

**А.Г.КАГРАМАНЗАДЕ**

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ  
И ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ  
СЕТЕЙ.**

**БАКУ - 1998**

УДК 621.395.34:681.327  
К12

Научный редактор: д.т.н. проф. Астонского Университета  
Великобритании Д.Е.ФЛАД

Редактор: КАГРАМАНЗАДЕ С.Д.

Рецензенты: АХУНДОВ М.А. д.э.н., проф., член корр.  
Азерб. Национальной Академии Наук  
ИМАМВЕРДИЕВ Г.М.к.т.н., доцент АзГУ  
ГАСАНОВ А.А. к.т.н., доцент АзГУ

©КАГРАМАНЗАДЕ А.Г.  
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕЛЕКОММУ-  
НИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ. Баку: Бакинский Университет. 1998, -242 с.

Исследованы современные методы и подходы к вопросу развития, прогнозирования и проектирования сетей телекоммуникаций с учетом рекомендаций Международного Союза Телекоммуникации (МСТ) и опыта телекоммуникации развитых стран мира.

С позиции теории телетрафика (ТТ) для современных цифровых систем коммуникации (ЦСК) даются методы расчета цифровых автоматических телефонных станций (АТС) и основы прогнозирования и проектирования сетей телекоммуникации.

Предназначена для проектировщиков, научных работников и широкого круга инженерно-технического персонала, занимающихся анализом, исследованием, прогнозированием, расширением и развитием сетей телекоммуникации.

К  $\frac{1403000000 - 031}{658(07) - 045}$  45 - 98

Издательство "Бакинского Университета", 1998

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Широкое развитие цифровой техники телекоммуникации во многих развитых странах мира требует нового подхода в вопросах проектирования и прогнозирования телекоммуникационных сетей.

Вот почему во всех развивающихся странах мира идет активный процесс освоения современных методов планирования, прогнозирования и проектирования предлагаемых цифровых сетей телекоммуникации с интеграцией услуг.

В книге представлены современные методы проектирования сетей телекоммуникаций как существующих, так и перспективных с учетом опыта развитых стран мира и рекомендаций Международного Союза Телекоммуникации (МСТ). Проведен анализ всех существующих методов прогнозирования, используемых на сетях телекоммуникаций.

Автор выражает глубокую признательность проф. Астонского Университета Бирмингема Великобритании Джону Фладу за помощь в комплектации первых материалов во время стажировки в Англии 1981/82 гг. и Международному Союзу Телекоммуникации за полную информационную поддержку при выполнении миссии в качестве эксперта Организации Объединенных Наций (ООН) в проектах развития телекоммуникаций:

- AFG - 83/001, Кабул, Афганистан 1985/86 гг.
- LIB - 88/007, Триполи, Ливия 1992/93 гг.
- PAK - 88/002, Харипур-Хазара, Пакистан 1993 г.

Хочется также с благодарностью отметить терпение моих студентов и коллег по кафедре “Узлы связи и коммутационные системы” Азербайджанского Технического Университета при отработке первоначальных вариантов книги и за многие полезные предложения, которые они внесли, сами этого не замечая.

Абдул Каграманзаде.

# СОДЕРЖАНИЕ

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **I. НАЧАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕТЕЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ**

- 1.1. Основные понятия и определения
  - 1.2. Первые методы проектирования сетей телекоммуникации
  - 1.3. Математический аппарат для проектирования сетей телекоммуникации
  - 1.4. Современные подходы к вопросам проектирования
  - 1.5. Принцип проектирования современных сетей телекоммуникации
  - 1.6. Фундаментальный технический проект
  - 1.7. Международный Союз Телекоммуникации
- Выводы

### **II. ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ ТЕЛЕТРАФИКА**

- 2.1. Основные понятия и определения
  - 2.2. Основные параметры трафика
  - 2.3. Свойства и характеристики потоков вызовов
  - 2.4. Три определения трафика
  - 2.5. Расчет возникающего трафика на сети
  - 2.6. Распределение трафика по направлениям
  - 2.7. Расчет входящего трафика на сети
  - 2.8. Трафик для типичных моделей АТС
- Выводы

### **III. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СЕТЕЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ**

- 3.1. Основные понятия и определения
  - 3.2. Спрос населения к услугам телекоммуникации
  - 3.3. Методы прогнозирования числа абонентов проектируемых сетей телекоммуникации
  - 3.4. Прогнозирование трафика основы проектирования телекоммуникационных сетей
  - 3.5. Прогнозирование трафика по направлениям
  - 3.6. Прогнозирование распределенного трафика
- Выводы

### **IV. ПРИНЦИП ВЫБОРА И РАСЧЕТА ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ КОММУТАЦИИ**

- 4.1. Классификация цифровых систем коммутации
- 4.2. Смешанные аналого-цифровые системы коммутации
- 4.3. Варианты перехода к цифровым участкам сети телекоммуникации
- 4.4. Методы расчета пропускной способности цифровых систем коммутации
- 4.5. Вопросы надежности цифровых систем коммутации
- 4.6. Принцип выбора цифровых систем коммутации

- 4.7. Интегральные сети телекоммуникации
  - 4.8. Экономические аспекты телекоммуникационных сетей
- Выводы

## **V. ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГТС ПРИ ВНЕДРЕНИИ ЦИФРОВЫХ АТС**

- 5.1. Общие принципы построения ГТС при внедрении цифровых АТС
- 5.2. Внедрение цифровых АТС на ГТС с узлами входящего сообщения (УВС)
- 5.3. Система сигнализации при внедрении цифровых АТС
- 5.4. Затухание на ГТС при внедрении цифровых АТС
- 5.5. Распределение потерь на ГТС при внедрении цифровых АТС
- 5.6. Внедрение цифровых АТС на существующих ГТС

Выводы

## **VI. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЦИФРОВОЙ АХЕ-10 ДЛЯ МЕСТНОЙ ТЕЛЕФОННОЙ СЕТИ**

- 6.1. Введение
- 6.2. Цифровая АХЕ-10 для местной телефонной сети
  - 6.2.1. Основные блоки системы АХЕ-10
  - 6.2.2. Техническая характеристика цифровой АХЕ-10
  - 6.2.3. Степень абонентского искания -GSS
  - 6.2.4. Степень группового искания -GSS
  - 6.2.5. Подсистема линейных комплектов и сигнализации - TSS
- 6.3. Принципы расчета коммутационного оборудования АХЕ-10
  - 6.3.1. Исходные данные к расчетам
  - 6.3.2. Расчет распределения трафика по направлениям
  - 6.3.3. Определение количества подключаемых устройств
  - 6.3.4. Определение комплектов для дополнительных видов услуг
- 6.4. Определение объема технических средств АХЕ-10
- 6.5. Определение объема программного обеспечения (ПО)
- 6.6. Основные сокращения, принятые для АХЕ-10

## **ОБЩИЕ ВЫВОДЫ**

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**

## **ЛИТЕРАТУРА**

## ВВЕДЕНИЕ

Процесс создания материальных ценностей принято называть производством, без которого невозможно само существование людей.

Любому производству наряду с орудиями труда, сырьем, рабочей силой необходима информация, накопленная людьми многих поколений. Эта информация хранится в памяти людей, книгах, документах и т.д.

Следовательно, информация - это сведения, о каких-либо процессах, событиях, фактах или предметах. Информационный обмен для людей такая же естественная потребность, как пища, воздух, сон и т.д. Обмен информацией означает ее передачу и прием.

Старейшей из всех видов телекоммуникации является телеграфная связь 1832 г., факсимильная связь 1855 г. и телефонная связь 1876 г.

Телефонная связь - это наиболее доступный, удобный и массовый вид телекоммуникации, поэтому телефонные сети значительно крупнее и разветвленнее сетей других видов телекоммуникации. Эти сети характеризуются большими капитальными и эксплуатационными затратами [1-27].

Так, капитальные затраты на создание крупных городских телефонных сетей (ГТС) могут достичь 100-300 \$ на одного абонента, а эксплуатационные затраты для современных цифровых систем коммуникации составляют порядка 30 \$ на абонента в год.

Задачей данного труда является исследование и анализ современных и перспективных методов проектирования, прогнозирования, развития и расширения сетей телекоммуникации, построенных как на существующих системах коммуникации, так и на перспективных цифровых системах коммуникации (ЦСК) [28-60, 113-115].

Телефонная связь является основным видом телекоммуникации, которая непрерывно и весьма интенсивно растет как базовая для других видов связи и поэтому, развитию, совершенствованию, планированию, проектированию и прогнозированию сетей телефонной связи как в развивающихся странах мира, к которым относится Азербайджан, так и в развитых странах мира как США, Англия, Швеция, Франция, Германия, Япония и т.д. постоянно уделяется особое внимание.

Мерилом развитости сетей телекоммуникаций в целом по рекомендации Международного Союза Телекоммуникации (МСТ) является число телефонных аппаратов на 100 жителей страны - телефонная плотность.

Известно также, что объем информации, создаваемый современным обществом, каждые 5-10 лет удваивается и возрастает пропорционально квадрату увеличения промышленного потенциала любой страны. Вот почему совершенствование управления народным хозяйством, повышение материального благосостояния и культурного уровня населения неразрывно связаны с интенсивностью роста средств телекоммуникации любой страны.

Качественное решение указанных целей можно достичь высокой точностью планирования, проектирования и развития средств телекоммуникаций, основанных на всесторонних статистических данных, необходимым математическим аппаратом с применением недавно формируемого научного направления, называемого прогнозированием [28-60].

Предвидение событий дает возможность заблаговременно, поэтапно и с оценкой допустимого положительного и отрицательного последствия учесть тенденцию развития и роста сети телекоммуникации, а если это необходимо, то и вмешиваться в ход развития и контролировать его.

Решения, принимаемые сегодня, непременно должны опираться на оценки развития явлений в будущем.

Являясь одной из самых динамичных отраслей современной экономики, где средний темп развития сетей телекоммуникации систематически превышает темпы роста валового национального дохода (ВНД) любой страны, становится актуальным наличие строго последовательных, технически реализуемых математически обоснованных методов проектирования современных сетей телекоммуникации [38-89, 113-115].

Тенденция развития современного общества сопровождается значительным ростом объема передаваемой информации и требования к качеству телекоммуникации выражаются прежде всего в проектировании и создании экономичных сетей телекоммуникаций на основе прогрессивных систем передачи и распределения информации [90-132].

Следовательно, сети телекоммуникации, обладая свойством сложных технических систем, требуют системного подхода к решению задач по их прогнозированию и проектированию.

В основном эти научные проблемы объединяются в следующие [60]:

- определение начального подхода к вопросам проектирования реальных сетей телекоммуникаций;

- создание стройной последовательности генерального плана развития сетей телекоммуникаций в масштабе страны;
- аналитические и статистические задачи прогнозирования на сетях телекоммуникаций;
- создание основы прогнозирования и проектирования сетей телекоммуникации с учетом преимущества цифровых систем передачи и коммутации и т.д.

Преимущество цифровых систем передачи и коммутации перед другими выделяется прежде всего по [58-60]:

- простоте технической реализации;
- высокой помехоустойчивости;
- интеграции способов представления информации в одной форме;
- оптимальному объему памяти хранения информации и т.д.

Кроме того, необходимы всесторонние исследования сетей телекоммуникации любой развивающейся страны, к которым относится и Азербайджан, в связи с переходом от аналоговой к цифровой инфраструктуре, с параллельным развертыванием инфраструктуры синхронизированной цифровой иерархии (SDH) на стекловолоконной базе в масштабе всей страны и стыковки их с международными проектами в этой области.

Конец XX века характерен интенсивным внедрением в существующие сети связи цифровых методов передачи, распределения и обработки информации.

Преимущество цифровых методов особенно сказывается при построении цифровых сетей телекоммуникации с интеграцией служб, где информация любого вида передается в единой цифровой форме и для обслуживания различных заявок используются одни и те же цифровые соединительные пути, базирующиеся на единой сети телекоммуникации.

Следовательно, интеграция приводит к тому, что в начале XXI века исчезает всякое различие в обслуживании различных видов телекоммуникации и предусматривающих реализацию высокоскоростных видов передачи данных и визуальной информации, требующих наличия широкополосных систем передачи.

# I. НАЧАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕТЕЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

## 1.1. Основные понятия и определения

Слово “информация” в переводе с латинского означает “разъяснение”, “изложение”, “осведомление” и имеет ценность только в том случае, если она доступна людям, не взирая на ее удаленность и давность получения. Это, в свою очередь, требует необходимость запоминания, хранения, упорядочивания и передачи информации на расстояние [13-19].

Известно, что зрительный и слуховой органы человека в совокупности с его нервной системой являются основными каналами поступления информации в мозг.

Выдача информации из мозга осуществляется также по каналам, образуемым нервной системой и исполнительными органами.

Когда говорят о передаче информации, то подразумевают, что есть источник информации, получатель (потребитель) информации и средства ее передачи.

Средства передачи, обусловленные физиологическими возможностями человека, например голосовыми связками или зрением, не могут решать проблему передачи больших объемов информации на значительные расстояния.

Для решения этих проблем человек создал и широко пользуется техническими средствами - средствами связи.

Следовательно, связь - это техническая база, обеспечивающая передачу и прием информации между удаленными друг от друга людьми или какими-либо устройствами.

Аналогия между связью и информацией подобна связи транспорта и перевозимого груза.

Средства связи нужны, если имеется информация, подлежащая передаче.

Понятию “информация” близко понятие “сообщение”.

Сообщение - это форма выражения (представления) информации, удобная для передачи на расстояние.

Физический процесс, отображающий передаваемое сообщение называется сигналом.

Один из принципов и средств связи основан на использовании в качестве переносчиков сообщений электрической энергии, т. е. электрических сигналов.

Передача и прием сообщений любого рода электрических сигналов является признаком электрической связи, сокращенно называемой электросвязью или телекоммуникацией.

Скорость распространения электрических сигналов на расстояние равна скорости света  $3 \cdot 10^8$  м/с .

Следовательно, для передачи на расстояние сообщения, создаваемое источником (ИС), оно должно быть преобразовано в электрический сигнал, который будет преодолевать пространство, а на месте приема сигналов (ПС) необходимо преобразовать его в сообщение, подаваемое получателю.

Для выполнения всей операции необходимы соответствующие технические устройства и средства, называемые системой телекоммуникации, обобщенная структурная схема которой изображена на Рис. 1.1.

Устройство и принцип работы систем телекоммуникаций зависят от назначения передаваемых сообщений и требований, предъявляемых к качеству передачи.



Все эти обстоятельства приводят к созданию, проектированию, строительству и технической эксплуатации нескольких видов телекоммуникации.

На сегодня имеется следующая классификация современных видов телекоммуникации, представленная на Рис.1.2.:

- телефонная связь;
- телеграфная связь;
- факсимильная связь;
- видеотелефонная связь;

Рис.1.2. Классификация современных видов телекоммуникации



- звуковое вещание;
- телевизионное вещание;
- передача газет;
- передача данных;
- электронная почта и т.д.

В наши дни каждый человек пользуется теми или иными услугами телекоммуникации, заключающиеся в передаче сообщения на расстояния.

Создание системы для любого вида телекоммуникации предполагает организацию канала телекоммуникации между пунктами передачи и приема сообщения и подключения к нему оконечных абонентских устройств. Для выполнения этих операций используется специальная аппаратура коммутации, позволяющая образовать тракт для передачи электрических сигналов.

Совокупность технических средств, обеспечивающих передачу и распределение сообщений, образует сеть телекоммуникации.

В зависимости от вида телекоммуникации сети присваивается название телефонной, телеграфной, передачи данных, звукового вещания, телевизионного вещания, передачи газет и т.д.

Сети телекоммуникации в большинстве случаев являются сетями общего пользования в том смысле, что каждый человек может использовать их для передачи и приема, или только приема различных сообщений.

Телефонная сеть, например, объединяет многие миллионы телефонных аппаратов, десятки тысяч километров линий связи, большое количество каналообразующей и коммутационной техники и много другого специального оборудования, расположенного на территории всей страны и за рубежом.

Основная функция узловых пунктов сети заключается в соединении электрических цепей для создания трактов передачи телефонных сообщений.

Процесс поиска и соединения цепей называется коммутацией каналов или просто коммутацией, что выполняется специальным оборудованием, называемым станцией коммутации или телефонной станцией.

В историческом плане различные виды телекоммуникации длительный период времени развивались независимо друг от друга, поэтому каждый вид в своем развитии ориентировался на создание своих каналов, систем и даже своей сети.

Структура сети выбиралась в соответствии с особенностями распределения потоков сообщений, характерных для конкретного вида телекоммуникации. В результате в странах сформировалось несколько независимых сетей. А средства связи, из которых создавались сети, оказались разрозненными.

Однако объем передаваемых сообщений непрерывно растет, что требует высоких темпов развития сетей телекоммуникации. В конечном счете становится ощутимой недостаточность пропускной способности сетей электросвязи (в первую очередь телефонной). Учитывая создавшуюся ситуацию, во многих странах ряд отраслей народного хозяйства создает свою сеть, предназначенную для удовлетворения потребности отрасли в передаче сообщений. В итоге в странах создаются изолированные друг от друга небольшие сети со своим оборудованием и обслуживающим персоналом, например, телефонные и телеграфные сети энергетиков, железнодорожников, металлургов, нефтяников, не говоря об армии, органах безопасности, МВД и т.д.

На самом деле такая техническая политика в области связи привела к еще большему разобщению технических средств, а эффективность совокупности сетей в государстве остается по-прежнему низкой.

Так, в бывшем Союзе еще в 60-ых годах стало ясно, что перспективным направлением развития телекоммуникации должно стать объединение сетей, что и рекомендовано МСТ [94-103, 113-115].

Все это ставит задачу построения, планирования, проектирования, развития, строительства и технической эксплуатации различных сетей телекоммуникаций в связи с учетом перспективы их слияния в единую сеть связи.

В бывшем Союзе это был проект создания Единой Автоматизированной Сети Связи (ЕАСС), которая объединила бы все сети телекоммуникации, независимо от их ведомственной принадлежности [13,14, 16,17, 22, 23, 25, 51,71].

Социальное значение телекоммуникации определяется тем, что отдельные ее виды (звуковое и телевизионное вещание) являются средствами массовой информации.

Трудно переоценить значение телекоммуникации в обеспечении четкого взаимодействия всех видов и родов войск, в обеспечении надежной обороноспособности и безопасности страны. Роль телекоммуникации в обществе можно сравнить с центральной нервной системой живых организмов, под управляющим воздействием которых происходят процессы их жизнедеятельности. Телекоммуникация является таким важным элементом, без которого современное общество существовать не может.

Поэтому, проектирование современных сетей телекоммуникации должно производиться на основе исходных данных, получаемых и уточняемых в результате систематических измерений трафика в действующих сетях [21, 29-42, 54-55, 67, 81, 88].

Вот почему созданный после второй мировой войны в Женеве (Швейцария) Международный Союз Телекоммуникации (МСТ) основное внимание уделил вопросам именно фундаментальных исследований, проектированию и прогнозированию сетей телекоммуникации.

## **1.2. Первые методы проектирования сетей телекоммуникаций**

При проектировании сооружений сетей телекоммуникаций требуется огромное количество статистических данных и предпроектных материалов, таких как:

- административное значение объекта;
- телефонная плотность;
- рост населения в %;
- рост национального дохода на душу населения;
- трафик на сети телекоммуникации;
- потребность в услугах связи и т.д.

Учитывая развитие сети на будущее, оценку этих данных на перспективу можно получить лишь с помощью прогнозирования и проектирования.

Под прогнозированием понимают научное выявление вероятных путей и результатов предстоящего развития явлений и процессов, оценку показателей, характеризующих эти явления для отдаленного будущего [54-60, 85, 90].

Процесс прогнозирования, опирающийся на статистические методы, распадается на два этапа:

- индуктивный метод;
- дедуктивный метод.

Индуктивный метод заключается в обобщении данных, наблюдаемых за более или менее продолжительный период времени, и в представлении соответствующих статистических закономерностей в виде модели, так необходимой при планировании и проектировании сетей телекоммуникаций.

Дедуктивный метод заключается в том, что на основе найденных статистических закономерностей определяют ожидаемое значение прогнозируемого признака.

Статистическое описание движения во времени экономических явлений (например, доход на душу населения) осуществляется с помощью динамических (временных) рядов.

Следует указать, что первые методы планирования, проектирования и развития сетей телекоммуникации, в частности Городских Телефонных Сетей (ГТС), проводились на основе опыта и широкой инженерной интуиции.

Первые исследования проводились именно на ГТС, где изучалось движение потоков сообщений в коммутируемых сетях, их обслуживание и задержки, а первые фундаментальные научные исследования в области статистических наблюдений на ГТС и выводы были проведены в Копенгагене великим датским математиком, сотрудником Копенгагенской Телефонной Компании Агнером Крафаном Эрлангом (1878-1929) [61-67, 78, 80, 84, 86, 88, 89, 92].

Однако первым в мире математическим анализом телефонной нагрузки, трафика, можно считать неопубликованные труды американца Г.Т.Блада в 1898 г. (США) [106].

Так, первые расчеты проводились для ручной телефонной станции (РТС). Требовалось определить число шнуровых пар и телефонисток в зависимости от заданного времени ожидания соединения. Для первых автоматических телефонных станций (АТС) декадно-шаговых систем рассчитывалось число приборов на каждой ступени искания, при котором общее время ожидания, соединения или суммарная вероятность потери вызовов были бы в норме.

С появлением координатных и особенно квазиэлектронных и электронных автоматических телефонных станций (АТС) на передний план выдвигаются как задачи синтеза структуры коммутационной системы с оптимизацией ее параметров, так и оптимального проектирования и прогнозирования самой сети телекоммуникации [3, 17, 23, 25, 44, 54-60, 96-104].

Особенно актуальный и оправданный интерес вызван к вопросам математических моделей краткосрочного и долгосрочного прогнозирования сети телекоммуникации с неизменным исследованием и прогнозом свойств параметров трафика в реальных системах как необходимого инструмента для расчетов и проектирования сетей телекоммуникации. Это также вызвано усложнением

структуры сети телекоммуникаций, возросшим капиталовложением на проектирование, строительство и расширение ГТС во всех странах мира.

Опыт проектирования и технической эксплуатации сетей телекоммуникации в мире свидетельствует о том, что наибольшие просчеты в определении объема станционного и линейного оборудования возникают из-за ошибок в прогнозе ожидаемых интенсивностей поступающей и распределенной телефонной нагрузок, т.е. трафика сети как основного предпроектного материала [1, 4, 8, 12, 16, 20-25, 30-71, 78-84].

Опубликованный шведским ученым Ульфом Раппом еще в 1949-50 гг. метод проектирования ГТС, основанный на результатах фундаментальных исследований сети, стал по существу первым классическим методом проектирования местных сетей связи принятый МСТ как международный, что можно считать началом научного и комплексного подхода к вопросу проектирования сети электросвязи доведенного до совершенства [92,95, 96, 98, 105, 110, 114, 115, 125].

Метод У.Раппа был официально рекомендован МСТ как метод проектирования местных сетей телекоммуникации, который использовался до конца 80-х годов [125].

Первые методы проектирования местных сетей телекоммуникации базировались на реальных статистических данных о потребностях населения в телефонной связи, измеренных параметрах на сети, на которые влияют следующие факторы [28-60, 66, 67, 74, 92-107] :

- географическое положение страны и проектируемой сети в целом;
- административное значение города и его отдельных районов как объект проекта;
- уровень развития промышленности в стране и проектируемой местности;
- культура производства в стране;
- уровень национального дохода на душу населения;
- методы подхода к вопросам расширения проектируемой сети;
- национальные особенности жителей страны, влияющие на параметры трафика;
- сезонность трафика на сети;
- потребность в услугах связи и т.д.

Совокупность методов и способов качественного и количественного сбора, группировки, обработки и анализа данных, необходимых для развития и расширения сети телекоммуникации называется проектированием.

Конкретные постановки целей исследования развития и расширения должны дать для каждой местной сети сведения о количестве и распределении мест расположения источников и приёмников информации, в частности, абонентов, их ожидаемом приросте, емкости сельской телефонной сети (СТС), районной автоматической телефонной станции (РАТС) и городской телефонной сети (ГТС) в целом, а также об ожидаемых потоках трафика между узлами и станциями как в пределах сёл, городов и регионов, так и для всей страны.

Суммирование потребности в установлении связи на местных сетях и знание их направленности в конечном счете являются основой для проектирования в целом первичной сети, являющейся нервной системой сети телекоммуникации любого государства.

Телефонные линии и, прежде всего, международные телефонные линии большой протяженности представляют собой дорогостоящие сооружения. Поэтому проектирование телекоммуникационных сетей должно быть тщательным, основанным на принципах, позволяющих достигнуть высокой производительности и высокого качества обслуживания при минимально возможных затратах.

Преобладающим видом телекоммуникации на современном этапе развития общества являются телефонная связь, которая по передаваемой объему информации - трафику примерно на порядок превосходит все другие виды связи.

### **1.3. Математический аппарат для проектирования сетей телекоммуникации**

Для удовлетворения потребности населения в связи требуется создание огромных сетей, обеспечивающих передачу требуемого количества информации. Создание высококачественной функционирующей сети телекоммуникации - задача весьма сложная, как в теоретическом, так и в практическом плане.

Для теоретического исследования сетей связи используются специальные разделы математики - теория вероятности и математическая статистика, на основе которых создана теория массового обслуживания. Применительно к телефонной связи она получила название теории телетрафика, (ТТ) известная у нас как теория распределения информации.

Данная теория изучает процессы и закономерности прохождения сообщений по сети телекоммуникации, определяет эффективность использования коммутационных сетей и линий, а также вопросы качества обслуживания сети со стороны абонентов, (пользователей) [61-70].

Основоположником теории телетрафика (от английского слова TRAFFIC - движение, нагрузка) был исследователь Копенгагенской Телефонной Компании, датский математик А.К.Эрланг, основные труды которого были опубликованы в 1908-1918 гг.

Предпочтительными методами решения первых классических проблем сетей связи являлись аналитические решения, поскольку они наиболее удобны для последующего анализа и формы представления результата. Однако их не всегда можно получить.

Примером аналитического решения являются распределения Эрланга, Энгсета, Бернулли и Пуассона [60,63,66].

Следующим важнейшим делом является анализ статистических данных о трафике и оценке данных измерений.

При невозможности решения задач аналитическим методом используют методы вычислительной математики, в частности, итерационный метод решения систем уравнений.

Итерационным методом можно пользоваться, например, при расчете несложных, неполнодоступных схем, элементов сети с обходом.

Особенно итерационный метод применим для систем с повторением.

Классическим методом использования итерационного метода является метод двойных коэффициентов - метод Круитгофа, используемый на сетях связи, и рекомендованный МСТ [47, 55, 93, 98, 113-115].

В последние годы заметно усилился интерес к задачам иного класса - разработке математических моделей краткосрочного и долгосрочного прогнозов параметров трафика и исследованию свойств потоков в реальных системах и сетях связи [48-58,91-103, 112-115].

Нормирование и оптимальное распределение трафика сети по участкам, в том числе показателей качества обслуживания - еще один круг задач, требующих решения.

Особое место в теории проектирования и расчетов систем связи занимают приближенный инженерный метод.

Появление данного метода обусловлено необходимостью быстрой оценки и упрощенного расчета пропускной способности коммутационных систем и сетей сложной структуры при отсутствии точных методов расчета на сегодня.

К инженерным методам относится, например, формула О'Делла и формула Пальма - Якобеуса. К данным методам также относятся методы эффективной доступности А.Д.Харкевича, и метод расчетной нагрузки Б.С.Лившица [4,8,17,20,60,67,78,89].

Ярким примером инженерного метода расчета следует считать "Методы расчета трафика для международной сети" разработанные для сети телекоммуникации Соединенных Штатов Америки (США) Р.Уилкинсоном в 1956 году и используемые в США по настоящее время [2,41,67,78,88, 93,107,124,126,132].

Наиболее универсальным, пригодным для решения задач практически любой сложности является метод статистического моделирования. Математическая модель процесса обслуживания или распределения трафика при этом реализуется в виде программы для ЭВМ. Наиболее широко используемый математический аппарат при этом является формула Байеса.

По мере развития теории, разработки точных методов расчета, область применения инженерных методов при решении "старых" задач постепенно будет сужаться. Хотя для решения вновь возникающих задач, возможно, опять потребуются срочная разработка новых приближенных методов - строгая теория обычно несколько запаздывает и не всегда вовремя откликается на потребности практики.

Однако прогресс в развитии вычислительной техники, а также методов вычислительной математики позволяет надеяться, что это запаздывание будет не очень существенным.

Следующим элементом математического аппарата, широко применяемого в анализе и синтезе, является метод статистических испытаний (метод Монте-Карло) [60, 67, 85].

Метод состоит в искусственной имитации стохастических процессов, имеющих место в исследуемом объекте, с целью выявления закономерностей и приближенной оценки стохастических параметров этих процессов [62-67, 69-71, 77, 78, 80, 84, 86-89].

В сетях телекоммуникации основными источниками случайности являются такие явления как случайные отказы (повреждения) элементов и их восстановление, а также случайные входящие потоки сообщений. В основе метода лежит техника генерации конечных наборов значений случайной величины в соответствии с ее функцией распределения вероятностей.

Если учесть, что структурно сеть телекоммуникации состоит из двух основных частей как:

- собственно коммутируемая сеть;

- управляющих устройств,

то становится важным как изучение методов расчета пропускной способности систем с коммутацией каналов, так и методов расчета управляющих устройств для современных цифровых систем коммутации и построенной на этом цифровой сети связи.

Первые исследования проводились именно на телефонной сети, где изучалось движение потоков сообщений в коммутируемых сетях, их обслуживание и задержки [69-71].

Поскольку математические методы стохастических процессов развиваются не вполне успешно, то прогнозирование, используемое для сетей телекоммуникаций возможно посредством детерминированного метода, который учитывает совокупность наиболее важных определяющих факторов. Для составления прогноза необходимо использовать, если это возможно, несколько методов прогнозирования, с соответствующим математическим аппаратом и сравнить полученные результаты для окончательного вывода [54-60].

