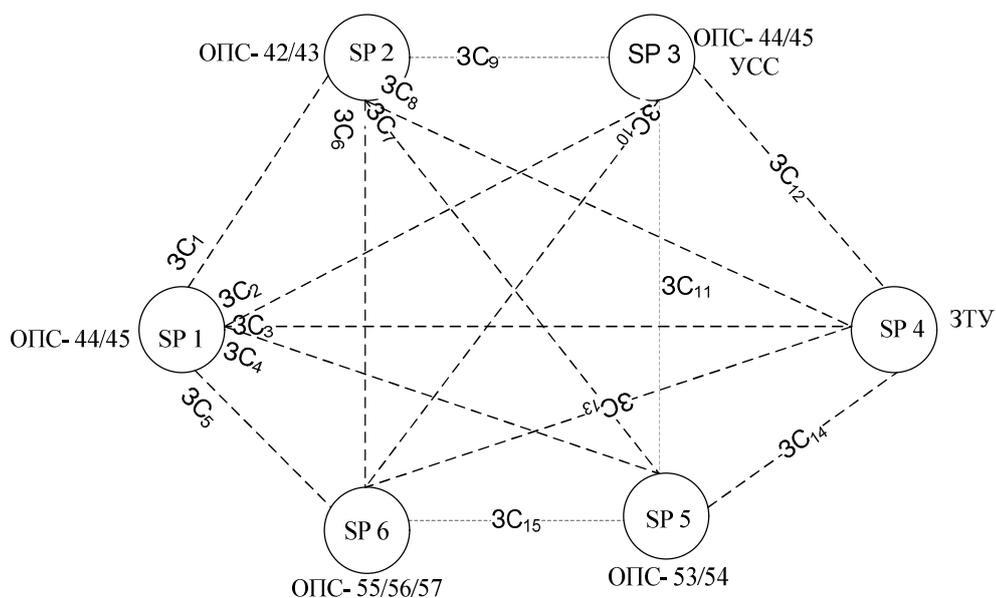


Рис. 6.1 - Структурная схема сети ОКС №7

Так как по звену сигнализации нагрузка передается в обоих направлениях независимо, то информационная нагрузка на соответствующее звено сигнализации будет определяться по формуле:

$$y_{zci} = y_{ij} + y_{ji}, \quad (6.1)$$

где  $y_{ij}$  и  $y_{ji}$  - соответствующие межстанционные нагрузки.

Например,  $y_{zci} = y_{44/45-42/43} + y_{42/43-44/45}$ . Пример представления результатов расчетов показан в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Матрица информационных нагрузок, Эрл.

	ЗС 1	ЗС 2	ЗС 3	ЗС 4	ЗС 5	ЗС 6
ЗС 1	-	108,2	144,6	172	189,4	125,9
ЗС 2		-	113,3	130,4	149,2	99,4
ЗС 3			-	138,8	157,4	104,8
ЗС 4				-	254,6	155,4
ЗС 5					-	173,8
ЗС 6						-

Для определения величины сигнальной нагрузки, соответствующей определенной информационной нагрузке, используются коэффициенты пересчета:

- для местных вызовов  $K_{мест} = 0,1373 \cdot 10^{-3}$ ;
- для междугородних  $K_{ме} = 0,166 \cdot 10^{-3}$ .

В соответствии с указанными коэффициентами табл. 6.2 примет вид табл. 6.3.

Таблица 6.3

Матрица сигнальных нагрузок (матрица пересчета), Эрл.

	ЗС 1	ЗС 2	ЗС 3	ЗС 4	ЗС 5	ЗС 6
ЗС 1	-	0,015	0,020	0,028	0,026	0,017
ЗС 2		-	0,015	0,022	0,020	0,014
ЗС 3			-	0,023	0,022	0,014
ЗС 4				-	0,042	0,026
ЗС 5					-	0,024
ЗС 6						-

Требуемое количество звеньев сигнализации рассчитывается по формуле:

$$V_{окс} = \left\lceil \frac{y_{zci}}{0,2} \right\rceil. \quad (6.2)$$

## 7 РАСЧЕТ СЕТИ С ПАКЕТНОЙ КОММУТАЦИЕЙ

На рис. 7.1 представлена схема обмена медиа и сигнальной информацией в проектируемой мультисервисной сети. Для удобства расчет транспортного ресурса сети с пакетной коммутацией предлагается выполнять отдельно для каждого вида информации.

