

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 27.08.2024 01:44:29

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a50426d59e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и систем связи

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

« 15 » 03



## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ И СИСТЕМ

Методические указания  
по выполнению лабораторных работ  
по курсу «Методы проектирования инфокоммуникационных  
сетей и систем»  
для студентов направления подготовки 11.04.02  
«Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Курск 2021

УДК 621.3.095

Составитель А.Е. Севрюков

Рецензент

Доктор технических наук, профессор кафедры космического приборостроения и систем связи *В.Г. Андронов*

**Проектирование инфокоммуникационных сетей и систем:** методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу «Методы проектирования инфокоммуникационных сетей и систем» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. А.Е. Севрюков. Курск, 2021. 40 с. – Библиограф. – 40 с.

Содержат краткие теоретические сведения о различных системах связи, методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу «Методы проектирования инфокоммуникационных сетей и систем».

Методические указания соответствуют требованиям типовой программы по направлению подготовки 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», рабочей программы дисциплины «Методы проектирования инфокоммуникационных сетей и систем».

Предназначены для студентов направления подготовки 11.04.02 очной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *15.03.21*. Формат 60x84/16.  
Усл. печ. л. 2,33. Уч.-изд. л. 2,11. Тираж 100 экз. Заказ *464*. Бесплатно  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

## **Телекоммуникационные сети и системы как системы массового обслуживания (СМО). Основные определения.**

**Сообщение** – совокупность информации, имеющая признаки начала и конца и предназначенная для передачи через сеть связи. Для того, чтобы передать сообщение абонент создает вызов.

**Вызов** – это требование, поступившее в сеть связи на установление соединения с целью передачи сообщения. Вызов характеризуется только моментом поступления.

Вызовы разделяются на следующие виды:

- *обслуженный* – получивший соединение с приемником на заданном участке, которым может быть пучок линий, группа приборов, КС;

- *потерянный* – получивший отказ на данном участке из-за отсутствия свободных соединительных путей;

- *задержанный* – ожидающий начала установления соединения в очереди;

- *первичный* – первый для данного сообщения;

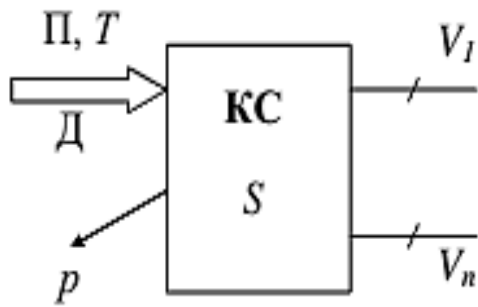
- *повторный* – поступивший после потери предыдущего, но относящийся к тому же сообщению.

**Занятие** – любое использование приборов, линий, устройства с целью установления соединения, независимо от того, закончилось оно передачей сообщения или нет. Характеризуется моментом и длительностью.

**Освобождение** – возвращение прибора, линии или устройства в исходное состояние. Характеризуется только моментом наступления.

**Математическая модель процесса обслуживания**, исследуемая в теории распределения информации (рис. 5.1), рассматривается как система распределения информации, которая характеризуется параметрами:

- потоком поступающих вызовов ( $\Pi$ );
- структурой системы обслуживания ( $S$ );
- характеристикой качества обслуживания ( $P$ );
- дисциплиной обслуживания.



П — модель потока вызовов,  
 Д — дисциплина обслуживания,  
 р — характеристика качества обслуживания,  
 S — структура коммутационной системы, в которую входит и способ включения пучков линий по  $V$  каналов в каждом,  
 T — время обслуживания.

Рисунок 2.1 – Характеристики системы распределения информации

**Поток вызовов** — это последовательность моментов поступления вызовов по времени. Это может быть поток вызовов, занятий, освобождений. Эти потоки являются случайными и для их задания используют вероятностные законы распределения, по которым определяют модель потока — П.

**Дисциплина обслуживания** характеризует взаимодействие потока вызовов с системой распределения информации.

**Структура системы распределения информации** — описывает способ построения коммутационной системы.

**Характеристики качества** оценивают работу коммутационной системы по обслуживанию поступающих вызовов. Перечень рассматриваемых характеристик качества для конкретных коммутационных систем зависит от дисциплины обслуживания.

## Исходные данные

На аналого-цифровой городской телефонной сети (ГТС) областного центра имеются четыре узловых района (УР): координатный УР-2 в составе трех РАТС типа АТСК-У емкостью  $N_{21} \dots N_{23}$  и цифровые – УР-3, УР-4 и УР-5. УР-3 на базе цифровой системы коммутации (ЦСК) типа «Квант-Е» емкостью  $N_{\text{ЦСК-31/32}}$ , состоящий из опорно-транзитного оборудования (ОПТС) ОПТС-31/32, двух выносных коммутационных модулей (ВКМ) емкостью  $N_{\text{ВКМ-1}}$ ,  $N_{\text{ВКМ-2}}$  и трех выносных абонентских модулей (ВАМ) емкостью  $N_{\text{ВАМ-1}} - N_{\text{ВАМ-3}}$ . УР-4 состоит из ОПТС-41/42 на базе ЦСК SI-2000/V.5 емкостью  $N_{\text{ЦСК-41/42}}$ , в которую включены две аналоговые РАТС-45 и РАТС-47 (емкостью  $N_{45}$  и  $N_{47}$ ), аналоговые РАТС частично демонтированы за счет установленных в их помещении двух узлов доступа SAN емкостью  $N_{\text{SAN-1}}$  и  $N_{\text{SAN-2}}$ . УР-5 на базе ОПТС-51/52 (SI-2000/V.5) емкостью  $N_{\text{ОПТС-51/52}}$ . Все ОПТС ГТС связаны между собой транспортным кольцом SDH. Доля квартирных ТА составляет  $K_{\text{УР-2}}$ ,  $K_{\text{Ц-3}}$ ,  $K_{\text{Ц-4}}$ ,  $K_{\text{Ц-5}}$ , доля универсальных таксофонов – 0,01 от емкости станции. Для доступа к *Internet* при каждой ОПТС организован пункт присутствия *Internet* – (*Internet Point of Presence*) *IPOP*. Доля абонентов с доступом к *Internet* по абонентской линии (*dial-up*) составляет 0,2 от емкости станции. В областном центре действует зонавая АМТС типа EWSD (с установленным магистральным коммутатором *Softswitch* 4 класса). При АМТС организован пункт коммутации интеллектуальных услуг (*Service Switching Point*) *SSP*. Доля абонентов с доступом к пункту предоставления интеллектуальных услуг *SSP* составляет 0,01. Узел спецслужб (УСС) построен на аналоговом оборудовании и размещен в здании РАТС-22.

## Лабораторные задания

### **Задание № 1 «Анализ существующей аналого-цифровой сети с коммутацией каналов»**

Изобразить и проанализировать структурные схемы существующей ГТС, для чего:

- Привести и кратко описать структурную схему существующей сети местной связи.
- Привести и кратко описать структурную схему сети связи с АМТС и УСС.
- На структурных схемах указать все необходимые станции и выносное оборудование, привести код, тип оборудования и нумерацию АЛ.
- Показать пункты присутствия *IPOP* при ОПТС; пункт коммутации интеллектуальных услуг *SSP* при АМТС, для пучков соединительных линий (СЛ) указать направленность соединения, для ФСЛ - проводность, для ЦСЛ - тип группового тракта и используемую цифровую систему передач (ЦСП), отдельным цветом выделить структуру транспортного кольца ГТС.

### **Задание № 2 «Прогнозирование абонентского структурного состава и расчет абонентской нагрузки сети с коммутацией каналов»**

Произвести расчет интенсивностей нагрузок для ГТС с коммутацией каналов:

- определить структурный состав абонентов станций существующей ГТС;
- рассчитать абонентские нагрузки для станций ГТС;
- рассчитать исходящую нагрузку к пункту присутствия *Internet - IPOP* и пункту коммутации интеллектуальных услуг *SSP*;
- выбрать коэффициенты тяготения для ГТС;
- рассчитать межстанционные нагрузки на ГТС.

Каждый этап расчетов сопроводить схемами распределения нагрузки на станции.

### **Задание № 3 «Распределение межстанционной нагрузки на ГТС. Коэффициенты тяготения».**

Определить нагрузку на пучки СЛ и определить количество СЛ для всех направлений связи на ГТС с коммутацией каналов.

**Задание № 4 «Определение количества соединительных линий между опорно-транзитным оборудованием, выносными абонентскими модулями и существующими РАТС ГТС».**

Определить емкости пучков СЛ.

**Задание № 5 «Расчет числа ГТ и пропускной способности транспортного кольца SDH»**

Определить и обосновать способы сигнализации для всех направлений связи на ГТС

Составить таблицу способов сигнализаций между всеми станциями сети, АМТС и УСС, используя исходные данные, приведённые в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Исходные данные (*выбор варианта определяется по сумме предпоследней и последней цифр зачетной книжки*)

**Например: 3+9=12 (вариант 2)**

<b>А</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
$N_{21}$ , тыс.	5	8	9	7	8	6	10	7	8	9
$N_{ЦСК-31/32}$ , тыс.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$N_{СК-41/42}$ , тыс.	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
$N_{ВКМ-1}$	4096	1024	2048	3072	4096	3072	1024	2048	3072	4096
$K_{УР-2}$	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,70	0,85	0,80
$K_{Ц-3}$	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	0,80	0,85	0,70	0,87	0,84
$N_{SAN-1}$	704	1408	2112	2800	2112	1408	704	2800	1408	704

<b>В</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
$N_{22}$ , тыс.	9	7	8	10	6	9	8	7	6	9
$N_{45}$ , тыс.	8	7	6	5	6	8	8	9	7	8
$N_{ОПТС-51/52}$ , тыс.	18	19	20	18	20	19	20	18	19	20
$N_{ВАМ-1}$	256	128	512	384	128	256	512	128	256	256
$N_{ВАМ-2}$	512	256	128	256	512	384	128	256	512	128
$N_{SAN-2}$	704	2800	2112	1408	2112	704	1408	2800	2112	1408
$K_{Ц-4}$	0,80	0,85	0,65	0,70	0,60	0,75	0,86	0,67	0,78	0,89

<b>С</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
$N_{23}$ , тыс.	10	10	8	10	8	10	10	10	10	10
$N_{47}$ , тыс.	9	9	8	8	10	10	10	10	8	10
$N_{ВКМ-2}$	3072	4096	3072	2048	1024	2048	3072	4096	1024	2048
$N_{ВАМ-3}$	128	256	128	256	128	256	128	256	128	256
$K_{Ц-5}$	0,73	0,90	0,95	0,76	0,70	0,68	0,79	0,80	0,81	0,88

## Методические указания к выполнению лабораторных работ

### Указания по выполнению лабораторного задания №1 «Анализ существующей аналого-цифровой сети с коммутацией каналов»

На рассматриваемой ГТС при внедрении цифрового оборудования был использован метод наложения. Рассмотрим основные мероприятия, которые выполняются при использовании данного метода.