Более того, математические методы, используемые при этом, надежны только в том случае, если объект исследования достаточно большой и имеется необходимый объем статистических данных.

Важнейшим этапом при разработке электронно-цифровых систем коммутации является аналитический расчет (аналитическое моделирование), на основе которого прогнозируются все основные характеристики системы, заданные техническим заданием [6; 7; 12; 17-25; 38-59; 82-89].

Аналитическое моделирование - есть математическое описание реакции системы на внешнее воздействие.

Здесь под реакцией системы понимается ее технико-экономические показатели, а под внешним воздействием - стоимость компонентов системы, их быстроедействие, поступающие потоки вызовов, сбоев, отказов и т.д.

Например, в известной аналитической модели Эрланга потери зависят только от трех факторов:

- потока поступающих вызовов;
- длительности обслуживания этих вызовов;
- емкости пучка.

#### **1.4. Современные подходы к вопросам проектирования**

Уровень развития сети телекоммуникации в любой стране мира по рекомендациям Международного Союза Телекоммуникации (МТС) оценивается по числу телефонов на 100 жителей, называемой "телефонной плотностью"[41,55,67,96-107,114,115].

Число телефонных аппаратов (ТА) на душу населения по существу определяется спросом жителей этой страны на те или иные виды услуг связи и определяются концепцией развития сети телекоммуникации данной страны.

"Спрос" на услуги телефонной связи, т.е. на установку ТА выраженный заявлением граждан на имя администрации Городских Телефонных Сетей (ГТС) может быть следующим [114, 115]:

1. Обеспеченный спрос -  $D_S$ ;
2. Показательный спрос -  $D_E$ ;
3. Потенциальный спрос -  $D_P$ .

Обеспеченный или удовлетворенный спрос есть число действующих линий (установленных ТА) на телефонной сети. Обеспеченный спрос  $D_S$  - реальные данные о емкости существующей телефонной сети.

Показательный спрос -  $D_E$  есть спрос обеспеченный  $D_S$  плюс зарегистрированные заявления на установку телефона, существующие в данный момент, т. е. число заявлений граждан на очередность по установке телефона -  $W_A$ , тогда:

$$D_E = D_S + W_A \quad (1.1)$$

Потенциальный спрос -  $D_P$  есть сумма показательного спроса плюс не зарегистрированные и неучтенные запросы и заявления граждан, желающих иметь ТА-  $W_{AN}$ , тогда

$$D_P = D_E + W_{AN} \quad (1.2)$$

Естественно, что неучтенные заявления  $W_{AN}$  зависят от будущих запросов населения на установление телефонной связи. Этот будущий спрос существенно зависит от следующих трех факторов:

1. Высокий тариф;
2. Плохое обслуживание и плохой сервис;
3. Отсутствие рекламы.

Различие трех видов спроса показано на Рис. 1.3.

В условиях научно-технической революции роль телекоммуникации неизменно выросла.

В развитых странах мира весь послевоенный период телекоммуникация развивалась ускоренными темпами, которые носили устойчивый, опережающий по сравнению с другими отраслями экономики характер.

Темпы капиталовложений в телекоммуникацию в развитых странах мира отличаются высоким уровнем.

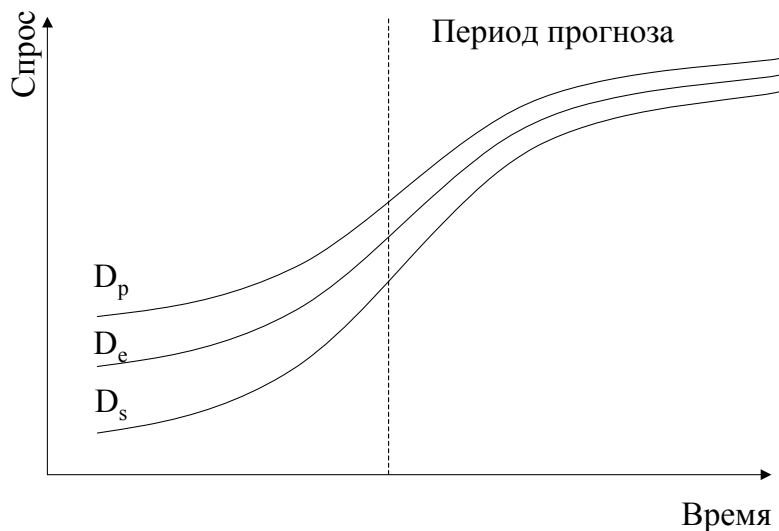


Рис.1.3. Три вида спроса на услуги связи

Почти во всех промышленно-развитых странах мира доля телекоммуникации в национальном доходе страны за период 1950-1970 гг. удвоилась [1,4,7,9,12,16,17,19,21,41,63].

Проведенные исследования о рентабельности средств, выделенных странами для развития отрасли телекоммуникации от Валового Национального Дохода (ВНД) этих стран показали, что оптимальные средства, требуемые для развития телекоммуникации составляет  $0,4 \div 1\%$  от ВНД [95-104, 113, 114].

К примеру, в бывшем Союзе эта цифра была в пределе  $0,1 \div 0,2\%$  от ВНД.

В США эти данные не менее  $0,2 \div 1,5\%$ , а в Европе в пределах  $0,3 \div 1,0\%$  от ВНД.

Исследования на сетях телекоммуникации показывают, что инвестиции в отрасль “Телекоммуникация” следует классифицировать по трем основным группам [95-104, 114]:

- Внутренние инвестиции;
- Инвестиции технического обслуживания;
- Инвестиции для перспективного развития.

Так, инвестиции, вложенные на развитие телефонной сети, состоят из пяти ниже перечисленных пунктов [96-104]:

- Абонентная сеть - 30%
- Системы передачи - 13%
- Коммутационное оборудование - 32%
- Оборудование электропитания - 12%
- Здания, необходимые для сети - 13%.

Основной деятельностью местной администрации является изучение, установление правил, принятие резолюций, составление рекомендаций и пожеланий, а также сбор и анализ информации по вопросам местной телекоммуникации.

Вопросы проектирования и технической эксплуатации современных сетей телекоммуникации - главная забота телекоммуникационной администрации, и выполняют они свои функции посредством проектных организаций, если таковые имеются.

Задачи проведенного анализа и всего комплекса проблем по существу сводятся к решению следующих двух проблем:

1. Определение всей совокупности исходных данных в требуемые моменты времени:

- количество источников;
- число путей передачи этой информации;
- линейные и станционные пункты и т.д.

2. Распределение источников и приемников информации в пространстве для проектируемого периода.

Выше изложенное приводит к интеграции всех услуг телекоммуникации в рамках одной сети. Основной причиной такой интеграции является экономия, получаемая за счет совместного использования общих устройств коммутации и линий передачи (каналов связи).

Дело в том, что в каждой сети телекоммуникации, проектируемой для обслуживания определенного трафика с заданным качеством, предусматривается определенный запас пропускной способности на случай перегрузок и повреждений, а использование каналов тем ниже, тем меньше емкость вторичной сети.

### **1.5. Принципы проектирования современных сетей телекоммуникации**

Принципы проектирования сети телекоммуникации многосторонние и включают в себя все стороны развития сети, начиная от обычных собеседований до создания фундаментальных проектов развития средств телекоммуникации с учетом конечной цели развития сети, прогнозирования, спецификации оборудования, построения иерархии сети, аспектов технической эксплуатации, планирования, обучения и подготовки кадров, финансовые аспекты и, наконец, организации местных производств, если это возможно [54,59, 94-132].

В бывшем Союзе такие проекты назывались Генеральным проектом развития, а за рубежом их называют Мастер-Планом.

Мастер-План развития сети телекоммуникации любой страны необходимо проводить комплексно и охватить каждый жилой пункт данной страны с учетом:

- сельской сети;
- сети административно-региональных территорий;
- крупных городских телефонных сетей;
- междугородних сетей связи;
- сеть столицы страны;
- международной связи;
- сети магистральной связи по всей стране и т.д.

Проекты развития сети телекоммуникации любой страны с учетом рекомендации МСТ можно определить из следующих частей [59, 60, 114, 115]:

1. Стратегии проекта;
2. Базовых данных проекта;
3. Сценария будущего развития сети связи;
4. Конечной цели развития сети;
5. Прогноза и проектирования трафика;
6. Фундаментального технического плана;
7. Краткосрочных и долгосрочных планов развития;
8. Оборудования и сети;
9. Аспектов эксплуатации и обслуживания;
10. Организации и управления сети;
11. Планирования кадров;
12. Финансирования;
13. Организации местного производства.

Каждая часть данного Генерального плана развития сети связи страны, указанная на Рис.1.4, обычно рассчитана на 20-25 лет и представляет собой серьезный труд. Так, первые четыре части Генерального Плана развития, по существу, это концепция развития сети телекоммуникации страны. Так, фундаментальный технический план в свою очередь состоит из семи частей [58-60,114-115]:

- Единый план нумерации сети;
- Принцип определения путей сообщения;
- Сигнализационный план;
- План построения многоканальных систем передачи;
- План синхронизации сети;
- План единой тарифной системы;
- План надежности сети связи.

Также подробно необходимо рассматривать все остальные двенадцать глав Мастер-Плана, как Генеральный План развития сети телекоммуникации стран на перспективу.

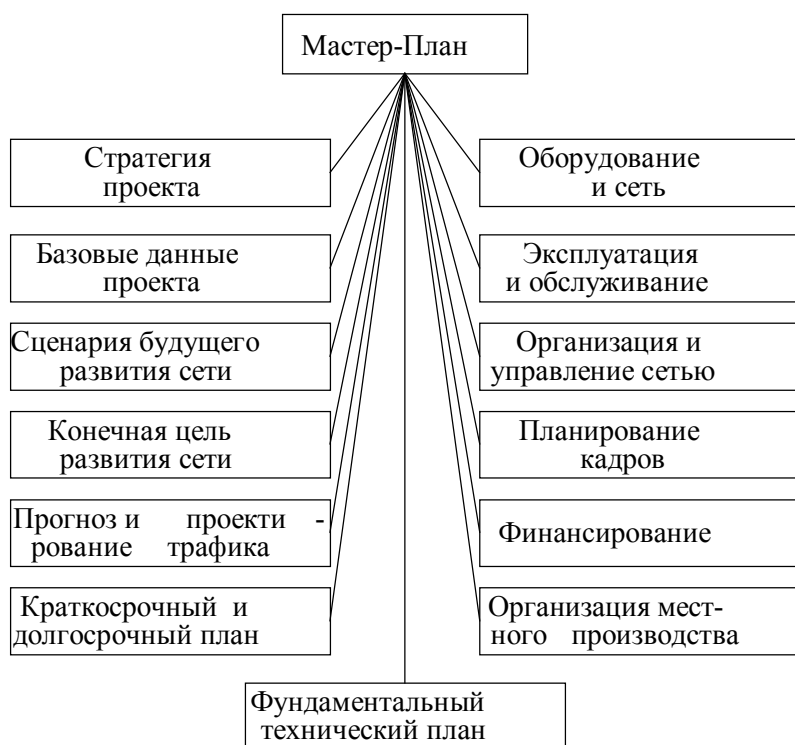


Рис.1.4. Структурная схема Мастер-Плана

Следует отметить, что выпускались и выпускаются все необходимые учебные рекомендации: методические и справочные пособия по отдельным частям этой многосторонней и довольно сложной работы [1, 9, 14, 21, 54, 67, 75, 96-104, 107-111, 114, 115, 123, 126, 128, 130-132].

Так, каждые 5-7 лет МСТ периодически издает рекомендации, известные под названием Оранжевая, Красная, Желтая, Синяя, Белая и т.д. книги.

Это многотомные, фундаментальные научно-технические труды являются настольной книгой, справочниками для многих проектировщиков сотен стран мира.

Более того, МСТ выпускает специальные методические книги-руководства по проектированию сетей связи, по теории телетрафика и прогнозированию и т.д.

Рассмотрим некоторые аспекты прогнозирования, применяемые в современных сетях телекоммуникации с учетом рекомендации МСТ.

Научно обоснованной и расчетной частью Мастер-Плана сети телекоммуникации являются вопросы прогнозирования трафика как предпроектного материала [58-60, 113-115].

Главным изыскательским

материалом для этих исследований являются статистические материалы как для отдельных сел, городов и населенных пунктов, так и для всей страны.

Так, исходным данным для проектно-изыскательских работ следует считать:

1. Численность и процент роста населения во всех населенных пунктах страны, охватываемый Мастер-Планом за последние 20 лет;
2. Реальная хронология роста действующей емкости РАТС, ГТС и АМТС по всем населенным пунктам страны;
3. Подробности реального структурного состава абонентов сельских, районных, городских и столичной телефонной сети страны проектирования;
4. Реальные данные о качестве услуг связи для проектируемой сети электросвязи и соответствующие потери на сети;
5. Административное значение районов, городов и тех или иных жилых массивов страны проектирования;
6. Административно-хозяйственная связь регионов, городов и населенных пунктов страны как со столицей, так и между собой;



7. Существующие измеренные статистические данные о параметрах трафика на сетях электросвязи страны;
8. Данные о спросе населения страны на услуги электросвязи, в частности телефонной связи за последние 10-15 лет;
9. Анализ существующих кадровых потенциалов, методов их подготовки в стране и потенциальные возможности их на будущее;
10. Реальные данные о средствах дохода на душу населения и в целом по стране;
11. Прогноз о средней плотности семей для проектируемого периода.

Основой расчетной части для планирования и проектирования сети телекоммуникации на 20-25 лет является пятая часть Мастер-Плана “Прогноз и проектирование трафика” Рис. 1.5.

Принципы прогностического метода планирования сетей телекоммуникации, состоящие из пяти основных частей, сводятся к следующим [41,47,55,90,107,114]:

1. Исследование и анализ существующего состояния сети телекоммуникации страны.
2. Сбор и измерение данных о качестве услуг связи и потерях на сети.
3. Прогноз спроса абонентов на услуги телекоммуникации. Спрос и удовлетворение в услугах связи на перспективу (20-25 лет) по годам.
4. Объем внедрения. Прогноз трафика и расчет региональных и национальной сетей телекоммуникации.
5. Распределение трафика по направлениям как часть фундаментального технического плана.

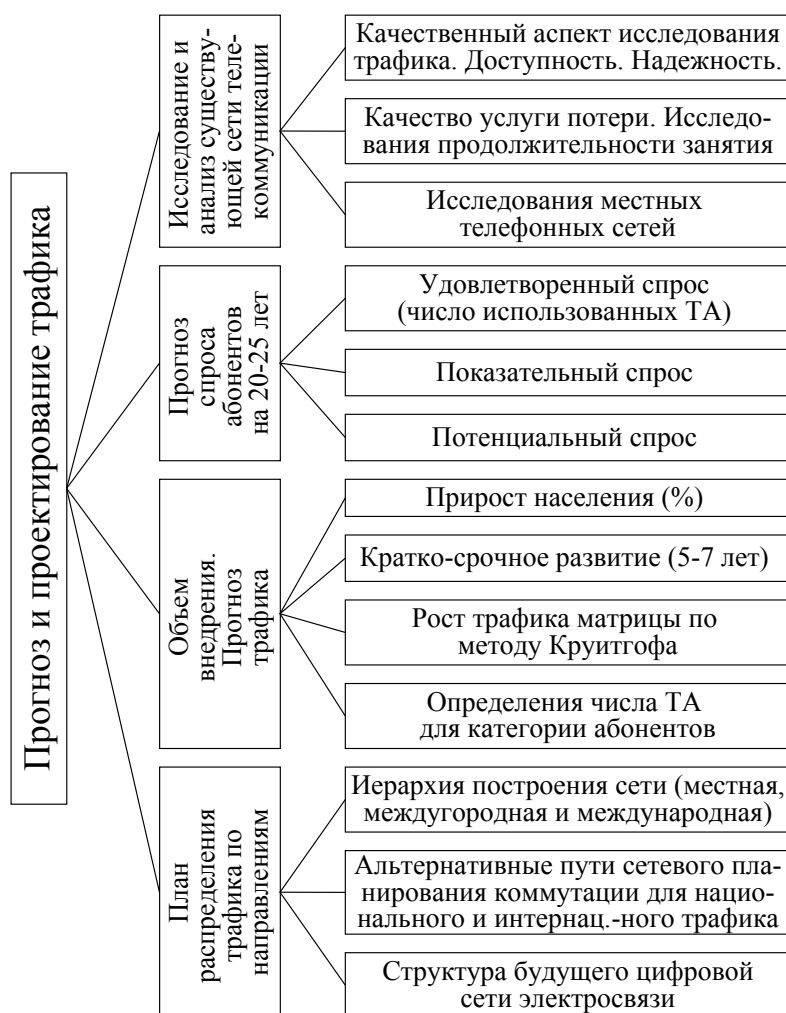


Рис.1.5. Прогноз и проектирование трафика

#### 1.6. Фундаментальный технический проект

Фундаментальный технический проект, как часть Мастер-Плана, является основным техническим проектом развития сети телекоммуникации страны [59, 60, 113-115].

Фундаментальный технический проект состоит из следующих основных подразделений, указанных на Рис 1.6:

- проект нумерации;
- схема маршрутизации и коммутации;
- проект сигнализации;
- проект систем передачи;
- проект синхронизации сети;
- проект тарификации;
- проект обеспечения живучести сети;
- распределение частот.

Проект нумерации включает в себя всестороннюю информацию, включая все виды кодирования для местной, национальной и международной сетей.

Цель нумерации -

установление единого правила взаимосвязи абонентов между собой в пределах местной, национальной и международной связи.

Проект нумерации необходим для предоставления каждому абоненту своего, исключительно индивидуального номера для установления связи [1,7,13, 21, 29, 56, 90, 95, 96, 114, 123]. Данный план

нумерации должен быть составлен очень тщательно и аккуратно и нацелен на долгие годы вперед, т.к. неучет перспективы вынудит пойти на изменение и модификацию, причем дорогостоящую, так как любое изменение в нумерации влияет на изменение в оборудовании станций, узлов и центров, а также на поведение абонентов.

Следует отметить, что данный план должен быть составлен до начала создания автоматических междугородних телефонных сетей и рассчитан, по крайней мере на 30, а предпочтительнее на 50 лет.



Рис. 1.6. Фундаментальный технический проект

Проект сигнализации имеет целью определение методов и сигналов, необходимых между станциями для установления соединения, для посылки информации о тарифах вызовов и для других административных целей [96-104,106,115]. Интерфейс должен обеспечить преобразование сигналов, необходимых между различными видами коммутации [122].

Сигнальные системы могут быть классифицированы в два вида сигналов:

- линейные сигналы, которые существенно влияют на оборудование систем передачи;
- сигналы между регистрами, которые существенно влияют на оборудование коммутации, часто называемое управляющими сигналами.

Возможны следующие варианты для линейных сигналов:

- передача сигналов набора абонентского номера в полосе разговорной частоты или за пределами разговорной частоты;
- импульсным кодом, или сигнализация постоянным током (батареиным способом).

План нумерации должен строиться на следующих критериях:

- простота для понимания и использования для всех абонентов;
- совместимость с существующим и будущим оборудованием;
- совместимость с международными правилами;
- основа для маршрутизации трафика и плана тарификации.

Проекты маршрутизации трафика и коммутации определяют как пропущенная нагрузка (трафик) на сети проходит от одного абонента к другому. Основной принцип, используемый здесь, является иерархия сети телекоммуникации сверху вниз [7, 13, 14, 16, 21, 22, 59, 90, 94, 95, 115, 131, 132].

Вторым действием является определение правила взаимосвязи между различными уровнями:

- обеспечение прямого или высоко используемого направлений (маршрутов), когда трафик неудовлетворительный;
- следование иерархического пути (конечного маршрута), который допускает группирование всего пути низкого трафика к следующей станции, где также проектирование сети может повториться.

Проект сигнализации должен быть пригодный для сети. Также важен выбор сигнализации между регистрами импульсного кода одной или двух частот и многочастного метода.

Проект синхронизации сети необходим, естественно, для сети с цифровыми системами передачи и коммутации. Синхронизация обеспечивает преимущество как для обслуживающего персонала сети связи, так и для потребителей [105, 113, 114, 115].

Принцип синхронизации зависит от национального плана синхронизации и организации хронирования на станциях [7, 25, 58, 59, 72, 90, 95, 107, 114, 115, 125].

Хронирование состоит из генерирования, а также распределения хронлируемых и исходящих сигналов. Оно обеспечивает работу тех частей станции, которые образуют коммутируемый тракт соединения.

Для корректного управления сетями с временной коммутацией, используемой в современных цифровых системах телекоммуникации, циклы всех входящих потоков ИКМ каналов должны быть точно выровнены, т.е. синхронизированы. Синхронизация на сети может быть плезохронная или полностью синхронизированная.

При плезохронной синхронизации каждая цифровая станция имеет свой независимый синхронизатор, при полностью синхронизированной сети все телефонные станции на сети управляются одним или двумя задающими генераторами ведущей станции сети. В этом случае, как правило, имеются задающие генераторы или на автоматической междугородней (АМТС) или на международной телефонной станции (МнТС).

В проекте тарификации могут быть использованы различные методы тарифов:

- фиксированный тариф, который не зависит от числа вызовов, или его продолжительности разговора, а иногда и от расстояния между потребителями;
- тарифы разговорные, зависящие только от числа вызовов, поступающих от абонентов;
- тарифы повременные;
- тарифы по разговорным, зависящие от числа вызовов, их продолжительности и расстояния (для АМТС).

Тарифы на междугородные разговоры внутри страны и международные между странами зависят также от административных планов также.

Однако, увлекаться тарифом нельзя, т.к. повышение тарифа существенно влияет на трафик сети и в целом на услуги [9,25, 78, 80, 97, 106, 109] . Это существенно учитывается при прогнозировании трафика сети на будущее. С расширением сети и введением новых цифровых систем коммутации могут быть использованы различные методы тарифов, учет которых для современных сетей коммутации не составляет труда. Совместимость цифровых систем с ЭВМ упрощает систему оплаты за услуги телекоммуникации.

Проект живучести сети включает в себя план оперативной готовности, цель которого определение качества обслуживания [95-97].

Цель данного проекта - определение и практическое измерение предполагаемой наименьшей эффективности оборудования и потери системы на живучесть, т.е. на оперативную готовность.

Существует взаимосвязь между этими аспектами и влиянием их на маршрутизацию и системы передачи. Поэтому проект предусматривает методы выхода из перегруженной сети, приводящей к резким изменениям качества обслуживания. Для этого используются специальные защитные устройства или дублирующие запасные устройства и сооружения, которые предназначены для выхода из этих неординарных ситуаций.

Проект систем передачи является одним из основных частей фундаментального технического проекта как основы цифровизации сети на переходный период, как правило, долгосрочный период с созданием интегральной цифровой сети (IDN) и (ISDN) [18, 94-104, 109,128, 129].

Цель данного проекта - определение требуемого качества передачи между абонентами при установлении соединения. Первым объектом проекта систем передачи является установление соответствующих эталонов с учетом частоты, эха, затухания и других видов шумов и распределение этих градаций возможно лучшим образом для сетей.

В частности, данный проект устанавливает артерию системы передачи, как для старой двухпроводной, так и будущей четырехпроводной.

Допустимые стандарты затухания и их величины зависят:

- от числа звеньев и уровней коммутационных сооружений и их иерархии;
- от величины и размеров телекоммуникационных сетей.

Так, для местного распределения и систем передачи обычно используют малоемкостные недорогие кабели.

Распределение частот в некоторых случаях (как правило, радиочастот) на территории страны проводится администрацией телекоммуникации, а в некоторых случаях на уровне министерств связи

страны. Особое значение данный вопрос имеет в связи с широким внедрением в сети телекоммуникации мобильной связи.

### 1.7. Международный Союз Телекоммуникации

Международный Союз Телекоммуникации (МСТ) представляет собой специализированную организацию Организации Объединенных Наций (ООН) [9, 107, 113-115].

МСТ следует считать созданной в 1865 году как Международный Союз Телеграфии, и он является старейшей технической организацией ООН. Центр организации МСТ - г. Женева (Швейцария) [9, 23].

Союз МСТ состоит из членов стран участниц ООН, каждая из которых подписала и ратифицировала Международную конвенцию по телекоммуникации и присоединилась к этой конвенции, принятой в Найроби в 1982 году, в которую Азербайджан вошел в 1991 году.

Цели Союза МСТ следующие:

1. Обеспечение и распределение международного сотрудничества для развития и рационального использования всех служб связи;
2. Содействие в разработке и наиболее эффективном использовании технического оборудования, увеличение эффективности служб связи, расширение применения этих служб для распространения на как можно более широкие слои населения;
3. Координация работ различных стран, выполняемых в вышеупомянутых общих целях.

Организационное построение Союза состоит из трех органов:

- Конференция уполномоченных;
- Административные совещания;
- Административный совет.

Конференция уполномоченных представляет собой верховный законодательный орган. МСТ, который собирается обычно через каждые 5 лет.

Задачей МСТ является пересмотр постановлений конвенции, и в случае необходимости, их изменение, рассмотрение и принятие бюджета, а также определение общих принципов, преследуемых для достижения целей МСТ [9, 96-104, 114, 115].

Конференция избирает Генерального секретаря, заместителя генерального секретаря, членов Международной комиссии по регистрации частот и членов Административного Совета.

Административные совещания МСТ бывают двух видов:

- всемирные административные совещания,
- региональные административные совещания.

Последние собираются для рассмотрения вопросов в некоторых специальных отраслях:

- телефонии, телеграфии;
- радиосвязи и.т.д.

Всемирные совещания пересматривают и модифицируют существующие правила международной телекоммуникации, например:

- Телеграфный регламент;
- Телефонный регламент;
- Радиорегламент;
- Дополнительный радиорегламент.

На региональных совещаниях могут быть рассмотрены только специфические вопросы связи данного района. Решение административных совещаний не может противоречить Конвенции ООН по телекоммуникации [96-104].

Административный Совет состоит из стран членов МСТ, избираемых конференцией уполномоченных. Здесь обеспечивается пропорциональное представительство пяти регионов мира. Совет обеспечивает постоянную работу Союза, в частности, между двумя конференциями уполномоченных с помощью исполнительной организации конференции уполномоченных. Заседания организуются ежегодно в Женеве, штабе МСТ. Функции секретаря выполняются Генеральным секретарем МСТ [107, 114, 115].

Союз имеет следующие постоянные органы:

1. Генеральный секретариат;

2. Сектор Радиосвязи Международного Союза Телекоммуникации (ITU-R), объединяющего ранее известный Международный совет по регистрации радиочастот (IFRB) и Международный Консультативный комитет по радиосвязи (CCIR).

3. Сектор Телекоммуникации Международного Союза Телекоммуникации (ITU-T) - известный ранее как Международный Консультативный Комитет по Телеграфии и Телефонии (CCITT).

Генеральный секретариат обеспечивает выполнение административной работы, а на конференциях МСТ выполняет работу секретариата. Персонал, собранный из специалистов всего мира, под руководством Генерального секретаря собирает и издает национальные и международные данные, относящиеся к связи мира, составляет и издает регламенты, рекомендации и другие официальные издания, составляет план ежегодного бюджета и передает их Административному Совету.

Международных консультативных комитетов МСТ два - по радиосвязи (ITU-R) и телекоммуникации (ITU-T). Членами комитетов кроме членов МСТ являются известные частные предприятия и специализированные организации ООН с совещательным правом, различные международные организации, а также научные и промышленные представительства [9, 96-104].

Задачей комитета (ITU-R) является проведение исследований и разработка рекомендаций по техническим и эксплуатационным вопросам радиосвязи. ITU-R выполняет свои задачи посредством исследовательских комиссий, выбираемых и утверждаемых общим собранием. Международный Совет по Регистрации Частот (IFRB) входит в состав ITU-R и состоит из 5 лиц, избранных конференцией уполномоченных, с соблюдением принципа пропорционального представительства районов. Задачей является регулярная регистрация заявленных частот, консультации по обеспечению радиосвязи без помех и т.д.

В настоящее время в составе ITU-R имеется одиннадцать исследовательских комиссий:

1. Использование и контроль спектров радиочастот.
2. Служба исследования космического пространства и радиоастрономии.
3. Стационарная служба, работающая на частотах до 30 МГц.
4. Стационарная служба с использованием искусственных спутников Земли.
5. Распространение радиоволн в неионизированной среде.
6. Ионосферное распространение радиоволн.
7. Служба передачи стандартных сигналов частот и времени.
8. Передвижные службы.
9. Стационарная служба использования радиорелейных систем.
10. Служба радиовещания
11. Служба телевизионного вещания.

Эти комиссии дополняются следующими общими исследовательскими комиссиями ITU-R и ITU-T:

- Общая исследовательская комиссия по радио и телевидению;
- Общая комиссия по составлению словарей;
- Специальная общая комиссия (шумы цепей);
- Общая комиссия планирования;
- Всемирная плановая комиссия (Африка, Азия и Океания, Средиземноморье и Латинская Америка).

Задачей ITU-T является проведение исследований и разработка рекомендаций по вопросам техники, эксплуатации и тарифа телеграфной и телефонной служб телекоммуникаций. ITU-T выполняет свои задачи посредством более десяти исследовательских комиссий:

- Эксплуатация и качество службы телеграфии и телефонии;
- Общие тарифные принципы;
- Телеграфная коммутация;
- Телефонная коммутация и сигнализация;
- Качество телефонной связи и местные телефонные сети;
- Системы передачи;
- Телефонные цепи;
- Передача данных;
- Цифровые сети.

Основной деятельностью ITU-T является изучение, установление правил, принятие резолюций, составление рекомендаций и пожеланий, а также сбор и публикация все объемлемой информации по вопросам проектирования, прогнозирования и эксплуатации сетей телекоммуникации.