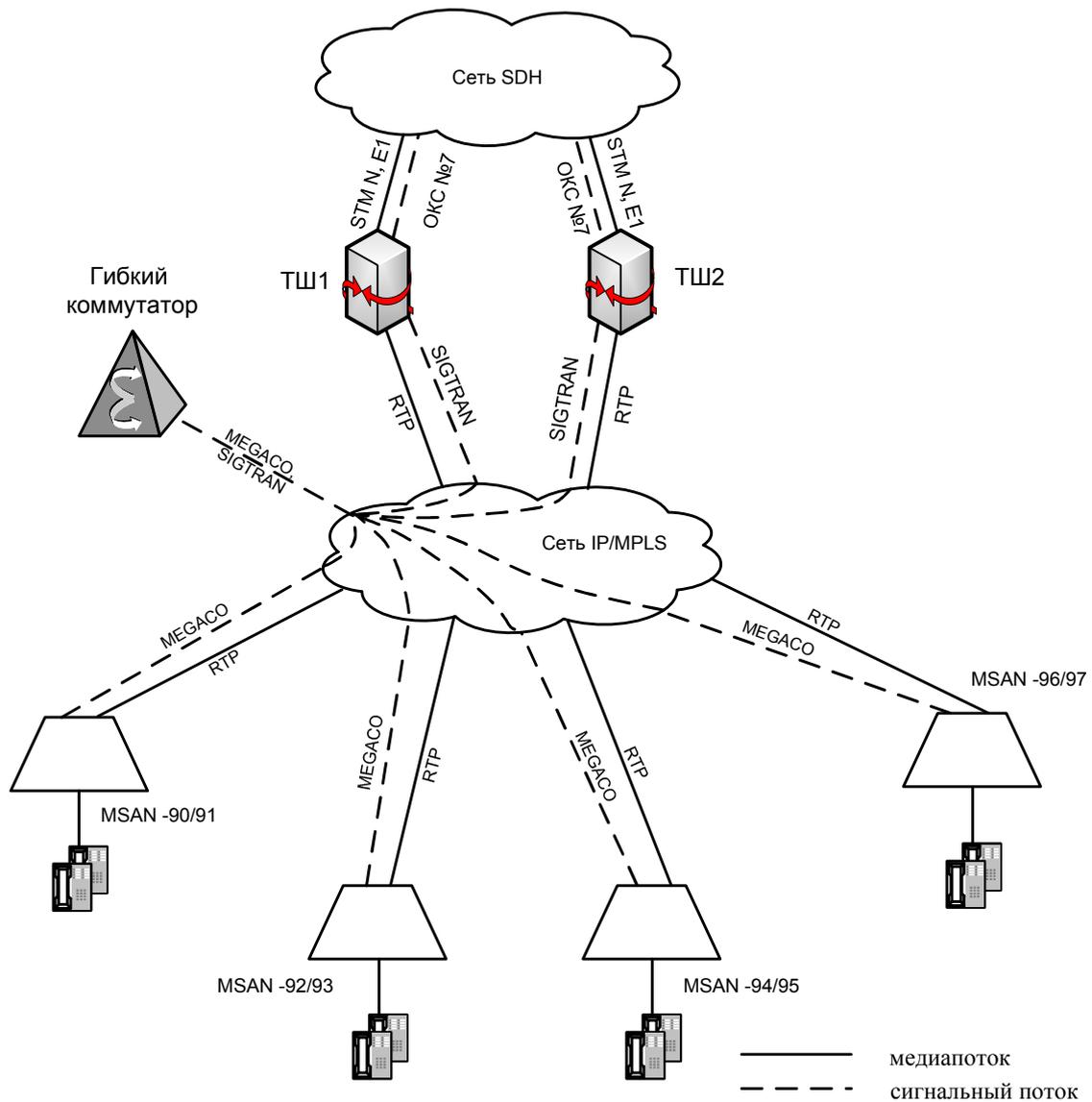


Рис. 7.1 - Схема обмена медиа и сигнальной информацией в МСС

## 7.1 Методика расчета и выбора типов интерфейсов для передачи разговорного трафика

В соответствии с методикой, изложенной в [1] и данными табл. 3.2 определяются нагрузки, создаваемые пользователями проектируемых MSAN при исходящей и входящей связи:

$$Y_{MSAN} = \sum_{i,j} Y_{i-j} \quad (7.1)$$

где  $Y_{i-j}$  - значения межстанционных нагрузок, рассчитаны в соответствии с данными табл. 3.2.

При реализации услуг широкополосного доступа нагрузка, создаваемая одним пользователем доступа ADSL, составляет 0,1 Эрл. Результаты расчетов по формуле (7.1) заносятся в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Нагрузка, обслуживаемая мультисервисными узлами доступа

Узел доступа	$Y_{MSAN-i}$ , Эрл.	$Y_{ADSL-i}$ , Эрл.	$\sum Y_{MSAN i}$ , Эрл.
MSAN- 00	1440,5	2000,0	3440,5
MSAN- 01			
MSAN- 02			
...			
MSAN- $n$			

Транспортный ресурс MSAN рассчитывается с учетом необходимого ресурса для медиа и сигнальной нагрузок [3]:

$$V_{MSAN i} = V_{MSAN i \text{ медиа}} + V_{MSAN i \text{ MEGACO}} \quad (7.2)$$

Транспортный ресурс необходимый для передачи медиа трафика определяется по формуле:

$$V_{MSAN i \text{ медиа}} = k \cdot V_G \cdot Y_{MSAN i} \quad (7.3)$$

где  $k$  - коэффициент использования ресурса,  $k = 1,25$ ;

$V_G$  - полоса пропускания речевого кодака G.711 - 84,80 кбит/с.

Транспортный ресурс MSAN, необходимый для передачи сигнальной информации определяется по формуле:

$$V_{MSAN \text{ MEGACO}} = k_{сигн} \cdot (P_{ССОП} \cdot N_{MSAN} \cdot L_{MEGACO} \cdot N_{MEGACO}) / 450 \text{ бит/с.} \quad (7.4)$$

где  $P_{ССОП}$  - удельная интенсивность вызовов от абонентов, использующих доступ по аналоговой телефонной линии в ЧНН;  $P_{ССОП}=5$  выз/час;

$L_{MEGACO}$  – средняя длина сообщения (в байтах) протокола MEGACO, используемого при управлении коммутацией на шлюзе;

$N_{MEGACO}$  – среднее количество сообщений протокола MEGACO при обслуживании вызова;

$k_{сигн}$  – коэффициент использования транспортного ресурса при передаче сигнальной нагрузки. По аналогии с расчетом сигнальной сети ОКС№7 примем значение  $k_{сигн} = 5$ , что соответствует нагрузке в 0,2 Эрл.;

$1/450$  – результат приведения размерностей «байт в час» к «бит в секунду» ( $8/3600 = 1/450$ ).

В курсовом проекте можно принять, что средняя длина всех сообщений протокола MEGACO равна 50 байтам, а среднее количество сообщений в процессе обслуживания вызова равно 10[3].

Полосы пропускания для передачи данных по технологии ADSL определяется, исходя из того, что скорость передачи данных по технологии ADSL равна 2 Мбит/с, т.е.

$$V_{ADSL} = Y_{ADSLi} \cdot 2, \text{ Мбит/с.} \quad (7.5)$$

Результаты расчета по формуле (7.5) заносятся в табл. 7.2.

Таблица 7.2

Транспортный ресурс и типы интерфейсов для подключения MSAN

Узел доступа	$V_{MSAN i\_медиа}$ , Мбит/с	$V_{MSANi\_MEGACO}$ , Мбит/с	$V_{\Sigma MSAN i}$ , Мбит/с	Количество и тип интерфейса
MSAN- 00				
MSAN- 01	124,26	0,417	124,677	2xGEthernet
MSAN- 02				
...				
MSAN- n				

Определение емкости транспортных ресурсов выполняется с учетом следующих правил:

- для подключения используется стандартный интерфейс с превышением параметров информационного потока, т.е. если информационный поток равен, например, 48 Мбит/с, то необходимо выбрать интерфейс 100 Мбит/с (FastEthernet), а не 5 интерфейсов по 10 Мбит/с;

- каждый объект с целью резервирования подключается по схеме резервирования 1:1, т.е. если необходим для обслуживания информационного потока один интерфейс, то в емкостные параметры закладывается два интерфейса.

## 7.2 Определение транспортного ресурса и интерфейса подключения транзитного шлюза к пакетной сети

Транспортный ресурс, необходимый для передачи телефонного трафика в пакетную сеть, поступающего на транзитный шлюз от ССОП:

$$V_{TМШ\_польз} = V_{G711} \cdot Y_{TМШ}, \text{ бит/с} \quad (7.6)$$

где  $Y_{TМШ}$  - общая телефонная нагрузка, поступающая на транзитный шлюз от всех ОПС ССОП;

$V_{G711}$  - для кодека типа G.711 полоса пропускания равна 84,8 кбит/с.