*Метод наложения* характеризуется наличием двух независимых отдельных (аналоговой и цифровой) сетей, обслуживающих одну и ту же территорию. Формируется цифровая наложенная сеть за счет: установки новых цифровых систем коммутации (ЦСК), демонтажа морально и физически устаревшего оборудования и замены его цифровым, путем расширения существующих аналоговых АТС цифровым оборудованием.

Внедрение ЦСК методом «наложенной сети» выполняется единым территориально распределенным комплексом аппаратно-программных средств для одного или нескольких узловых районов ГТС, при этом обязательным является фактор использования однотипного оборудования для ГТС.

При этом используются следующие рекомендации.

**Опорно-транзитное оборудование (ОПТС, *Host*).** ЦСК применяется преимущественно в качестве ОПТС с функциями объединения и распределения исходных и входных местных и междугородних соединений для всех или части станций на базе выносных коммутационных модулей (ВКМ) и, возможно, ЦСК других систем, а также в качестве центра технической эксплуатации (ЦТЭ) всего территориально распределенного оборудования системы. Кроме этого, в зависимости от потребности (в том числе одновременно), эта ОПТС может выполнять функции узла спецслужб (УСС) или интеллектуального центра обработки вызовов (*Call-center*); центра коммутации сотовой сети подвижной связи *MSC (Mobile Switching Center)*; АМТС или международного центра коммутации (МЦК);



пункта присутствия *Internet IPOP (Internet Point Presence)* и шлюза с пакетными сетями *IP, ATM, FR, Ethernet*; пункта коммутации интеллектуальных услуг *SSP (Service Switching Point)*.

**Выносные коммутационные модули (ВКМ).** Целесообразность установления ВКМ зависит от соответствия его возможностей, которые определяются типом избранной ЦСК, к конкретным потребностям проектируемого объекта в сетевых функциях, абонентской емкости и количестве соединительных линий (СЛ).

Выносные абонентские модули (ВАМ) применяются для уменьшения расходов на сеть абонентских линий (АЛ), в частности, в качестве концентраторов в местах скопления небольших групп абонентов - в микрорайонах частной застройки.

Для внедряемой ЦСК обеспечивается необходимая номенклатура линейных стыков, способов и кодов сигнального обмена с существующим аналоговым оборудованием и оборудованием существующих на сети ЦСК. С аналоговой частью сети используются только ЦСЛ. Соединение между ЦСК производится, как правило, оптоволоконным кольцом, образованным *SDH*.

Для внедряемой ЦСК, как правило, вводится новый план нумерации, который предполагает выделение ее как отдельного цифрового узлового района, емкость которого = **100 000 абонентов**.

Внедряемая ЦСК должна обеспечить функциональную полноту общеканальной сигнализации ОКС-7 и иметь статус транзитного *STP (Signalling Transfer Point)* или оконечного *SP (Signalling Point)* пункта сигнализации для обеспечения сигнального взаимодействия с существующими ЦСК и АМТС.

Внедряемая ЦСК, благодаря наличию средств централизованной технической эксплуатации, обеспечит возможность взаимодействия с сетью управления электросвязью *TMN (Telecommunication Management Network)*.

С целью обеспечения абонентов ГТС связью с сетью Internet в режиме коммутированного доступа (*dial-up*), при ОПТС организуется IPOP (*Internet Point of Presence*), который путем установления группы многофункциональных серверов Internet будет обеспечивать выход во всемирную "паутину" WWW сети Internet. Сер-

веру выделяется нужная номерная емкость и пропускная способность к сети Internet в цифровизированном, полупостоянно скоμμутированом в коммутационном поле ОПТС, направлении связи к провайдеру и, в зависимости от нагрузки, ряд серийных абонентных номеров с модемами для доступа пользователей.

При АМТС организуется узел предоставления интеллектуальных услуг SSP (Service Switching Point).

Для выполнения пункта 1 необходимо изобразить структурную схему ГТС в соответствии с рисунком 1.1, 1.2. При этом необходимо учесть, что в СРС приводятся три структурные схемы сети (схема организации местной связи, схема организации связи с АМТС и УСС и схема ГТС с учетом транспортного кольца SDH). На структурной схеме организации местной связи ГТС указывают: тип оборудования, код станции и нумерацию АЛ; для пучков СЛ – направленность, для ФСЛ – проводность, для ЦСЛ – тип ГТ и используемую систему передач; пункты доступа к Internet – IPOP. Пример разработанной структурной схемы показан на рисунке 1.1.

На структурной схеме организации связи с АМТС и УСС показывают: станции сети, их тип и код (можно не указывать нумерацию АЛ); пучки СЛ местной связи; показывают АМТС с указанием типа оборудования, показывают связи пучками ЗСЛ и СЛМ ко всем узловым районам, для УСС – показывают местоположение, и пучки СЛ от всех станций сети с указанием проводности, при АМТС показать пункт коммутации услуг Интеллектуальной сети – SSP. На структурной схеме ГТС с учетом транспортного кольца SDH показывают станции сети, тип оборудования, коды станций, принцип подключения к транспортному кольцу SDH и необходимое оборудование. Пример структурной схемы с учетом транспортного кольца SDH приведен на рисунке 1.2. Каждая структурная схема сопровождается кратким описанием. При описании существующей сети можно учесть следующие теоретические выкладки.

Аналого-цифровая ГТС с узлообразованием (сеть с шестизначной нумерацией) предполагает наличие на сети узловых районов (УР), которые организованы с целью укрупнения пучков СЛ. Рассматриваемая ГТС построена на базе аналоговых и цифровых узловых районов.

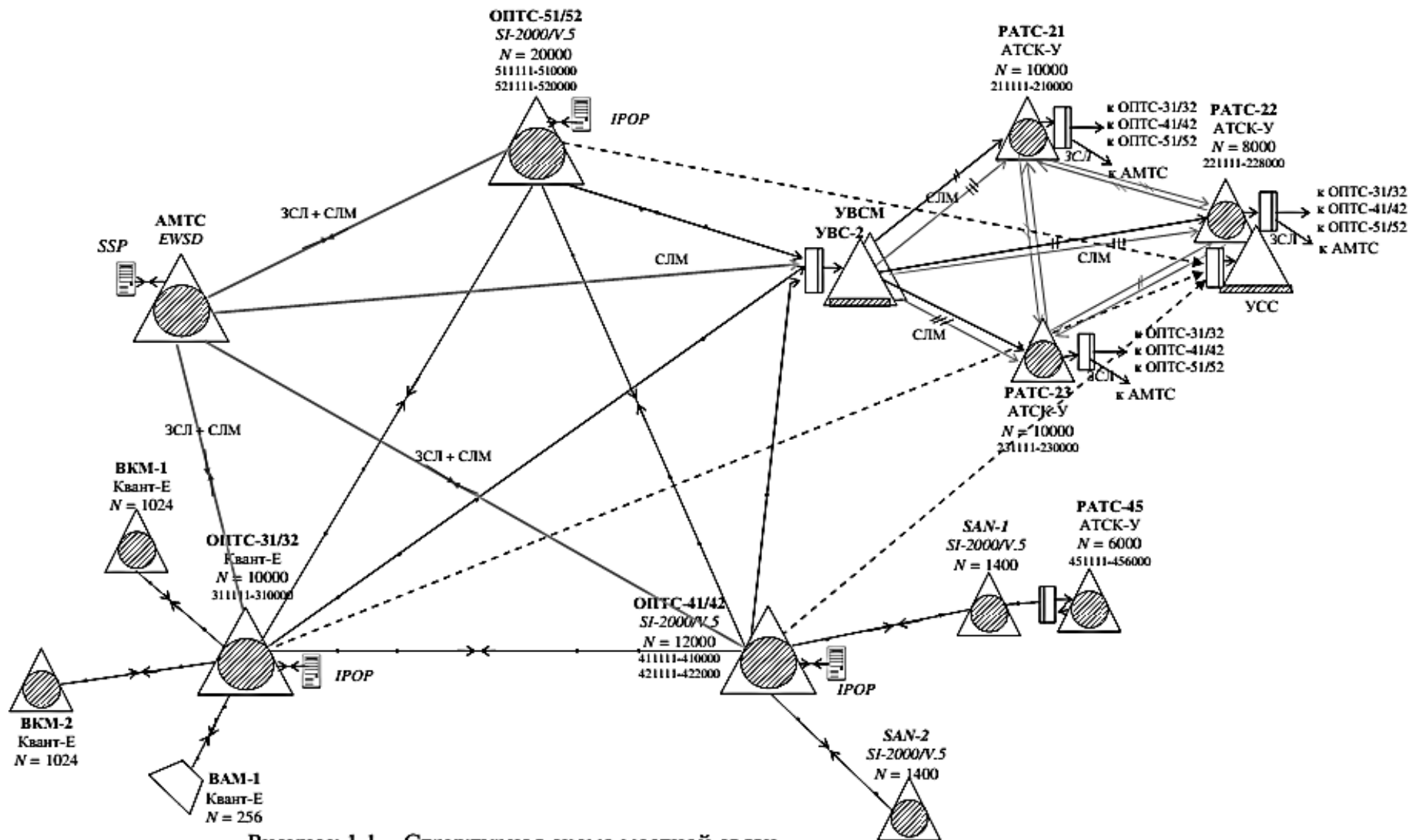


Рисунок 1.1 – Структурная схема местной связи



Аналоговый узловой район. Состоит из УВС – это узел входящих сообщений, который концентрирует входящую нагрузку от всех РАТС сети к РАТС узлового района и распределяет между РАТС своего района, по исходящей связи от каждой РАТС организованы индивидуальные пучки уплотненных ЦСЛ к ОПТС цифровых узловых районов. РАТС внутри узлового района связываются по принципу «каждая с каждой». Нумерация для узлового района –  $K_1K_2ТСДЕ$ , где  $K_1$  – это код узлового района,  $K_2$  – код РАТС, ТСДЕ – нумерация АЛ в пределах станции. Между собой РАТС в пределах УР связываются по принципу «каждая с каждой» пучками соединительных линий одностороннего действия. Выбор типа СЛ между аналоговыми РАТС зависит от расстояния: при  $l < 1,5$  км применяются трехпроводные физические СЛ, при  $1,5 > l < 8$  км – двухпроводные СЛ; при  $l > 8$  км – уплотненные СП типа ИКМ.