## **ВЫВОДЫ**

1. Показана существующая классификация современных видов телекоммуникации, существенно влияющих на структуру сетей телекоммуникации страны, с учетом перспективы их слияния в единую сеть связи.
2. Выявлены основные предпроектные материалы, необходимые для прогнозирования и проектирования современных сетей телекоммуникации.
3. Предложена методика составления Мастер-Плана по вопросам перспективного проектирования и прогнозирования сетей телекоммуникации для реальных сетей связи.
4. Дан анализ существующего математического аппарата для проектирования и прогнозирования сетей телекоммуникаций.
5. Показано, что современные сети телекоммуникации, обладая свойством сложных технических систем, требуют системного подхода к решению задач их прогнозирования и проектированию.
6. Выведены основные спросы на услуги телекоммуникации для развивающихся стран, и оптимальные средства, требуемые для перспективного развития телекоммуникационных сетей.
7. Получена стройная последовательность и принципы подхода к вопросу проектирования современных сетей телекоммуникации в масштабе страны с учетом рекомендаций МСТ-Перспективный Мастер-План развития телекоммуникации страны.

## II. ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ ТЕЛЕТРАФИКА

### 2.1. Основные понятия и определения

Основными терминами теории телетрафика (ТТ) являются такие исходные понятия как:

- сообщение;
- вызов;
- занятие;
- время занятия;
- пучок линий;
- трафик;
- час наибольшей нагрузки;
- концентрация;
- потери и т.д.

Предметом изучения теории телетрафика стали процессы обслуживания системой связи поступающих потоков сообщений и их количественные характеристики на станциях, коммутационных узлах, сетях связи, а также их отдельных частях [4, 5, 8, 9, 12, 14, 17, 20, 21, 27-71, 78, 80, 86-89].

Математический аппарат, исследуемый теорией телетрафика включает четыре основных элемента:

- поток поступающих сообщений;
- систему распределения информации, т.е. систему обслуживания;
- характеристики качества системы;
- дисциплина обслуживания.

Поток сообщений включает понятие о модели потока вызовов (требование на установление соединения), законы распределения длительности обслуживания сообщений, а также типе занимаемого для передачи сообщений каналах и способе передачи - аналоговым или дискретным.

Система обслуживания характеризуется структурой построения и набором структурных параметров.

Под дисциплиной обслуживания понимают:

- способ обслуживания (с явными потерями, с ожиданием, с повторением или комбинированный);
- порядок обслуживания (в порядке очередности, в случайном порядке и с приоритетом);
- режим искания выходов коммутационной системы (свободный, групповой и индивидуальный).

К характеристикам качества обслуживания поступающих сообщений относятся:

- вероятность явной потери сообщений;
- вероятность условной потери сообщений;
- среднее время задержки сообщений;
- вероятность потери поступающего вызова;
- интенсивность обслуженной нагрузки и т.д.

К основным понятиям теории телетрафика относится сообщение - как совокупность информации, имеющей начало и конец, и предназначенной для передачи через сеть связи или коммутационную систему. Сообщение характеризуется объемом, категоричностью, адресом источника и приемника сообщений, а также формой представления информации.

Сообщение подразделяется на:

- обслуженное (переданное через сеть связи);
- потерянное (не переданное приемнику (потребителю) вследствие занятости, повреждения, недостаточности СЛ, занятости и не ответа самого приемника);
- задержанное (поступившее в сеть связи и ожидающее начала передачи);
- условно потерянное (поступившее в сеть связи и задержанное сверх допустимого (контрольного) срока, даже если оно потом и было передано).

Вызов - это требование источника на установление соединения, поступившее в сеть связи, коммутационную систему, на вход ступени искания, в управляющее устройство (УУ) с целью передачи сообщений.

Вызовы обычно обозначаются через  $C$ . Вызовы характеризуются моментом поступления. В качестве источника может служить телефонный и телеграфный аппарат, прибор или линия связи, управляющее устройство. Приемниками вызовов также являются аппараты, приборы и линии.

Вызовы подразделяются на:

- обслуженный (получивший соединение с требуемым приемником);
- потерянный (получивший отказ в установлении соединений);

- задержанный ожидающий начала установления соединения из-за отсутствия в данный момент свободных и доступных линий);
- поступивший (независимо от того, обслужено, потеряно или задержано).

Занятие - это любое использование приборов, линий и устройств с целью установления соединений независимо от того, закончилось оно передачей сообщения или нет. Занятие характеризуется моментом и его длительностью.

Время занятия (длительность) - это промежуток времени, в течение которого линия занята. Как правило, в расчетах коммутационных устройств и в целом при проектировании систем электросвязи используется среднее время занятия обозначаемое через  $\bar{t}$ .

Пучок линий - это группа линий (приборов), на которой одновременно можно осуществлять передачу определенного количества сообщений, например, определенное количество телефонных разговоров.

Трафик (нагрузка) - сумма требований по данному пучку в течение определенного интервала времени, и выражается суммой времени занятия в часах.

$$A = \frac{C \cdot \bar{t}}{60} \text{ Эрланг} \quad (2.1)$$

где  $C$  - число вызовов;

$\bar{t}$  - среднее время занятия в минутах;

$A$  - трафик (нагрузка).

Трафик, как правило, измеряют в часы наибольшей нагрузки (ЧНН).

Час наибольшей нагрузки - это те самые невыгодные (экстремальные) случаи, когда для пучков рассчитываются требуемые линии.

Час наибольшей нагрузки - это тот самый шестидесятиминутный непрерывный промежуток времени суток, в течение которого интенсивность трафика является наибольшей [104].

Расчет пропускной способности сетей телекоммуникации базируется на исходных данных в час наибольшей нагрузки (ЧНН). Подход обосновывается просто, если уж в ЧНН обслуживается требуемое качество обслуживания, то и в другие часы сеть выдержит требуемое качество. Следует также учесть, что ЧНН разных видов телекоммуникации не совпадают. Так, телефонная связь использует реальные масштабы времени, что требует обеспечения необходимых ресурсов сети, для удовлетворения поступающих запросов. Выше указанное не обязательно для другого вида телекоммуникации, при передаче данных, доставка которых может быть отложена на другие часы, на момент спада ЧНН.

ЧНН на сетях телекоммуникации существенно влияют на круглосуточный трафик сети, который оценивается концентрацией  $k$ .

Под концентрацией понимается отношение трафика в ЧНН к круглосуточному трафику (24 часа) или месячному трафику (30 x 24). Полученные таким образом величины, выражают суточные или месячные концентрации трафика.

Так, значение трафика для телефонных сетей существенно зависит от емкостей станций и сети в целом [41].

Концентрация на телефонных сетях колеблется в зависимости от емкости городских телефонных сетей (ГТС).

$$k = k_{\text{чнн}} = 0,07 \div 0,17.$$

Однако качество обслуживания абонентов оценивается не концентрацией, а потерей.

Потери - это мерило качества обслуживания абонентов и обозначается через  $P$ . Потери определяются как отношение числа потерянных вызовов к общему числу вызовов, поступивших на входы системы связи (например АТС).

$$P = \frac{C_{\text{пот}}}{C_{\text{пост}}} = \frac{C_{\text{пост}} - C_{\text{обсл}}}{C_{\text{пост}}}; \quad (2.2)$$

где  $C_{\text{пот}}$  - потерянные вызовы;

$C_{\text{пост}}$  - поступившие вызовы;

$C_{\text{обсл}}$  - обслуженные вызовы.

Величиной потерь можно характеризовать качество обслуживания вызовов в целом на телефонной станции и сети.

Для телефонных сетей при потере  $0,02 \div 0,03$  качество обслуживания сети считается удовлетворительным. Потери исчисляются в промилле (‰), т.е. в тысячных долях.



Если потери  $P = 0,001 = 1\text{‰}$ , то это означает, что в среднем при большом количестве наблюдений на каждую тысячу вызовов будет потерян один вызов.

Потери, допустимые для соединительных трафков в целом, складываются из потерь на каждой из ступеней искания:

$$P = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n \quad (2.3)$$

Целью расчета трафика является получение экономичного стимула. Исходными данными является пропускаемый трафик и экономические расходы на линии и станции [7,21,41, 55, 57, 63-70].

Результатом является пропускная способность используемых станций, число линий, используемых в отдельных случаях, и маршрутный план.

На основании числа линий можно составлять проект системы передачи, который определяет трассу основных цепей. Следовательно, сеть может проектироваться несколькими этапами с учетом взаимного влияния системы передачи и коммутации. Хотя коммутационное поле занимает всего 5-10% объема, а его стоимость составляет 3-7% по сравнению с оборудованием электронно-цифровых АТС, наличие в КП важных и сложных вероятностных процессов оказывает существенное влияние на объем и стоимость остального оборудования телекоммуникационных сетей [96-115].

В общем случае понятие трафик, т.е. телефонная нагрузка, означает общую занятость, или время занятия всех линий и оборудования независимо от причин, вызывающих его и независимо от того, приводит ли оно к осуществлению разговора или нет.

Следует отличать такие понятия, как поступающая, обслуженная и потерянная нагрузка (трафик), в зависимости от того, пойдет ли речь о поступающей, фактически обслуженной или потерянной из-за ограниченного числа соединительного устройств или линий нагрузки.

## 2.2. Основные параметры трафика

Трафик в переводе с английского слова TRAFFIC означает “движение”, “нагрузка”.

Трафик состоит из трех основных параметров, выраженных формулой:

$$A = N \cdot C \cdot \bar{t} \quad (2.4)$$

где -  $A$  - трафик (телефонная нагрузка);

$N$  - число источников трафика;

$C$  - число поступивших вызовов;

$\bar{t}$  - средняя продолжительность занятия.

Трафик подвержен изменению во времени, он меняется по часам суток, по дням недели, по месяцам года, по сезонам года и т.д. [30-42, 57, 63-70, 94, 107, 115].

Первым параметром, существенно влияющим на общий трафик станций и сооружений связи, является число источников трафика, называемых категория абонента -  $N$ .

На телефонных сетях различают следующие категории абонентов:

$N_{ки}$  - абоненты квартирного индивидуального сектора;

$N_{нх}$  - абоненты народно-хозяйственного сектора;

$N_{бс}$  - абоненты бизнес сектора;

$N_{та}$  - абоненты телефон-автоматов;

$N_{сл}$  - число соединительных линий (СЛ) к учрежденческим АТС (УАТС).

Следовательно, общее число абонентов складывается как:

$$N = N_{ки} + N_{нх} + N_{бс} + N_{та} + N_{сл} \quad (2.5)$$

Вторым параметром является число вызовов, поступающих от каждого источника -  $C$ . Тогда, в соответствии с категориями абонентов необходимо различать:

$C_{ки}$  - число вызовов, поступающих от абонентов квартирного индивидуального сектора телефонной сети;

$C_{нх}$  - число вызовов, поступающих от абонентов народно- хозяйственного сектора;

$C_{та}$  - число вызовов, поступающих от таксофонов;

$C_{сл}$  - число вызовов, поступающих от СЛ к учрежденческой АТС.

Следовательно, среднее число вызовов определяется как

$$\bar{C} = \frac{\sum N_i C_i}{N} = \frac{N_{ки} \cdot C_{ки} + N_{нх} \cdot C_{нх} + N_{бс} \cdot C_{бс} + N_{та} \cdot C_{та} + N_{сл} \cdot C_{сл}}{N} \quad (2.6)$$

Третьим параметром трафика является средняя продолжительность занятия  $\bar{t}$ , который также зависит от категории источников вызовов, а также видов соединений.

Различают занятия, отличающиеся разговором или занятостью вызываемого источника (абонента), или с неответом вызываемого абонента, а также занятия, связанные с ошибками при наборе со стороны вызывающего абонента. Статистика показывает следующие данные о долях вызовов и занятий:

1. Занятие, окончившееся разговором  $K_p = 0,4 \div 0,6$
2. Занятие, окончившееся занятостью  $K_{зн} = 0,20-30$
3. Ошибка при наборе номера  $K_{ош} = 0,01 \div 0,03$
4. Неответ вызываемого абонента  $K_{но} = 0,12 \div 0,20$
5. Недобор или техническая неисправность  $K_{тех} = 0,03 \div 0,07$ .

Принято, что сумма всех вышеуказанных коэффициентов равна единице:

$$K_p + K_{зн} + K_{ош} + K_{но} + K_{тех} = 1 \quad (2.7)$$

Первый коэффициент выражает занятие, окончившееся разговором  $K_p$  и является коэффициентом полезного действия той или иной станции или телефонной сети в целом.

Для определения данного коэффициента обычно используют метод контрольных вызовов [114, 115].

Метод сводится к набору до 200 вызовов от каждой станции по всем направлениям, с фиксацией и учетом каждого вызова. Исследования показали, что средняя длительность занятия  $t_p$  для телефонных сетей зависит [30-34, 41, 65-69]:

$$t_p = t_{со} + t_{нн} + t_{yc} + t_{пв} + T + t_o \quad (2.8)$$

- $t_{со}$  - время слушания сигнала “Ответ станции” (3 с);
- $t_{нн} - 1,5 \cdot n$  - время набора номера абонента ( $1,5 \cdot 5 = 7,5$ с);
- $n$  - число цифр в нумерации ГТС (5, 6, 7);
- $t_{yc}$  - время установления соединений ( $1,5 \div 2$  с);
- $t_{пв}$  - время посылки вызова ( $7 \div 8$  с);
- $T$  - средняя продолжительность чистого разговора;
- $t_o$  - время освобождения приборов станций после окончания разговора ( $1 \div 1,5$  с).

С учетом формулы 2.4÷2.8 общую поступающую или возникающую нагрузку (трафик) для всех категорий абонентов на станции можно определить формулой:

$$A = \sum_{i=1}^m N_i \cdot C_i \cdot \bar{t}_i \quad (2.9)$$

где  $i$  - категория абонентов от 1 до  $m$ .

Основой предпроектного материала для проектирования современных сетей телекоммуникации является использование существующих статистических данных при их наличии.

Если имеются данные об удельной абонентской нагрузке т.е. о трафике на одного индивидуального абонента -  $y_i$  в зависимости от категории, то ее можно выразить:

$$y_i = c_i \cdot \bar{t}_i \quad (2.10)$$

Тогда общий для всей станции трафик определяется формулой:

$$A = \sum_{i=1}^m N_i \cdot y_i \quad (2.11)$$

Параметр  $y_i$  называют удельным абонентским трафиком категории  $i$  и по рекомендации E.514 ITU-T в зависимости от категории может иметь следующие значения [95-103]:

$y_{кв} = 0,03$  эрл.;  $y_{нх} = 0,06$  эрл.;  $y_{та} = 0,10$  эрл.;  $y_{сл} = 0,17$  эрл.

Вышеуказанным значениям при средней длительности одного занятия  $\bar{t} = 0,025$  час = 90 сек соответствует следующее число вызовов:

$$C_{кв} = 1,2; \quad C_{нх} = 2,4; \quad C_{та} = 4,0; \quad C_{сл} = 6,6.$$

В бывшем Союзе для проектирования ГТС в качестве контрольных цифр принимались следующие данные [41-55, 62, 63, 67, 69]:

$$\begin{aligned} y_{кв} &= 0,03 \div 0,06 \text{ эрл;} & y_{нх} &= 0,06 \div 0,12 \text{ эрл.} \\ y_{та} &= 0,20 \div 0,40 \text{ эрл;} & y_{сл} &= 0,60 \div 0,80 \text{ эрл.} \\ y_{уатс} &= 0,1 \div 0,60 \text{ эрл.} & y_{БС} &= 0,08 \div 0,20 \text{ эрл.} \end{aligned}$$

Следует указать, что существенно на значение параметров трафика влияет и принцип связи абонентов между собой [30, 33, 35, 38, 42].

Так, связь между абонентами квартирного и народнохозяйственного сектора можно представить в виде, указанном на Рис.2.1

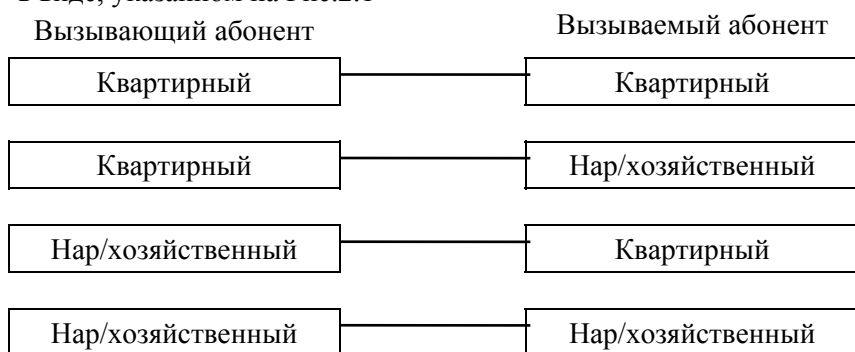


Рис. 2.1. Схема взаимосвязи абонентов

Исследования, проведенные для трех столиц государств Закавказья и в городе Санкт-Петербурге показали следующие представленные в Табл.2.1. значения параметров трафика в зависимости от схемы взаимосвязи абонентов между собой [28-59].

Трафик в момент времени  $t$  есть число  $i(t)$  одновременно обслуживаемых вызовов, число занятых линий, приборов, входов, выходов коммутационной системы в момент  $t$ .

Поскольку трафик - величина случайная при теоретических исследованиях в расчетах используют ее математическое ожидание, дисперсию и т.д. [4, 7, 41, 61-67, 78, 88].

Математическое ожидание трафика  $M_{i(t)} = \sum_{i=1}^v i \cdot P_i(t)$  называют интенсивностью трафика в момент  $t$  в пучке емкостью  $v$ .

Таблица 2.1.

Вызывающий абонент	Местность	Вызываемый абонент			
		Квартирный		Учрежденческий	
		T	C	T	C
Квартирный	Баку	360,6	0,47	216,0	1,21
	Тбилиси	360,2	0,49	229,1	1,45
	Ереван	330,4	0,42	218,5	1,34
	Санкт-Петербург	160,1	0,30	120,3	0,81
Нар/хозяйственный	Баку	141,0	2,19	108,0	5,88
	Тбилиси	154,3	2,46	112,0	6,21
	Ереван	147,6	2,39	106,0	6,02
	Санкт-Петербург	110,2	1,01	70,4	2,92

При измерениях на конкретном пучке определяют среднюю интенсивность трафика как среднее число занятых линий за определенный промежуток времени. Интенсивность трафика измеряется в Эрлангах. 1 Эрланг = 1 час занятий/час

Эрланг в качестве единицы измерения трафика был определен в МСТ в 1949-ом году и с тех пор почти полностью вытеснил все остальные единицы измерений.

Основная цель анализа трафика состоит в том, чтобы обеспечить метод определения экономической эффективности узла коммутации сети телекоммуникации. Поэтому трафик на сетях связи понимают как совокупность всех требований абонентов, которые могут быть обслужены сетью.

### 2.3. Свойства и характеристики потоков вызовов

Случайные потоки вызовов классифицируются в зависимости от наличия или отсутствия трех следующих свойств [64-66]:

- стационарности;
- последствия;
- ординарности.

Стационарность потока означает неизменность процесса поступления вызовов, т.е. с течением времени вероятные характеристики потока не меняются.

Реально поступающий на ГТС и Международную телефонную станцию поток вызовов имеет явно выраженный нестационарный характер, т.к. интенсивность потока - число вызовов в единицу времени, существенно зависят от времени суток, дня недели, месяца года и даже сезона года.

Однако внутри суток всегда можно найти одно (например ЧНН) или двухчасовые промежутки (пиковый период), в течение которых поступающий поток вызовов близок к стационарному. Таким образом, поток вызовов в пределах фиксированного ЧНН и в ЧНН отдельных дней нестационарен. Это приводит к значительным колебаниям потерь вызовов во времени и к росту средних потерь.

Последствие - означает зависимость вероятностных характеристик потока от предыдущих событий.

Поток вызовов, поступающих от достаточно большой группы источников, близок по своим свойствам к потоку без последствия, если при этом не учитывать повторных вызовов.

Поток от малой группы, наоборот, обладает заметным последствием. Поток повторных вызовов также является примером потока с последствием, т.к. повторный вызов возникает как результат потери предыдущего вызова.

Поток с последствием подразделяется на два вида - с простым и ограниченным последствием.

Ординарность означает практическую невозможность группового поступления вызовов. Иначе вероятность поступления двух или более вызовов за любой бесконечно малый промежуток времени сводится к нулю. В сетях электросвязи поток вызовов, как правило, ординарен.

К основным характеристикам случайного потока относятся:

- ведущая функция;
- параметр;
- интенсивность.

Ведущая функция случайного потока  $\bar{x}(0,t)$  - есть математическое ожидание числа вызовов в промежутке  $[0,t)$ . Функция  $\bar{x}(0,t)$  - неотрицательная, неубывающая, непрерывная и принимает только конечные значения.

Параметр потока  $\lambda(t)$  в момент  $t$  - есть предел отношения вероятности поступления не менее одного вызова в промежутке  $[t, t + \Delta t)$  к величине этого промежутка  $\Delta t$  при  $\Delta t \rightarrow 0$ .

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_{i \geq 1}(t, t + \Delta t)}{\Delta t} \quad (2.12)$$

Иначе говоря, параметр потока определяет плотность вероятности поступления вызывающего момента в момент  $t$ .

Интенсивность стационарного потока - есть математическое ожидание числа вызовов в единицу времени.

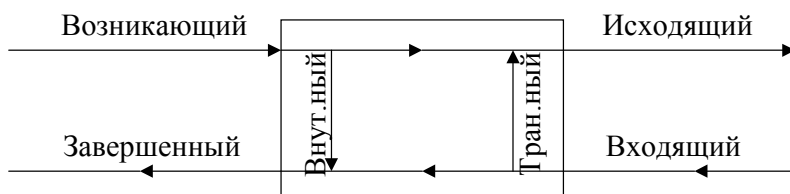
Для нестационарных потоков используется понятие средней и мгновенной интенсивности.

Средняя интенсивность потока в промежутке  $[t_1, t_2)$  - есть математическое ожидание числа вызовов в этом промежутке в единицу времени и обозначается -  $\mu(t_1, t_2)$ .

Мгновенная интенсивность потока в  $\mu(t)$  момент  $t$  есть производная ведущей функции потока по  $t$ . Если мгновенная интенсивность характеризует поток вызовов, то параметр  $\lambda(t)$  характеризует поток вызывающих моментов.

Недооценка свойств и характеристик потоков вызовов существенно влияет на схему распределения реального трафика на станциях и сетях, что является очень серьезным вопросом при проектировании [28-70, 96-115].

Вот почему рекомендуется исследование трафика на станциях по следующей схеме, представленной на Рис. 2.2



представленной на Рис. 2.2

Как видно из рисунка трафик делится на:

- возникающий трафик;
- завершенный трафик;
- внутренний трафик;

Рис.2.2. Схема распределения трафика

- транзитный трафик;
- исходящий трафик;
- входящий трафик.

Более подробно распределение трафика на станциях с учетом детальных направлений представлено на Рис. 2.3.

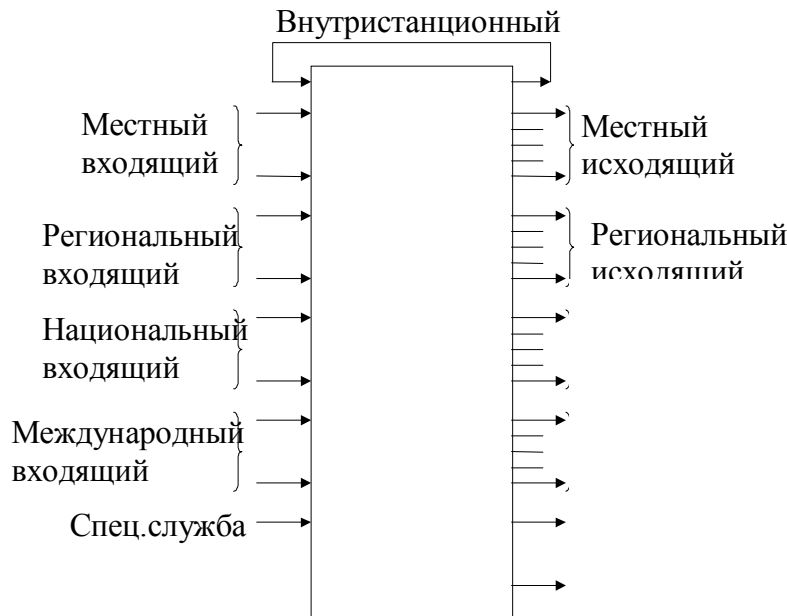


Рис. 2.3. Распределение трафика на сетях  $t$

Существует три определения трафика [114, 115]:

1. Трафик - это среднее число вызовов, проходящее одновременно в период времени равный одному часу.
2. Трафик - это среднее число вызовов, возникающее в течение времени равному средней продолжительности занятия.
3. Трафик - это суммарное время, выраженное в часах, для обслуживания всех вызовов.

Как видно из определений, измерение трафика, по существу, может быть сведено к измерению времени, а измерение мгновенного значения трафика может быть сведено к измерению производного трафика по времени [115].

Для коммутационной системы следует различать трафик входов и выходов, т.к. из-за разного числа и разных длительностей занятий, трафик входов, как правило, больше трафика выходов.

## 2.4. Три определения трафика

Для характеристики процесса обслуживания вызовов коммутационной системой используется понятие трафика.

Цель теории телетрафика, методы определения, концепция и параметры трафика наглядно представлены на Рис.2.4.



Рис. 2.4. Цель теории телетрафика

При измерениях на конкретном пучке определяют среднюю интенсивность нагрузки как среднее число занятых линий за определенный промежуток времени.

Интенсивность трафика 1 Эрл. создается непрерывно занятой линией в течение часа. Соответственно интенсивность трафика 2 Эрл. создается двумя занятыми линиями в течение часа.

Трафик телекоммуникации, подобен дорожному трафику в определенном направлении пути, который требует к себе внимания. Если вы собираетесь построить дорогу, вы должны знать пропускную способность движения по этой дороге. Ведь, если эта дорога лишь для нескольких грузовиков по данному направлению, то нет необходимости для строительства широкой автострады, достаточно и узкой дороги.

Так и с телефонными станциями, есть необходимость в знании вызовов по всем направлениям от проектируемых АТС для самых нагруженных периодов, их средней продолжительности и требуемого количества линий в данном направлении.

Поэтому трафик рассматривают как совокупность вызовов, проходящих через группу линий или каналов.

Согласно рекомендациям E-600 МСТ Трафик Телекоммуникации, т. е. телетрафик - это процесс поступления и освобождения запросов (спросов) на средства сети [104].

В развитых странах мира на телетрафик смотрят как на зеркало, отражающее социальную и деловую активность общества.

Как видно из Рис. 2.4 концепция трафика проста. Весь возникающий трафик состоит из обслуженного составляющего основную часть возникающего трафика и потерянного - критерия оценки качества обслуживания абонентов сети.

Трафик целиком характеризуется тремя своими параметрами:

- числом абонентов и его категорий;
- числом вызовов, приходящихся на одного абонента;
- продолжительностью занятия этих вызовов.

Если число абонентов и их категории для проектируемой станции или сетей определяются изысканиями, то параметры трафика рекомендуется знать по статистическим измерениям и наблюдениям на действующих станциях данной сети.

Существует жесткая взаимосвязь между емкостью оборудования, трафиком и качеством обслуживания, т.е. потерями. Взаимосвязь этих трех параметров наглядно представлена на Рис. 2.5.

## **2.5. Расчет возникающего трафика на сети**

Возникающий трафик - это вызовы, поступающие от абонентов сети и занимающие на некоторое время различные соединительные линии и устройства станции и сети [62,63].

Это требует иногда и круглосуточного исследования распределения возникающего трафика по направлениям как внутристанционным, так и к другим станциям сети, определяя максимальную величину трафика, приходящего в непрерывный промежуток времени длиной в один час.

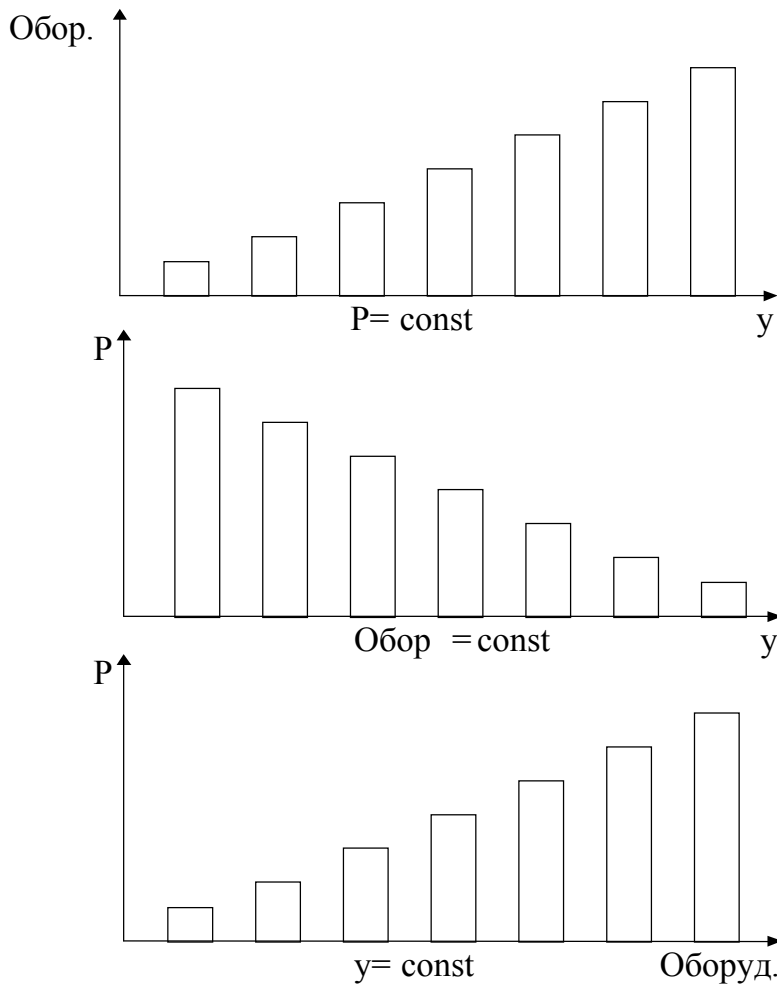


Рис.2.5. Взаимосвязь объема оборудования, трафика и потерь

двух телефонных станций емкостью 10 тыс. абонентов, расположенных в центре и на периферии. Периоды спада нагрузки при проектировании имеют второстепенное значение [35, 41, 63].