Так как ТШ2 работает в резерве, то он способен пропустить такую же нагрузку, что и ТШ1 и очевидно, что полоса пропускания для транзитных шлюзов будет определяться полосой пропускания участка VIII и IX проектируемой сети:

$$V_{TШ1} = V_{TШ2} = V_{VIII} = V_{IX}.$$

Таким образом, что бы сократить объем расчетов, первоначально рассчитывается пропускная способность на участках пакетного кольца, а позже необходимо вернуться к расчету транспортного ресурса ТШ. Например,

$$\begin{aligned} Y_{TМШ1} = Y_{VIII} = & Y_{1-8} + Y_{1-9} + Y_{1-10} + Y_{1-11} + Y_{2-8} + Y_{2-9} + Y_{2-10} + Y_{2-11} + \\ & + Y_{3-8} + Y_{3-9} + Y_{3-10} + Y_{3-11} + Y_{4-8} + Y_{4-9} + Y_{4-10} + Y_{4-11} + \\ & + Y_{5-8} + Y_{5-9} + Y_{5-10} + Y_{5-11} + Y_{8-1} + Y_{8-2} + Y_{8-3} + Y_{8-4} + \\ & + Y_{8-5} + Y_{9-1} + Y_{9-2} + Y_{9-3} + Y_{9-4} + Y_{9-5} + Y_{10-1} + Y_{10-2} + \\ & + Y_{10-3} + Y_{10-4} + Y_{10-5} + Y_{11-1} + Y_{11-2} + Y_{11-3} + Y_{11-4} + Y_{11-5}. \end{aligned}$$

Нагрузка на остальных участках пакетной сети определяется аналогично.

Соответствующий транспортный ресурс, необходимый для передачи сигнальной нагрузки определяется по формуле:

$$V_{сигн i} = C_i (L_{SIGTRAN} N_{SIGTRAN} + L_{MEGACO} N_{MEGACO}) \text{ бит/с.} \quad (7.7)$$

где  $L_{SIGTRAN}$  – средняя длина сообщения (в байтах) протокола SIGTRAN;  
 $N_{SIGTRAN}$  – среднее количество сообщений протокола SIGTRAN при обслуживании вызова;

$L_{MEGACO}$  – средняя длина сообщения (в байтах) протокола MEGACO, используемого для управления транспортным шлюзом;

$N_{MEGACO}$  – среднее количество сообщений протокола MEGACO при обслуживании вызова.

Ориентировочно можно принять, что средняя длина всех сообщений протокола *MEGACO* равна 40 байтам, а среднее количество сообщения в процессе обслуживания вызова равно 8; средняя длина всех сообщений протокола *SIGTRAN* равна 45 байтам, а среднее количество сообщения в процессе обслуживания вызова равно 10 [3];

$C_i$  – число вызовов в секунду, определяемое отношением:

$$C_i = \frac{Y_i}{t_p}, \quad (7.8)$$

где  $Y_i$  - медиа нагрузка на соответствующем участке пакетного кольца;

$t_p$  - величина средней длительности одного занятия, для проектируемой сети, может быть принята равной - 180 с.

### 7.3 Расчет производительности гибкого коммутатора

Схема передачи сигнальных нагрузок в мультисервисной сети показана на рис. 7.2.

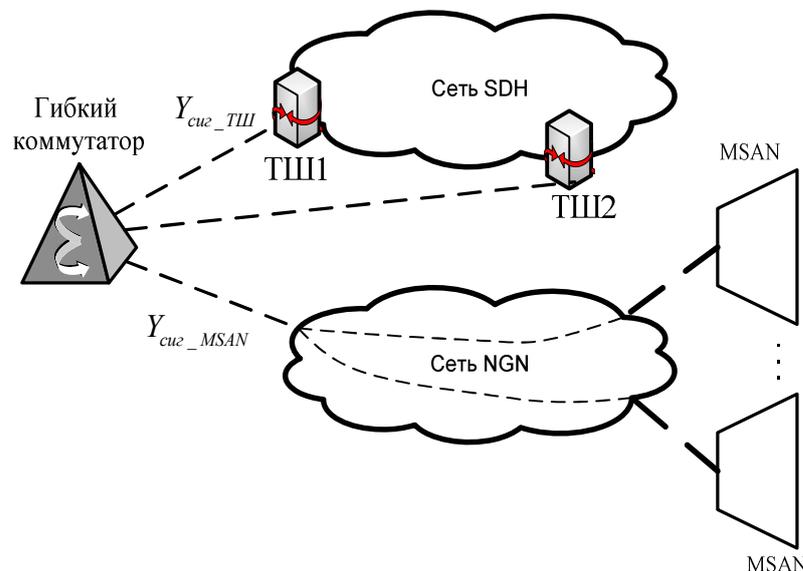


Рис. 7.2 - Схема передачи сигнальных нагрузок в МСС

Производительность гибкого коммутатора может быть определена по формуле:

$$P_{ГК} = \frac{Y_{ТШМ} + Y_{MSAN}}{t}, \quad \text{выз/час,} \quad (7.9)$$

где  $t$  - средняя длительность одного занятия, час.

Транспортный ресурс гибкого коммутатора Softswitch для обслуживания проектируемой сети связи определяется по формуле:

$$V_{ГК} = P_{ГК} (L_{SIGTRAN} N_{SIGTRAN} + L_{MEGACO} N_{MEGACO}) / 450 (\text{бит/с}) \quad (7.10)$$

#### 7.4 Методика расчета и выбора типов интерфейсов для передачи Интернет трафика

Пример структурной схемы подключения пользователей к сети Интернет показан на рис. 7.3. Структурный состав пользователей Интернет, в соответствии с исходными данными; нагрузка, создаваемая пользователями; число линий для обеспечения доступа пользователей к сети и соответствующая необходимая полоса пропускания приведены в табл. 7.3. Пример заполнения табл. 7.3 приведен ниже.