Цифровые узловые районы построены на базе территориально-распределенной архитектуры ЦСК, состоящей из опорно-транзитного оборудования (ОПТС) и выносных коммутационных (ВКМ) и абонентских модулей (ВАМ), связывающихся с ОПТС пучками линий двухстороннего действия.

Принципы взаимодействия на аналого-цифровой ГТС. Связь аналоговых цифровых УР осуществляется следующим образом: входящая связь к аналоговому УР – линиями одностороннего действия через УВС; исходящая связь обеспечивается путем организации односторонних пучков от каждой РАТС к цифровой ОПТС. При этом для стыка между цифровой и аналоговой частью сети используются цифровые соединительные линии, образованные групповыми трактами Е1 с установкой ЦСП ИКМ-30 со стороны аналоговых объектов сети. Цифровые УР связываются между собой пучками двухстороннего действия по принципу «каждый с каждым». Все ОПТС связывает оптоволоконное кольцо SDH.

Для связи с АМТС используются следующие типы СЛ: ЗСЛ – заказно-соединительные линии, СЛМ – соединительные линии междугородные. Для укрупнения пучков СЛМ в аналоговом УР используется узел СЛМ – УВСМ, который организован вместе с УВС. Цифровые ОПТС предполагают организацию двухсторонних пучков линий ЗСЛ и СЛМ к АМТС.

Для связи с УСС организуется односторонний пучок СЛ от каждой ОПТС, с учетом того, что УСС выполнен на аналоговом оборудовании, необходимо обеспечить стык с помощью ЦСП. Связь аналоговых РАТС с УСС осуществляется с помощью ФСЛ одностороннего действия.

Транспортное кольцо, построенное на базе оптоволоконного кабеля с использованием технологии *SDH* обеспечивает на ГТС межзловую связь, связь станций сети с АМТС и УСС. На всех ОПТС сети и УВС организуется точки доступа для подключения к транспортному кольцу, здесь устанавливаются мультиплексоры ввода/вывода ADM.

## **Указания по выполнению лабораторного задания № 2. «Прогнозирование абонентского структурного состава и расчет абонентской нагрузки сети с коммутацией каналов»**

Прогнозирование интенсивности абонентской нагрузки производят с целью определения интенсивности нагрузки создаваемой всеми абонентами проектируемой ЦСК. Методика расчета может быть различной – для всей емкости ЦСК или для одного абонентского модуля (АМ), а затем для ОПТС, ВКМ и ВАМ. Рассмотрим методику расчета абонентских нагрузок для одного абонентского модуля.

### **Определение категорий источников нагрузки.**

Расчет интенсивностей абонентских нагрузок принято начинать с подразделения на категории источников нагрузки, которые отличаются средним числом вызовов, средней длительностью занятия и часом наибольшей нагрузки (ЧНН):

#### **Категории источников нагрузки:**

- Абоненты административно-делового сектора (АДС).
- Квартирные абоненты (КВ).
- Универсальные таксофоны (ТАКС).
- Абоненты с доступом к *Internet* по телефонной линии (*dial-up*).
- Абоненты, пользующиеся интеллектуальными услугами *SSP*.

Структурный состав абонентов зависит от местоположения внедряемой ЦСК и определяется долей абонентов квартирного сектора ( $K_{КВ}$ ). Для жилого массива  $K_{КВ}$  составляет порядка 0,8...0,9, для центрального района города – 0,6...0,7, для промышленной зоны – 0,3...0,4.

### **Прогнозирование интенсивностей абонентских нагрузок.**

Абонентская линия характеризуется следующими видами занятий:

- исходящим местным (исх),
- входящим местным (вх);
- междугородним исходящим (ми);
- междугородним входящим (мв);
- *Internet*;

– *SSP*.

В зависимости от вида занятия АЛ характеризуется удельными интенсивностями абонентских нагрузок, которые определяются статистическими измерениями на сети, зависят от емкости сети, категории АЛ и вида ЧНН:

- местной исходящей  $y_{i \text{ исх}}$ ;
- местной входящей  $y_{i \text{ вх}}$ ;
- междугородной исходящей  $y_{i \text{ ми}}$ ;
- междугородной входящей  $y_{i \text{ мв}}$ ;
- исходящей *Internet*  $y_{i \text{ Int}}$ ;
- исходящей *SSP*  $y_{i \text{ SSP}}$ .

Значения удельных интенсивностей нагрузок и средние длительности занятий приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Усредненные удельные интенсивности нагрузок и средние длительности занятий (ВБН 3-2-2)

Параметр, мЭрл	Емкость сети, тыс. номеров	Параметр	Значение, с
	ADC / КВ		
$y_{\text{исх}}$	43– 46	$t_{\text{исх}}$	85
$y_{\text{вх}}$	39– 42	$t_{\text{вх}}$	90
$y_{\text{ми}}$	6– 7	$t_{\text{ми}}$	160
$y_{\text{мв}}$	5– 6	$t_{\text{мв}}$	180
$y_{\text{так исх}}$	65	$t_{\text{так исх}}$	85
$y_{\text{так вх}}$	58	$t_{\text{так вх}}$	90
$y_{\text{так ми}}$	200	$t_{\text{так}}$	160
$y_{\text{Int}}$	50	$t_{\text{Int}}$	540
$y_{\text{SSP}}$	0,2 на услугу	$t_{\text{SSP}}$	65

Интенсивности нагрузок, создаваемых абонентами одного АМ опорной станции, опорно-транзитной станции или ВКМ при местной и междугородной исходящей и входящей связи, связи с *IPOP* и *SSP* определяются следующими соотношениями:



$$Y_{\text{исх.АМ}} = \sum_{i=1}^3 N_{i\text{АМ}} \times y_{i\text{исх}}, \quad (1.1)$$

$$Y_{\text{вх.АМ}} = \sum_{i=1}^3 N_{i\text{АМ}} \times y_{i\text{вх}}, \quad (1.2)$$

$$Y_{\text{миАМ}} = \sum_{i=1}^3 N_{i\text{АМ}} \times y_{i\text{ми}}, \quad (1.3)$$

$$Y_{\text{мв.АМ}} = \sum_{i=1}^3 N_{i\text{АМ}} \times y_{i\text{мв}}, \quad (1.4)$$

$$Y_{\text{Int.i}} = \sum_i N_{i\text{Int}} \times y_{\text{Int.i}} \quad (1.5)$$

$$Y_{\text{SSP.i}} = \sum_i N_{i\text{SSP}} \times y_{\text{SSP.i}} \quad (1.6)$$

Здесь  $N_{i\text{АМ}}$  – число источников  $i$  категории в рассчитываемом АМ;

$y_{i\text{исх}}, y_{i\text{вх}}, y_{i\text{ми}}, y_{i\text{мв}}, y_{i\text{Int}}, y_{i\text{SSP}}$  удельные интенсивности нагрузок в зависимости от вида занятия АЛ;

$N_{i\text{Int}}$  – количество пользователей Internet по АЛ (dial-up);

$N_{i\text{SSP}}$  – количество пользователей интеллектуальными услугами (количество предоставляемых услуг принять равным 10).

Общая интенсивность нагрузки на все АЛ одного АМ:

$$Y_{\text{АМ}} = Y_{\text{исх.АМ}} + Y_{\text{вх.АМ}} + Y_{\text{миАМ}} + Y_{\text{мв.АМ}} + Y_{\text{Int.АМ}} + Y_{\text{SSP.АМ}} \quad (1.7)$$

Схема распределения нагрузки в абонентском модуле показана на рисунке 1.3.

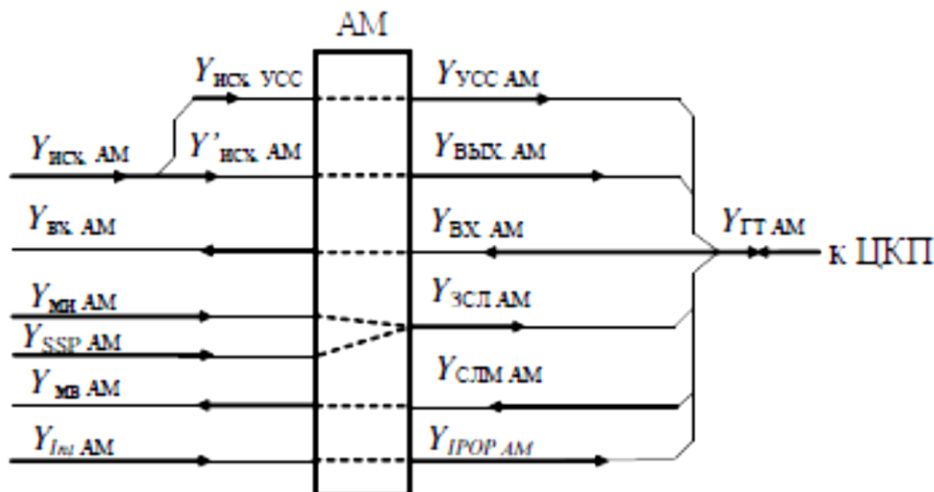


Рисунок 1.3 – Схема распределения нагрузки в АМ

Интенсивность нагрузки к узлу спецслужб:

$$Y_{\text{исх.УСС}} = K_{\text{УСС}} \times Y_{\text{исх.АМ}} \quad (1.8)$$

где  $K_{\text{УСС}} = 0,03 \dots 0,05$  – доля нагрузки, направляемой к УСС.