На кривую распределения трафика оказывает влияние множество факторов, в частности, структурный состав абонентов исследуемых станций, т.е. доля абонентов народно-хозяйственного и административного сектора, ритм городской жизни (начало и конец рабочего дня, перерыв и т.д.), программы телевидения, праздники и т.д. Для большинства телефонных сетей характерно наличие трех периодов максимального трафика:

- утреннего (с 9<sup>00</sup>-12<sup>00</sup>)
- послеобеденного (с 14<sup>00</sup>-16<sup>00</sup>)
- вечернего (с 20<sup>00</sup>-22<sup>00</sup>).

Часы ЧНН на сетях могут быть изменены в зависимости от административных значений городов, их населения, жизненного уровня и т.д.

Учитывая, что поток возникающих вызовов в пределах фиксированных ЧНН и в ЧНН отдельных дней нестационарен, это приводит к значительным колебаниям потерь возникающей нагрузки во времени и росту средних потерь.

Учесть нестационарность потока на реальных сетях при существующих методах расчета пока не удастся. Поэтому расчет объема оборудования станции при проектировании АТС и расширении ГТС рекомендуется не по средним интенсивностям возникающей нагрузки  $A_{\text{чнн}}$  в ЧНН, а по нескольким

Согласно рекомендациям МСТ необходимо все измерения проводить в статистический час наибольшей загруженности (ЧНН), когда средняя интенсивность трафика максимальна. Это один и тот же для всех  $n \geq 20$  дней измерений часа суток: когда измеренный трафик стабильно максимален [30,33,34,41,113-115].

Измерение и определение самого ЧНН проводится в рабочие дни дважды в год в месяцы наибольшей загруженности [94-104].

Определенный таким образом статистический ЧНН называется фиксированным. На Рис.2.6 в качестве примера показаны распределение возникающего трафика для

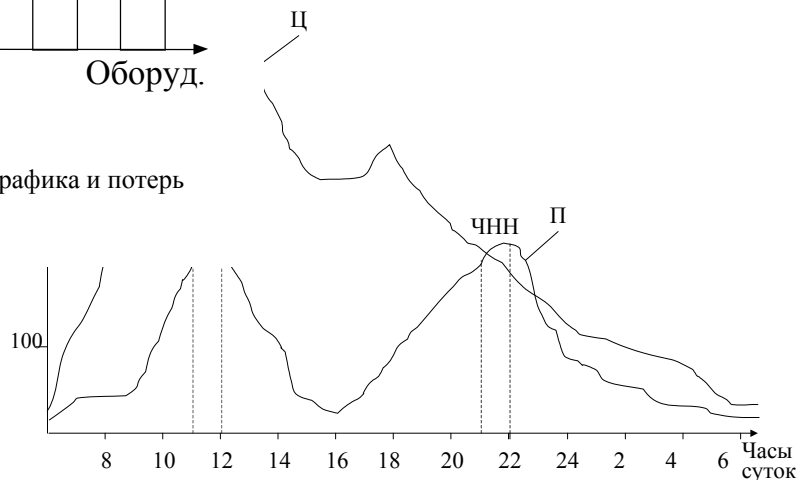


Рис.2.6. Распределение возникающего трафика

большим расчетным величинам  $A_p$ , т.е. расчетный трафик [66]. В качестве расчетного значения предложено использовать 75%-ную квантиль закона распределения интенсивности трафика, что равносильно вероятному соотношению:

$$P(A_{i \max} \geq A_p) = 0,75 \quad (2.13)$$

Тогда с вероятностью 0,75 реальные потери в пределах фиксированного ЧНН не превысят расчетных, а в остальных случаях превышение будет, как правило, незначительным [41, 63, 67].

Если предположить, что колебания интенсивности трафика на ГТС относительно среднего значения  $U_{\text{чнн}}$  происходят по нормальному закону, то получаем следующее (Приложение №1):

$$A_{\text{гтс}} = A_{\text{чнн}} + 0,6742 \sqrt{A_{\text{чнн}}} \quad (2.14)$$

Для сельской телефонной сети имеем следующее:

$$A_{\text{стс}} = 1,03A_{\text{чнн}} + 0,29 \sqrt{A_{\text{чнн}}} \quad (2.15)$$

Интересна и степень концентрации трафика, где значения этих коэффициентов зависят в первую очередь от структурного состава абонентов и емкости сети в целом [41, 42].

$$k_{\text{чнн}} = 0,07 \div 0,17.$$

Так, для г. Гянджа  $k = 0,07$ , Баку - 0,11, Москва - 0,16. Наиболее достоверным путем определения возникающей нагрузки в ЧНН являются реальные измеренные данные на АТС, однако наиболее простым и распространенным методом определения возникающего трафика является знание удельной абонентской нагрузки (трафика) приходящего в среднем на одного абонента -  $y_i$ , т.е.

$$A = \sum_{i=1}^m N_i \cdot y_i \quad (2.16)$$

При современном проектировании заблаговременно проектировщик принимает соответствующее значение  $y_i$  на чем и держится вся деятельность управляющих устройств современных электронных АТС [51-53].

Так, при проектировании цифровых систем коммутации, т.е. электронных АТС, устанавливают следующие требования относительно трафика как на одну абонентскую и соединительную линию в Эрлангах, так и на число вызовов, обрабатываемых управляющими устройствами.

Основные параметры технических характеристик ЦСК для начальной версии различных систем приведены в Табл 2.2.

Таблица 2.2.

№ п. п	тип АТС	Макс. емкость (аб.лин.)	Число вызовов обраб. в МП <sub>р</sub> в ЧНН	Трафик на КП (эрл.)	Значение трафика (эрл.)		
					СЛ	Аб. лин.	Канальный интервал
1	DMS-100	100.000	1.350.000	39.000	0,9	0,15	
2	System-X	100.000	800.000	23.000	0,8	0,15	
3	AXE-10	200.000	1.000.000	30.000	0,7	0,09	
4	EWSD	250.000	1.000.000	25.200	0,7	0,1	
5	DX-200	39.000	100.000	2.500	0,8	0,15	
6	ITT-1240	100.000	750.000	25.000	-	-	0,5

Интенсивность возникающей местной нагрузки, т.е. нагрузка на входе ступени ГИ от  $i$ -источников, выраженная в эрлангах, определяется формулой:

$$A_i = \frac{1}{3600} N_i \cdot C_i \cdot t_i \quad (2.17)$$

где  $t_i$  - средняя продолжительность одного занятия, с.

$$t_i = \alpha_i \cdot P_p(t_{co} + n \cdot t_n + t_y + t_{пв} + T_i) \quad (2.18)$$



Где  $t_{co} = 3$  с - время слушания сигнала "Ответ станции";

$n \cdot t_n = 1,5 \cdot n$  с - время набора  $n$  знаков номера с дискового ТА;

$n \cdot t_n = 0,8 \cdot n$ , с - время набора  $n$  знаков номера с тастатурного ТА;

$t_{пв} = 7 \div 8$  с - время посылки вызова вызываемому абоненту при состоявшемся разговоре;

$t_y$  - время установления соединения с момента окончания набора номера до подключения к линии вызываемого абонента и зависит от вида связи, типа станции;

$t_{y(дши)} = 1,5$ с;  $t_{y(к)} = 3$  с;  $t_{y(тастат)} = 3$  с;  $t_{y(внутристанц)} = 0,5$  с.

Коэффициент  $\alpha_i$ , учитывающий продолжительность занятия приборов вызовами, незакончившихся разговором (занятость, неотчет вызываемого абонента, ошибки вызывающего абонента) в основном зависит от средней длительности разговора  $T_i$  и доли вызовов, закончившихся разговором  $P_p$  и определяется по графику - Рис.2.7.

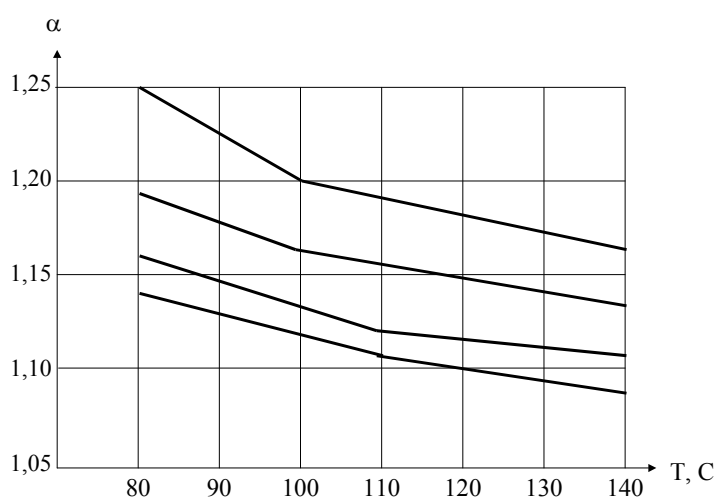


Рис. 2.7. График зависимости  $\alpha$  от  $T$  и  $P_p$

Тогда, зная значение  $T_c$  для всех категорий, можно определить возникающую нагрузку на входе ступени ГИ:

$$A_{п} = A_{н.х} + A_{к} + A_{та} + \dots ; \quad (2.19)$$

## 2.6. Распределение трафика по направлениям

Распределение трафика по станциям телефонной сети имеет случайный характер, зависящий от неподдающейся учету взаимной заинтересованности абонентов в переговорах. Поэтому точное определение межстанционных потоков нагрузки при

проектировании автоматических телефонных станций АТС и расширений телефонной сети невозможно.

Из теории телетрафика известны приближенные методы распределения нагрузки по станциям сети на основе специальных коэффициентов [1, 35, 41, 47, 63-69, 94]:

- коэффициента распределения трафика -  $K$ ;
- коэффициента распределения -  $f$ ;
- нормированных коэффициентов -  $n$  и т.д.

Однако во всех случаях при проектировании новых станций для прогнозирования значений самих коэффициентов необходимо иметь данные наблюдений за закономерностями изменений аналогичных параметров коэффициентов на действующих сетях. Это практически неразрешимая проблема.

Исследования, проведенные на сетях телекоммуникации показывают, что на распределение трафика по направлениям влияют [28-69, 78, 86-89, 92, 95-103, 106, 114-115]:

- реальная величина возникающего трафика проектируемой АТС и других станций сети;
- реальное качество услуг на сети;
- расстояние между станциями на сети для местной сети и между регионами для междугородней сети;
- административно-хозяйственное значение района проектирования;
- наличие статистических данных измеряемого трафика в районе проектирования;
- данные о приросте населения в % по годам;
- данные о стратегии будущего развития районов для местной и междугородней сети;
- удельный вес и взаимосвязь всех административных, хозяйственных, промышленных, деловых, культурных, туристических и других организаций места проектирования.

Как видно, трудно выделить один или несколько основных факторов, имеющих особое влияние на принцип распределения трафика и косвенно учитывающих влияние других факторов.

Простейшим способом в качестве основного фактора принят реальный трафик проектируемой станции и сети в целом [41, 63-69].

Для этого находим трафик  $A'_n$  на входе группового искания (ГИ) проектируемой АТС, необходимый для распределения между всеми станциями сети, в том числе и от проектируемой к проектируемой, т.е. внутростанционный [41,57].

С этой целью из общего возникающего трафика  $A_n$  вычитывают трафик по следующим направлениям :

- трафик к узлу спецслужб;
- трафик к междугородней сети;
- трафик к международной сети.

Трафик к узлу спецслужб  $A_{сп}$  принимается равный 3% от всего возникающего трафика проектируемой станции, т.е.

$$A_{сп} = 0,03 \cdot A_n ; \quad (2.20)$$

Трафик, направленный к автоматической междугородней телефонной станции (АМТС) по рекомендации МСТ принято равным  $0,2 \div 0,3\%$  от общего возникающего трафика проектируемой станции.

$$A_{амтс} = (0,002 \div 0,003) A_n \quad (2.21)$$

В ряде стран исходящую междугороднюю нагрузку определяют с учетом  $0,002 \div 0,004$  эрл на одного абонента, т.е.  $A_{амтс} = 0.002 \div 0.004$  эрл на одного абонента.

Для сельских телефонных сетей (СТС) в отличие от городских телефонных сетей доля междугороднего трафика намного выше. Так, 80% общего трафика СТС считается направленным в другие районы и лишь 20% для местной сети.

Трафик, направленный к международной телефонной сети (МНТС) принят  $0,1 \div 0,3\%$  от общего возникающего трафика проектируемой станции или до 0,003 эрл. на абонента.

$$\text{Тогда } A_{мнтс} = 0,001 \div 0,003 \cdot A_n. \quad (2.22)$$

Следовательно, трафик, подлежащий к распределению, определяется с вычетом указанных трех направлений из общего трафика проектируемой станции:

$$A'_n = A_n - (A_{сп} + A_{амтс} + A_{мнтс}) \quad (2.23)$$

Число направлений от проектируемой станции определяется по принципу  $(n+v)$ , где:

$n$  - число существующих АТС проектируемой телефонной сети;

$v$  - внутростанционное направление, т.е.от проектируемой к проектируемой (к себе).

Следовательно, одна часть возникающей нагрузки -  $A'_n$  замыкается внутри станции  $A_{n,n} = A'_n$ , а другая распределяется по всем действующим станциям проектируемой телефонной сети [47, 57, 63-69, 94].

Внутростанционный трафик определяется как:

$$A_{в} = A_{n,n} = \frac{1}{100} \cdot \eta_{в} \cdot A'_n \quad (2.24)$$

Здесь  $\eta_{в}$  - это доля (коэффициент) внутростанционного сообщения, где:

$$\eta_{в} = \frac{A_{n,n}}{A'_n} \cdot 100\% \quad (2.25)$$

Доля  $\eta_{в}$  определяется по значению коэффициента веса сети  $\eta_{с}$ , который представляет собой отношение трафика  $A'_n$  к трафику всей сети:

$$\eta_{с} = \frac{A'_n}{\sum_{j=1}^m A_j} \cdot 100\% \quad (2.26)$$

Где  $A_j$  - трафик соответственно  $j$ -ой станции ГТС.

$m$  - число АТС на ГТС, включая и проектируемую

станцию.

Зная, что величина возникающего трафика телефонной станции пропорциональна емкости этих АТС, то формулу (2.26) можно заменить:

$$A_j = \frac{N_j}{N_n} \cdot A'_n \quad (2.27)$$

Тогда доля телефонной станции относительно всей телефонной сети равна:

$$\eta_c = \frac{N_n}{\sum_{j=1}^m N_j} \cdot 100\% \quad (2.28)$$

Исследованиями, проведенными Центральным научно-исследовательским институтом связи ЦНИИС бывшего Союза, зависимость доли внутрисканционнoгo сообщения-  $\eta_v$  от коэффициента веса  $\eta_c$  табулирована, результаты которого представлены на Табл. 2.3.

Таблица 2.3.

$\eta_c$ %	$\eta_v$ %	$\eta_c$ %	$\eta_v$ %	$\eta_c$ %	$\eta_v$ %
0,5	16,0	8,0	24,2	35,0	50,4
1,0	18,0	8,5	25,1	40,0	54,5
1,5	18,7	9,0	25,8	45,0	58,2
2,0	19,0	9,5	26,4	50,0	61,8
2,5	19,2	10,0	27,4	55,0	66,6
3,0	19,4	10,5	27,6	60,0	69,4
3,5	19,7	11,0	28,6	65,0	72,8
4,0	20,0	12,0	30,0	70,0	76,4
4,5	20,2	13,0	31,5	75,0	80,4
5,0	20,4	14,0	32,9	80,0	81,3
5,5	20,7	15,0	33,3	85,0	88,1
6,0	21,0	20,0	38,5	90,0	92,2
6,5	21,7	25,0	42,4	95,0	95,1
7,0	22,6	30,0	46,0	100	100

Для станций, проектируемых в отдаленных или обособленных районах города, внутрисканционнoгo трафик может быть увеличен путем введения в (2.24) коэффициента 1,2÷1.4. Такие районы называют периферийными.

Тогда трафик на входе ступени ГИ проектируемой АТС, подлежащий к распределению к другим АТС сети -  $A_{исх.п.}$  равен:

$$A_{исх.п.} = A'_n - A_{п,п} \quad (2.29)$$

Этот трафик распространяется пропорционально доле исходящих потоков этих станций в их общем исходящем сообщении.

Следовательно, трафик, направляемый от п-ой АТС к j-ой АТС, должен рассчитываться по формуле :

$$A_{п-j} = A_{исх.п.} \cdot \frac{A_{исх.п}}{\sum_{j=1}^m A_{исх. j}} \quad (2.30)$$

Исходящий трафик от каждой АТС проектируемой ГТС -  $A_{исх. j}$ , определяется аналогично исходящему трафику проектируемой станции  $A_{исх.п.}$

Если j-ая станция обслуживает большинство центральных районов города, где расположены основные административно-хозяйственные учреждения города, к которым предполагается значительное тяготение абонентов проектируемых АТС, то направленный к ней трафик может быть увеличен путем умножения  $A_{исх. j}$  в числителе и знаменателе формулы (2.30) на коэффициент (1.2÷1.4).

Известно также, что поток трафика, переходя с входа ступени ГИ на ее выход уменьшается на время слушания сигнала " Ответа станции", т.е.  $t_{co} = 3$  с и время набора определенного числа знаков номера, вызываемого абонента -  $t_n$  и это зависит от типа коммутации встречных АТС.

$$\text{(дисковый ТА)} \quad t_n = 1,5 \cdot n \quad \text{и} \quad t_n = 0,8 \cdot n \quad (\text{тастатур}) \quad (2.31)$$

где  $n$  - число знаков в нумерации.

Поэтому величину нагрузки, поступающую на исходящий пучок СЛ в заданном направлении следует вычислить по формулам:

1. Вызываемый абонент включен в координатную или однотипную систему АТС (для пятизначной нумерации)

$$A_{п,к} = \frac{t_{\text{вых}} \Gamma_{\text{И}}}{t_{\text{вх}} \Gamma_{\text{И}}} \cdot A'_{п,к} = \varphi_k A'_{п,к} \quad (2.32)$$

где  $\varphi_k = 0,89$ .

2. Вызываемый абонент включен в АТС-ДШ.

$$A_{п,д} = \frac{t_{\text{вых}} \Gamma_{\text{И}}}{t_{\text{вх}} \Gamma_{\text{И}}} \cdot A'_{п,д} = \varphi_d A'_{п,д} = 0,95 A'_{п,д} \quad (2.33)$$

Аналогично рассчитано для ГТС с шестизначной нумерацией:

$$\varphi_k = 0,88 \quad \varphi_d = 0,94 \quad (2.34)$$

Для ГТС с семизначной нумерацией доля тяготения нагрузки следующая:

$$\varphi_k = 0,87 \quad \varphi_d = 0,93 \quad (2.35)$$

С учетом вышеизложенного можно определить внутрисканционный трафик -  $A_{\text{вн}}$  складывающийся из возникающей от проектируемой -  $A_{п,п}$ , и от всех других АТС к сети абонентам проектируемой АТС, часто называемый завершенной нагрузкой, т.е. сумма всего входящего трафика от сети:

$$A_{\text{вн}} = \varphi_k \cdot A_{п,п} + \sum_{i=1}^m A_{j,п,п} \quad (2.36)$$

К вопросу распределения трафика разные фирмы и страны подходят по разному.

Так шведская фирма “Эрикссон” предлагает следующие соотношения распределения возникающего трафика от проектируемых станций [106]:

- Для местной связи - до 73% трафика ;
- Для междугородней связи - до 14% трафика ;
- Для международной связи - до 4% трафика ;
- Для спецслужб - до 2% трафика ;
- Для центральных станций - до 3% трафика.

В других странах учитывают долю внутрисканционной нагрузки в пределах 30% от трафика, направленного для местной сети [96-107].

## 2.7. Расчет входящего трафика на сети

Расчет входящего трафика, поступающего по входящим СЛ на ступень ГИ проектируемой электронной АТС (например АТСЭ-200) от существующих АТС и узлов РТС, производится по методике, изложенной в §2.6.

Сначала для каждой станции по формуле (2.27) определяется возникающая нагрузка на входе ступени ГИ, подлежащая распределению между всеми АТС сети [35, 54, 57].

Затем по формуле (2.26) или (2.28) находится коэффициент -  $\eta_c$  и по табл. 2.3 коэффициент -  $\eta_v$

Нагрузка (трафик), направляемая за пределы каждой АТС, т.е. к другим станциям, находится по формуле (2.29) с учетом (2.24).

Входящий трафик на входе (например, ГИ АТСЭ-200), поступающий с выходов ПИ ДШ АТС сети, рассчитывается по формуле (2.33) с учетом (2.30).

Входящий трафик, поступающий от одноименных (электронных) или координатных АТС сети, рассчитывается по формуле (2.32) и (2.30) с соответствующими индексами станций при А.

Если трафик с выхода ступени РАТС по пути к проектируемой станции проходит транзитом еще через ступень искания, то за счет большой продолжительности занятия входа ступени по сравнению с продолжительностью занятия ее выхода он будет уменьшаться. Если эта ступень электронной или

координатной системы, то принимают, что трафик на выходе составляет 0,99 трафика на входе, а если это АТС-ДШ ступени, то 0,98.

Входящие на проектируемую станцию СЛ, по которым поступают вызовы, подключаются через поле ГИ к регистрам. Поэтому необходимо помнить, что современные цифровые АТСЭ содержат лишь одну ступень ГИ, которая обслуживает как возникающий на станции трафик, так и трафик, поступающий от всех АТС телефонной сети. Следовательно, необходимо различать время занятия входов и выходов ступени ГИ, проектируемой АТСЭ вызовами, поступающими со стороны абонентов своей станции от аналогичного времени занятия вызовами, поступающими со стороны других станций сети [1, 7, 41, 57, 67, 69, 86, 89, 107].

Так как коммутация СЛ с внутростанционными путями происходит после приема номера требуемого абонента, то трафик на линии ГИ-АИ и АИ-АМ от других АТС можно подсчитать следующим образом:

1. При связи от АТС-ДШ:

$$A_{д,п,п} = \frac{\varphi_d \cdot t_{вх.ги} - n_2 \cdot t_n - t_y}{\varphi_d \cdot t_{вх.ги}} \cdot A_{д,п} = \psi_d \cdot A_{д,п} \quad (2.37)$$

где  $n_2 = 4$  - число знаков, принимаемых регистром.

Можно принять  $\psi_d = 0,94$ , тогда

$$A_{д,п,п} = 0,94 \cdot A_{д,п} \quad (2.38)$$

2. При связи от однотипных (электронных) или координатной АТС:

$$A_{к,п,п} = \frac{\varphi_k \cdot t_{вх.ги} - n_2 \cdot t_m - t_y}{\varphi_k \cdot t_{вх.ги}} \cdot A_{к,п} = \psi_k \cdot A_{к,п} \quad (2.39)$$

где  $t_m = 0,4$  - время обработки одной цифры при многочастотном способе передачи, с.

Можно принять  $\psi_k = 0,98$ , тогда

$$A_{к,п,п} = 0,98 \cdot A_{к,п} \quad (2.40)$$

Процесс расчета возникающего трафика и его распределение как на цифровой АТСЭ, так и на всех остальных станциях телефонной сети осуществляется так же, как было описано ранее.

Допустимые потери на соответствующих соединительных путях для современной электронной АТС представлены на Рис. 2.8 [57].

Общая местная внутростанционная нагрузка -  $A_{вн}$  складывается из возникающей нагрузки, пересчитанной на выходы ступени ГИ и замыкающейся в пределах проектируемой АТС, и нагрузки выходов ступени ГИ, поступающей от других АТС сети к абонентам проектируемой станции.

$$A_{вн} = \varphi_k A_{п,п} + \sum_{j=1}^m A_{j,п,п} \quad (j \neq n) \quad (2.41)$$

Этот трафик делится по секциям источников ступени АИ пропорционально их исходящим трафикам [57].

В случае равенства исходящего трафика (нагрузок) секций АИ их входящий трафик также будет одинаков и равен частному от деления общей нагрузки на число секций АИ:

$$A_{вн} / g_{САИ} = A_{вх.САИ} \quad (2.42)$$

Следует не забывать, что на каждом участке внутростанционного соединительного пути к местному трафику необходимо прибавить междугородний, проходящий по

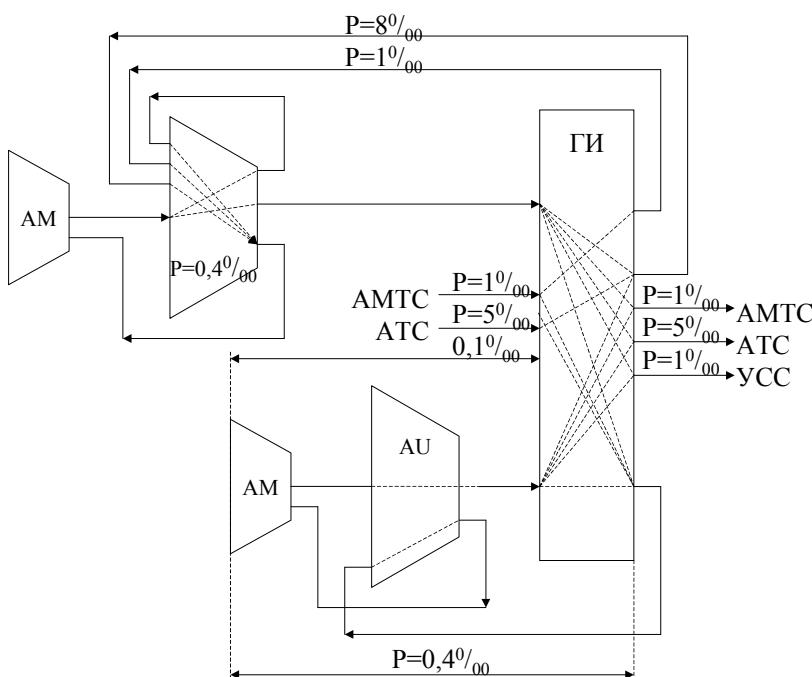


Рис. 2.8. Схема распределения потерь для АТСЭ-200

тому же пути, в соответствии с функциональной схемой станции.

Входящий на проектируемую станцию по междугородним соединительным линиям (СЛМ) трафик принимают равным исходящему по заказно-соединительной линии (ЗСЛ). Трафик от одного абонента можно считать равным - 0,003 эрл.

Следовательно,  $A_{слм} = A_{зсл}$

Вследствие большой продолжительности междугородных разговоров  $T_m = 200 \div 400$  с уменьшением междугородного трафика при переходе со входа любой ступени искания на ее выход обычно пренебрегают.

Иначе, величину междугородного трафика на всех ступенях искания принимают одинаковой величины. Поэтому, если для обслуживания междугородней связи в электронной АТС не предусмотрены отдельные пучки внутрисканционных соединительных путей, то при расчете числа обслуживаемых внутрисканционных линий ИКМ необходимо к местному трафику прибавить междугородний и международный трафик [54-56, 60, 67, 75, 96-104, 107, 114, 115].

Однако, имеются более простые методы определения трафика для междугородних и международной сети, рекомендованные МСТ Е-506 [94, 96, 114, 115]:

$$A = \frac{M \cdot d \cdot h}{60 \cdot e} \quad (2.43)$$

где А - трафик в ЧНН для требуемых станций;

М - величина трафика, выраженная в разговорных минутах в месяцы наибольшей загрузки года;

d - концентрация трафика (в минутах разговора) дня к месяцу (0.303; 0,0384; 0.0426);

h - концентрация ЧНН, т.е. ЧНН ко дню (0.10÷0.135);

e - коэффициент эффективности (0.8÷0.9).

Существуют и другие формулы, определяющие трафик ЧНН для междугородних и международного трафика с учетом специфики местности и национального общения (например для Арабских стран) [114]:

$$A = \frac{M \cdot S}{m \cdot h \cdot 60} \quad (2.44)$$

где А - трафик в ЧНН в эрлангах,

М - значение трафика, выраженное в минутах-разговора в самый нагруженный месяц года – N,

N - минута-разговоров в течение года,

S - коэффициент, выражающий число вызовов,

m - коэффициент концентрации день/ месяц,

h - коэффициент концентрации ЧНН/день.

Для Арабских стран значение коэффициента следующее:

$$M = \left( \frac{N}{11}; \frac{N}{9 \div 11} \right) ; S = 1,2 \div 4,0;$$

$$m = 25 \div 27 ;$$

$$m_{\text{телекс}} = 22;$$

$$h_{\text{тел}} = 7 \div 10 ;$$

$$h_{\text{телекс}} = 5 \div 7.$$

## 2.8. Трафик для типичных моделей АТС

Использование реальных значений трафика - основа качественного проектирования любой станции, в том числе и ЦСК.

Однако, для развивающихся стран мира получение реальной модели трафика остается нерешенной проблемой.

Здесь стоит не только вопрос организации и проведения необходимых измерений, но и их качественная комплектация и обработка полученных статистических данных.

Для развитых стран мира с передовой технологией телекоммуникации вышеуказанное не проблема, однако, не все статистические данные этих стран годятся для других стран.

Вот почему МСТ аккумулировал усредненные статистические данные многих стран мира, вывел некоторые рекомендательные статистические данные для использования их при проектировании различных видов и емкостей телефонной станций. Прежде всего (МСТ) рекомендует учесть пропорцию и долю различных категорий абонентов для проектируемых станций [96-115].

Рекомендуются следующие пропорции категорий абонентов в зависимости от емкости самих проектируемых станций, которые могут быть:

- станции большой емкости - 10000 абонентов;
- станции средней емкости - 3000 абонентов;
- станции малой емкости до 1000 номеров;
- выносные концентраторы - 320 номеров.

Рекомендуемые данные представлены в таб.2.4.

Таблица 2.4.

Модель станции Кат. абонентов	Концентратор	Малая станция	Средняя станция	Большая станция
Квартирный	290	300	2250	7000
Н/х сектор	20	75	550	2000
УАТС	-	15	150	800
Таксофоны	10	10	50	200
Итого емкость	320	400	3000	10000

Следующими, практически ценными, являются данные об исходящей и завершенной нагрузке, приходящиеся на абонента, т.е. удельная нагрузка на различные категории абонентов, таб.2.5.

Таблица 2.5.