Таблица 7.3

Параметры подключения к сети Интернет пользователей и их структурный состав

Узел доступа	Тип доступа в Интернет							
	Dial-up				ADSL			
	Кол-во абонентов	Нагрузка, Эрл.	Число линий	Полоса пропускания, Мбит/с	Кол-во абонентов	Нагрузка, Эрл.	Число линий	Полоса пропускания, Мбит/с
ОПС-40/41	2850	285	316	20.22	5700	570	609	1218
ОПС-42/43	2000	200	227	14.53	4000	400	434	868
...	...	...	...	...	...	...	...	...
MSAN-90/91	-	-	-	-	5400	540	578	1156
...	...	...	...	...	...	...	...	...
MSAN-96/97	-	-	-	-				

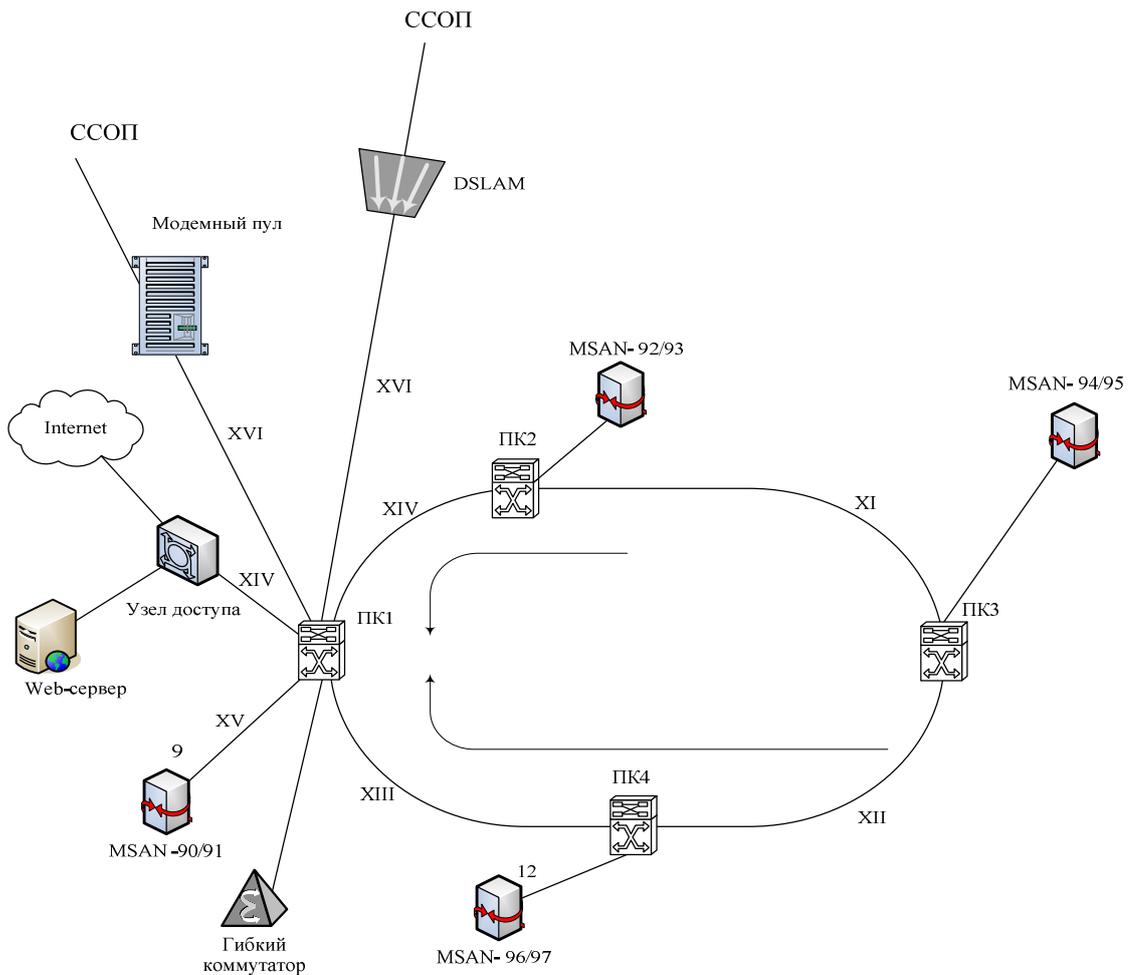


Рис. 7.3 - Структурная схема подключения пользователей Интернет

Число пользователей Интернет заданы первоначально:

- число пользователей Интернет с коммутируемым доступом

$$N_{Dial-up} = 0,1 \cdot N_{Int.};$$

- число пользователей Интернет с широкополосным доступом.

$$N_{ADSL} = 0,9 \cdot N_{Int.}$$

Нагрузка, создаваемая одним пользователем Интернет с коммутируемым доступом  $a_{Dial-up}$  составляет 0,1 Эрл, следовательно, нагрузку, создаваемую пользователями, подключенными к определенному узлу доступа проектируемой сети можно определить следующим образом:

$$Y_i^{Dial-up} = a_{Dial-up} \cdot N_{Dial-up i} \quad (7.11)$$

Количество линий, необходимых для реализации данного типа доступа определяется по таблицам первой формулы Эрланга при вероятности потерь  $P_{\text{бл.}} = 0,01$ .

Требуемая полоса пропускания определяется, исходя из того, что скорость передачи данных при коммутируемом доступе, то есть  $V_{\text{Dial-up}}$  равна 64 Кбит/с. Например,:

$$V_{\text{ОПС-40/41}}^{\text{Dial-up}} = V_{\text{Dial-up}} \cdot V'_{\text{ОПС-40/41}} = 64 \cdot 316 = 20,22 \text{ Мбит/с.}$$

Аналогичные расчеты необходимо выполнить для абонентов с широкополосным доступом в Интернет по технологии ADSL. При выполнении расчетов учитывается, что  $a_{\text{ADSL}}$  также равна 0,1 Эрл, а скорость передачи данных равна  $V_{\text{ADSL}} = 2048$  Кбит/с.

Требуемая пропускная способность канала связи для доступа в Интернет абонентов по технологии dial-up от ССОП к модемному пулу рассчитывается, учитывая данные табл. 7.3:

$$V_{\text{омССОП}}^{\text{dial-up}} = \sum V_{\text{ОПС-}i}, \text{ Мбит/с.}$$

Аналогично, выполняется расчет требуемой пропускной способности канала связи для доступа в Интернет абонентов по технологии ADSL от ССОП к DSLAM (DSL мультиплексору доступа), учитывая данные табл. 7.3:

$$V_{\text{омССОП}}^{\text{ADSL}} = \sum V_{\text{ОПС-}i}^{\text{ADSL}}, \text{ Гбит/с.}$$

В рассматриваемом примере в пакетной мультисервисной сети соединение MSAN с сетью Интернет организуется следующим образом:

- трафик от MSAN- 92/93 будет передаваться к ПК1 против часовой стрелки (как это показано на рис. 7.3);
- трафик от MSAN-94/95 и MSAN -96/97 - по часовой стрелке.

В соответствии с этим рассчитывается требуемая пропускная способность каждого из участков пакетной сети для пропуска Интернет трафика. Для доступа по технологии ADSL, например,:

$$V_{\text{XIII}}^{\text{ADSL}} = V_{\text{MSAN-96/97}}^{\text{ADSL}}, \text{ Мбит/с.}$$

Просуммировав требуемые пропускные способности для каждого из видов доступа получим общую, необходимую для определения интерфейса пропускную способность (пример показан в табл. 7.4).