Интенсивность оставшейся исходящей нагрузки обозначим:

$$Y'_{\text{исх.АМ}} = (1 - K_{\text{УСС}}) Y_{\text{исх.АМ}}. \quad (1.9)$$

Рассчитанные значения интенсивности нагрузок абонентского модуля (для ЦСК «Квант-Е» и *SI-2000/V.5*) свести в таблицу (пример таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Интенсивность абонентских нагрузок АМ

Абонентский модуль «Квант-Е»											
$N_{\text{АМ}}$	$N_{\text{КВ}}$	$N_{\text{АДС}}$	$N_{\text{Int}}$	$N_{\text{SSP}}$	$Y_{\text{исхАМ}}$	$Y_{\text{вхАМ}}$	$Y_{\text{миАМ}}$	$Y_{\text{мвАМ}}$	$Y_{\text{IntАМ}}$	$Y_{\text{SSPАМ}}$	$Y_{\text{АМ}}$
Абонентский модуль <i>SI-2000/V.5</i>											
$N_{\text{АМ}}$	$N_{\text{КВ}}$	$N_{\text{АДС}}$	$N_{\text{Int}}$	$N_{\text{SSP}}$	$Y_{\text{исхАМ}}$	$Y_{\text{вхАМ}}$	$Y_{\text{миАМ}}$	$Y_{\text{мвАМ}}$	$Y_{\text{IntАМ}}$	$Y_{\text{SSPАМ}}$	$Y_{\text{АМ}}$

Нагрузка групповых трактов АМ меньше нагрузки абонентских линий из-за разности времени занятия АЛ и линий ГТ. Это отличие определяется коэффициентом  $q$ , значение которого зависит от вида соединения (исходящее, входящее, междугородное исходящее или входящее, *Internet*, *SSP*).

Значение коэффициента при исходящей связи  $q_{\text{исх}}$  определяется:

$$q_{\text{исх}} = (t_{\text{исх}} - \Delta t_{\text{исх}}) / t_{\text{исх}}, \quad \Delta t_{\text{исх}} = t_{\text{со}} + t_{\text{наб}} + t_{\text{ус}}, \quad (1.10)$$

где  $t_{\text{исх}}$  – средняя длительность занятия абонентской линии (см. табл. 1.2);

$t_{\text{со}}$  – среднее время слушания сигнала „Ответ станции”, равно 2 с;

$t_{\text{ус}}$  – время установления соединения, близко к нулю;

$t_{\text{наб}}$  – время набора номера, определяется способом передачи номера от телефонного аппарата (ТА).

При  $n$  набираемых абонентом цифр и импульсном способе передачи  $t_{\text{наб}} = 1,5 n$  с, при частотном способе –  $t_{\text{наб}} = 0,1 n$  с, в среднем

$$t_{\text{наб}} = [1,5 (1 - p_{\text{чт}}) + 0,4 p_{\text{чт}}] \times n, \text{ с} \quad (1.11)$$

где  $p_{\text{чт}}$  – доля ТА с частотным способом передачи номера.

Для расчета можно принять, что доля ТА с импульсным и частотным способами набора одинакова, тогда в среднем  $t_{\text{наб}} = 0,8$  с.

Количество набираемых цифр для местной исходящей связи, согласно плану нумерации рассматриваемой ГТС, равно  $n = 6$ .

Значение коэффициента при исходящей междугородней связи  $q_{\text{ми}}$  определяется аналогично (1.10) с учетом того, что при исходящей междугородней связи необходимо учесть разницу количества набираемых цифр при различных видах установления соединения.

При установлении зонового соединения количество набираемых цифр составляет  $n_{\text{зон}} = 9$  (8-2-ав-×××××), междугородного  $n_{\text{мг}} = 11$  (8-ABC-×××××××), соединения к оператору сотовой сети  $n_{\text{СС}} = 11$ , а международного - в среднем  $n_{\text{мн}} = 14$ . Усредненные доли вызовов при зоновой, междугородной, к оператору сотовой сети и международной связи соответственно равны  $p_{\text{зон}} \approx 0,3$ ;  $p_{\text{мг}} \approx 0,25$ ;  $p_{\text{СС}} \approx 0,3$ ;  $p_{\text{мн}} \approx 0,15$ . Тогда среднее количество набираемых цифр при исходящей междугородней связи равно  $n_{\text{ми}} = 9 p_{\text{зон}} + 11 p_{\text{мг}} + 11 p_{\text{СС}} + 14 p_{\text{мн}}$ .

$$n_{\text{ми}} = 10,81.$$

При входящей местной и междугородной связи  $q_{\text{вх}} = 1$ ,  $q_{\text{мв}} = 1$  поскольку прием номера и установление соединения занимает меньше секунды.

При расчете  $q_{\text{УСС}}$  необходимо учесть, что при связи с УСС средняя длительность занятия АЛ составляет  $t_{\text{УСС}} = 36$  с, а количество набираемых цифр равно 3 (1-××) или 4 (1×-××), тогда в среднем  $n_{\text{УСС}} = 4 p_4 + 3 (1 - p_4)$ , где  $p_4$  – доля вызовов к четырехзначным службам. Величина  $p_3 \approx 40 K_{\text{УСС}} - 1,1$ .

При расчете  $q_{\text{Int}}$  – для связи с пунктом присутствия *Internet* – *IPOP*, количество набираемых цифр к модемному пулу  $n_{\text{Int}} = 6$ , набор номера выполняется частотным способом  $t_{\text{наб Int}} = 0,1 \times n_{\text{Int}}$ , а средняя длительность занятия АЛ в сеансе связи *Internet* – 540 с, время установления соединения принять равным 0.



Общая абонентская нагрузка ОПТС (ВКМ) равна:

$$\begin{aligned}
 Y_{\text{ВЫХ ОПТС}} &= M \times Y_{\text{ВЫХ АМ}}, \\
 Y_{\text{ВХ ОПТС}} &= M \times Y_{\text{ВХ АМ}}, \\
 Y_{\text{УСС ОПТС}} &= M \times Y_{\text{УСС АМ}}, \\
 Y_{\text{ЗСЛ ОПТС}} &= M \times Y_{\text{ЗСЛ АМ}}, \\
 Y_{\text{СЛМ ОПТС}} &= M \times Y_{\text{СЛМ АМ}}, \\
 Y_{\text{ИРОР ОПТС}} &= M \times Y_{\text{ИРОР АМ}},
 \end{aligned}
 \tag{1.13}$$

где  $M$  – число АМ на ОПТС или ВКМ.

Расчеты общей абонентской нагрузки выполняются для всех ОПТС, ВКМ, ВАМ ГТС. Результаты заносятся в таблицу (см. табл. 1.5).

Таблица 1.5 - Расчеты общей абонентской нагрузки

ЦСК-31/32 «Квант-Е»										
	$N$	$N_{\text{АМ}}$	$M$	$Y_{\text{ВЫХ}}$	$Y_{\text{УСС}}$	$Y_{\text{ВХ}}$	$Y_{\text{ЗСЛ}}$	$Y_{\text{СЛМ}}$	$Y_{\text{ИРОР}}$	$Y_{\Sigma T}$
ОПТС-31/32										
ВКМ-1										
ВКМ-2										
ВКМ-1										
ВКМ-2										
ВКМ-3										
ЦСК-41/42 SI-2000/V.5										
	$N$	$N_{\text{АМ}}$	$M$	$Y_{\text{ВЫХ}}$	$Y_{\text{УСС}}$	$Y_{\text{ВХ}}$	$Y_{\text{ЗСЛ}}$	$Y_{\text{СЛМ}}$	$Y_{\text{ИРОР}}$	$Y_{\Sigma T}$
ОПТС-41/42										
SAN-1										
SAN-2										
ЦСК-51/52 SI-2000/V.5										
	$N$	$N_{\text{АМ}}$	$M$	$Y_{\text{ВЫХ}}$	$Y_{\text{УСС}}$	$Y_{\text{ВХ}}$	$Y_{\text{ЗСЛ}}$	$Y_{\text{СЛМ}}$	$Y_{\text{ИРОР}}$	$Y_{\Sigma T}$
ОПТС-51/52										

Интенсивность нагрузок, создаваемых абонентами существующих РАТС сети, производят при местной и междугородной исходящей и входящей связи, расчет производят для полной емкости РАТС.

Структурный состав существующих РАТС предполагается следующий: абоненты квартирного сектора, административно-деловые абоненты, таксофоны и абоненты *Internet*.

При расчетах нагрузки на выходе РАТС  $Y_{\text{вых}}$  определяют коэффициентом  $q$ , значение которого зависит от вида соединения и типа РАТС:

$$q_{\text{исх}} = (t_{\text{исх}} - t_{\text{исх}}) / t_{\text{исх}}, \quad t_{\text{КД}} = t_{\text{со}} + t_{\text{наб}} + t_{\text{ус}} = 2 + 1,5 \times n + 1,5,$$

где  $t_{\text{ус}}$  – время установления соединения на координатной АТС,

$t_{\text{наб}}$  – время набора одной цифры номера составляет 1,5 с, т.к. прием адресной информации возможен только шлейфным способом;

$n$  – количество набираемых цифр при установлении местного исходящего соединения.

При расчете  $q_{\text{ми}}$  следует учесть, что для аналоговых РАТС при установлении соединения в междугородном, международном направлениях в маркере МГИ направление определяется по одной цифре «8», поэтому количество набираемых цифр  $n = 1$ .