Модель станции Кат. Абонентов	Концентратор	Малая станция	Средняя станция	Большая станция
Возникающий трафик в эрл.				
Квартирный	0,02 эрл.	0,02	0,03	0,04
Н/х сектор	0,13	0,08	0,08	0,10
УАТС	-	0,20	0,22	0,24
Таксофоны	0,16	0,10	0,11	0,14
Итого в среднем	0,03	0,05	0,05	0,07
Завершенный трафик в эрл.				
Квартирный	0,02	0,02	0,03	0,04
Н/х сектор	0,11	0,08	0,08	0,11
УАТС	-	0,20	0,22	0,26
Таксофоны	-	-	0,01	0,01
В среднем	0,025	0,037	0,05	0,07

Представляют интерес данные об исходящих, входящих и других параметрах трафика, представленных на табл. 2.6.

Таблица 2.6.

Модель станции	Концентра	Малая	Средняя	Большая
----------------	-----------	-------	---------	---------

Кат. абонентов	тор	станция	станция	станция
Исходящий трафик в эрл.				
Дальняя связь	1	2	30	140
Местная (транзит)	2	4	35	120
местная (напрямую)	7	5	40	160
Внутристанционная	-	5	45	280
Итого	10	16	150	700

Входящий трафик в эрл.				
от дальней связи	1	2	28	145
от местных (транзитных)	1	3	33	122
от местных (напрямую)	6	5	39	163
Итого	8	10	100	430
Доля внутристанционных, %	20	31	30	40
Средняя продолжительность занятия в сек.				
Дальняя связь	180	120	160	180
Местная связь	100	110	100	110
Число вызовов в ЧНН	350	800	8220	33400
Число вызовов от абонентов	1,07	1,25	1,67	2,11

Для бывшего Союза трафик для телефонных станций нормировался по Нормам технологического проектирования НТП, которые корректировались через определенные годы.

Разработчиками этих параметров, требуемых для проектирования и расширения ГТС, выступали Центральный научно-исследовательский институт связи (ЦНИИС) и его филиалы, а также Государственный институт проектирования связи "Гипросвязь" и его филиалы.

Исследования последних двадцати лет показали, что на параметры телефонных сообщений существенно влияют специфические особенности этих параметров и, в частности, национальная особенность народов, проживающих в проектируемом регионе или стране [28-59, 96-105, 114].

Вот почему к выбору требуемых параметров, необходимых для проектирования и расширения сети телекоммуникации, следует подходить дифференцированно [94]. Это и доказал опыт работы над проектом развития сети телекоммуникации в развивающихся странах мира [114-115].

Как правило, даже в пределах одной страны значение параметров трафика существенно колеблется. Так, по параметрам международно-признанной шведской фирмы "Эрикссон" удельный абонентский трафик на различные категории абонентов, принятый для корректирования, существенно неустойчив.

Например:

Абонент квартирного сектора	0,01-0,04 эрл.
Абонент народно-хозяйст. сектора	0,03-0,06 эрл.
Абонент учрежденческой АТС	0,1-0,6 эрл.
Абонент таксофонов	0,07 эрл.

Сравнение этих параметров с данными МСТ показывают более гибкое значение указанных параметров представленных МСТ, что объясняется наличием огромного статистического материала из многочисленных стран мира.

Принципиальный подход к вопросам расчета трафика, необходимого при проектировании современных электронно-цифровых систем коммутации, рассмотренный в данной главе, является упрощенным и по смыслу близок к традиционным методам проектирования и расчета объема оборудования для аналоговых систем коммутации: [8, 22, 41, 50, 62-67, 69, 78, 86-89, 94].



## ВЫВОДЫ

1. Предложен упрощенный подход к вопросам телетрафика для реальных сетей телекоммуникации с выявлением свойств и характеристик потоков вызовов.
2. Получен принцип современного подхода к вопросу измерения параметров телетрафика с учетом категорий вызывающего и вызываемого абонентов.
3. Выведены три определения трафика на сети связи, взаимосвязь между емкостью оборудования, трафиком и качеством обслуживания действующего коммутационного оборудования станций.
4. Рекомендованы методы распределения трафика по направлениям с учетом внутростанционного, межстанционного, междугородного и международного трафика с использованием упрощенного метода определения трафика для межрегиональной и международной сетей на основе минута-разговора.
5. Предложены практически необходимые данные для прогнозирования сетей телекоммуникаций с учетом модели станций исходящего, входящего и завершеного трафика для определенных категорий абонентов.

### III. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СЕТЕЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

#### 3.1. Основные понятия и определения.

При проектировании линейных и станционных сооружений сетей телекоммуникации собираются статистические данные о населении и процентах прироста населения по данному региону, о количестве абонентских и соединительных линий, емкости телефонных станций, данные о схеме распределения трафика по направлениям и т.д. [28-60, 96-115].

Все это требует применения при проектировании сетей телекоммуникации одного из недавно сформированного научного направления - прогнозирования.

Под прогнозированием понимается научное, основанное на системе фактов и доказательств, установление причинно-следственных связей, выявление вероятных путей и результатов предстоящего развития явлений и процессов, оценку показателей, характеризующих эти явления и процессы для более или менее отдаленного будущего [84,89].

Таким образом, прогнозирование - это научная деятельность, направленная на выявление и изучение возможных альтернатив будущего развития и структуры его вероятностных траекторий. Здесь на основе синтеза методов, заимствованных из философии, социологии, статистики, математики и собственных методов разрабатываются общие научные основы прогнозирования и определяются перспективные оценки развития научно-технических процессов и явлений.

Предвидение событий дает возможность заблаговременно подготовиться к ним, учесть их положительные и отрицательные последствия, а если это возможно вмешиваться и контролировать их.

Качество технических проектов в значительной степени определяется точностью прогнозирования исходных данных и периода упреждения.

Периодом упреждения при прогнозировании понимается отрезок времени (годы) от момента, для которого имеются последние статистические данные об изучаемом объекте, до момента, к которому относится прогноз, т.е. это прогнозируемый период [39-48].

По длительности периода упреждения общепринято различать три вида прогнозов [46, 55, 60, 96-104]:

1. Краткосрочные - период упреждения до 3-5 лет;
2. Среднесрочные - период упреждения до 7-10 лет;
3. Долгосрочные - период упреждения до 20-25 лет.

Итак, прогнозирование - это специфический вид научно-прикладного анализа.

Главная особенность прогнозирования следующая:

- 1) нацеленность на будущее;
- 2) учет неопределенности, связанный с этим будущим.

При проектировании телекоммуникационных сетей основными исходными данными, требующими прогноза, являются:

1. Рост и прирост населения по годам.
2. Поток трафика и его распределение по направлениям.
3. Рост емкости сети телекоммуникации или плотности телефонных аппаратов ( $q$ ).

Главной концепцией прогнозирования являются три периода развития исследуемых сетей телекоммуникации, представленные на Рис. 3.1.

Указанные на рисунке периоды развития сети электросвязи, через которые практически проходит любая сеть любой страны соответствуют социальным и экономическим условиям развития сетей во времени:

- 1) Начальный период (период начального, медленного, линейного роста емкости сети электросвязи);
- 2) Период резкого роста (ускоренный рост сети электросвязи);
- 3) Период насыщения (замедленный рост при достаточно развитой сети, когда запрос полностью удовлетворен).

Начальный период соответствует периоду слабого, как правило, начального этапа развития сети электросвязи, когда телефонная сеть характеризуется низкой телефонной плотностью.

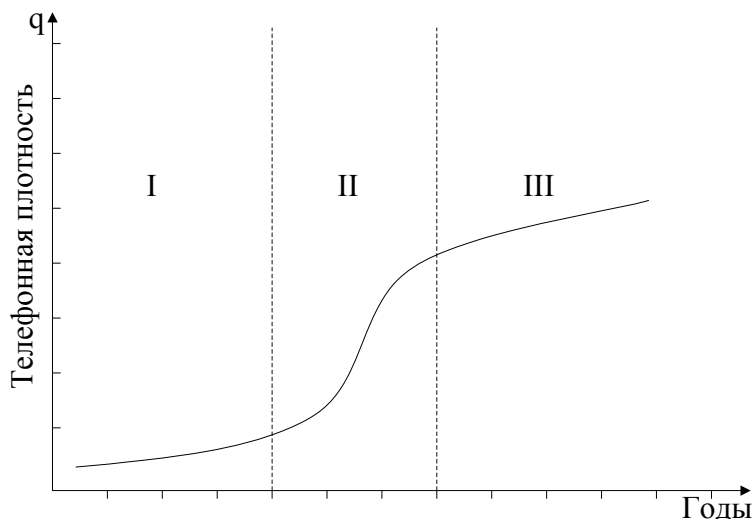


Рис.3.1. Три периода развития сетей телекоммуникации

Корреляция между телефонной плотностью - q и долей Национального Валового Дохода (НВД) на душу населения при этом низка и, как показывают исследования МСТ, соответствует развивающимся странам мира, т.е. Азии и Африке [55].

Основным потребителем телефонной связи в этот начальный период является "Производственная сфера", которая состоит из административных, хозяйственных, промышленных и других государственных органов.

Потребность населения в телефонной связи, т.е. квартирного сектора в данный период практически мизерна.

Как правило, рост емкости сети телекоммуникации таких стран и их населенных пунктов ограничен из-за отсутствия реальных фондов для приобретения оборудования телекоммуникации.

Период резкого роста или скачка свойственен более развитым странам, где хватает средств для закупки и внедрения достаточно мощной емкости сооружений электросвязи.

В этот период ускоренно растет как развитие народно-хозяйственного сектора, которому свойственны более быстрые темпы роста, так и абонентов квартирного сектора, вызванные улучшением и повышением благосостояния населения страны. Квартирный сектор в этот период является ведущим, причем спрос на услуги телефонной связи выше, чем рост емкости сети телекоммуникации.

Исследования показывают, что при последовательном и комплексном подходе к вопросу инвестиций в отрасль телекоммуникации данному периоду уже может соответствовать плотность телефонных аппаратов выше десяти на 100 жителей. К этим странам относятся Италия, Испания, Греция, Турция и т.д. [96-104].

Период насыщения характерен для развитых стран мира, где жизненный уровень, промышленный потенциал и главное, доля НВД на душу населения настолько высока, что практически очередность на установку телефонной связи, да и других услуг электросвязи практически отсутствует. К таким странам относятся Швеция, США, Дания, Швейцария, Англия, Франция, Германия, Япония, Канада, Норвегия и т.д.

Этому периоду, где телефонная плотность достигает 80-100 практическая емкость сети увеличивается, опережая спрос на установку телефона. В этот период обращают внимание не на увеличение емкости сети электросвязи, а на его качественную модернизацию, внедрение перспективной технологии, замену устаревшего оборудования на новое с предоставлением абонентам дополнительных видов услуг и обслуживания (ДВО).

Новые требования к услугам связи ведут к модификации как технологии оборудования, так и подходам к вопросам проектирования и прогнозирования в современных сетях телекоммуникации [43-46, 58-60, 96-102, 114, 115].

Современная сеть телекоммуникации требует знания и прогнозирования следующих трех параметров:

- Спрос населения на услуги телекоммуникации ;
- Прогноз роста плотности телефонных аппаратов для сети или страны в целом;
- Прогнозирование трафика сети телекоммуникации и его распределения по направлениям.

Процесс прогнозирования указанных трех параметров имеет взаимное влияние между собой и определяется не только точными методами расчетов этих параметров, но и экономическими возможностями администрации конкретной сети или государства страны. Процесс прогнозирования при этом можно разбить на следующие последовательные шаги [55, 95, 99]:

1. Выявление и определение значимых факторов в прошлых тенденциях прогнозируемых величин;
2. Определение причин изменения прошлых тенденций и закономерности этих изменений;
3. Определение и выявление различий между прошлой тенденцией и текущей ситуацией;

4. Определение реальных факторов, способных воздействовать на будущую тенденцию развития;
5. Составление прогноза на перспективный период на основе выбранного метода прогнозирования;
6. Установление и оценка точности прогноза и определение причин существенных различий;
7. Постоянный просмотр и коррекция прогноза по мере необходимости.

Последние два шага означают окончание полного цикла проверки прогнозов и начало нового цикла.

При составлении прогноза указанных параметров и для развития средств телекоммуникации отдельного региона, сети или в целом всей страны требуется знание [114-115]:

- коммерческих и промышленных перспектив объекта проектирования;
- периода самоокупаемости вложений;
- запланированных или вероятных изменений в промышленном или жилом строительстве;
- степень миграции населения или изменение числа семей;
- предполагаемых изменений в тарифной структуре услуг телекоммуникации ;
- государственных и административных выдвинутых новых программ.

Пересмотр и анализ прошлых тенденций, предусмотренных шагами 2 и 3, включают такие факторы как:

- причины неустойчивости потребностей в телекоммуникации;
- изменение условий в бизнесе;
- изменение в квартирном строительстве;
- изменение самой тарифной структуры;
- изменения благодаря новым обслуживаемым заявкам;
- демографические изменения в стране;
- устранение ограничений в обслуживании, и т.д.

Прошлые и настоящие тенденции - шаг 4 - меняются под воздействием:

- изменения существующих социально-экономических моделей;
- политики земельного использования и плотности населения;
- административно- командного метода планирования и т.д.

Следуя определению основных факторов и предложений, экономической и демографической подоплеке в возрастании факторов, влияющих на развитие и строительство сети телекоммуникации делается прогноз, согласно наиболее подходящим методам, предложенным пятым шагом.

### **3.2. Спрос населения в услугах телекоммуникации**

Эффективность планирования и проектирования сети телекоммуникации требуют, чтобы этапность прогнозов была последовательной [41-55].

С одной стороны, на спрос населения на установку телефонной аппаратуры существенно влияют экономические и демографические факторы, с другой стороны - административные [113-115].

Следует учесть, что прогноз, сделанный для одной большой территории, крупной ГТС или для всей сети телекоммуникации обычно бывает точнее, чем сумма отдельных прогнозов сделанных для участков этой же области или ГТС. Вот почему надо знать период прогноза и к концу каждого условного периода производить пересмотр прогноза [55, 96-115].

Как указано в предыдущем параграфе, прогнозы классифицируются периодами:

- краткосрочные - 3-5 лет;
- среднесрочные - 7-10 лет;
- долгосрочные - 20-25 лет.

Принято, что при краткосрочном прогнозе, который используется для краткосрочного проектирования в зависимости от условий развития региона, города, административного центра или села, необходимо дать схему реального развития телефонной сети [40-48, 55, 59, 60, 113-115].

Краткосрочный прогноз - это конкретный проект, требующий подробных деталей.

Среднесрочные прогнозы - это перспективные данные для проектов и, как правило, требуют следующие данные:

- Спрос на установку ТА в зависимости от категории;
- Количество и типы вводимых станций и годы ввода этих АТС;
- Распределение затухания по участкам сети;
- Емкость эксплуатируемого оборудования сети и пути их использования;
- Капитальные вложения, необходимые для построения и

- развития сети;
- Эффективность принятых решений по данному проекту.

Долгосрочные проекты состоят из трех периодов:

первые два периода составляют основу среднесрочного прогноза и предусматривают два пятилетия; третий период – перспективный и составляет 20-25 лет.

- третий период, перспективный 20-25-летний период.

Для долгосрочных прогнозов и проектов пользуются следующими данными:

- демографической картой страны, данными о росте населения;
- плотностью телефонных аппаратов;
- трафиком и его распределением.

Более наглядно эти три этапа прогнозирования сетей электросвязи представлены на Рис. 3.2.

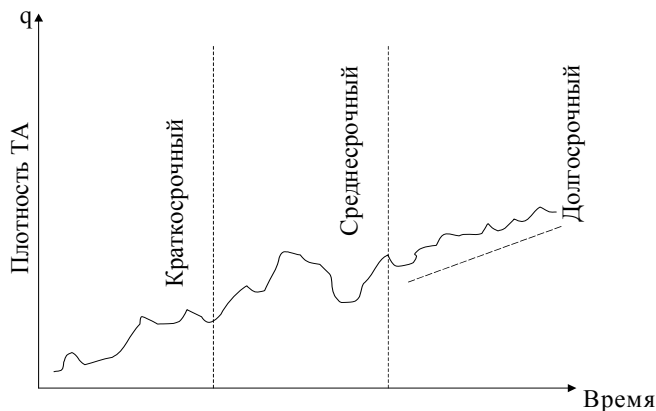


Рис.3.2. Три этапа прогнозирования

прогнозируемый период, т.е. -  $N_n$  определяется формулой:

$$N_n = N_n \left( 1 + \frac{G\%}{100} \right)^t = N_n \cdot \alpha \quad (3.2)$$

Где  $N_n$  - население в начальный период проектирования,

$$\alpha = \left( 1 + \frac{G\%}{100} \right)^t, \text{ Приложение 2.}$$

$G$  - средний прирост населения в %,

$t$  - период прогноза при проектировании в годах  
(т.е.  $t=5 \dots 10-20$  лет).

В бывшем Союзе, где существовала жесткая структура власти и все нормировалось по усредненным значениям поступивших заявлений на установку телефонного аппарата, а не реальным спросам на услуги телекоммуникации многие проектные данные давались сверху плановыми органами с учетом лимитов государства, на те или иные ресурсы.

Для идеального спроса на услуги сети телекоммуникации требуется анализ следующих статистических данных, подтвержденных на государственном уровне [96-104,114]:

- доход на душу населения;
- категория профессии главы семьи;
- степень образования главы семьи;
- уровень жилья семьи;
- уровень цен в стране и т.д.

Общая модель спроса населения на услуги телекоммуникации выражена в следующей последовательности [114-115]:

1. Требование к услугам связи;
2. Общий жизненный уровень;
3. Уровень экономики и промышленности;
4. Стоимость телефонизации;
5. Экономическая активность.

Для прогнозирования указанных периодов необходимо определить требуемое число телефонных аппаратов -  $N$  по формуле:

$$N = S \cdot \sigma_T \quad \text{или} \quad N = \frac{N}{100} \cdot q \quad (3.1)$$

Здесь:  $\sigma_T$  - число телефонных аппаратов на 1 Га участка;

$S$  - площадь ГТС в гектарах (Га);

$N$  - население в заданном территории;

$q$  - телефонная плотность.

Количество населения на

От вышеуказанных составляющих и зависит спрос и уровень развития средств электросвязи в мире. Исследования показывают следующий график прироста числа ТА в зависимости от жизненного уровня в странах мира, Рис.3.3 [41, 55, 96-104, 114, 115].

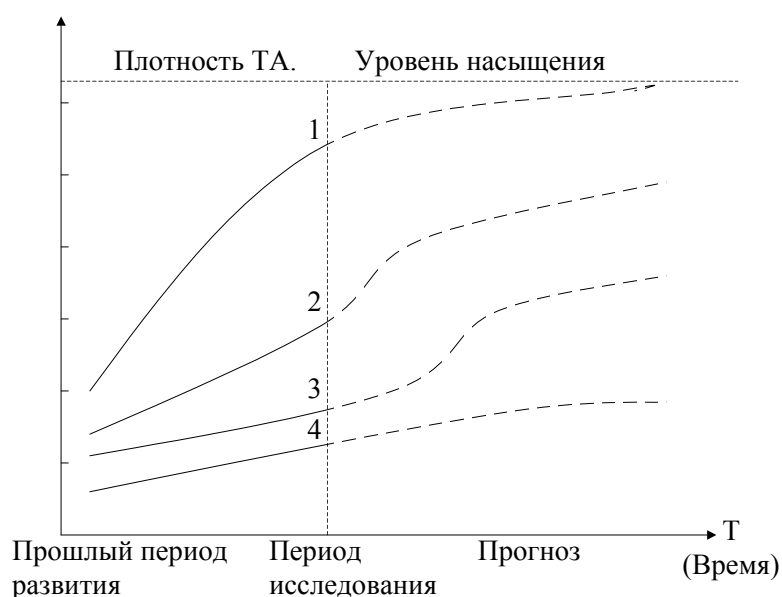


Рис.3.3. Прирост числа ТА по спросам

На рисунке показаны четыре уровня развития роста ТА, где каждая из кривых соответствует уровню развитости тех или иных стран мира.

Так, кривая 1 соответствует высокоразвитым странам мира, таким как США, Швеция, Швейцария, Норвегия, Англия, Франция, Голландия, Германия и т.д.

Кривая 2 соответствует многим развитым странам Европы и мира, таким как Австрия, Бельгия, Испания, Сингапур, Австралия, Новая Зеландия, Уругвай, Аргентина, Бразилия.

Кривая 3 соответствует многим развитым странам Европы и мира, таким как Греция, Турция, Чехия, Россия, Венгрия и т.д.

Кривая 4 соответствует

развивающимся странам мира, к которым относятся десятки стран Азии, Африки, Латинской Америки и др., где развитие сети электросвязи является вопросом перспективы, а спрос на услуги связи высокий.

### 3.3. Методы прогнозирования числа абонентов проектируемых сетей телекоммуникации

Прогноз числа абонентов сети телекоммуникации есть результат многих предположений, на которые влияет огромное количество объективных и субъективных факторов, в том числе и различные психологические факторы. Следовательно, прогноз числа будущих потребителей средств телекоммуникации, в частности, телефонной связи, должен быть произведен с помощью достаточно обоснованного метода [42-55, 96-104].

На увеличение и уменьшение числа телефонных аппаратов (ТА), влияет поведение самих абонентов, которое может быть описано некоторыми статистическими процессами.

Известны следующие методы прогнозирования количества абонентов при проектировании сети телекоммуникации [40, 55, 113-115]:

- метод экстраполяции;
- тренд линейной процедуры;
- нормативный метод;
- метод причинной связи;
- метод экспертной оценки.

Существует и последний метод, метод экспертных оценок, проводимый высококвалифицированными специалистами данной отрасли, освоившими указанные методы и оценивающие положение методом интуиции и опыта.

Одним из наиболее стандартных методов прогнозирования следует считать метод экстраполяции, т.е. распространение выводов, сделанных в результате изучения одной части явления, на другую часть этого явления [40, 55, 114].

Метод экстраполяции может быть использован, если:

- количество абонентов региона в будущем будет подвержено подробному исследованию;
- в прошлом, развитие сети было регулярным и разумным;
- можно пренебречь небольшими колебаниями роста количества абонентов во времени и рамках сети телекоммуникации.

Существуют прямой и косвенный методы экстраполяции. В случае прямой экстраполяции изменения рассматриваемых величин во времени известны.

При косвенной экстраполяции рассматриваемые величины пропорциональны величинам, функции которых, выраженные во времени, известны.

Прямая экстраполяции в свою очередь делится на линейную, нелинейную и приростную.

Прогнозирование с линейной экстраполяцией можно производить с помощью стягивания кривой в прямую линию, полученную на основе известных величин (Рис. 3.4).

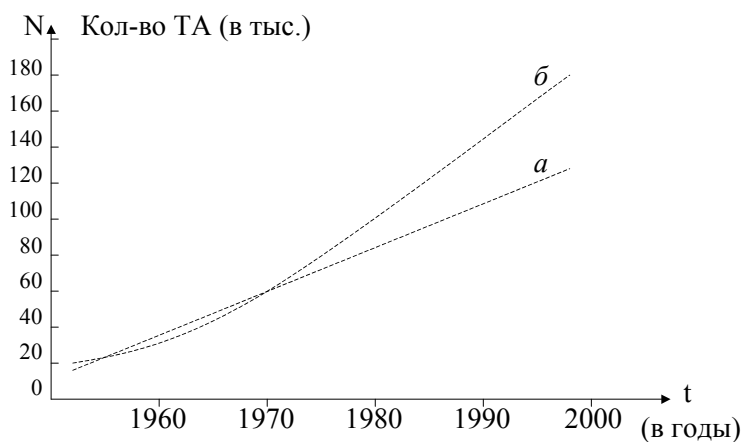


Рис.3.4. Линейная экстраполяция

Существует несколько способов использования точек, отображающих расширение емкости телефонного обслуживания и учитывающих их различия относительно прогноза.

Если предположить, что точки лежат приблизительно вдоль прямой линии, тогда получается линейно возрастающая зависимость (кривая - а).

В то же время, выбранные наугад точки могут быть подобраны так, чтобы они приближались к экспоненциальной кривой и экстраполяция с помощью линейного метода допускалась бы сначала для существующих величин (кривая б).

Главный недостаток этого метода - трудность определения ошибки. Однако для краткосрочного прогнозирования приемлем линейный метод.

Если прошлое развитие сети телекоммуникации не может быть показано с помощью прямой линии, используется нелинейная экстраполяция, т.к. она близка к кривой, соответствующей этому развитию.

Часть кривой, на которой выбрано реальное прошлое развитие, затем продолжается прогнозируемыми точками во времени (Рис.3.5). Она хороша для долгосрочного прогнозирования.

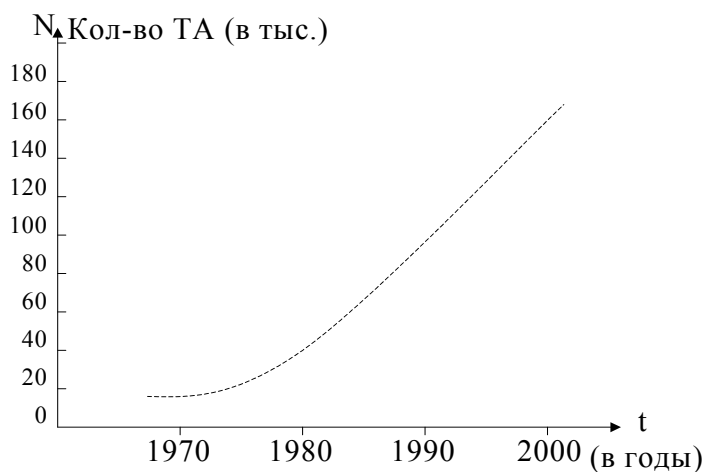


Рис.3.5. Нелинейная экстраполяция

Процедура прогнозирования может быть усовершенствована, если использовать метод приростной экстраполяции, т. е. ежегодно увеличивающейся величины [41,43,45,55].

Для получения надежной информации кривая должна быть согласована с возможной величиной телефонной плотности, как мерилу роста емкости сети телекоммуникации.

Если плотность ТА- $q$  не может быть рассчитана для получения математически возможных величин, то аппроксимация кривой - т. е.

приближенное выражение может быть получено с помощью построения продолжения кривой возможных величин, возможных плотностей ТА- $q$  [55, 95].

Используют следующие обозначения:

$q(t)$  - телефонная плотность в момент времени  $t$ ;

$q(s)$  - постоянная величина, равная насыщению телефонной плотности;

$t$  - время, для которого сделан прогноз;

$k$  и  $t_0$  - постоянные.

Для логистической кривой имеем:

$$q(t) = \frac{q(s)}{2} [1 + th K(1 - t_0)] \quad (3.3)$$

Для кривой Гамперца имеем:

$$q(t) = q(s) e^{-k(t-t_0)} \quad (3.4)$$

Характер указанных зависимостей, наглядно показан на Рис.3.6.

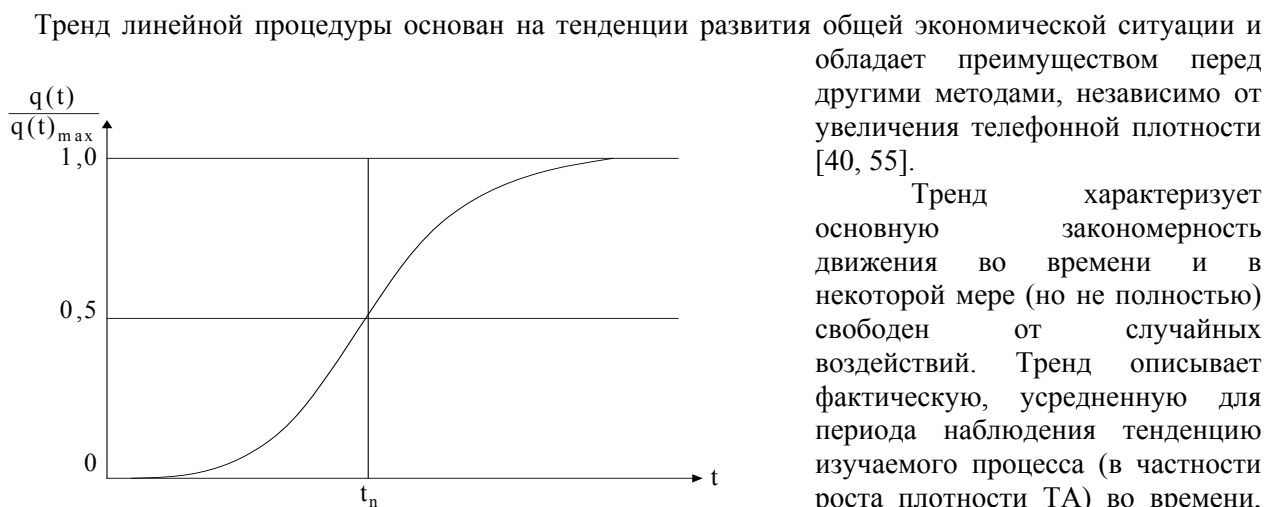


Рис.3.6. Принцип логистической функции

Тренд линейной процедуры основан на тенденции развития общей экономической ситуации и обладает преимуществом перед другими методами, независимо от увеличения телефонной плотности [40, 55].

Тренд характеризует основную закономерность движения во времени и в некоторой мере (но не полностью) свободен от случайных воздействий. Тренд описывает фактическую, усредненную для периода наблюдения тенденцию изучаемого процесса (в частности роста плотности ТА) во времени, его внешнее проявление. Предполагается, что через время  $t$  можно выразить влияние всех

основных факторов [114].

Данный метод рекомендуется использовать, как правило, для больших сетей, регионов или для всей страны.

Исследования показали, что существует устойчивая корреляция (соотношение) между телефонной плотностью и валовым национальным продуктом (ВНП) на душу населения.

Результат изучения, основанный на публикуемых статистических данных из более чем 60 стран мира представлен на Рис. 3.7. [96, 98].

Рассчитана также зависимость между величиной национального дохода на душу населения и телефонной плотностью, представленная в табл 3.1.

Таблица 3.1.