Таблица 7.4

Расчет пропускной способности участков пакетной сети  
для передачи Интернет трафика

Участок сети NGN	Пропускная способность участка пакуетной сети, Мбит/с		
	Dial-up	ADSL	Общая
XIV	210.81	12882	13093
XI	-	580	580
XII	-	1448	1448
XIII	-	9450	9450

В соответствии с необходимыми пропускными способностями, учитывая, что каждый объект пакетной сети с целью резервирования подключается с резервным интерфейсом по схеме резервирования 1:1, определяем количество интерфейсов подключения оборудования к пакетной транспортной сети (табл.7.5).

Таблица 7.5

Количество и тип интерфейсов подключения  
проектируемых объектов МСС

Участок сети МСС	Количество и тип интерфейсов
ГК - ПК1	2 × 10MbitEthernet
-----	
MSAN-90/91 - ПК1	2 × 1GbitEthernet
-----	
ПК3- ПК4	2 × 1GbitEthernet

### 7.5 Методика расчета и выбора типов интерфейсов для передачи видео трафика

Пример структурной схемы подключения пользователей к видео серверу (IPTV-сервер) показан на рис. 7.4. Структурный состав пользователей IPTV и видео по запросу (VoD) рассчитывается в соответствии с исходными данными. В соответствии с этими данными определяется нагрузка, создаваемая пользователями, и число линий для обеспечения доступа пользователей к сети. и соответствующая необходимая полоса пропускания приведены в табл. 7.6.

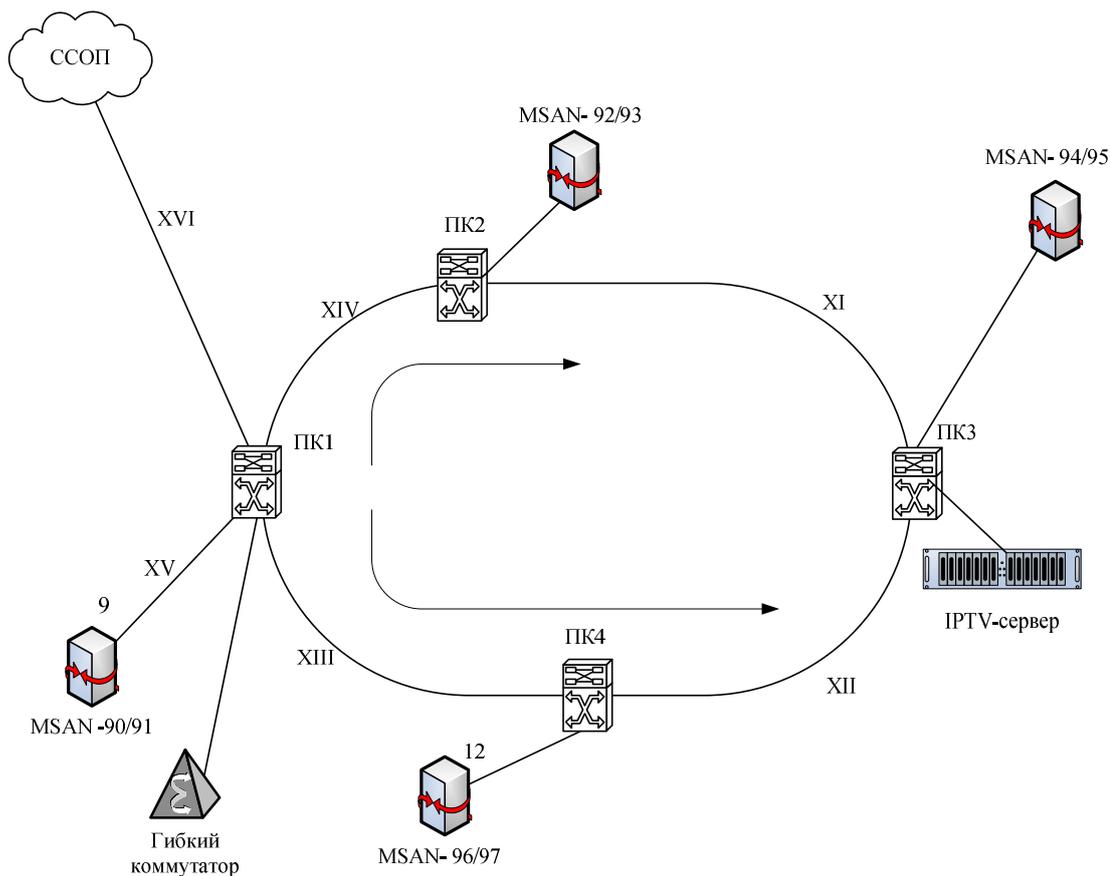


Рис. 7.4 - Вариант подключения пользователей IPTV и VoD

Таблица 7.6

Параметры подключения пользователей к IPTV- серверу

Узел доступа	Телевидение							
	Видео по запросу (VoD)				Пакетное телевидение (IP-TV)			
	Кол-во абонентов	Нагрузка, Эрл.	Число линий	Полоса пропускания, Мбит/с	Кол-во абонентов	Нагрузка, Эрл.	Число линий	Полоса пропускания, Мбит/с
ОПС-40/41	1500	15	25	50	2250	225	253	506
ОПС-42/43								
...								
MSAN-90/91								
...								
MSAN-96/97								

Удельная нагрузка на IP-TV канал  $a_{IPTV}$  составляет 0,1 Эрл, следовательно, нагрузку, создаваемую пользователями можно определить следующим образом:

$$Y_i^{IPTV} = a_{IPTV} \cdot N_{IPTV_i}, \quad \text{Эрл.} \quad (7.12)$$

Количество линий, необходимых для доступа определяется по таблицам первой формулы Эрланга при вероятности потерь  $P_{\text{ол.}} = 0,01$  аналогично предыдущим расчетам для Интернет трафика.

Аналогично производится расчет для всех узлов доступа проектируемой сети.

Требуемая полоса пропускания определяется исходя из того, что скорость передачи данных для IP-TV:  $V_{IPTV}$  равна 2 Мбит/с, например,:

$$V_{\text{ОПС-42/43}}^{IPTV} = V_{IPTV} \cdot V'_{\text{ОПС-42/43}}, \quad \text{Мбит/с.} \quad (7.13)$$

Аналогичные расчеты выполняются относительно пользователей услугой VoD, учитывая, что удельная нагрузка на одного пользователя  $a_{VoD}$  равна 0.01 Эрл, а скорость передачи данных также  $V_{VoD} = 2$  Мбит/с.

Связь в проектируемой пакетной сети с IPTV - сервером организуется следующим образом:

- трафик от MSAN- 90/91 и MSAN- 92/93 будет передаваться к ПКЗ по часовой стрелке (как это показано на рис. 7.4);
- трафик от MSAN - 96/97 - против часовой стрелки.