Полученные результаты необходимо свести в таблицу для существующих РАТС (РАТС-21, РАТС-22, РАТС-23, РАТС-45, РАТС-47) по примеру табл. 1.5.

### Указания по выполнению лабораторного задания №3 «Распределение межстанционной нагрузки на ГТС. Коэффициенты тяготения»

Расчет межстанционных нагрузок предполагает распределение выходной нагрузки от ОПТС и всех РАТС к другим станциям сети. Пример распределения нагрузок показан на рисунке 1.4.

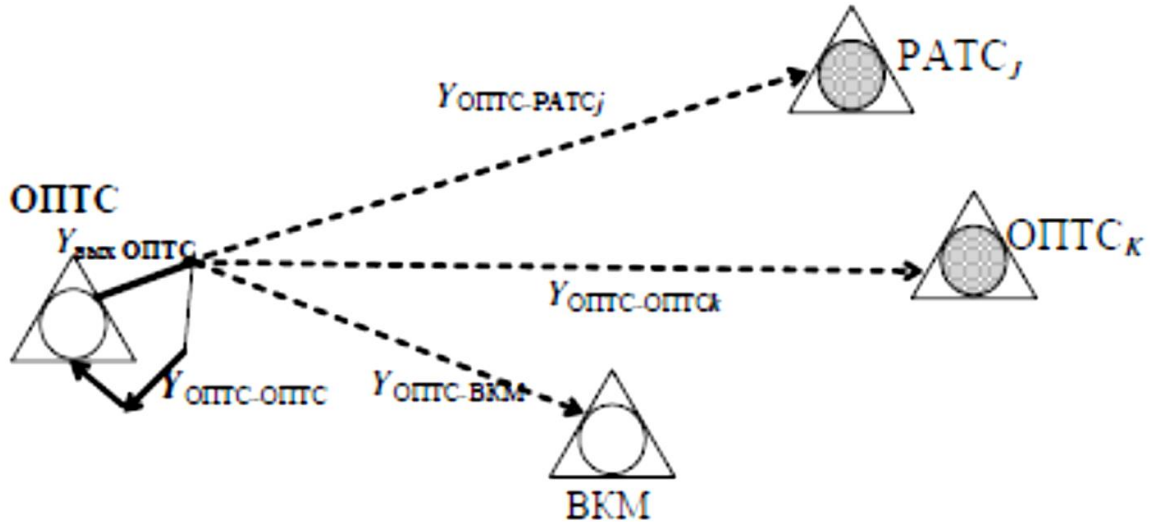


Рисунок 1.4 – Схема распределения нагрузки

Нагрузка от станции  $k$  к станции  $z$  определяется по формуле:

$$Y_{kz} = Y_{\text{исхРАТС}_k} \frac{Y_{\text{вхРАТС}_z} \times n_{kz}}{Y_{\text{вхГТС}(k)}} \quad (1.14)$$

Здесь  $Y_{\text{исхРАТС}_k}$  – интенсивность исходящей от РАТС- $k$  (ОПТС- $k$ , ВКМ- $k$ ) нагрузки;

$Y_{\text{вхРАТС}_z}$  – интенсивность входящей абонентской нагрузки к РАТС- $z$ ;

$Y_{\text{вхГТС}(k)}$  – сумма интенсивностей входящих на все РАТС, ОПТС и ВКМ городской сети нагрузок, нормированная коэффициентами тяготения относительно РАТС- $k$  (ОПТС- $k$ , ВКМ- $k$ ).

$$Y_{\text{вхГТС}} = \sum_m Y_{\text{вхОПТС}_m} \times n_{km} + \sum_r Y_{\text{вхВКМ}_r} \times n_{kr} + \sum_x Y_{\text{вхРАТС}_x} \times n_{kx} \quad (1.15)$$

В формуле (1.15) первое слагаемое – нормированная коэффициентами тяготения  $n_{km}$  относительно станции  $k$  сумма  $Y_{\text{вхОПТС}}$  всех ОПТС на сети, включая рассчитываемую ОПТС- $k$ ; второе слагаемое – аналогичная сумма  $Y_{\text{вхВКМ}}$  всех ВКМ на сети; третье слагаемое – аналогичная сумма  $Y_{\text{вхРАТС}}$  всех существующих РАТС.

Интенсивность исходящих и входящих нагрузок всех РАТС, ОПТС и ВКМ, предварительно рассчитанные, заносятся в табл. 1.6 (пример см. табл. 1.5).

Для расчета межстанционных нагрузок интенсивности исходящих и входящих нагрузок ВАМ-1, ВАМ-2 и ВАМ-3 ОПТС-31/32 «Квант-Е» суммируют, с учетом того, что ВАМ не выполняют функции замыкания нагрузки.

При реальном проектировании некоторые объекты сети, которые имеют большое тяготение (находятся в одном здании) можно объединять в гипотетические АТС, с емкостью, равной сумме емкостей станций, которые входят в состав гипотетической АТС. Для данной сети логично объединение и создание гипотетической АТС для SAN-1 и РАТС-45, а также SAN-2 и РАТС-47, находящихся в одном здании.

Тогда

$$Y_{\text{выхSAN-1}} = Y_{\text{выхSAN-1}} + Y_{\text{выхРАТС-45}}, \quad Y_{\text{вхSAN-1}} = Y_{\text{вхSAN-1}} + Y_{\text{вхРАТС-45}},$$

аналогично

$$Y_{\text{выхSAN-2}} = Y_{\text{выхSAN-2}} + Y_{\text{выхРАТС-47}}, \quad Y_{\text{вхSAN-2}} = Y_{\text{вхSAN-2}} + Y_{\text{вхРАТС-47}}.$$

Таблица 1.6 – Рассчитанные интенсивности исходящей и входящей нагрузки станций сети

	ОПТС-31/32	ВКМ-1	ВКМ-2	ОПТС-41/42	SAN-1	SAN-2	ОПТС-51/52	РАТС-21	РАТС-22	РАТС-23
$Y_{\text{вых}}$										
$Y_{\text{вх}}$										

Нормированные коэффициенты тяготения  $n_{kz}$  от станции  $k$  к станции  $z$  определяются по результатам изысканий на сети. Для внутростанционной связи и для связи между станциями и подстанциями, расположенными на расстоянии друг от друга в пределах 0,5 км, можно принимать  $n_{kz} = 1$ . При больших расстояниях коэффициент  $n_{kz}$  снижается соответственно до 0,9; 0,8 и даже до 0,3. При



одинаковом расстоянии в направлении от периферии к центру города коэффициенты  $n_{zk}$  несколько больше, а в обратном направлении – несколько меньше. Все заданные и предварительно рассчитанные по межстанционному расстоянию коэффициенты  $n_{kz}$  заносятся в таблицу межстанционного тяготения (табл. 1.7).

Таблица 1.7 – Зависимость коэффициентов тяготения от расстояния между станциями

$L$ , км	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$n_{k-z}$	1,00	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,48

$L$ , км	10	11	12	14	16	18	20	22	24	26
$n_{k-z}$	0,45	0,43	0,40	0,38	0,36	0,32	0,30	0,29	0,28	0,25

Выбранные коэффициенты тяготения в зависимости от конфигурации сети заносят в табл. 1.8.

Таблица 1.8 – Коэффициенты межстанционного тяготения

От/к	ОПТС-31/32	ВКМ-1	ВКМ-2	ОПТС-41/42	SAN-1	SAN-2	ОПТС-51/52	РАТС-21	РАТС-22	РАТС-23
ОПТС-31/32										
ВКМ-1										
ВКМ-2										
ОПТС-41/42										
SAN-1										
SAN-2										
ОПТС-51/52										
РАТС-21										
РАТС-22										
РАТС-23										

Результаты расчета межстанционной нагрузки  $Y_{kz}$  заносятся в таблицу межстанционной нагрузки (табл. 1.9).

Таблица 1.9 – Интенсивность межстанционной нагрузки

От/к	ОПТС -31/32	ВКМ- 1	ВКМ- 2	ОПТС -41/42	SAN-1	SAN-2	ОПТС -51/52	PATC -21	PATC -22	PATC -23	$\Sigma$
ОПТС-31/32											
ВКМ-1											
ВКМ-2											
ОПТС-41/42											
SAN-1											
SAN-2											
ОПТС-51/52											
PATC-21											
PATC-22											
PATC-23											
$\Sigma$											

По итогам расчета межстанционной нагрузки  $Y_{kz}$  необходимо проверить баланс межстанционных нагрузок и сделать выводы

**Указания по выполнению лабораторного задания №4  
«Определение количества соединительных линий между опорно-транзитным оборудованием, выносными абонентскими модулями и существующими РАТС ГТС»**

Определение емкости пучков СЛ, включенных в ЦКП ОПТС,  $\nu$  – количество СЛ в пучке,  $\nu = f(Y, p)$  зависит от  $Y$  – нагрузки на пучок СЛ, дисциплины обслуживания и нормы потерь.

Для рассматриваемых ОПТС – дисциплина обслуживания с явными потерями, качество работы такой коммутационной системы определяется вероятностью потерь по вызовам, коммутационная система должна работать с таким качеством, что только  $p$  вызовов может быть потеряно.

Норма потерь  $p$  для пучков межстанционных линий на ГТС составляет 0,005, для пучков линий ЗСЛ – 0,005, СЛМ – 0,001, к УСС и *ИРОР* – 0,001.

Выбираемый метод расчета числа СЛ зависит от структуры рассматриваемого пучка, т.е. от способа построения коммутационного поля, куда данный пучок включен по исходящей связи. Таким образом, для расчета  $\nu$  необходимо знать:

- структуру коммутационного поля (КП),
- $Y_{\text{СЛ}}$  – нагрузку на пучок СЛ;
- норму потерь для конкретного пучка СЛ.

Рассмотрим фрагмент структурной схемы ГТС, на которой для удобства выбрана ОПТС-41/42 и рассмотрена структура всех пучков СЛ для связи с другими станциями сети, емкость которых необходимо определить (рисунок 1.5).