Национальный доход на душу населения (в фунтах стерлингах)	Средняя телефонная Плотность
35	0,1
36-69	0,9
70-149	3,9
150-249	5,5
250-349	11,6
350	37,5

Как показали исследования, корреляция между ВНП и телефонной плотностью меняется как функция времени [39-48, 54, 55].

Для приблизительной проверки долгосрочных прогнозов можно пользоваться следующими данными в виде графика, представленного на Рис. 3.8., на котором показаны прогнозы телефонной плотности для всех мировых регионов до 2000 года. График основывается на предположении, что взаимосвязь между годовым капиталовложением в телекоммуникацию и национальным доходом остается почти постоянной, исключая, естественно, слабо развивающиеся страны [95-114].



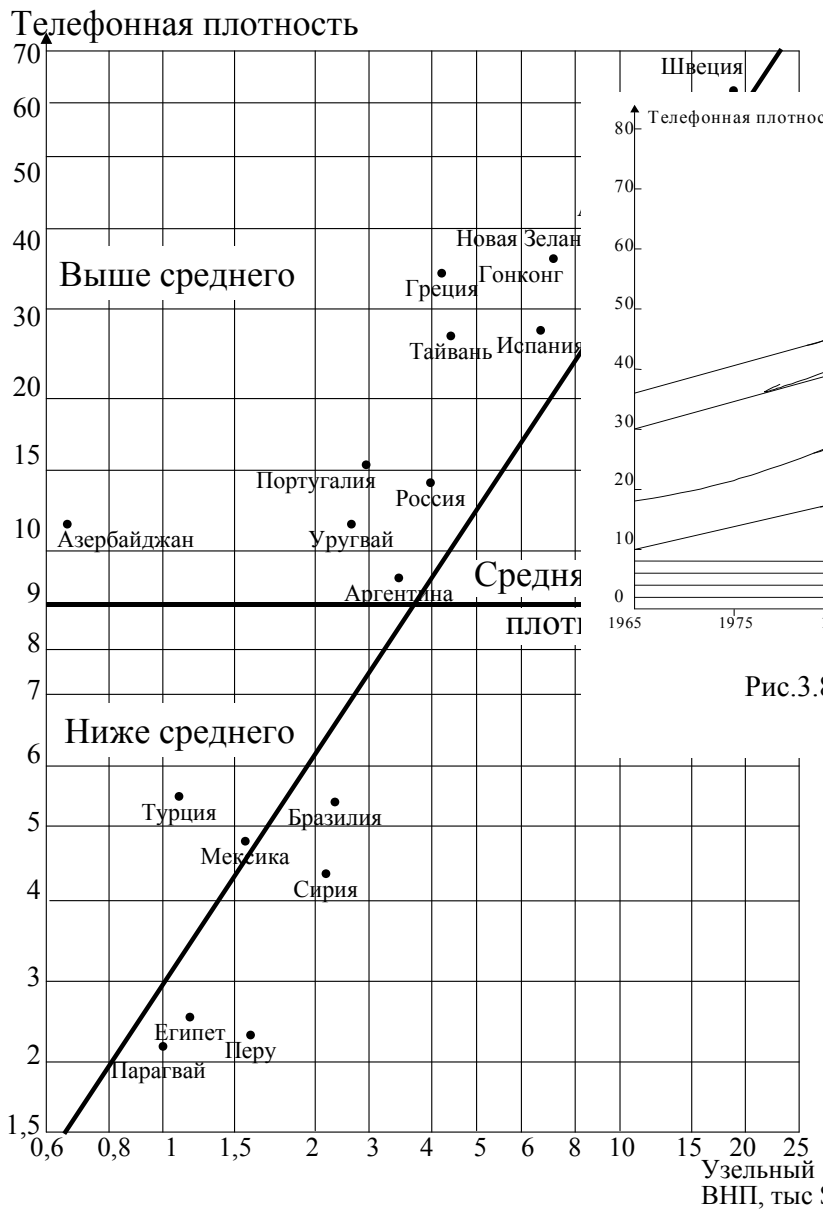


Рис. 3.7. Соотношение между ВВП и телефонной плотностью

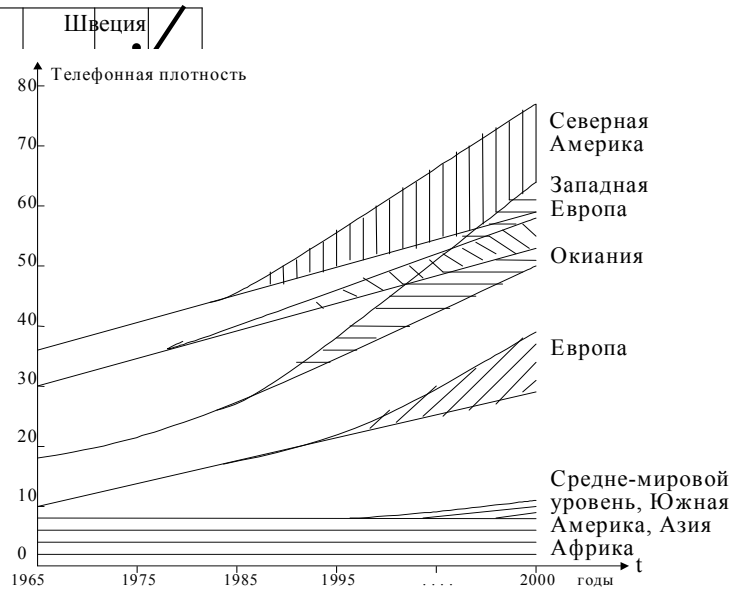


Рис.3.8. Прогноз телефонной плотности

Зависимость телефонной плотности от количества телефонных аппаратов на 100 жителей для развивающихся стран дана в Приложении №3.

Наиболее распространенным методом планирования, проектирования и прогнозирования в странах с тоталитарными режимами является нормативный метод.

Главный недостаток этого метода заключается в том, что он может подвергаться ошибкам, которые включают в себя сумму ошибок национального (государственного) прогноза и

отклонения изучаемой местной величины от нормативных величин.

При использовании нормативного метода все регионы, для которых делаются прогнозы, располагают, согласно определенной теореме, в соответствующие группы и затем присваивают каждой из этих групп определенное значение телефонной плотности [40, 41, 54, 55].

При нормативном методе прогнозирования все упорядочивается не по местным обстоятельствам или случаю, а по жестко спущенному сверху порядку, с точки зрения единства и централизованности. Последовательность этого процесса показана на Рис. 3.9.

Оценка численности будущего населения требует сбора и анализа значительного объема данных. Наиболее существенным шагом данного метода является



Рис.3.9. Диаграмма использования нормативного метода

классификация населенных пунктов всей страны, основанная на числе жителей:

- I - Незначительный сельский центр (малый сельскохозяйственный поселок);
- II - Незначительное индустриальное поселение;
- III - Провинциальный городок (маленькие райцентры);
- IV - Города (большие города);
- V - Административный центр (столицы).

Диаграмма, основанная на международных статистических данных и показывающая конфигурацию развития телефонной плотности для указанных пяти классифицированных населенных пунктов, представлена на Рис. 3.10.

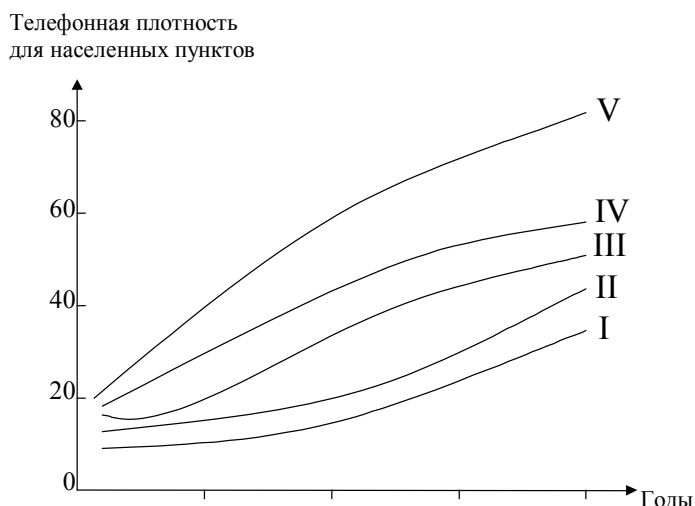


Рис.3.10. Распределение телефонной плотности по населенным пунктам

Последним методом прогнозирования числа абонентов или роста плотности ТА является метод причинной связи.

Этот метод учитывает совокупность всех факторов, воздействующих на плотность телефонных аппаратов в будущем. Поэтому это самый точный метод прогнозирования, требующий, однако, значительных трудовых затрат. Он может быть использован в практическом проектировании с использованием вычислительных машин необходимых для сложных расчетов, как для маленьких регионов, так и для больших стран с одинаково хорошими результатами. Данный

метод - основа применения автоматизированного метода проектирования сетей телекоммуникации.

Следующим этапом прогнозирования числа абонентов сети телекоммуникации является прогнозирование структурного состава абонентов станции [41, 45, 54, 55].

Прогнозирование структурного состава абонентов сети должно осуществляться не только в зависимости от численности населения городов, как это указано в табл. 3.2, но в зависимости от района строительства станции (центральный или периферийный, промышленный или жилой массив), телефонной плотности и с учетом реального структурного состава соседних или находящихся в аналогичных условиях станций.

Для бывшего Союза, где применялся нормативный метод прогнозирования и проектирования, предусматривались данные для развития ГТС в зависимости от населения городов. Типичный пример нормативного метода представлен в таб. 3.2. и в Приложении №4 [17,41,55,62-69].

Таблица 3.2.

Вариант	Население городов ( в тыс.)	Число ТА к концу периода		
		2000	2005	2010
I	до 3 тыс.	12,5	18	26
	3 ÷ 10 тыс.	13,5	19,5	28
	10 ÷ 20 тыс.	15	22	31
	20 ÷ 50 тыс.	18	26	36
II	50 ÷ 100 тыс.	21,5	30	40
	100 ÷ 500 тыс.	27,0	37	45
III	более 500 тыс.	31	44	60

### 3.4. Прогнозирование трафика - основа проектирования телекоммуникационных сетей

При проектировании линейных и станционных сооружений сетей телекоммуникации основой этих расчетов служат данные о количестве абонентских и соединительных линий, а также емкость телефонных станций, столь необходимые для определения следующих предпроектных материалов [40-55, 59-60]:

- расчет трафика;
- телефонная плотность;
- спрос в услугах связи.

Как правило, отсутствие прогнозов на трафик сети телекоммуникации является главной причиной необоснованности планов развития ГТС.

С другой стороны, какими бы эффективными не были вложения в метод оптимизации, результат не будет полностью удовлетворительным, если нет предпроектных материалов о многолетних статистических наблюдениях и измерений трафика для каждой точки распределения сети [28-60].

Прогнозирование трафика осуществляется в следующей последовательности:

- определяется исходящий и входящий трафик на коммутационных станциях исследуемой сети;
- определяется исходная матрица трафика для действующей сети;
- рассматривается развитие сети, включая создание и ликвидации станций;
- экстраполируется исходная матрица для получения матриц будущей нагрузки изучаемых лет.

Прогнозы трафика, составленные для определенных станций сети телекоммуникации, могут и должны быть использованы при планировании новых станций или оборудований передающих систем [93, 94, 96, 100].

Однако на практике многие страны мира, в частности развивающиеся страны, не имеют достаточного оборудования для проведения наблюдения, совершенных методов обработки результатов этих измерений с использованием ЭВМ и т.д.

В то же время для существующих систем коммутации полученные результаты измерения могут быть неточными, если:

- дни измерений и наблюдений могут оказаться днями не с наибольшей нагрузкой;
- часы, используемые для измерений, не соответствуют часу наибольшей нагрузки (ЧНН), т.е. часу пика трафика наблюдаемой станции.

Вышеуказанное приводит к систематическим недооценкам трафика на сети, в частности наличия повторных вызовов [37].

Не следует забывать, что поступающая нагрузка, т.е. возникающая нагрузка -  $A_{\text{воз}}$ , не всегда соответствует потенциально поступающей, которая могла бы быть представлена абонентам, если бы сеть была идеальной [56].

Следовательно, есть разница между возникающей (поступающей) и обслуженной нагрузкой (трафиком) -  $A_{\text{об}}$ , которую называют потерянной -  $A_{\text{пот}}$ .

$$A_{\text{пот}} = A_{\text{воз}} - A_{\text{об}} \quad (3.5)$$

Причина появления этой разницы в следующем:

- из-за повторных вызовов;
- из-за занятости абонента;
- из-за отсутствия (неответа) абонента;
- из-за ошибки при наборе номера;
- из-за неисправностей на ГТС и т.д.

При слишком высокой доле повторных вызовов измеренная нагрузка (трафик) не соответствует реальной, а следовательно не может составлять надежную базу для прогнозирования трафика и оптимизации сети.

Определение интенсивности абонентской нагрузки при проектировании новой станции или сети связи и распределение ее по ступеням искания и направлениям относятся к задачам краткосрочного прогнозирования и имеют вероятностный характер.

Предсказать точное значение интенсивности трафика в каждом пучке или группе приборов даже в статистический ЧНН теоретически невозможно [114,115].

Успех применяемых методов прогнозирования определяется двумя факторами:

- соответствием используемой модели расчета и распределения интенсивности трафика реальным условиям;
- достоверности исходных параметров модели для данного конкретного объема.

Высокая точность прогнозирования ожидаемой интенсивности трафика важна не только при проектировании сети телекоммуникации, но и при разработке системы коммутации, поскольку

пропускная способность ее основных блоков и узлов закладывается жестко и может быть изменена в процессе эксплуатации лишь для современных цифровых систем коммутации с программным управлением [41].

Ошибки в прогнозировании ожидаемой интенсивности трафика приводят, как правило, к наиболее грубым просчетам в определении необходимого объема оборудования и числа соединительных линий.

Вот почему необходимо пользоваться рекомендациями исследовательских институтов в этой области. Примером могут служить данные для учреждений телефонных станций различной емкости, используемых на сетях телекоммуникации бывшего Союза, Приложение № 4.

Первоосновой всех расчетов интенсивности трафика является структурный состав абонентов станции. Именно структурный состав станции оказывает наибольшее влияние на точность прогнозирования интенсивности абонентской нагрузки [55, 113-115].

Как известно, категории абонентских линий местных сетей электросвязи различаются:

- расположением часа наибольшей нагруженности (ЧНН);
- средним числом вызовов -  $\bar{C}$  на один источник в ЧНН;
- средней длительностью разговора -  $\bar{T}$  по категориям.

Величины  $\bar{C}$  и  $\bar{T}$  прогнозируются на основании результатов статистических измерений на действующих АТС в зависимости от емкости сети телекоммуникации. Оба эти параметра существенно зависят от категории абонентов, времени суток и емкости сети.

Для абонентской группы, состоящей из линий нескольких категорий численностью -  $N_i$ , интенсивность исходящей обслуженной нагрузки равна:

$$A_{\text{исх}} = \sum_{i=1}^m N_i \cdot Y_{\text{исх}} \quad (3.6)$$

В основе рассмотренной модели прогноза лежит предположение, что от источника  $i$ -й категории в статистический ЧНН поступает в среднем постоянное, одинаковое для всех станций сети число вызовов, не зависящее от качества работы станции и, в первую очередь, от качества работы станции и сети телекоммуникации в целом.

Подобное предположение нереально из-за реально существующих потоков повторных вызовов, и часто для достижения своей цели абонент вынужден делать до пяти и более попыток. Величина полезных - завершенных вызовов от абонентов зависит прежде всего от емкости сети и телефонной плотности [36, 41, 65-67].

Так, при одинаковой плотности телефонных аппаратов на 100 жителей величина полезных - завершенных вызовов на крупных сетях выше, чем на сетях малой и средней емкости.

С ростом телефонной плотности величина передаваемых, завершенных вызовов несколько снижается, в основном за счет увеличения числа ТА с малой интенсивностью трафика [114].

Потребность источника в услугах связи лучше характеризовать средним числом разговоров в ЧНН -  $\bar{C}$ . Исследования также показывают, что между интенсивностью исходящего и входящего абонентского трафика не существует простой взаимосвязи, позволяющей уверенно прогнозировать входящий трафик по известному исходящему [1].

Для прогнозирования трафика используются такие же методы как и для прогноза числа абонентов [41, 42, 54, 55].

При этом могут быть использованы различные традиционные формулы расчета функций:

1. Линейный  $A = a + b \cdot t$
2. Параболический  $A = a + b \cdot t + c \cdot t^2$  (3.7)
3. Экспоненциальный  $A = a + b \cdot e^{-ct}$
4. Гамперца  $\log A = a + b \cdot R^t$

Большинство Руководств электромеханических сетей телекоммуникации представляют проектировщикам данные о расчетной нагрузке, представленной формулой (2.14) и (2.15). Проектировщики также посредством обычных процессов, регистрирующих данные, ретроспективно определяют характерные для нагрузки величины и их прогноз.

Рассмотрим простейший пример прогноза трафика выраженного линейной функцией:

$$A = a + b \cdot t \quad (3.8)$$

Пусть значение трафика  $A = 100$  Эрл. в 1995 г, где  $t$  примем началом прогноза т.е.  $t = 0$ .

Тогда из формулы (3.8) определяем

$$A = a + b \cdot 0 = a = 100 \text{ эрл.}$$

Тогда для 1996 года при  $t=1$  имеем  $A=120$ .

$$A = a + b \cdot t = 100 + b \cdot 1$$

отсюда  $b = 120 - 100 = 20$ , тогда для 2000 года т.е.  $t = 4$  и  $b = 20$ ,  $a = 100$ , имеем:

$$A = a + b \cdot t = 100 + 20 \cdot 4 = 180 \text{ эрл.}$$

Общий исходящий трафик, приходящийся на одного абонента -  $y$ , зависит прежде всего от числа вызовов -  $C$  приходящихся на одного абонента [114].

На Рис. 3.11. показан общий исходящий трафик, приходящийся на одного абонента, называемый удельным трафиком.

Взаимоотношение между числом вызовов -  $C$  и удельной нагрузкой -  $y$  (трафиком) может быть выражено формулой:

$$y = \frac{C}{300} \cdot \frac{1}{a} \cdot \frac{t}{60} \quad (3.9)$$

Где 300 - ежегодное минимальное общее число вызовов

( т.е. равное числу рабочих дней);

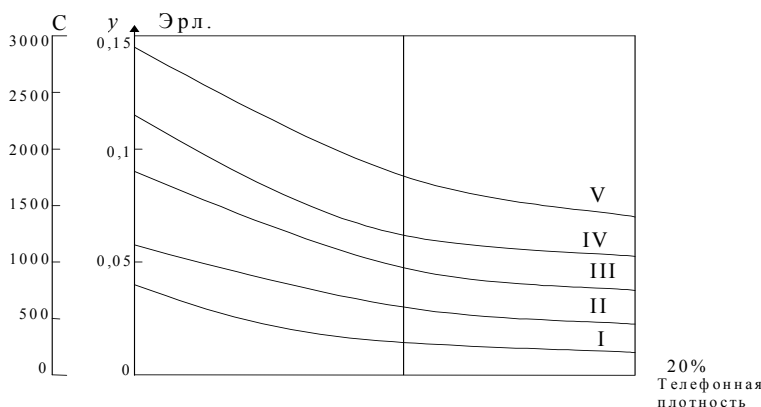


Рис.3.11. Местная нагрузка от абонентов

$a$  - часть ежедневного трафика, трафик в ЧНН (число вызовов в ЧНН);

$t$  - среднее время занятия в минутах.

Для случая -I, где  $C = 4$ , и  $t = 3,5$  мин.  $y = \frac{C}{2 \cdot 10^4}$  ;

Здесь: I - маленький сельский населенный пункт;

II- поселок городского типа;

III - маленький город;

IV- крупный город;

V - столица.

### 3.5. Прогнозирование трафика по направлениям

При расчете ожидаемой интенсивности трафика в пучках линий и группах приборов на станции возникает потребность суммирования трафика на входах ступени ГИ и в распределении его по направлениям соединения на выходах [54].

Данную операцию можно осуществлять при одном и том же для всех пучков часовом интервале-статистическом ЧНН ступени.

Однако, как показывают измерения, ЧНН отдельных пучков линий на входе и выходе ступени ГИ, особенно обслуживающие межстанционный трафик, часто не совпадают с ЧНН всей ступени [30-37, 41, 42, 45-55].

На крупных ГТС ЧНН возникающего трафика и межстанционного для отдельных станций существенно различаются.

Поэтому правильнее было бы привести их к единому часовому интервалу ЧНН ступени и только затем суммировать [31-42].

Процедура перевода интенсивности трафика из одного часового интервала в другой еще окончательно не отработана, в основном из-за малого объема статистических данных, и соответствующие расчетные формулы для этого пока отсутствуют.

На ГТС распределение интенсивности входящего внутростанционного трафика принято производить пропорционально известной интенсивности исходящего от соответствующих абонентских групп трафика [47,57].

$$A_{\text{ивх}} = A_{\text{ги}} \cdot K_i = \frac{A_{\text{ги}} \cdot A_{\text{исх}}}{\sum_{k=1}^m A_{\text{к исх}}} \quad (3.10.)$$

Здесь  $A_{\text{ивх}}$  и  $A_{\text{исх}}$  ( $A_{\text{к исх}}$ ) - интенсивность соответственно входящего и исходящего от  $i$ -й ( $k$ -й) группы трафика:

$A_{\text{ги}}$  - интенсивность трафика, обслуживаемого всеми  $m$  направлениями ступени ГИ;

$K_i$  - коэффициент пропорционального распределения,

где  $\sum_{i=1}^m K_i = 1$ .

При использовании подобного коэффициента для распределения межстанционного трафика на ГТС получаем:

$$A_{ij} = A'_i \cdot K_j = \frac{A'_i \cdot A_j}{\sum_{k=1}^m A_k} \quad (3.11)$$

где  $A_{ij}$  - интенсивность трафика, обслуживаемого пучком соединительных линий (СЛ) от станции  $i$  к станции  $j$ ;

$A'_i$  - интенсивность суммарного обслуженного трафика от станции  $i$  ко всем  $m$  станциям сети, включая станцию  $i$ ,

при этом  $A'_i = \sum_{i=1}^m A_{ij}$  (3.12);

$A'_j$  - интенсивность всего абонентского трафика станции  $j$ .

Однако, в действительности распределение трафика на сети часто заметно отличается от получаемого по формуле (3.11).

Интенсивность трафика к собственной и к ближайшим станциям, а также станциям, расположенным в центре города, всегда оказывается выше, чем при пропорциональном распределении [35, 41, 47, 57].

Чтобы учесть эту особенность, в формулу (3.11.) вводят коэффициенты тяготения станции  $i$  к станции  $j$ , т.е.

$$A_{ij} = A'_i \cdot A_j \cdot n_{ij} / \sum_{k=1}^m A_k \cdot n_{ik} \quad (3.13)$$

На действующей сети коэффициенты  $n_{ij}$  могут быть определены с помощью измерения соответствующих интенсивностей трафика согласно выражению:

$$n_{ij} = \frac{A_{ij} \cdot A_i}{A_{ii} \cdot A_j} = \frac{N_{ij} \cdot N_i}{N_{ii} \cdot N_j} \quad (3.14)$$

Для проектируемой станции коэффициенты  $n_{ij}$  находятся путем анализа и сравнения с соответствующими коэффициентами для существующих станций.

При этом всегда  $n_{ii} = 1$ , а  $n_{ij} \leq 1$  (3.15)

Последнее, т.е.  $n_{ij} \leq 1$  обусловлено тем, что относительно большая часть трафика замыкается внутри станции.

Основными факторами, влияющими на величину  $n_{ij}$ , являются взаимная удаленность станций, месторасположение их по отношению к деловому и культурному центрам города, а также структурный состав абонентов [47, 57, 114-115].

Наиболее удачным решением вопроса влияния расстояния между станциями на трафик для крупных ГТС, а еще качественнее для национальной сети, является определение гравитационной модели [113].

Гравитационная модель - это по существу, коэффициент, получаемый матрицей расстояний от АТС к АТС для ГТС и от АМТС к АМТС для национальной сети [113-115].

При наличии на ГТС районированной сети с определенным количеством районных АТС требуется распределение исходящей нагрузки от этих АТС по направлениям, образуя таким образом матрицы нагрузки на сети [114-115, 125].

Известны два вида измерений этих межстанционных нагрузок (трафика):

1. Измерение объема, из которых может быть определена типичная величина поступающей нагрузки, что должно производиться для всех направлений в сети.
2. Измерения, необходимые для определения % трафика, посылаемого к другим станциям, рассматривая при этом лишь величины выше определенного порога.

Эти допустимые пороги устанавливаются методом отбора и поэтому менее надежны, однако для распределения поступающей нагрузки на прямых транзитных трактах между АТС очень существенны [47, 52-56, 113-115].

Из величин, составляющих трафик в тракте, сначала определяют общий трафик. Затем получают исходную матрицу трафика, соответствующую прямым трактам, а остальные величины определяют из процента, приходящегося по направлениям, как это указано в предыдущей главе.

Исходные данные составляют следующим образом: табл. 3.3

Таблица 3.3.

$F_{ij}$	АТС <sub>1</sub>	АТС <sub>2</sub>	АТС <sub>3</sub>	$D_i$
АТС <sub>1</sub>	$F_{11}$	$F_{12}$	$F_{13}$	$D_1$
АТС <sub>2</sub>	$F_{21}$	$F_{22}$	$F_{23}$	$D_2$
АТС <sub>3</sub>	$F_{31}$	$F_{32}$	$F_{33}$	$D_3$
$A_j$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	ВВ

Здесь  $F_{ij}$  - прямой поток трафика от АТС  $i$  к АТС  $j$ ;

$D_i = \sum_j F_{ij}$  - исходящая нагрузка станции  $i$ ;

$A_j = \sum_i F_{ij}$  - входящая нагрузка станции  $j$ .

$V_i = D_i + A_i$  - общий обслуженный трафик станции  $i$ , так для АТС-1, например  
 $V_i = D_i + A_i$ .

ВВ - суммарный трафик всей сети.

Если учесть, что число абонентов для  $i$  станции  $N_i$ , а удельный трафик абонентов станции  $i$  есть  $y_i$ , и если трафик измеряется на уровне абонентов станции  $i$ , то необходимо учесть, что

$$V_i = N_i \cdot y_i \quad (3.16).$$

Одним из известных методов проектирования матрицы трафика как межстанционного, так и межрегионального является метод Круитгофа, предложенный для прогнозирования трафика по направлениям [41, 42, 46-48, 55, 113].

Экстраполяция потоков трафика из потоков исходной прямой матрицы трафика производится методом итерации так, чтобы не только новые потоки имели бы географическое распределение, которое как можно более подходило бы исходной матрице, но и сумма этих потоков для каждой станции также соответствовала бы величинам, предварительно установленным для каждой категории идентичного трафика.

Итерационный алгоритм, предложенный Круитгофом является повторяющимся и в большинстве случаев быстро приводит к приемлемому решению [40-55, 111-116].

Для метода Круитгофа исходная матрица трафика рассматривается со следующими параметрами:

$F_{ij}$  - поток трафика от АТС <sub>$j$</sub>  к АТС <sub>$i$</sub> ;

$D_i^* = \sum_j F_{ij}$  - реальный исходящий трафик, получаемый в

матрице;

$A_j^* = \sum_i F_{ij}$  - реальный входящий трафик, получаемый в матрице.

Для определения будущей, прогнозируемой матрицы трафика, требуются также:

$D_i$  - будущий исходящий трафик АТС- $i$  ;

$A_j$  - будущий входящий трафик АТС -  $j$ .

Последовательность алгоритма Круитгофа представлена на рис. 3.12. [94, 100,113-116].

Блок-программа сводится к следующему [48, 54, 55]:

1. Стандартизация будущего входящего трафика, где величина

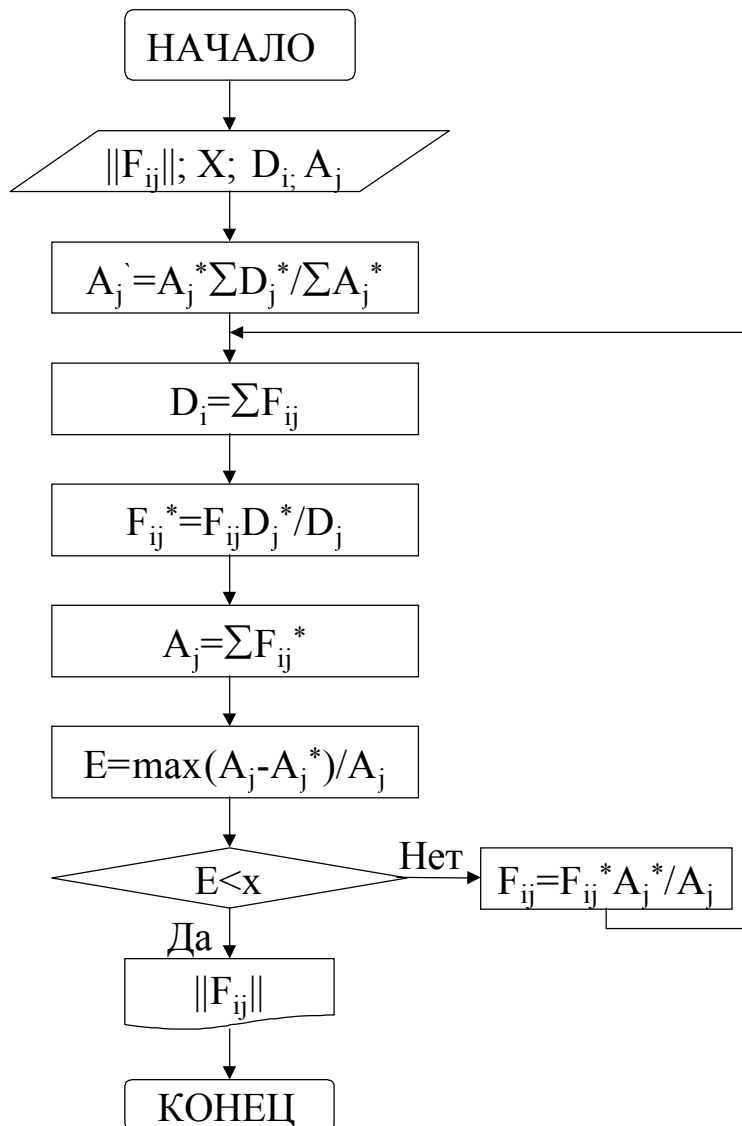
$$A_j^* \text{ заменяется на } A_j = A_j^* \frac{\sum D_i^*}{\sum A_i^*} ;$$

2. Вычисление исходящего трафика полученного в матрице;

$$D_i^* = \sum_j F_{ij}$$

3. Определение исходящего трафика по направлениям путем умножения всех строк матрицы на коэффициент данной

строки  $\frac{D_i}{D_i^*}$  ;



Этим мы изменяем значение всей матрицы от первоначального  $F_{ij}$  на новое  $(F_{ij} \cdot \frac{D_i}{D_i^*})$ ;

4. Вычисляем новый входящий трафик, получаемый в матрице  $A_j^* = \sum_i F_{ij}$  ;

5. Умножение всех элементов матриц на соответствующие коэффициенты выравнивания каждому столбцу:

$$F_{ij}^* \cdot \frac{A_j^1}{A_j^{*1}}$$

6. Определяем критерий сходимости  $E = \max \frac{A_j^1 - A_j^*}{A_j^1}$  ;

Если максимальная девиация -  $E$  (т.е. отклонение) между входящими прогнозируемым трафиком и полученным исходящим трафиком меньше, чем ранее определенная величина, то алгоритм считается завершенным. В противном случае процесс продолжается до тех пор, пока не будет выполнено заданное условие на точность значений результирующей матрицы.