В соответствии с этим рассчитывается требуемая пропускная способность каждого из участков пакетной сети для пропуска видео трафика. Результаты расчетов заносятся в табл. 7.7.

Таблица 7.7

Пропускная способность участков сети для передачи видео трафика

Участок сети	Пропускная способность, Мбит/с			Количество и тип интерфейсов
	VoD	IP-TV	Общая	
XIV	100	1064	1164	2 × 10GbitEthernet
XI				
XII				
XIII				

Проанализировав общую пропускную способность сети для пакета услуг Triple Play, можно сделать вывод о необходимых интерфейсах для подключения оборудования к пакетной сети.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нормы технологического проектирования. Городские и сельские телефонные сети [Текст]: РД 45.120-2001. - М.: Министерство Российской Федерации по связи и информатизации. - 128 с.

2. Решетников, Н.В. Теория телетрафика. Курсовое и дипломное проектирование. Справочное пособие [Текст]/Н.В. Решетников -М.: Радио и связь, 2005.- 99

3. Семенов, Ю.В. Проектирование сетей связи следующего поколения [Текст]/ Ю.В. Семенов -С-Пб.: Наука и техника, 2005. - 240 с.

4. Росляков, А. В. Мультисервисные платформы сетей следующего поколения NGN. Отечественные системы [Текст] / А. В. Росляков - Самара: ПГУТИ, 2012. - Т.1 - 305 с.

5. Мультисервисные платформы сетей следующего поколения NGN. Зарубежные системы [Текст] / А.В. Росляков [и др.]; под ред. А.В. Рослякова. – Самара: ПГУТИ, 2012. – Т.2 - 337 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

Таблица 1

Зависимость величины внутривансионного сообщения от  
возникающего сообщения ОПС (АТС), в %

Возникающее сообщение АТС к сообщению сети, %	Процент внутреннего сообщения в возникающем сообщении	Возникающее сообщение АТС к сообщению сети, %	Процент внутреннего сообщения в возникающем сообщении
0,5	16,0	12,0	30,0
1,0	18,0	13,0	31,5
1,5	18,7	14,0	32,9
2,0	19,0	15,0	33,3
2,5	19,2	20,0	38,5
3,0	19,4	25,0	42,4
3,5	19,7	30,0	46,0
4,0	20,0	35,0	50,4
4,5	20,2	40,0	54,5
5,0	20,4	45,0	58,2
5,5	20,7	50,0	61,8
6,0	21,0	55,0	66,6
7,0	22,6	65,0	72,8
7,5	23,5	70,0	76,4
8,0	24,2	75,0	80,4
8,5	25,1	80,0	81,3
9,0	25,8	85,0	88,1
9,5	26,4	90,0	92,2
10,0	27,4	95,0	95,1
10,5	27,6	100,0	100,0
11,0	28,3		

Таблицы Эрланга для полnodоступного включения

$$\text{Система с явными потерями } P = E_V(Y) = \frac{Y^V}{V!} \cdot \frac{1}{\sum_{i=0}^V \frac{Y^i}{i!}},$$

Y - поступающая нагрузка, V - число линий, P - вероятность потерь

Поступающая нагрузка, Эрл, при P, равной									
V	0,001	0,002	0,003	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2
1	0,001	0,002	0,003	0,005	0,010	0,020	0,053	0,111	0,25
2	0,046	0,065	0,081	0,105	0,153	0,223	0,381	0,595	1,00
3	0,194	0,249	0,289	0,349	0,455	0,602	0,899	1,27	1,93
4	0,439	0,535	0,602	0,701	0,869	1,09	1,52	2,05	2,95
5	0,762	0,900	0,994	1,13	1,36	1,66	2,22	2,88	4,01
6	1,15	1,33	1,45	1,62	1,91	2,28	2,96	3,76	5,11
7	1,58	1,80	1,95	2,16	2,50	2,94	3,74	4,67	6,23
8	2,05	2,31	2,48	2,73	3,13	3,63	4,54	5,60	7,37
9	2,56	2,85	3,05	3,33	3,78	4,34	5,37	6,55	8,52
10	3,09	3,43	3,65	3,96	4,46	5,08	6,22	7,51	9,68
11	3,65	4,02	4,27	4,61	5,16	5,84	7,08	8,49	10,9
12	4,23	4,64	4,90	5,28	5,88	6,61	7,95	9,47	12,0
13	4,83	5,27	5,56	5,96	6,61	7,40	8,83	10,5	13,2
14	5,45	5,92	6,23	6,66	7,35	8,20	9,73	11,5	14,4
15	6,08	6,58	6,91	7,38	8,11	9,01	10,6	12,5	15,6
16	6,72	7,26	7,61	8,10	8,88	9,83	11,5	13,5	16,8
17	7,38	7,95	8,32	8,83	9,65	10,7	12,5	14,5	18,0
18	8,05	8,64	9,03	9,58	10,4	11,5	13,4	15,5	19,2
19	8,72	9,35	9,76	10,3	11,2	12,3	14,3	16,6	20,4
20	9,41	10,1	10,5	11,1	12,0	13,2	15,2	17,6	21,6
21	10,1	10,8	11,2	11,9	12,8	14,0	16,2	18,7	22,8
22	10,8	11,5	12,0	12,6	13,7	14,9	17,1	19,7	24,1
23	11,5	12,3	12,7	13,4	14,5	15,8	18,1	20,7	25,3
24	12,2	13,0	13,5	14,2	15,3	16,6	19,0	21,8	26,5
25	13,0	13,8	14,3	15,0	16,1	17,5	20,0	22,8	27,7
26	13,7	14,5	15,1	15,8	17,0	18,4	20,9	23,9	28,9
27	14,4	15,3	15,8	16,6	17,8	19,3	21,9	24,9	30,2
28	15,2	16,1	16,6	17,4	18,6	20,2	22,9	26,0	31,4
29	15,9	16,8	17,4	18,2	19,5	21,0	23,8	27,1	32,6
30	16,7	17,6	18,2	19,0	20,3	21,9	24,8	28,1	33,8
31	17,4	18,4	19,0	19,9	21,2	22,8	25,8	29,2	35,1
32	18,2	19,2	19,8	20,7	22,0	23,7	26,7	30,2	36,3
33	19,0	20,0	20,6	21,5	22,9	24,6	27,7	31,3	37,5
34	19,7	20,8	21,4	22,3	23,8	25,5	28,7	32,4	38,8
35	20,5	21,6	22,2	23,2	24,6	26,4	29,7	33,4	40,0
36	21,3	22,4	23,1	24,0	25,5	27,3	30,7	34,5	41,2
37	22,1	23,2	23,9	24,8	26,4	28,3	31,6	35,6	42,4
38	22,9	24,0	24,7	25,7	27,3	29,2	32,6	36,6	43,7
39	23,7	24,8	25,5	26,5	28,1	30,1	33,6	37,7	44,9
40	24,4	25,6	26,3	27,4	29,0	31,0	34,6	38,8	46,1