Рассмотрим пример расчета числа СЛ от ОПТС-41/42 к УСС при условии, что пучок линий одностороннего действия  $V_{\text{ОПТС-41/42-УСС}}$ .

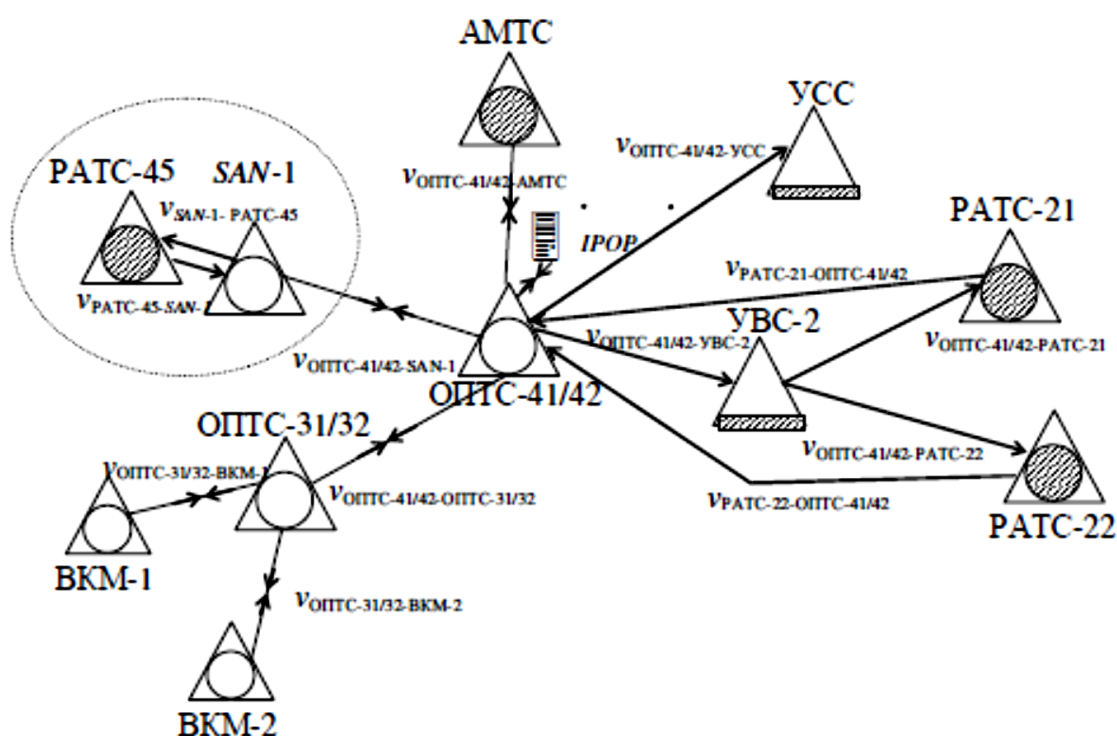


Рисунок 1.5 – Фрагмент структурной схемы организации связи на сети

*Исходные данные расчета:*

- 1 КП – однокаскадное, полноступенчатое, неблокируемое.
- 2 Характеристика поступления вызовов – поток простейший.
- 3 Дисциплина обслуживания – с явными потерями.
- 4 Норма потерь при проектировании пучка к УСС –  $p = 0,001$ .

$$V_{\text{ОПТС-УСС}} = f(Y_{\text{ОПТС-УСС}}, p = 0,001).$$

Нагрузка на пучок СЛ  $Y_{\text{СЛ ОПТС-41/22-УСС}}$ :

$$Y_{\text{СЛ ОПТС-41/22-УСС}} = Y_{\text{УСС ОПТС-41/42}} + Y_{\text{УСС SAN-1}}. \quad (1.16)$$

Для расчета используют первую формулу Эрланга, которая протабулирована в таблице П.1 или таблице ПЗ [1].

Рассмотрим односторонний пучок СЛ от ОПТС-41/42 к УВС-2  
 $v_{\text{ОПТС-41/42-УВС-2}}$ .

*Исходные данные расчета:*

- 1 КП – однокаскадное, полнодоступное, неблокируемое.
- 2 Характеристика поступления вызовов – простейший поток вызовов.
- 3 Дисциплина обслуживания – с явными потерями.
- 4 Норма потерь для СЛ ГТС –  $p = 0,005$ .

$$V_{\text{ОПТС-УВС}} = f(Y_{\text{ОПТС-УВС}}, p = 0,005).$$

Нагрузка, которую пропускает данный пучок  $Y_{\text{СЛ ОПТС-41/42-УВС-2}}$ :

$$Y_{\text{СЛ ОПТС-41/42-УВС-2}} = Y_{\text{ОПТС-41/42-РАТС-21}} + Y_{\text{ОПТС-41/42-РАТС-22}} + Y_{\text{SAN-1-РАТС-21}} + Y_{\text{SAN-1-РАТС-22}}; \quad (1.17)$$

Для расчета используют первую формулу Эрланга, которая протабулирована в таблице П.1 Приложения 1.

Рассмотрим двухсторонний пучок линий к АМТС  $V_{\text{ОПТС-41/42-АМТС}}$

*Исходные данные расчета:*

- 1 КП – однокаскадное, полнодоступное, неблокируемое.
- 2 Характеристика поступления вызовов – поток простейший.
- 3 Дисциплина обслуживания – с явными потерями.
- 4 Норма потерь для СЛ ГТС –  $p_{\text{ЗСЛ}} = 0,005$ ,  $p_{\text{СЛМ}} = 0,001$ , для пучка двухстороннего действия выбираются наименьшие потери  $p = 0,001$ .

$$V_{\text{ОПТС-АМТС}} = f(Y_{\text{ОПТС-АМТС}}, p = 0,001).$$

Нагрузка, которую пропускает данный пучок  $Y_{\text{СЛ ОПТС-41/42-АМТС}}$ :

$$Y_{\text{СЛ ОПТС-41/42-АМТС}} = Y_{\text{ЗСЛ-ОПТС-41/42}} + Y_{\text{СЛМ-ОПТС-41/42}} + Y_{\text{ЗСЛ-SAN-1}} + Y_{\text{СЛМ-SAN-1}}. \quad (1.18)$$

Для расчета используют первую формулу Эрланга, которая протабулирована в таблице П.1 Приложения 1.

Рассмотрим двухсторонний пучок линий к SAN-1  $V_{\text{ОПТС-41/42-SAN-1}}$

*Исходные данные расчета:*

- 1 КП – однокаскадное, полнодоступное, неблокируемое.
- 2 Характеристика поступления вызовов – поток простейший.
- 3 Дисциплина обслуживания – с явными потерями.

4 Норма потерь  $p = 0,001$ , т.к. пучок двухстороннего действия, пропускает все виды нагрузки (местную и междугороднюю).

$$V_{\text{ОПТС-41/42-SAN-1}} = f(Y_{\text{ОПТС-41/42-SAN-1}}, p = 0,001).$$

Нагрузка, которую пропускает данный пучок  $Y_{\text{СЛ ОПТС-41/42-SAN-1}}$ :

$$\begin{aligned} Y_{\text{СЛ ОПТС-41/42-SAN-1}} = & Y_{\text{ОПТС-41/42-SAN-1}} + Y_{\text{SAN-1-ОПТС-41/42}} + Y_{\text{ОПТС-31/32-SAN-1}} + \\ & + Y_{\text{SAN-1-ОПТС-31/32}} + Y_{\text{ВКМ-1-SAN-1}} + Y_{\text{SAN-1-ВКМ-1}} + Y_{\text{ВКМ-2-SAN-1}} + Y_{\text{SAN-1-ВКМ-2}} + \\ & + Y_{\text{SAN-1-РАТС-21}} + Y_{\text{РАТС-21-SAN-1}} + Y_{\text{SAN-1-РАТС-22}} + Y_{\text{РАТС-22-SAN-1}} + \\ & + Y_{\text{SAN-1-УСС}} + Y_{\text{ЗСЛ SAN-1}} + Y_{\text{СЛИМ SAN-1}} + Y_{\text{IPOP SAN-1}}. \end{aligned} \quad (1.19)$$

Для расчета используют первую формулу Эрланга, которая протабулирована в таблице П.1 Приложения 1.

Рассмотрим двухсторонний пучок линий  $V_{\text{ОПТС-41/42-ОПТС-31/32}}$

Исходные данные расчета:

- 1 КП – однокаскадное, полнодоступное, неблокируемое.  
Характеристика поступления вызовов – поток простейший.
- 2 стейший.
- 3 Дисциплина обслуживания – с явными потерями.
- 4 Норма потерь –  $p = 0,005$ .

$$V_{\text{ОПТС-41/42-ОПТС-31/32}} = f(Y_{\text{ОПТС-41/42-ОПТС-31/32}}, p = 0,005).$$

Нагрузка, которую пропускает данный пучок  $Y_{\text{СЛ ОПТС-41/42-ОПТС-31/32}}$ :

$$\begin{aligned} Y_{\text{СЛ ОПТС-41/42-ОПТС-31/32}} = & Y_{\text{ОПТС-41/42-ОПТС-31/32}} + Y_{\text{ОПТС-31/32-ОПТС-41/42}} + \\ & + Y_{\text{ВКМ-1-ОПТС-41/42}} + Y_{\text{ОПТС-41/42-ВКМ-1}} + Y_{\text{ОПТС-41/42-ВКМ-2}} + Y_{\text{ВКМ-2-ОПТС-41/42}} \end{aligned} \quad (1.20)$$

Для расчета используют первую формулу Эрланга, которая протабулирована в таблице П.1 Приложения 1..