Рис. 3.12. Блок схема Круитгофа



Одним из способов определения, влияния многочисленных факторов тяготения существующих между станциями или сетями, является коэффициент родства -  $C_{ij}$  [55, 113-115].

$$C_{ij} = \frac{K}{(d_{ij})^\alpha},$$

Где, для простоты  $K=1$ ,  $\alpha=1$  (постоянные коэффициенты);

$d_{ij}$  - расстояние между двумя станциями (сетями).

Получаемая при этом матрица коэффициентов  $C_{ij}$  и называется гравитационной моделью прогнозируемой сети [113].

### 3.6. Прогнозирование распределенного трафика

Пусть  $F(t)$  является значением квадратной матрицы трафика в момент  $t$ , а  $F_{ij}(t)$  является элементами матрицы  $[i,j]$ , обозначающего трафик от каждой станции  $i$  к станции  $j$  (Табл.3.3.).

Таблица 3.3.

$F_{ij}$	АТС <sub>1</sub>	АТС <sub>2</sub>	АТС <sub>3</sub>	$D_i$
АТС <sub>1</sub>	$F_{11}$	$F_{12}$	$F_{13}$	$D_1$
АТС <sub>2</sub>	$F_{21}$	$F_{22}$	$F_{23}$	$D_2$
АТС <sub>3</sub>	$F_{31}$	$F_{32}$	$F_{33}$	$D_3$
$A_j$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	ВВ

Тогда исходящий трафик от станции  $i$  определяется как:

$$F_i(t) = \sum_{j=1}^m F_{ij}(t), \quad (3.17)$$

где  $m$  - число АТС, включенных в матрицу.

Подобно этому входящий трафик к станции  $j$  определяется по формуле:

$$F_j(t) = \sum_{i=1}^m F_{ij}(t) \quad (3.18)$$

Полагая, что мы имеем измеренные данные матрицы трафика  $F(t)$  в момент  $t=1,2,\dots,T$  и зная  $F(t)$ , целью становится проведение прогноза к моменту  $T+1$ , т.е. нагружения  $F(T+1)$  матрицы.

Метод Круитгофа основывается на прогнозе суммы строки (ряда) и столбца (колонны), а также трафика матрицы к моменту  $T$ , для прогноза нового трафика матрицы к моменту  $T+1$ .

Даются следующие данные:

1. Существующая матрица трафика  $F(T)$ .
2. Прогнозируемые данные суммы строки (ряда), т.е.

$$\{F_i(T+1)\}$$

3. Прогнозируемые данные суммы столбца (колонны), т.е.

$$\{F_j(T+1)\}$$

Базируясь на этих трех данных, проводим прогнозирование трафика с целью получения новых элементов матрицы  $\{F_{ij}(T+1)\}$  для  $T+1$  года.

Здесь  $l$  - прогнозируемый год ( $l=5, l=7, l=10\dots 20$  лет).

Расчет определяется по алгоритму, показанному на Рис. 3.12 следующими многократными повторяющимися математическими операциями, т.е. итерациями [48, 54, 55, 95, 99, 113-115].

Итерация № 1.

Каждый элемент строки  $i$  делится на сумму всех элементов ряда  $F_j(T+1)$  и умножается на прогноз суммы строки.

Данная процедура выполняется для всех рядов (строк) данной первоначальной (базовой) матрицы. Новые ряды для новой матрицы определяются по формуле:

$$F_{ij}^{(1)}(T+1) = F_{ij}(T) \cdot \frac{F_i(T+1)}{F_i(T)} \quad (3.19)$$

где  $\left. \begin{array}{l} i = 1, 2, 3, \dots, m \\ j = 1, 2, 3, \dots, m \end{array} \right\}$  число станций на сети;

Итерация № 2.

Каждый элемент столбца  $j$  вновь образованной матрицы делится на сумму всех элементов столбца  $F_j^{(1)}(T+1)$  и умножается на прогноз суммы столбца.

Данная процедура выполняется для всех столбцов матрицы.

Новые столбцы определяются как:

$$F_{ij}^{(2)}(T+1) = F_{ij}^{(1)}(T) \cdot \frac{F_j(T+1)}{F_j^{(1)}(T)} \quad (3.20)$$

Где  $\left. \begin{array}{l} i=1, 2, \dots, m \\ j=1, 2, \dots, m \end{array} \right\}$

Итерация № 3 подобна итерации №1, где каждый элемент строки  $i$  делится на сумму  $F_i^{(2)}(T+1)$  всех элементов строки и умножается на прогнозируемые значения  $F_i(T+1)$  строки.

Процедура повторяется (итерация) для всех строк рядов.

Значение Итерации № 3 определяется

$$F_{ij}^3(T+1) = F_{ij}^{(2)}(T) \cdot \frac{F_i(T+1)}{F_i^{(2)}(T)} \quad (3.21)$$

Где  $\left. \begin{array}{l} i=1, 2, 3, \dots, m \\ j=1, 2, 3, \dots, m \end{array} \right\}$

Метод Круитгофа является надежным инструментом для прогнозирования трафика по направлениям, он может быть применен как для ГТС, так и для расчета прогноза трафика по направлениям для национальной сети телекоммуникации (межрегиональный трафик) [50-54, 97, 98, 114].

Наиболее простым методом определения числа линий (каналов) после произведенных расчетов трафика является расчет по формуле О'Делла [123].

$$\text{Так, при потерях } P=1\%, \quad V = \frac{(A \times 60) + 123}{42,2} \quad (3.22)$$

$$\text{При потерях } P=5\%, \quad V = \frac{(A + 1,52)}{0,839} \quad (3.23)$$

Где  $V$  - число линий (каналов);  
 $A$  - трафик в Эрлангах (Приложение №5).

Программа, составленная по алгоритму, представленному на Рис.3.12, использовалась автором для расчета трафика по направлениям в нескольких странах и применяется в учебном процессе [41, 47, 48, 54, 55, 113-115].

Программа написана на языке Бейсик и представлена в Приложении № 6.

## ВЫВОДЫ

1. Представлен системный подход к вопросу прогнозирования современных сетей телекоммуникации как основе проектирования и расширения сетей связи.
2. Показаны три основных периода развития сетей телекоммуникации любой страны мира.
3. Выведены основные запросы населения в услугах телекоммуникации, и дана классификация трех периодов прогноза для развития.
4. Рекомендованы методы прогнозирования числа абонентов проектируемых сетей телекоммуникации с учетом корреляции между ВНД и телефонной плотностью.
5. Получена последовательность прогнозирования трафика для проектируемых и расширяемых телекоммуникационных сетей с рассмотрением частного случая.
6. Выведена стройная последовательность прогнозирования трафика по направлениям с определением гравитационной модели для проектируемой сети телекоммуникации.
7. Получена расчетная методика прогнозирования трафика по направлениям, необходимая для проектируемых сетей телекоммуникации с предоставлением программы расчета.

В современном высокоразвитом в технологическом отношении обществе, даже для развивающихся стран мира, существует множество перечисленных моделей прогнозирования в сочетании с мнениями экспертов, которые обеспечивают наилучшие прогнозы. Каждая модель прогнозирования, разработана на основе определенного набора предположений и статистической информации. В связи с этим выбранный метод прогнозирования в одной конкретной области может быть эффективным, а в других – нет. В такой ситуации, к сожалению, исключительно трудно решить, какая модель прогнозирования или какой эксперт обеспечат наилучшие прогнозы относительно той или иной сети телекоммуникации, о котором идет речь.

## IV. ПРИНЦИП ВЫБОРА И РАСЧЕТА ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ КОММУТАЦИИ

### 4.1. Классификация цифровых систем коммутации

Цифровые системы коммутации как коммутационный узел сети связи - это совокупность технических средств, предназначенных для коммутации каналов в соответствии с полученной адресной информацией с целью передачи сообщений [49-59].

Цифровая АТС - это совокупность технических средств, обеспечивающих связь между каналами и линиями связи. Цифровые системы коммутации могут быть оконечные, опорные и транзитные.

В зависимости от вида передаваемой информации узлы и станции ЦСК делятся на две группы:

- аналоговые;
- цифровые.

В аналоговых узлах и станциях коммутируются каналы и линии, по которым передаются аналоговые сигналы. Цифровые узлы и станции коммутируют каналы и линии, по которым передаются цифровые сигналы.

ЦСК могут быть местными (городскими и сельскими), междугородными и международными. В зависимости от числа включаемых каналов и линий различаются цифровые АТС малой, средней и большой емкости.

Цифровая коммутация - процесс, при котором соединения осуществляются с помощью операций над цифровыми сигналами телекоммуникации, без преобразования их в аналоговую форму.

Любая классификация является условной, но она помогает систематизировать и более детально рассмотреть цифровую систему коммутации.

Классификацию ЦСК можно провести по следующим принципам [1, 6, 7, 20, 24, 26, 48, 51, 56-60, 67, 75]:

- по назначению ЦСК;
- по построению ЦСК;
- по обслуживанию ЦСК;
- по построению управляющего устройства (УУ);
- по построению коммутационного поля (КП).

По способу связи между функциональными блоками (ФБ), управляющие устройства могут быть с жесткими связями между блоками с определенным алгоритмом (порядком) работы и программными, где очередность работы ФБ задается специальными программами.

Цифровые АТС, где коммутационное поле разделено на ступени искания, УУ устанавливает соединение в пределах КП всей станции и носит название централизованного управляющего устройства (ЦУУ) [54].

В системах ЦСК с программным управлением различают управляющие устройства (УУ) с замонтированной программой (ЗМП) и записанной программами (ЗПП).

В УУ с замонтированной программой последовательность работы ФБ определяется схемной (замонтированной) логикой, заложенной в программном устройстве ЦУУ.

Изменение последовательности (алгоритма) работы ФБ обеспечивается путем перекрестировок (перемонтажа) внутри программного устройства.

Управляющими устройствами с записанной программой называют такие, в которых последовательность работы ФБ определяется программой, записанной в запоминающем устройстве (ЗУ), являющемся составной частью программного ЦУУ. Здесь программа изменяется путем перезаписи программы в ЗУ программного ЦУУ. Для современных цифровых АТС роль ЦУУ выполняют электронные управляющие машины (ЭУМ), Процессоры и Микропроцессоры на Больших интегральных схемах (БИС).

Управляющие устройства взаимодействуют с приборами КП и комплектами, поэтому для согласования сигналов управления по быстродействию и мощности между ЦУУ и оборудованием, которым оно (УУ) управляет, устанавливаются периферийные управляющие устройства (ПУУ). Для современных ЦСК ПУУ заменяются микропроцессорами с высокой технологией. Число ПУУ определяется структурой станции.

Одной из особенностей программного управления является малая зависимость программы от управляющего оборудования.

По принципу построения управляющих устройств ЦСК разделяются на три класса [57, 59, 67, 81]:

- с централизованным управлением (ЦУУ);
- с децентрализованным управлением (ДУУ);

- с распределенным управлением (РУУ).

ЦСК с централизованным управляющим устройством (ЦУУ) характеризуется наличием единого ЦУУ, реализующего все функции управления и взаимодействия между узлами (комплектами) цифровой АТС. Информацию об изменении отдельных комплектов и ФБ ЦУУ запрашивает и выдает через ПУУ.

Основные функции ПУУ сводятся к согласованию скорости сигналов обмена между быстродействующей ЦУУ и коммутационным полем (КП) с одной стороны и стационарными комплектами, работающими со значительно меньшей скоростью, с другой.

В ЦСК с децентрализованным управляющим устройством (ДУУ) взаимодействие Центрального УУ с исполнительными комплектами, осуществляется так же, как и при ЦУУ, т. е. через ПУУ, однако здесь ПУУ достаточно автономны, в пределах разрешенных ЦУУ, в том числе и при рутинной обработке информации.

А ЦУУ сосредотачивается на организации приоритета обслуживания ПУУ, их диспетчеризацию, связи с техперсоналом цифровой АТС, учете нагрузки (трафика), установлении контрольных соединений и т.д.

В системах ЦСК с распределенным управляющим устройством (РУУ) функции ЦУУ разделяются между отдельными ПУУ, называемыми иногда местными управляющими устройствами (МУУ). Каждое МУУ управляет одним или несколькими комплектами цифровых АТС, в зависимости от их сложности.

По способу построения КП все ЦСК делятся на две большие группы:

- аналоговые;
- цифровые.

В аналоговых ЦСК коммутация сигналов в КП происходит с сохранением их первоначальной формы, в которой они поступают от источника информации.

В цифровых ЦСК исходная информация от абонентов предварительно преобразуется в единую цифровую форму, а затем коммутируется [1, 3, 6, 7, 20, 24, 49, 58, 67].

Аналоговые ЦСК могут быть классифицированы на системы коммутации:

- с пространственным распределением каналов - S;
- с временным распределением каналов - T.

Аналоговые ЦСК с пространственным разделением каналов характерны тем, что соединительный путь между абонентами в КП предоставляется на все время установления соединения только единственной паре пользователей и потому, это соединение обслуживает один и тот же коммутационный элемент (КЭ).

Аналоговые ЦСК с временным разделением каналов представляют интерес при работе с аналоговыми системами передачи, поскольку в этом случае производится только дискретизация сигналов по времени без последующего цифрового кодирования. Коммутация с временным разделением предполагает совместное использование точек коммутации путем разделения времени на более короткие интервалы, так что отдельные конкретные КЭ и соответствующие им промежуточные линии (ПЛ) периодически закрепляются за существующими соединениями [3,7,58,67].

Такое совместное использование точек коммутации приводит к значительной экономии их числа.

Однако и аналоговые ЦСК с временным разделением каналов показали наличие следующих ограничений и, прежде всего, АИМ сигналы весьма чувствительны к шумам, помехам и переходным влияниям.

Цифровые ЦСК классифицируются:

- с пространственно-временной коммутацией каналов;
- с коммутацией пакетов.

Цифровые ЦСК с пространственно временной коммутацией каналов требуют наличия по крайней мере двух звеньев:

- пространственной коммутации (S) ;
- временной коммутации (T).

Временная коммутация реализуется на основе недорогих цифровых запоминающих устройств (ЗУ) и потому, она дешевле, чем пространственная коммутация [58-59].

Однако недостаточное быстродействие ЗУ ограничивает допустимые размеры блока временной коммутации, поэтому в коммутационные схемы (КС) большой емкости обязательно вводится пространственная коммутация.

Следует также указать на два способа управления работой ЗУ звена временной коммутации:

1. Последовательная запись и произвольное считывание;

## 2. Произвольная запись и последовательное считывание.

Согласно первому способу работы в звене Т определенные ячейки памяти информационного ЗУ закрепляются за соответствующими каналами, т. е. информация каждого входящего временного интервала (канала) записывается в соответствующую ячейку памяти под действием местного стационарного тонального генератора (ТГ), ведущего счет входящим временным интервалам.

Считывание информации из информационного ЗУ происходит из той ячейки памяти, на которую указывает другое - управляющее ЗУ под действием того же стационарного генератора.

Второй способ работы звена временной коммутации Т является противоположностью первого, т.е. поступающая на вход информация записывается в ячейки информационного ЗУ в соответствии с адресом, хранящимся в управляющем ЗУ, а считывание информации из информационного ЗУ осуществляется последовательно, ячейка за ячейкой, под управлением счетчика временных исходящих интервалов.

Упрощенная классификация цифровых систем коммутации представлена на Рис. 4.1.

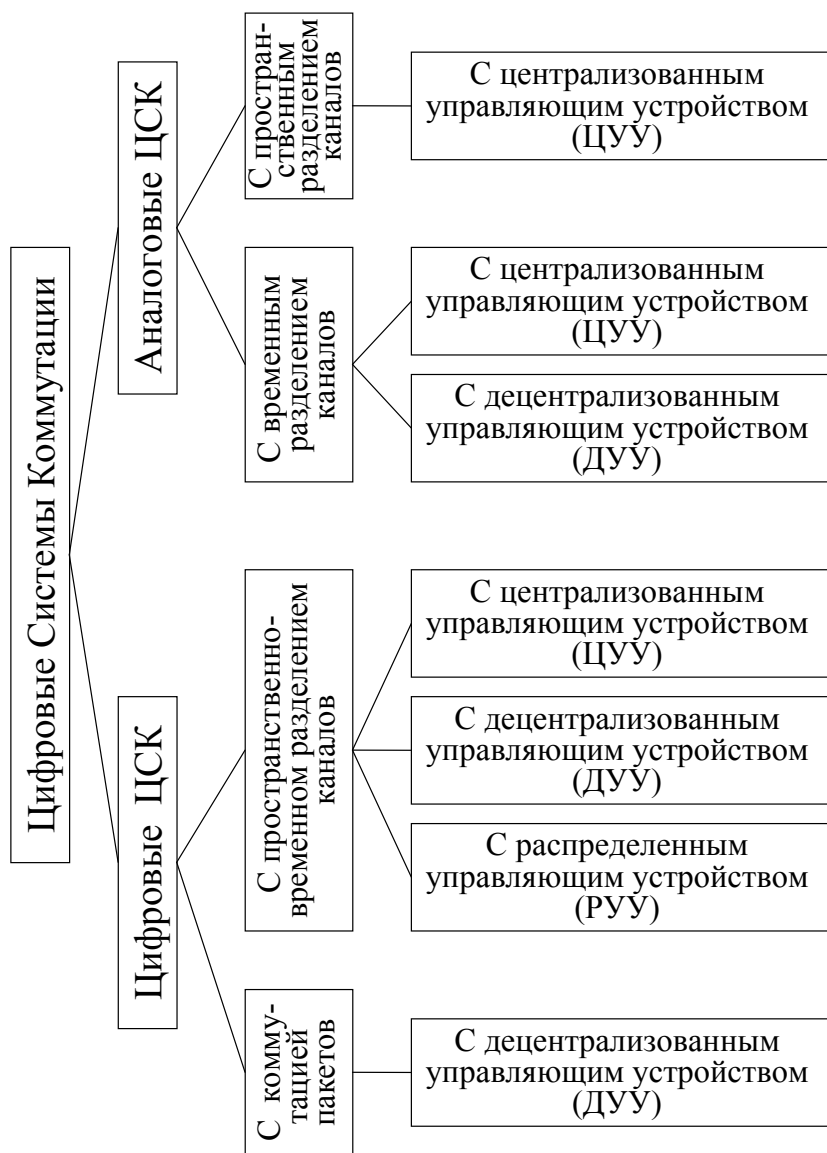


Рис. 4.1. Упрощенная классификация ЦСК

## 4.2. Смешанные аналого-цифровые системы коммутации

Основными и общепризнанными технико-экономическими преимуществами цифровых систем передачи, распределения и обработки информации перед аналоговыми являются следующие [3,7,23,53,57-60]:

- относительная простота реализации;
- помехоустойчивость;
- интеграция способов представления всех видов информации в единую форму;
- оптимальный объем памяти хранения информации и т.д.

В большей степени вышеуказанные преимущества сказываются при построении цифровых сетей связи с интеграцией служб (ISDN), где информация любого вида передается в единой цифровой форме и для обслуживания различных заявок используются одни и те же соединительные цифровые пути [58-60,67,73,75,81,96-114,127].

Следовательно, процесс интеграции практически ведет к тому, что исчезают различия в обслуживании разных видов связи. Интеграция же служб на основе аналоговой техники экономически

невыгодна и требует больших затрат.

Сказанное требует перехода к цифровым методам построения коммутации и сети связи в целом.

Однако, на сегодня, наиболее удобным и дешевым видом информации на расстояние является речь человека. Так, объем речевой информации, передаваемой по сетям связи на один-два порядка

превосходит все другие виды информации. А устройство речевого аппарата человека, к сожалению, не в состоянии вырабатывать информацию в цифровом виде, она аналоговая.

Следовательно, в части передачи речи налицо противоречие между оптимальным цифровым методом передачи, распределения и обработки информации и способом формирования исходной от человека аналоговой информации.

Указанное противоречие разрешается установкой аналого-цифрового преобразователя (АЦП) на передаче и обратных цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП) на приемном конце.

Особенно остро в существующих смешанных аналого-цифровых сетях связи стоят вопросы оптимального сочетания аналоговых и цифровых систем коммутации, места и формы перехода от аналогового окончания со стороны абонента к цифровым участкам станции и сетей связи, что является важнейшей проблемой проектирования оптимальных сетей связи.

Под аналого-цифровой системой коммутации следует понимать совокупность оборудования, на вход которого поступают заявки на услуги от аналоговых абонентских терминалов, а на выходе имеются скоммутированные, в соответствии с требованиями на установление соединения, цифровые сигналы.

Вопросы коммутации и аналого-цифрового преобразования решаются на основе внедрения аналого-цифровых систем коммутации (АЦСК), их преобразования в требуемую цифровую форму и, наконец, последующей концентрацией и распределением полученных цифровых сигналов по направлениям.

Выше указанные задачи выполняются следующими устройствами:

- системой коммутации аналоговых сигналов;
- аналого-цифровыми преобразователями;
- системой коммутации цифровых сигналов.

Места установки преобразователей непосредственно зависят от объема поступающего трафика, который имеет тенденцию к увеличению и существенно зависит от возможностей сети связи.

Так, для телефонной сети трафик берется из расчета 0,1 Эрл на абонентную линию и 0,7 Эрл на соединительную линию.

Исследования на сетях телекоммуникации развитых стран мира показывают, что с расширением возможностей сетей связи, т.е. повышением сервиса, доступа к банкам данных, предоставлением абонентам дополнительных видов обслуживания (ДВО) и т.д., трафик от абонентских терминалов независимо от категории склонен к увеличению, что в будущем приведет к снижению оптимальной емкости концентратора [55,58,96-105,114,115].

Так, с уровня 0,5 Эрл на абонентскую линию становится целесообразным помещать индивидуальные преобразователи в аналоговые абонентские терминалы. Однако это достаточно капиталоемкое мероприятие и решение этой проблемы для всех абонентов процесс длительный.

Следовательно, под аналого-цифровой системой коммутации понимается комплекс оборудования, на вход которого поступает информация от аналоговых абонентских терминалов, а на выходе обеспечивается установление соединения при помощи цифровых сигналов.

Оптимизация аналого-цифровых систем коммутации при заданных исходных данных структурных параметров обладала бы минимальной стоимостью. Под исходными данными понимаются следующие:

- емкость (число входов) АЦСК;
- матрица распределения внутрисканционного трафика;
- число каналов в цифровом тракте (что зависит от используемого типа системы передачи);
- стоимость компонентов системы.

Предполагается, что стоимость эксплуатационных затрат и затраты на управляющие устройства, слабо зависят от структуры системы, т.к. качество обслуживания для этих систем постоянно.

### **4.3. Варианты перехода к цифровым участкам сети телекоммуникации**

Известно, что конечный цифровой сигнал может быть получен с помощью нескольких преобразований:

- дискретизации сигнала;
- квантования сигнала;
- кодирования сигнала.

Если используется ИКМ, то на первой ступени производится переход от непрерывного аналогового сигнала к квантованному сигналу с амплитудно-импульсной модуляцией (АИМ), на второй ступени производится кодирование АИМ сигнала в двоичный код [58-60].

Учитывая, что коммутация может осуществляться до, после и между степенями преобразования сигналов, то число всевозможных вариантов перехода к цифровым участкам сети становится достаточно большим и поиск оптимального варианта затруднен. Вот почему необходимо разбить все варианты перехода к цифровым участкам сети телекоммуникации на две большие группы.

К первой группе отнесем варианты перехода, в которых между степенями аналого-цифрового преобразования сигналов коммутационное оборудование отсутствует.

Эту группу вариантов называют группой с совмещенными степенями аналого-цифрового преобразования сигналов.

Ко второй группе отнесем варианты перехода, в которых между степенями аналого-цифрового преобразования сигналов имеется хотя бы одно коммутационное поле (КП).

Вторая группа называется группой с разделенными степенями аналого-цифрового преобразования сигналов.

Первая группа предусматривает использование типовых ИКМ-30/32, в которых между степенями аналого-цифрового преобразования сигналов имеется жесткая связь и установка коммутационного оборудования между ними требует специального вмешательства. На Рис. 4.2 представлено три варианта первой группы:

1. Установка АЦП на входе АЦСК (а), т. е. АЦП могут быть установлены либо в телефонном аппарате (ТА) абонента, либо на АТС в абонентском комплекте. Следует указать преимущество второго случая, т.к. не требуется переделок. ТА более ремонтно-пригоден и удобен в эксплуатации.

2. Установка АЦП для исходящей связи, а при внутреннем соединении АЦП не используются. Данный вариант получил широкое распространение в существующих сетях телекоммуникации из-за возможности использования действующих аналоговых АТС (б). Здесь АЦП используется только тогда, когда вызов требует соединения с абонентом другой АТС.

3. Последний вариант является наиболее общим по сравнению с двумя первыми, т.е. предусматривает промежуточный вариант - установку АЦП внутри аналого-цифровой системы коммутации (в).

Как видно из Рис. 4.2. (в) аналоговая часть системы образует вынесенные концентраторы нагрузки.

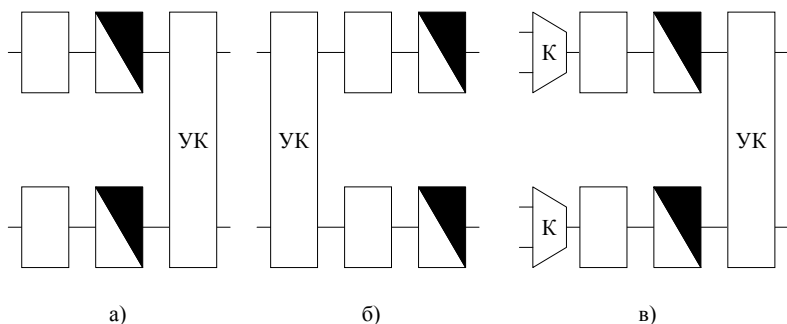


Рис.4.2. АЦСК с совмещенными степенями преобразования

(Рис.4.3(а)). Здесь первая ступень аналого-цифрового преобразования сигнала (АЦПС) является индивидуальной для каждого абонента. После концентрации трафика разговорные сигналы (например, в форме АИМ сигналов) поступают на вторую ступень, являющуюся групповой для абонентов одного и того же концентратора.

Далее групповой цифровой сигнал поступает на цифровой узел связи. Таким образом организована АЦСК системы PROTEL (Италия).

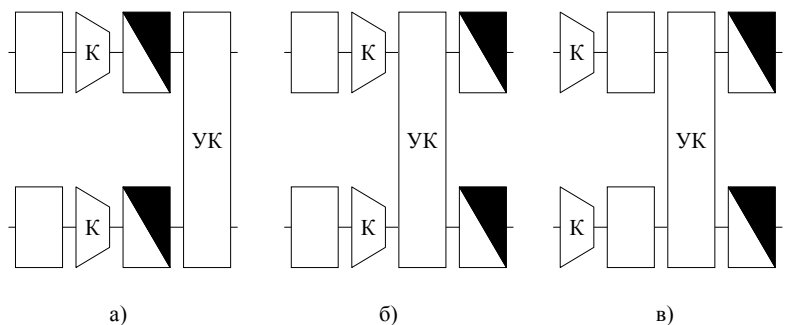


Рис.4.3. АЦСК с разделенными степенями преобразования

Вариант 2 второй группы предусматривает установку индивидуальной первой ступени преобразования для каждого абонента и дальнейшую коммутацию и передачу сигналов в этой же форме



на узел коммутации, где после соответствующих соединений в КП производится кодирование второй ступени преобразования. Данный вариант труден в реализации с пониженной помехоустойчивостью сигналов после первой ступени преобразования. Однако, из-за амплитудно-фазо-частотных искажений качественная передача АИМ сигналов возможна на расстояние лишь десятков сантиметров, что выполнимо в пределах станции небольшой емкости. Поэтому в дальнейшем этот вариант не рассматривается.

И последний, третий вариант этой группы, отличающийся от 3 варианта первой группы установкой второй ступени преобразования после узла коммутации, хотя экономия устройств второй ступени незначительна. Это вызвано тем, что на вход УК поступают уплотненные СЛ от концентраторов трафика.

Недостаток данного варианта в том, что в отличие от 3 варианта первой группы, где АЦП устанавливается вблизи или даже внутри концентратора трафика, т.е. получается экономия линейно-кабельных сооружений связи за счет аппаратуры разделения каналов, здесь же это часто невыполнимо, т.к. при установке первой ступени преобразования в концентраторе длина соединительной линии от последнего к узлу коммутации может оказаться значительной, что приведет к недопустимым искажениям разговорного сигнала. Следовательно, оптимальным следует рассматривать вариант 3 первой группы сравнивая с вариантом 1 второй группы.