Поступающая нагрузка, Эрл, при Р, равной									
V	0,001	0,002	0,003	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2
41	25.2	26.4	27.2	28.2	29.9	31.9	35.6	39.9	47.4
42	26.0	27.2	28.0	29.1	30.8	32.8	36.6	40.9	48.6
43	26.8	28.1	28.8	29.9	31.7	33.8	37.6	42.0	49.9
44	27.6	28.9	29.7	30.8	32.5	34.7	38.6	43.1	51.1
45	28.4	29.7	30.5	31.7	33.4	35.6	39.6	44.2	52.3
46	29.3	30.5	31.4	32.5	34.3	36.5	40.5	45.2	53.6
47	30.1	31.4	32.2	33.4	35.2	37.5	41.5	46.3	54.8
48	30.9	32.2	33.1	34.2	36.1	38.4	42.5	47.4	56.0
49	31.7	33.0	33.9	35.1	37.0	39.3	43.5	48.5	57.3
50	32.5	33.9	34.8	36.0	37.9	40.3	44.5	49.6	58.5
51	33.3	34.7	35.6	36.9	38.8	41.2	45.5	50.6	59.7
52	34.2	35.6	36.5	37.7	39.7	42.1	46.5	51.7	61.0
53	35.0	36.4	37.3	38.6	40.6	43.1	47.5	52.8	62.2
54	35.8	37.2	38.2	39.5	41.5	44.0	48.5	53.9	63.5
55	36.6	38.1	39.0	40.4	42.4	44.9	49.5	55.0	64.7
56	37.5	38.9	39.9	41.2	43.3	45.9	50.5	56.1	65.9
57	38.3	39.8	40.8	42.1	44.2	46.8	51.5	57.1	67.2
58	39.1	40.6	41.6	43.0	45.1	47.8	52.6	58.2	68.4
59	40.0	41.5	42.5	43.9	46.0	48.7	53.6	59.3	69.7
60	40.8	42.4	43.4	44.8	46.9	49.6	54.6	60.4	70.9
61	41.6	43.2	44.2	45.6	47.9	50.6	55.6	61.5	72.1
62	42.5	44.1	45.1	46.5	48.8	51.5	56.6	62.6	73.4
63	43.3	44.9	46.0	47.4	49.7	52.5	57.6	63.7	74.6
64	44.2	45.8	46.8	48.3	50.6	53.4	58.6	64.8	75.9
65	45.0	46.6	47.7	49.2	51.5	54.4	59.6	65.8	77.1
66	45.8	47.5	48.6	50.1	52.4	55.3	60.6	66.9	78.3
67	46.7	48.4	49.5	51.0	53.4	56.3	61.6	68.0	79.6
68	47.5	49.2	50.3	51.9	54.3	57.2	62.6	69.1	80.8
69	48.4	50.1	51.2	52.8	55.2	58.2	63.7	70.2	82.1
70	49.2	51.0	52.1	53.7	56.1	59.1	64.7	71.3	83.3
71	50.1	51.8	53.0	54.6	57.0	60.1	65.7	72.4	84.6
72	50.9	52.7	53.9	55.5	58.0	61.0	66.7	73.5	85.8
73	51.8	53.6	54.7	56.4	58.9	62.0	67.7	74.6	87.0
74	52.7	54.5	55.6	57.3	59.8	62.9	68.7	75.6	88.3
75	53.5	55.3	56.5	58.2	60.7	63.9	69.7	76.7	89.5
76	54.4	56.2	57.4	59.1	61.7	64.9	70.8	77.8	90.8
77	55.2	57.1	58.3	60.0	62.6	65.8	71.8	78.9	92.0
78	56.1	58.0	59.2	60.9	63.5	66.8	72.8	80.0	93.3
79	56.9	58.8	60.1	61.8	64.4	67.7	73.8	81.1	94.5
80	57.8	59.7	61.0	62.7	65.4	68.7	74.8	82.2	95.7
81	58.7	60.6	61.8	63.6	66.3	69.6	75.8	83.3	97.0
82	59.5	61.5	62.7	64.5	67.2	70.6	76.9	84.4	98.2
83	60.4	62.4	63.6	65.4	68.2	71.6	77.9	85.5	99.5
84	61.3	63.2	64.5	66.3	69.1	72.5	78.9	86.6	100.7
85	62.1	64.1	65.4	67.2	70.0	73.5	79.9	87.7	102.0
86	63.0	65.0	66.3	68.1	70.9	74.5	80.9	88.8	103.2
87	63.9	65.9	67.2	69.0	71.9	75.4	82.0	89.9	104.5
88	64.7	66.8	68.1	69.9	72.8	76.4	83.0	91.0	105.7
89	65.6	67.7	69.0	70.8	73.7	77.3	84.0	92.1	106.9
90	66.5	68.6	69.9	71.8	74.7	78.3	85.0	93.1	108.2
91	67.4	69.4	70.8	72.7	75.6	79.3	86.0	94.2	109.4
92	68.2	70.3	71.7	73.6	76.6	80.2	87.1	95.3	110.7
93	69.1	71.2	72.6	74.5	77.5	81.2	88.1	96.4	111.9