Рассмотрим двухсторонний пучок линий к *IPOP*  $V_{\text{ОПТС-41/42-IPOP}}$

Исходные данные расчета:

- 1 КП – однокаскадное, полнодоступное, неблокируемое.
- 2 Характеристика поступления вызовов – поток простейший.
- 3 Дисциплина обслуживания – с явными потерями.
- 4 Норма потерь -  $p = 0,001$ .

$$V_{\text{ОПТС-41/42-IPOP}} = f(Y_{\text{ОПТС-41/42-IPOP}}, P = 0,001).$$

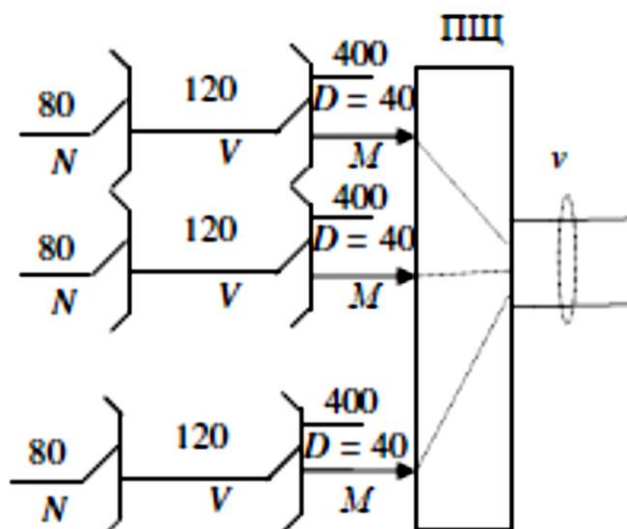
Нагрузка, которую пропускает данный пучок  $Y_{\text{СЛ ОПТС-41/42-1РОР}}$ :

$$Y_{\text{СЛ ОПТС-41/42-1РОР}} = Y_{\text{ОПТС-41/42-1РОР}} + Y_{\text{SAN-1-1РОР}}. \quad (1.21)$$

Определение емкости пучка от РАТС АТСК-У к ОПТС  $V_{\text{РАТС-21-ОПТС-41/42}}$

*Исходные данные расчета:*

- 1 КП - двухкаскадное, неполнодоступное, с явлением внутренних блокировок, направление к ОПТС включено в 1ГИ - блока ГИ-3 80x120x400.
- 2 Характеристика поступления вызовов - поток простейший.
- 3 Дисциплина обслуживания - с явными потерями.
- 4 Норма потерь  $p = 0,005$ .



$$V_{\text{РАТС-21-ОПТС-41/42}} = f(Y_{\text{СЛРАТС-21 ОПТС-41/42}}, p=0.005)$$

Нагрузка, которую пропускает данный пучок:

$$Y_{\text{СЛРАТС-21-ОПТС-41/42}} = Y_{\text{РАТС-21 ОПТС-41/42}} + Y_{\text{РАТС-21-SAN-1}}. \quad (1.22)$$

*Метод эффективной доступности* основывается на следующем условии. Рассматриваемую двухкаскадную неполнодоступную схему с переменной доступностью и заданной пропускной способностью и потерями, заменяют эквивалентной однокаскадной неполнодоступной схемой с теми же потерями и пропускной спо-

способностью, которая будет иметь постоянное значение доступности  $D_{\text{эф}}$  - называемое эффективной доступностью

Двухкаскадная схема характеризуется переменной доступностью. Значение  $D$  изменяется по мере поступления вызовов:  $D_{\min} \leq D_i \leq D_{\max}$ , где  $D_i$  - значение доступности в случае, когда на обслуживании в коммутационной системе находится  $i$  вызовов,  $D$  - это количество выходов, доступных данному входу.

Вход, включенный в коммутатор каскада  $A$ , имеет доступ к выходам требуемого направления через промежуточные линии, соединяющие этот коммутатор каскада  $A$  с коммутатором каскада  $B$ . При наличии  $i$  установленных соединений через рассматриваемый коммутатор каскада  $A$  для вновь поступившего в этот коммутатор вызова доступны только  $m$  выходов, а остальные заблокированы занятыми промлинами:

$$D_i = (m_a - 1)q,$$

где  $m_a$  - число выходов из однокаскадного коммутатора каскада  $A$ ,

$q$  - количество выходов из однокаскадного коммутатора каскада  $B$  в данном направлении.

Среднее значение доступности рассматривается как математическое ожидание:

$$\bar{D} = \sum_{i=0}^m D_i P_i = q(m_a - Y_{m_a}^a), \quad (1.23)$$

$Y_{m_a}^a$  - это пропускная способность одного коммутатора каскада  $A$ , нагрузка, обслуженная  $m_a$  по одной линии.  $Y_{m_a}^a = b * m_a = a * n_a$ ;

где  $b$  - пропускная способность одной промлиннии;

$a$  - нагрузка, обслуженная одним входом коммутатора;

$n_a$  - число входов в один коммутатор каскада  $A$ .

После замены двухкаскадной схемы на однокаскадную, и, рассчитав  $D_{\text{эф}}$ , количество подключенных линий рассчитывается методом, используемым для однокаскадного неполнодоступного включения (формула О'Дела), где  $Y$  - это нагрузка, обслуженная пучком СЛ в данном направлении.

$$v = D_{y_0} + \alpha_{y_0} (Y - Y_{D_{y_0}}), \quad \alpha_{\text{эф}} = f(p, D_{\text{эф}}), \quad Y_{D_{\text{эф}}} = f(p, v=D_{\text{эф}}). \quad (1.24)$$

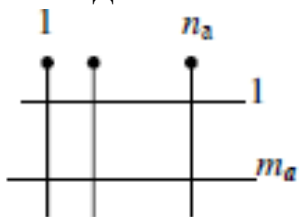


*Методика расчета:*

1.  $D_{\min} = (m_a - n_a + 1)q$ , для АТСК-У, ступени ГИ с параметрами 80x120x400 -  $m_a = 20$ ,  $n_a = 13,3$ .

2.  $D_{\text{ср}} = q (m_a - Y_{ma})$ ,  $q$  - количество выходов в данном направлении, при  $D = 40$ ,  $q = 2$ .

$Y_{ma}$  - пропускная способность выхода одного коммутатора каскада А.



Считаем, что данный коммутатор обслуживает выходы без потерь т.к.  $n_a > m_a$

$a$  - нагрузка на один вход  $a = 0,5$  Эрл,  $Y_{ma} = a * n_a$ .

3.  $D_{\text{эф}} = D_{\min} + \Theta (D_{\text{ср}} - D_{\min})$ .  $\Theta$  - эмпирический коэффициент,  $\Theta = 0,8$ .

4. Определение числа СЛ производят по формуле О'Делла (1.24),  $\alpha_{\text{эф}} = f(p, D_{\text{эф}})$  приведено в таблице П.2 Приложения 1.

$$\alpha_{\text{эф}} = \frac{1}{D_{\text{эф}} \sqrt{p}}$$

$Y_{D_{\text{эф}}}$  - пропускная способность однокаскадного полнодоступного пучка емкостью  $D_{\text{эф}}$  выходов при условии, что  $\nu = D_{\text{эф}}$ .

Аналогично рассчитывается для всех остальных РАТС сети.

### Указания по выполнению лабораторного задания №5 «Расчет числа ГТ и пропускной способности транспортного кольца SDH»

Количество ГТ определяется в зависимости от типа и числа СЛ с учетом того, что тракт Е1 имеет скорость 2048 кбит/с, обеспечивая 30 информационных канальных интервалов.

Для СЛ одностороннего действия (например, между ОПТС и РАТС-Ј):

$$n_{ГТ} = \left\lceil \frac{V_{ОПТС-РАТС-Ј} + V_{РАТС-Ј-ОПТС}}{30} \right\rceil \quad (1.25)$$

Для двусторонних СЛ (например, ОПТС-SAN):

$$n_{ГТ} = \left\lceil \frac{V_{ОПТС-SAN}}{30} \right\rceil \quad (1.26)$$

Число ГТ округляют до ближайшего большего.

Результаты расчетов нагрузки на пучки всех СЛ и результаты расчетов числа СЛ и ГТ привести в виде табл. 1.10.

Таблица 1.10 - Число СЛ и трактов Е1, подключаемых к ОПТС 51/52

Направление связи	Нагрузка на пучок Эрл	Норма потерь	Метод расчета числа СЛ	Число СЛ в направлении	Число ГТ Е1
ОПТС-51/52-ОПТС-31/32					
ОПТС-51/52-ОПТС-41/42					
ОПТС-51/52-ОПТС-УВС-2					
РАТС-21-ОПТС-51/52					
РАТС-22-ОПТС-51/52					
РАТС-23-ОПТС-51/52					
ОПТС-51/52-АМТС					
ОПТС-51/52-УСС					
ОПТС-51/52-ІРОР					

Для упрощенного расчета пропускной способности транспортного кольца SDH по результатам расчетов количества трактов между станциями ГТС и с учетом рассматриваемой инфраструктуры транспортного кольца, составить таблицу и рассчитать необходимое количество трактов в каждом направлении (табл. 1.11).

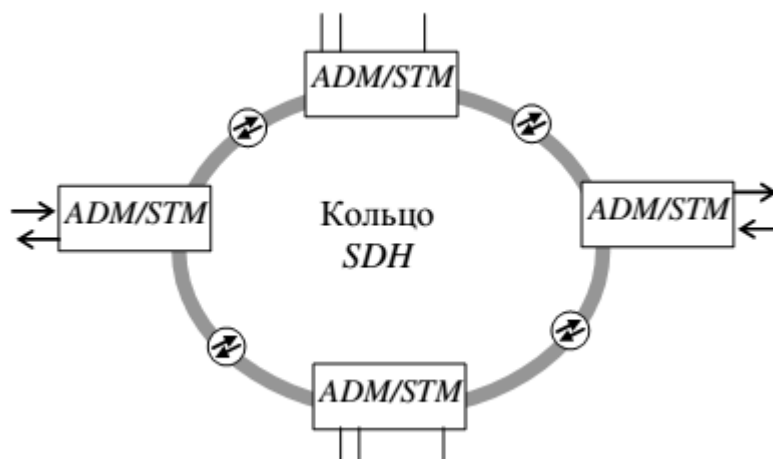


Таблица 1.11 - Расчет количества трактов между станциями сети

	ОПТС-31/32	ОПТС-41/42	ОПТС-51/52	РАТС-21	РАТС-22	РАТС-23	АМТС	Е
ОПТС-31/32								Е
ОПТС-41/42								Е
ОПТС-51/52								Е
РАТС-21								Е
РАТС-22								Е
РАТС-23								Е
АМТС								Е
	Е	Е	Е	Е	Е	Е	Е	
Отклонение от значения $R_{вх}$ (%)								

С учетом Е трактов определяем пропускную способность кольца, с учетом того, что модуль STM-1 рассчитан на 63 тракта Е1 (1 тракт используется для сигнализации).

Рассмотреть способы сигнализации, используемые для межстанционного взаимодействия на ГТС. Составить таблицу способов межстанционной сигнализации для ОПТС-51/52. Таблица должна иметь следующий вид (см. таблицу 1.12).

Таблица 1.12 - Способы межстанционной сигнализации для ОПТС-51/52

Направление связи	Тип оборудования встречной станции	Способ сигнализации	Устройства, обеспечивающие обмен	Канал, используемый для передачи сигнальной информации

### Приложения 1

Таблица П.1 — Пропускная способность полнодоступного пучка емкостью  $V$  линий при обслуживании простейшего потока вызовов с явными потерями

V	У, Эрл при потерях		
	0,0001	0,001	0,005
1	0,0001	0,001	0,005
2	0,014	0,046	0,105
3	0,087	0,194	0,347
4	0,235	0,439	0,698
5	0,452	0,761	1,126
6	0,73	1,15	1,61
7	1,05	1,58	2,15
8	1,42	2,05	2,72
9	1,83	2,56	3,32
10	2,26	3,09	3,94
11	2,72	3,65	4,59
12	3,21	4,23	5,25
13	3,71	4,83	5,93
14	4,24	5,44	6,63
15	4,78	6,07	7,34
16	5,34	6,72	8,06
17	5,91	7,37	8,79
18	6,50	8,04	9,53
19	7,09	8,72	10,28
20	7,70	9,40	11,04
21	8,32	10,1	11,8
22	8,95	10,8	12,6
23	9,58	11,5	13,3
24	10,2	12,2	14,1
25	10,9	13,0	14,9
26	11,5	13,7	15,7
27	12,2	14,4	16,5
28	12,9	15,2	17,3
29	13,6	15,9	18,1
30	14,2	16,7	18,9

V	У, Эрл при потерях		
	0,0001	0,001	0,005
31	14,9	17,4	19,8
32	15,6	18,2	20,6
33	16,3	18,9	21,4
34	17,0	19,7	22,2
35	17,8	20,5	23,1
36	18,5	21,3	23,9
37	19,2	22,1	24,7
38	19,9	22,8	25,6
39	20,6	23,6	26,4
40	21,4	24,4	27,2
41	22,1	25,2	28,1
42	22,8	26,0	28,9
43	23,6	26,8	29,8
44	24,3	27,6	30,6
45	25,1	28,4	32,5
46	25,8	29,2	32,4
47	26,6	30,0	33,2
48	27,3	30,8	34,1
49	28,1	31,7	34,9
50	28,9	32,5	35,8
51	29,6	33,3	36,7
52	30,4	34,1	37,5
53	31,2	34,9	38,4
54	31,9	35,8	39,3
55	32,7	36,6	40,2
56	33,5	37,4	41,0
57	34,3	38,3	41,9
58	35,1	39,1	42,8
59	35,8	39,9	43,7
60	36,6	40,8	44,5

V	У, Эрл при потерях		
	0,0001	0,001	0,005
61	37,4	41,6	45,4
62	38,2	42,4	46,3
63	39,0	43,3	47,2
64	39,8	44,1	48,1
65	40,6	45,0	48,9
66	41,4	45,8	49,8
67	42,2	46,6	50,7
68	43,0	47,5	51,6
69	43,8	48,3	52,5
70	44,6	49,2	53,4
71	45,4	50,0	54,3
72	46,2	50,9	55,2
73	47,0	51,7	56,1
74	47,8	52,6	57,0
75	48,6	53,5	57,9
76	49,4	54,3	58,8
77	50,2	55,2	59,7
78	51,1	56,0	60,6
79	51,9	56,9	61,5
80	52,7	57,8	62,4
81	53,5	58,6	63,3
82	54,3	59,5	64,2
83	55,1	60,3	65,1
84	56,0	61,2	66,0
85	56,8	62,1	66,9
86	57,6	62,9	67,8
87	58,4	63,8	68,7
88	59,3	64,6	69,6
89	60,1	65,5	70,5
90	60,9	66,4	71,4

Продолжение таблицы П. 1

v	У, Эрл при потерях		
	0,0001	0,001	0,005
91	61,8	67,3	72,3
92	62,6	68,2	73,2
93	63,4	69,0	74,1
94	64,2	69,9	75,0
95	65,1	70,8	75,9
96	65,9	71,7	76,9
97	66,8	72,5	77,8
98	67,6	73,4	78,7
99	68,4	74,3	79,6
100	69,3	75,2	80,5
102	70,9	76,9	82,3
104	72,6	78,7	84,2
106	74,3	80,4	86,0
108	76,0	82,2	87,9
110	77,7	84,0	89,7
112	79,4	85,7	91,6
114	81,1	87,6	93,3
116	82,8	89,4	95,2
118	84,5	91,2	97,0
120	86,2	92,9	98,9
122	87,9	94,6	100,7
124	89,6	96,4	102,6
126	91,3	98,2	104,5
128	93,1	100,0	106,3
130	94,8	101,8	108,2
132	96,5	103,6	110,0
134	98,2	105,6	111,8
136	100,0	107,2	113,7
138	101,7	109,0	115,6
140	103,4	110,8	117,4
310	255,5	267,7	278,6
320	264,7	277,1	288,2

v	У, Эрл при потерях		
	0,0001	0,001	0,005
142	105,1	112,6	119,3
144	106,9	114,4	121,2
146	108,6	116,2	123,0
148	110,4	118,0	124,9
150	112,1	119,8	126,8
152	113,8	121,7	128,7
154	115,6	123,5	130,5
156	117,3	125,3	132,3
158	119,1	127,1	134,2
160	120,8	128,9	136,1
162	122,6	130,7	138,0
164	124,3	132,6	139,9
166	126,1	134,4	141,8
168	127,9	136,2	143,6
170	129,6	138,0	145,5
172	131,4	139,8	147,4
174	133,1	141,7	149,3
176	134,9	143,5	151,1
178	136,7	145,3	153,0
180	138,4	147,2	154,0
182	140,2	149,0	156,8
184	142,0	150,8	158,7
186	143,7	152,6	160,6
188	145,5	154,4	162,5
190	147,3	156,2	164,4
192	149,1	158,1	166,2
194	150,8	159,9	168,1
196	152,6	161,7	170,0
198	154,4	163,6	171,8
200	156,2	165,4	173,7
410	347,7	362,1	375,0
420	356,9	371,6	384,7

v	У, Эрл при потерях		
	0,0001	0,001	0,005
202	158,0	167,3	175,6
204	159,7	169,1	177,5
206	161,5	171,0	179,5
208	163,3	172,8	181,4
210	165,1	174,6	183,3
212	166,9	176,5	185,2
214	168,7	178,3	187,1
216	170,5	180,2	189,0
218	172,3	182,0	190,8
220	174,0	183,9	192,7
222	175,8	185,7	194,6
224	177,6	187,6	196,5
226	179,4	189,4	198,4
228	181,2	191,3	200,3
230	183,0	193,1	202,2
232	184,8	195,0	204,1
234	186,6	196,9	206,1
236	188,4	198,7	208,0
238	190,2	200,6	209,9
240	192,0	202,4	211,8
242	193,8	204,3	213,7
244	195,6	206,1	215,5
246	197,4	208,0	217,4
248	199,2	209,9	219,3
250	201,0	211,7	221,3
260	210,0	221,0	230,8
270	219,1	230,3	240,3
280	228,2	239,6	249,8
290	237,3	248,9	259,4
300	246,4	258,3	269,0
550	478,2	495,6	510,8
600	525,2	543,4	559,5

Продолжение таблицы П. 1

330	273,9	286,5	297,8
340	283,1	295,9	307,4
350	292,3	305,4	317,1
360	301,5	314,8	326,7
370	310,7	324,2	336,3
380	319,9	333,7	346,0
390	329,1	343,2	355,7
400	338,4	352,7	365,4

430	366,3	381,1	394,4
440	375,5	390,6	404,0
450	384,8	400,1	413,7
460	394,1	409,6	423,4
470	403,4	419,1	433,1
480	412,7	428,6	442,8
490	422,0	438,2	452,5
500	431,4	447,8	462,2

650	572,3	591,4	608,3
700	619,5	639,5	657,1
750	666,8	687,7	706,0
800	714,3	735,9	754,9
850	761,8	784,2	803,9
900	809,4	832,5	852,9
1000	904,8	929,4	951,1
1100	1001	1027	1050

Таблица П.2 - Коэффициент  $a$  для расчета полнодоступных включений по методу БПВ

D	P	
	0,001	0,005
7	2,68	2,13
8	2,37	1,94
9	2,15	1,80
10	1,99	1,70
11	1,87	1,62
12	1,78	1,56
13	1,70	1,50
14	1,64	1,46
15	1,58	1,42
16	1,54	1,39
17	1,50	1,37
18	1,47	1,34
19	1,44	1,32

D	P	
	0,001	0,005
20	1,41	1,30
21	1,39	1,29
22	1,37	1,27
23	1,35	1,26
24	1,33	1,25
25	1,32	1,24
26	1,30	1,23
27	1,29	1,22
28	1,28	1,21
29	1,27	1,20
30	1,26	1,19
31	1,25	1,19
32	1,24	1,18

D	P	
	0,001	0,005
33	1,23	1,17
34	1,23	1,17
35	1,22	1,16
36	1,21	1,16
37	1,21	1,15
38	1,20	1,15
39	1,19	1,15
40	1,19	1,14
41	1,18	1,14
42	1,18	1,13
43	1,17	1,13
44	1,17	1,13
45	1,17	1,12