Поступающая нагрузка, Эрл, при Р, равной									
V	0.001	0.002	0.003	0.005	0.01	0.02	0.05	0.1	0.2
94	70.0	72.1	73.5	75.4	78.4	82.2	89.1	97.5	113.2
95	70.9	73.0	74.4	76.3	79.4	83.1	90.1	98.6	114.4
96	71.7	73.9	75.3	77.2	80.3	84.1	91.1	99.7	115.7
97	72.6	74.8	76.2	78.2	81.2	85.1	92.2	100.8	116.9
98	73.5	75.7	77.1	79.1	82.2	86.0	93.2	101.9	118.2
99	74.4	76.6	78.0	80.0	83.1	87.0	94.2	103.0	119.4
100	75.2	77.5	78.9	80.9	84.1	88.0	95.2	104.1	120.6
102	77.0	79.3	80.7	82.7	85.9	89.9	97.3	106.3	123.1
104	78.8	81.1	82.5	84.6	87.8	91.9	99.3	108.5	125.6
106	80.5	82.8	84.3	86.4	89.7	93.8	101.4	110.7	128.1
108	82.3	84.6	86.2	88.3	91.6	95.7	103.4	112.9	130.6
110	84.1	86.4	88.0	90.1	93.5	97.7	105.5	115.1	133.1
112	85.8	88.3	89.8	92.0	95.4	99.6	107.5	117.3	135.6
114	87.6	90.1	91.6	93.8	97.3	101.6	109.6	119.5	138.1
116	89.4	91.9	93.5	95.7	99.2	103.5	111.7	121.7	140.6
118	91.2	93.7	95.3	97.5	101.1	105.5	113.7	123.9	143.1
120	93.0	95.5	97.1	99.4	103.0	107.4	115.8	126.1	145.6
122	94.7	97.3	98.9	101.2	104.9	109.4	117.8	128.3	148.1
124	96.5	99.1	100.8	103.1	106.8	111.3	119.9	130.5	150.6
126	98.3	100.9	102.6	105.0	108.7	113.3	121.9	132.7	153.0
128	100.1	102.7	104.5	106.8	110.6	115.2	124.0	134.9	155.5
130	101.9	104.6	106.3	108.7	112.5	117.2	126.1	137.1	158.0
132	103.7	106.4	108.1	110.5	114.4	119.1	128.1	139.3	160.5
134	105.5	108.2	110.0	112.4	116.3	121.1	130.2	141.5	163.0
136	107.3	110.0	111.8	114.3	118.2	123.1	132.3	143.7	165.5
138	109.1	111.9	113.7	116.2	120.1	125.0	134.3	145.9	168.0
140	110.9	113.7	115.5	118.0	122.0	127.0	136.4	148.1	170.5
142	112.7	115.5	117.4	119.9	123.9	128.9	138.4	150.3	173.0
144	114.5	117.4	119.2	121.8	125.8	130.9	140.5	152.5	175.5
146	116.3	119.2	121.1	123.6	127.7	132.9	142.6	154.7	178.0
148	118.1	121.0	122.9	125.5	129.7	134.8	144.6	156.9	180.5
150	119.9	122.9	124.8	127.4	131.6	136.8	146.7	159.1	183.0
152	121.8	124.7	126.6	129.3	133.5	138.8	148.8	161.3	185.5
154	123.6	126.5	128.5	131.2	135.4	140.7	150.8	163.5	188.0
156	125.4	128.4	130.3	133.0	137.3	142.7	152.9	165.7	190.5
158	127.2	130.2	132.2	134.9	139.2	144.7	155.0	167.9	193.0
160	129.0	132.1	134.0	136.8	141.2	146.6	157.0	170.2	195.5
162	130.8	133.9	135.9	138.7	143.1	148.6	159.1	172.4	198.0
164	132.7	135.8	137.8	140.6	145.0	150.6	161.2	174.6	200.4
166	134.5	137.6	139.6	142.5	146.9	152.6	163.3	176.8	202.9
168	136.3	139.4	141.5	144.3	148.9	154.5	165.3	179.0	205.4
170	138.1	141.3	143.4	146.2	150.8	156.5	167.4	181.2	207.9
172	139.9	143.1	145.2	148.1	152.7	158.5	169.5	183.4	210.4
174	141.8	145.0	147.1	150.0	154.6	160.4	171.5	185.6	212.9
176	143.6	146.9	149.0	151.9	156.6	162.4	173.6	187.8	215.4
178	145.4	148.7	150.8	153.8	158.5	164.4	175.7	190.0	217.9
180	147.3	150.6	152.7	155.7	160.4	166.4	177.8	192.2	220.4
182	149.1	152.4	154.6	157.6	162.3	168.3	179.8	194.4	222.9
184	150.9	154.3	156.4	159.5	164.3	170.3	181.9	196.6	225.4
186	152.8	156.1	158.3	161.4	166.2	172.3	184.0	198.9	227.9
188	154.6	158.0	160.2	163.3	168.1	174.3	186.1	201.1	230.4
190	156.4	159.8	162.1	165.2	170.1	176.3	188.1	203.3	232.9
192	158.3	161.7	163.9	167.0	172.0	178.2	190.2	205.5	235.4

Поступающая нагрузка, Эрл, при Р, равной									
V	0.001	0.002	0.003	0.005	0.01	0.02	0.05	0.1	0.2
194	160,1	163,6	165,8	168,9	173,9	180,2	192,3	207,7	237,9
196	161,9	165,4	167,7	170,8	175,9	182,2	194,4	209,9	240,4
198	163,8	167,3	169,6	172,7	177,8	184,2	196,4	212,1	242,9
200	165,6	169,2	171,4	174,6	179,7	186,2	198,5	214,3	245,4
202	167,5	171,0	173,3	176,5	181,7	188,1	200,6	216,5	247,9
204	169,3	172,9	175,2	178,4	183,6	190,1	202,7	218,7	250,4
206	171,2	174,8	177,1	180,4	185,5	192,1	204,7	221,0	252,9
208	173,0	176,6	179,0	182,3	187,5	194,1	206,8	223,2	255,4
210	174,8	178,5	180,9	184,2	189,4	196,1	208,9	225,4	257,9
212	176,7	180,4	182,7	186,1	191,4	198,1	211,0	227,6	260,4
214	178,5	182,2	184,6	188,0	193,3	200,0	213,0	229,8	262,9
216	180,4	184,1	186,5	189,9	195,2	202,0	215,1	232,0	265,4
218	182,2	186,0	188,4	191,8	197,2	204,0	217,2	234,2	267,9
220	184,1	187,8	190,3	193,7	199,1	206,0	219,3	236,4	270,4
230	193,3	197,2	199,7	203,2	208,8	215,9	229,7	247,5	282,8
240	202,6	206,6	209,2	212,8	218,6	225,9	240,1	258,6	295,3
250	211,9	216,0	218,7	222,4	228,3	235,8	250,5	269,6	307,8
300	258,6	263,2	266,2	270,4	277,1	285,7	302,6	325,0	370,3
350	305,7	310,8	314,2	318,7	326,2	335,7	354,8	380,4	432,7
400	353,0	358,5	362,1	367,2	375,3	385,9	407,1	435,8	495,2
450	400,5	406,4	410,3	415,8	424,6	436,1	459,4	491,3	557,7
500	448,2	454,5	458,7	464,5	474,0	486,4	511,8	546,7	620,2
600	543,9	551,0	555,7	562,3	573,1	587,2	616,5	657,7	745,1
700	640,1	647,9	653,1	660,4	672,4	688,2	721,4	768,7	870,1
800	736,6	745,1	750,7	758,7	771,8	789,3	826,4	879,7	995,1
900	833,3	842,5	848,6	857,2	871,5	890,6	931,4	990,8	1120
1000	930,3	940,1	946,6	955,9	971,2	991,9	1036	1102	1245