#### 4.4. Методы расчета пропускной способности цифровых систем коммутации

Основную часть времени функционирования цифровых систем коммутации ЦСК занимает стационарный процесс рождения и гибели, широко используемый в практике для оценки пропускной способности систем коммутации [4, 8, 16, 41, 67, 84, 86, 94, 107].

Для разработки точных методов расчета ЦСК как большой системы и определения минимального объема коммутационного оборудования с гарантированными вероятностными характеристиками необходимо использовать методы высокой точности [60, 81, 93, 95-115].

Так, занижение расчетной вероятности потерь по сравнению с реальными приводит к снижению качества обслуживания, а завышение - к увеличению объема оборудования, а следовательно, к увеличению стоимости ЦСК.

Еще в начале века для исследования пропускной способности полнодоступного пучка А.К.Эрланг предложил аппроксимацию системы коммутации, и получил фундаментальные результаты для полнодоступного пучка с потерями в режиме стационарного равновесия [15-18].

Рассмотрим обобщенную модель теории телетрафика, как части системы массового обслуживания (СМО) и введем некоторые обозначения [64-70, 83, 85-88].

Упрощенная модель с потерями представлена на Рис.4.4, где коммутационное поле (КП) имеет  $N$  входов и  $M$  выходов. Выходы КП разбиты на  $h$  направлений, а пучок линий в  $j$ -м направлении содержит  $V_j$  ( $j=1, h$ ) линий.

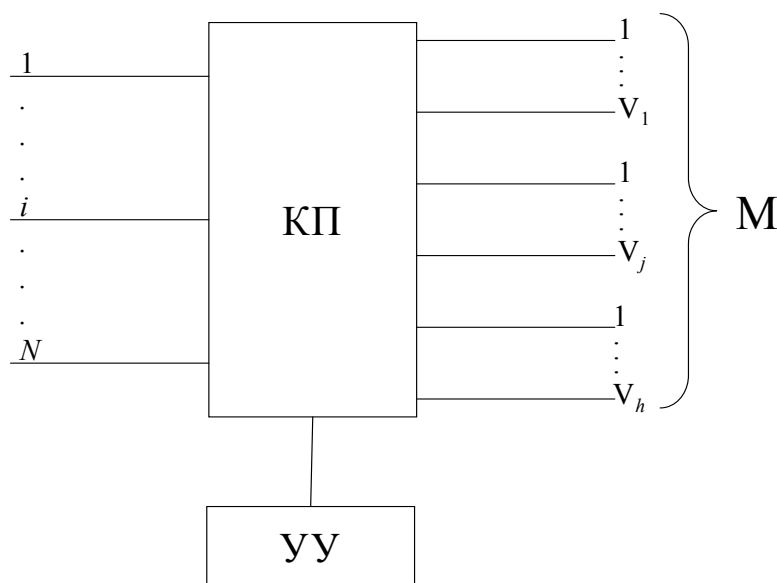


Рис.4.4. Упрощенная модель ТТ с потерями

Следовательно, общее число выходов из КП равно  $M = \sum_{j=1}^h V_j$ . Естественно, что для вызова, поступившего на вход ЦСК, требуется соединение с одним выходом требуемого направления.

Поток вызовов, поступающий на вход модели, указанный на Рис. 4.4 будет считаться простейшим (пуассоновский).

Длительности занятия для всех обслуживаемых вызовов, предполагаются независимыми как, друг от друга в совокупности, так и от потоков, и распределены для всех вызовов

по экспоненциальному закону. Длительность занятия вызовов КП не зависит от сведений о прошлом (без последствия) процесса [8, 30, 35, 38, 47, 63, 67, 69, 86-89].

Структурные параметры КП предполагаются известными, а все пути соединения электрически разделены в пространстве, т.е. соединения проходят по различным путям.

И наконец, укажем правило, согласно которому принимается решение о порядке обслуживания вызова, т. е. дисциплину обслуживания [4, 7, 41, 62, 63, 65-69, 86].

Любой вызов обслуживается по командам управляющего устройства (УУ), которое получает следующую информацию:

- о поступлении вызова;
- требуемые данные (о номере входа, по которому поступил вызов, номер направления, с которым необходимо установить соединение);
- о состоянии КП (при установлении соединения) и т. д.

На основании вышеуказанной информации УУ принимает и осуществляет решения об обслуживании данного вызова или отказе.

Различают два вида потерь в обслуживании вызовов УУ:

- явные потери (при невозможности немедленного установления соединения);
- условные потери (когда при аналогичной ситуации УУ ставит поступивший вызов на ожидание).

При расчете пропускной способности ЦСК для коммутации каналов используется первый подход.

Следовательно, зависимость дисциплины обслуживания строится на трех факторах:

- номер входа, по которому поступил вызов;
- состояние КП в момент поступления вызова (свободность или занятость промежуточных линий (ПЛ));
- номер направления, с которыми требуется установить соединение.

Дополнительное предположение состоит в том, что промежуточные линии (ПЛ) к моменту поступления вызова заняты случайно. И наконец, предположим, что решение об обслуживании или отказе в обслуживании принимается мгновенно.

Таким образом, процесс обслуживания однозначно определен.

Основные обозначения, необходимые для разъяснения действия упрощенной модели ТТ с потерями:

$N$  - число входов в КП;

$M$  - число выходов из КП;

$h$  - число направлений в КП;

$V_j$  - число выходов в  $j$ -м направлении ( $j=1, h$ );

$\alpha_j$  - параметр свободного источника вызовов в направлении  $j$ ;

$\mu^{-1}$  - средняя длительность занятия;

$\lambda_j = N\alpha_j$  - параметр потока вызовов в  $j$ -м направлении;

$A_0$  - интенсивность общего поступающего трафика;

$K_{ij}$  - коэффициент тяготения трафика в  $j$ -м направлении;

$P_{vj}$  - вероятность потерь в пучке из  $V_j$  линий;

$\pi_{vj}$  - вероятность потерь.

На сегодня для современных ЦСК практически применяемой моделью для коммутационных полей (КП) является первая формула Эрланга, расчет вероятности потерь которой изображен на Рис. 4.4. модели [4, 8, 42, 63, 67, 78, 86-89].

Расчеты справедливы при следующих предположениях:

1. Число направлений в КП произвольно;
2. Вызовы, поступающие на любое направление, образуют пуассоновский поток постоянной интенсивности  $s$  параметром  $\lambda_j$ ;
3. Длительность занятия подчиняется экспоненциальному распределению с параметром  $\mu$ ;
4. Вызов, не принятый к обслуживанию в момент поступления, теряется без последствия (не влияя на моменты поступления последующих вызовов);
5. Любой из  $V_j$  выходов направления доступен, когда он свободен для любого поступающего вызова;
6. Исходной для расчета является поступающая нагрузка;
7. Режим поступления трафика стационарен.

Учитывая выше указанное, определяется стационарная вероятность того, что  $x$  линий направления заняты, [4, 7, 12, 56, 61-70, 86] :

$$E_{x, V_j}(A_{0,j}) = \frac{A_{0,j}^x}{x!} \left[ \sum_{i=0}^{V_j} \frac{A_{0,j}^i}{i!} \right], \quad x = \overline{1, V_j} \quad (4.1)$$

Здесь:  $A_{0,j} = \frac{\lambda_j}{\mu}$ ,

где  $x$  - положительное целое число.

Для реальных положительных значений  $x=V_j$  известно интегральное представление формулы (4.1) т.е.:

$$E_{V_j}(A_{0,j}) = \left[ A_{0,j} \int_0^{\infty} \bar{e}^{-A_{0,j}t} (1+t)^{V_j} dt \right]^{-1} \quad (4.2)$$

Однако вероятность потерь  $\pi_{v_j}$  может условно разбить на две составляющие:

$P_0$  - вероятность потерь при внутренней блокировке;

$P_{v_j}$  - вероятность потерь в пучке из  $V_j$  линий.

$$\text{Следовательно,} \quad \pi_{v_j} = P_0 + P_{v_j} \quad (4.3)$$

Предполагая, что любой из  $V_j$  выходов направления доступен, когда он свободен для любого поступающего вызова, формулу (4.3) представим в виде:

$$\pi_{v_j} P_{v_j} = E_{V_j}(A_{0,j}) = \frac{A_{0,j}^{V_j}}{\left[ \sum_{i=0}^{V_j} \frac{A_{0,j}^i}{i!} \right]^{-1}} \quad (4.4)$$

Следует учитывать, что предположение допускает применение модели к неблокирующим КП, в том числе многозвенным, для которых  $P_0=0$ .

Последняя формула табулирована для различных значений  $V_j, A_{0,j}$  и имеет программу вычисления на персональном компьютере (см. Приложение № 5).

#### 4.5. Вопросы надежности цифровых систем коммутации

Цифровые системы коммутации (ЦСК) представляют собой сложный комплекс программно-аппаратных средств, и в связи с этим надежность всей системы зависит от надежности как программного обеспечения (ПО), так и от аппаратных средств (АС) [3, 7, 60, 76, 81, 118].

Понятие надежности ПО связано с тем, что процесс обслуживания вызовов ЦСК, организуемый центральным управляющим устройством (ЦУУ), базируется на сравнении информации о предыдущем состоянии системы, хранящейся в оперативном запоминающем устройстве (ОЗУ), с информацией о текущем состоянии системы, хранящейся в периферийном управляющем устройстве (ПУУ).

Разночтение между данными ОЗУ и ПУУ - вещь нормальная, что служит основой для организации процесса обслуживания. Однако под воздействием случайных влияний (помех) содержимое ОЗУ и ПУУ может самопроизвольно (без команды и ведома ЦУУ) измениться и не вписаться в рамки разрешенных логических состояний, свойственных нормальному протеканию процесса обслуживания вызова.

Вот почему ЦУУ вынуждено тратить часть своей производительности на восстановление (регенерацию) истинного или разрешенного состояния системы.

Регенерация производится операционной системой (ОС) ЦУУ автоматически без вмешательства технического персонала (оператора) как во время обслуживания вызовов, так и в моменты спада трафика и призвана удержать пропускную способность системы.

Способы и методы выполнения вышеуказанных является построение надежного программного обеспечения (ПО), выполнение которых есть сложная и самостоятельная задача [3, 7, 20, 26, 49, 57, 60, 63, 75, 81, 82, 120].

Известные методы расчета пропускной способности систем распределения информации в соответствии с теорией телетрафика часто сводятся к применению одной из двух моделей, учитывающих неисправность линий (абонентских и соединительных) как наименее надежного элемента коммутационной системы [61].

В первой модели занятость линии определяется двумя потоками:

- вызов с интенсивностью  $\lambda$ , интенсивностью обслуживания  $\mu$ , интенсивностью нагрузки (трафика)

$A = \frac{\lambda}{\mu}$ , и потоком момента выхода из строя линий, образуемых конечным числом источников трафика -

числом исправных линий. Тогда в состоянии с  $k$  исправными линиями интенсивность выхода одной из этих линий из строя равна  $k\omega$ , а интенсивность ее восстановления  $\theta$ , интенсивность трафика  $A_L = \frac{\omega}{\theta}$ .

А если предположить, что линии выходят из строя намного реже, чем поступают вызовы, тогда имеем два независимых процесса:

1. Процесс обслуживания вызовов, который описывается формулой Эрланга с переменным числом исправных линий;
2. Процесс выхода из строя и восстановления линий, где число исправных линий описывается распределением Энгсета.

Таким образом, вероятность потери вызова на  $V$  линейном пучке равна

$$B = \sum_{k=0}^V \frac{\binom{V}{k} A_L^k}{\sum_{i=0}^V \binom{V}{i} A_L^i} E_k(A) \quad (4.5.)$$

Во второй модели также имеются два потока:

- простейший поток вызовов с интенсивностью трафика

$$A = \frac{\lambda}{\mu};$$

- простейший поток моментов выхода из строя линий, причем с абсолютным приоритетом и интенсивностью отказов

$$A_L = \frac{\omega}{\mu}.$$

Вероятность потери источников вызова  $B = E_v(A + A_L)$ , а обслуженный трафик  $A_0 = \lambda(1-B)t_m$ , где  $t_m$  - средняя длительность обслуживания источника вызова.

Так как обслуживание вызова может быть прервано, то  $t^m < \mu^{-1}$ , а  $A_0 = A[1 - E_v(A_L + A)] - A[E_v(A_L + A) - E_v(A)]$ .

Рассмотрим обобщенный вид системы распределения информации, представленный на Рис. 4.5 и состоящий из:

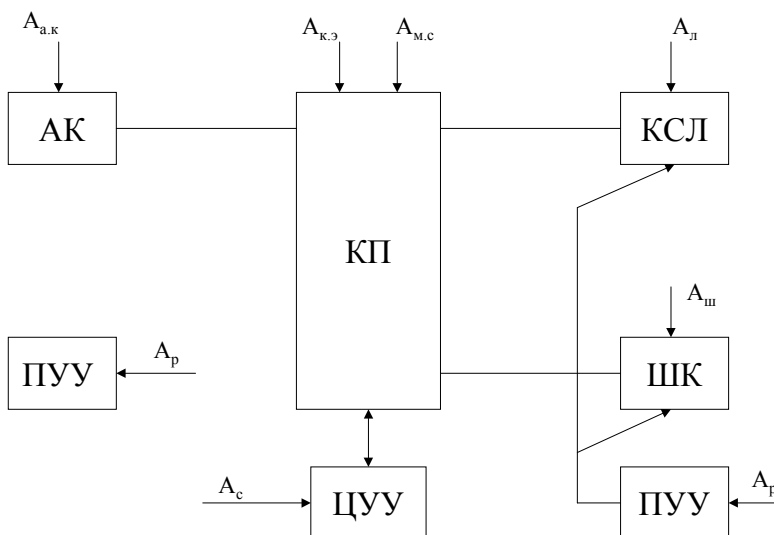


Рис.4.5. Модель упрощенной ЦСК с ненадежными элементами

- абонентских комплектов (АК);
- коммутационного поля (КП);
- комплектов соединительных линий (КСЛ);
- центральных и периферийных управляющих устройств, т. е. (ЦУУ) и (ПУУ).

Основные параметры модели сводятся к следующему:

1. Число входов КП равно  $N$ ;
2. Выходы КП разбиты на  $h$  направлений;
3. Пучок линий в  $j$ -м направлении содержит  $V_j$  линий, где  $(j = \overline{1, h})$ .

Вызову, поступившему на вход системы, может потребоваться соединение с одной и только одной линией определенного для данного вызова направления, причем

безразлично, с какой именно и по какому пути.

Поступающий от абонентов поток вызовов на вход системы, будем считать примитивным (т.е. пуассоновская нагрузка второго рода), если число источников трафика  $N \leq 100 \alpha/\mu$  или простейшим (пуассоновской нагрузкой первого рода) при  $N > 100 \alpha/\mu$ .

В первом случае параметр свободного источника вызовов -  $\alpha$  ; интенсивность обслуживания вызова -  $\mu$  ; интенсивность поступающего трафика  $A_0 = \alpha/\mu$  .

Во втором случае параметр потока вызовов  $\lambda = N\alpha$  ; интенсивность обслуживания -  $\mu$  ; интенсивность трафика  $A_0 = \lambda/\mu$  .

При этом вероятность того, что поступающий вызов  $i$ -го входа потребует соединения с  $j$ -м направлением может зависеть как от номера входа, так и от номера направления.

Будем полагать, что эта вероятность зависит только от  $j$ . В этих условиях характер потока вызовов в направлении сохранится, его интенсивность будет равна

$$a_j = k_j \cdot a_0 (A_j = k_j \cdot A_0) \quad (4.6)$$

При этом предполагается, что структурные параметры КП известны.

Следует указать, что элементы системы обладают конечной надежностью, т.е. на элементы системы воздействует поток неисправностей, который может быть примитивным или простейшим с интенсивностями трафика:

- $A_{а-к}$  - для абонентских комплектов;
- $A_{к-э}$  - для коммутационных элементов;
- $A_{м-с}$  - для монтажных соединений;
- $A_{л}$  - для линейных комплектов (исх. и вход.);
- $A_{ш}$  - для шнуровых комплектов;
- $A_{р}$  - для периферийных УУ;
- $A_{с}$  - для центрального УУ.

Следовательно, поток неисправностей всегда примитивный, однако в тех случаях, когда параметр потока неисправностей одного элемента весьма мал, а число элементов велико, характер потока близок к простейшему. В этом случае интенсивности восстановления неисправных элементов системы соответственно равны

$$R_{а-к}, R_{к-э}, R_{м-с}, R_{л}, R_{ш}, R_{р}, R_{с}.$$

Поэтому любой вызов обслуживается ЦУУ, имеющим  $V_c$  - кратный резерв, который, будучи в исправном состоянии, через  $V_p$  периферийных УУ получает информацию о поступлении вызова, его требованиях (например, номере направления, с которым нужно установить соединение или номер входа, по которому поступил вызов), о состоянии самой системы, т. е. о том, какими путями в КП проходят уже установленные соединения и какие элементы системы исправны. Неисправные элементы системы считаются обнаруженными мгновенно.

На основании вышеуказанной информации ЦУУ принимает и осуществляет решение об обслуживании данного вызова или отказе.

Занятие соединительных путей в КП проходит случайно. В случае неисправности ЦУУ все поступившие в систему вызовы теряются.

При неисправности АК вызовы, поступающие на этот комплект теряются. Восстановление неисправных элементов системы, работающей в необслуживаемом режиме, начинается с момента прибытия ремонтно-восстановительной бригады.

За основу расчета принимается тот факт, что реальная пропускная способность системы определяется числом только исправных элементов, образующих фактическую структуру системы.

Следовательно, определение пропускной способности системы с ненадежными элементами, по сути, сводится к нахождению фактической структуры (или трафика) и расчету пропускной способности уже известными методами для систем с абсолютно надежными элементами.

#### 4.6. Принцип выбора цифровых систем коммутации

С начала создания цифровых систем коммутации ЦСК стало ясной, ее эффективность перед однокоординатными системами коммутации пространственного вида [3, 6, 24, 58, 59, 60, 67, 81, 106, 108, 112, 118].

Преимущество ЦСК складывается из трех основных факторов, сыгравших важную роль в создании последнего поколения систем коммутации [58,59].

Во-первых, введение цифровых систем передачи (ЦСП), что поставило вопрос о создании единого цифрового тракта "Коммутация-передача".

Во-вторых, разработка и массовое производство микросхем, больших и сверхбольших интегральных схем (БИС и СБИС), сделало реальными планы построения цифровых АТС.

И в-третьих, использование цифровой вычислительной электроники в аппаратуре телекоммуникации и, в частности, в качестве специализированных управляющих устройств процессоров

и микропроцессоров. Указанные три фактора и определили все преимущества ЦСК перед существующими, основные из которых следующие:

1. Снижение трудоемких затрат на изготовление коммутационного оборудования за счет полностью автоматизированного процесса изготовления и настройки;
2. За счет использования элементной базы высокого уровня интеграции, резкое уменьшение габаритных размеров коммутационного оборудования ЦСК и повышения их надежности;
3. Уменьшение объема монтажных работ и настройки коммутационного оборудования проектируемых и строящихся объектов телекоммуникации;
4. Резкое сокращение штата обслуживающего технического персонала за счет высокой автоматизации, самоконтроля и создания необслуживаемых станций;
5. Значительное уменьшение металлоемкости конструкций оборудования ЦСК;
6. Сокращение полезной площади, занимаемой под оборудование;
7. Существенное повышение качества передачи и коммутации;
8. Увеличение вспомогательных и дополнительных видов обслуживания (ДВО) абонентов;
9. Создание на базе цифровых АТС и ЦСП интегральных сетей связи (IDN);
10. Создание на базе интегральных сетей связи интегрально обслуживаемой цифровой сети телекоммуникации на единой методологической и технической основе (ISDN).

Как видно из перечисленных преимуществ ЦСК, наибольшая эффективность цифровизации достигается с переходом на полностью цифровую сеть телекоммуникации страны.

Однако этот переход требует больших капитальных и экономических затрат и, особенно, на начальной стадии перехода, где необходимо соблюдать поэтапность [3, 60, 106, 116, 117, 129].

Цифровую сеть условно можно разделить на три основные части:

- цифровые абонентские установки;
- цифровые межстанционные системы передачи;
- цифровая система коммутации.

Самой дорогой из перечисленных являются абонентские установки, самые массовые и систематически возрастаемые. Поэтому, первоначально переход от аналоговой сети к цифровой следует начать с внедрения в существующую аналоговую сеть цифровых систем передачи ЦСП, и целесообразно начать это с междугородней сети страны, где нет необходимости установки дорогостоящего цифрового абонентского оборудования.

Известно, что даже при аналоговых системах передачи цифровые междугородние телефонные станции с загруженными линиями и каналами в порядке 0,8 Эрл. в 4-5 раз более экономичны, чем местные сети.

Кроме того, на междугородней и международной сети высокоэффективна организация общеканальной сигнализации (ОКС).

Однако бесспорно, что основой цифровой сети телекоммуникации являются местные сети связи, самые массовые и дорогостоящие.

Вот почему цифровизацию сети телекоммуникации по рекомендациям МСТ следует начать с выработки стратегических планов развития сети телекоммуникации страны, выработанные в Мастер-Плане с перспективой на 20-25 лет [55,90,95-103,106, 114,115,131].

Необходимо иметь четкий перспективный план развития и расширения местных сетей телекоммуникации, где должны быть определены и типы коммутационного оборудования ЦСК и ЦСП.

Цифровые станции, узлы и системы передачи должны внедряться комплексно, образуя выделенные узловые районы или регионы.

Главным золотым правилом выбора ЦСК при проектировании и развитии сети телекоммуникации является "Концепция единой машины".

Суть данной концепции сводится к созданию единого базового множества аппаратурных средств (АС) и программного обеспечения (ПО), из элементов которого строятся ЦСК различного назначения, т.е. местных, узловых (транзитных), междугородних и международных станций, а также центры технической эксплуатации и некоторые специальные службы.

Вот почему в современных ЦСК стремятся к стандартизации КП и УУ данных систем. Поэтому желательно внедрение ЦСК и, вообще цифровизацию, развивать на однотипном оборудовании.

Поэтапность внедрения ЦСК определяется наличием на сети телекоммуникации оборудования ЦСП, т.е. цифрового окружения.

Внедрение ЦСК целесообразно осуществлять на тех сетях телекоммуникации, где предполагается существенное увеличение номерной емкости, а также на тех сетях, где нет большого

количества электромеханических станций или последние являются морально устаревшими, со сроком службы более 30-40 лет, и подлежат замене.

Следует указать, что из-за закрытости сведений о системах, разработанных на сегодня, нет данных о технических и стоимостных характеристиках ЦСК, выпускаемых развитыми странами мира.

Как правило, известны лишь поверхностные, скажем, проспектные данные многих цифровых систем коммутации (ЦСК).

Однако перед проектировщиками стоит трудная задача выбора ЦСК, которые имели бы наименьшее число недостатков.

Этим оценивается вся техническая политика администрации сети телекоммуникации или Министерства связи страны в целом [52, 53, 58-60].

Выбор ЦСК проводится по следующим параметрам:

- тип ЦСК (из которых можно построить расширяемую сеть);
- пропускная способность (число абонентских линий и каналов, включаемых в станцию);
- трафик в часы наибольшей нагруженности (ЧНН);
- производительность управляющих устройств (количество обслуженных вызовов в ЧНН);
- системы используемых сигнализаций;
- скорость передачи ЦСП (включаемых в сеть);
- характеристики КП (классификация);
- структура оконечного оборудования;
- принцип построения и организации УУ и т.д.

Существует следующая классификация цифровых коммутационных полей (КП) современных систем коммутации:

1. Симметричные КП с базовой структурой S-T-S. Начальные и конечные звенья являются пространственные - S, а промежуточные - временные T. Примером такого КП служит первая модификация System-X (Великобритания), выпущенная в 1979 году.

2. Малоемкостные КП с мультиплексорами (первичными и вторичными) с базовой структурой T-S-T. Начальным и конечным звеном служит T. Примером такого КП являются концентраторы системы D-70 (Япония) или AXE-10 (Швеция).

3. Универсальные КП с приемопередающими модулями S/T и базовой структурой S/T - S - S/T. Примером такого КП служит System-X, MT-20/25 (Франция), EWSD (Германия).

4. Многоступенчатые КП из S/T и базовой структурой [S/T<sub>k</sub>], где k- число звеньев КП. Примером такого КП служат цифровые КП АТСЭ-220 и АТСЭ-210 (Финляндия). Следующим из такого класса является система PROTEL UT (Италия) и DMS (Канада).

5. Цифровые КП кольцевой структуры с временным группообразованием нашли применение в ряде областей связи. Это последовательное соединение однонаправленных линий, образующих замкнутую цепь или кольцо. Примером данной системы служит ITT-1240 (США).

#### 4.7. Интегральные сети телекоммуникации

Основным направлением дальнейшего развития сетей различных видов телекоммуникации является их объединение, т.е. интеграция [7, 12, 23, 25, 60, 79, 107, 108].

Предусматривается объединение (интеграция) телефонных и других “нетелефонных” систем телекоммуникации в единую сеть, построенную на основе единых научных, технических, методологических и организационных принципов. На сегодня под “нетелефонными” системами телекоммуникации понимаются следующие:

- телеграфная связь;
- факсимильная связь;
- телекс;
- радиотелефония;
- телеметрия;
- видеотелефон;
- радиопейджинг;
- сотовая телефония;
- дополнительные виды услуг;
- передача данных и т.д.

МСТ сформулировал два определения для таких сетей телекоммуникации [67, 73, 105, 108, 126, 129]:

1. An integrated digital network (IDN) представляющая собой “Интегральную цифровую сеть”, в которой соединения, устанавливаемые с помощью ЦСК, используются для передачи цифровых сигналов.

Основой интегральной цифровой сети (ИЦС) является единость цифровизации как систем передачи, так и коммутационных систем.

Начальный этап понятия “интеграция”, как правило, относят к более развитой части сети телекоммуникации к городским телефонным сетям (ГТС).

Поэтому на первом этапе говорят об интегральной цифровой телефонной сети (ИЦТС).

2. An integrated service digital network (ISDN) представляет собой “интегральную цифровую сеть служб телекоммуникации”, в которой та же самая ИЦС со своей цифровой коммутацией и передачей используется не только для ГТС, но и для различных служб и видов телекоммуникации.

Единость цифровизации при ISDN заключается в том, что здесь цифровая не только коммутация и передача, но и абонентские линии, со скоростью передачи 64 Кбит/сек.

Данное определение ISDN относится к интеграции в единую цифровую сеть всех видов телекоммуникации на базе методов и средств интегральной цифровой телефонной сети (ИЦТС), созданной на первом этапе.

Интегральные цифровые телефонные сети (ИЦТС) имеют ряд преимуществ по сравнению с аналоговыми ГТС [1, 7, 25, 63, 67, 73, 107, 127]:

- возможность широкого применения линейных (выносных) концентраторов, снижающих затраты на абонентскую линию;
- использование преимуществ ЦСК, обеспечивающих большое (неограниченное) число направлений межстанционных связей;
- возможность образования непрерывных цифровых трактов между оконечными станциями с повышенным качеством передачи речи;
- повышение емкости цифровых районных станций с укрупнением коммутационных узлов, с повышением эффективности центров технической эксплуатации (ЦТЭ) и т.д.;
- единость ЦСП и ЦСК однотипных элементов электроники, позволяющих унифицировать технологическую и элементную базу сети телекоммуникации;
- экономичность, где стоимость аналогового оборудования коммутации и передачи имеют тенденцию к возрастанию в среднем за год 6÷8 %, а стоимость цифровых систем уменьшается ежегодно в среднем на 5%.

Известно, что по объему передаваемой информации телефонные сети намного превосходят все остальные нетелефонные виды телекоммуникации. Следовательно, интегральная цифровая сеть телекоммуникации должна строиться на базе цифровой телефонной сети с ее основным цифровым каналом 64 Кбит/сек.

В результате интеграции различных видов телекоммуникации будет постепенно создаваться единая интегральная цифровая сеть связи различных видов (систем) телекоммуникации, сокращенно ИЦСС, что полностью соответствует международной аббревиатуре ISDN [108].

Для такой сети скорость передачи данных достигает как минимум 64 Кбит/сек, а для будущего применения в ISDN каналов со скоростью 384 Кбит/с; 1536 Кбит/с и 1920 Кбит/с.

Нетелефонные системы телекоммуникации, вводимые в состав ISDN, должны обеспечивать совместимость с цифровыми трактами телефонных станций на скорости 64 Кбит/с. При необходимости в устройстве управления ЦСК могут быть внесены требуемые для нетелефонных систем изменения и дополнения или согласовывающие комплекты этих систем.

Вообще, при рассмотрении проблемы создания ISDN на ГТС имели ввиду три формы интеграции:

1. Интеграцию аналоговых и цифровых первичных сетей различных систем телекоммуникации;
2. Интеграцию ЦСП и ЦСК на ГТС, т.е. ИЦТС;
3. Интеграцию ИЦТС по системам передачи и коммутации с нетелефонными системами (службами) телекоммуникации, т.е. полной ИЦСС (ISDN).

Основная особенность интегральной сети - это наличие потоков речевой и неречевой информации в одной и той же сети.

Рекомендации МСТ по построению ИЦСС в первую очередь направлены на стандартизацию функций сети и ее отдельных устройств, а главное, на обеспечение их взаимодействия. При этом внутренняя структура (архитектура) может быть различной. Такой подход обеспечивает возможность независимого изготовления оборудования, а следовательно, внедрение на сети различных систем коммутации и передачи с их последующей стыковкой [3,6,49,52,58,61,76, 105-115].



Стык - это точка соединения, у которой определены общие физические характеристики соединяемых участков тракта (цепи).

Как правило, оборудование для стыка стоит так дорого, что при внедрении цифровых систем следует задуматься над выбором единой системы, избавляющей сеть от стыка. МСТ рекомендует использовать на сети два типа каналов:

1. Каналы В и Н, по которым не передается сигнальная или управляющая информация для работы системы в режиме коммутации каналов.

2. Каналы D и E, по которым передается сигнальная или управляющая информация.

Основным каналом передачи для интегральной сети является канал ИКМ со скоростью передачи 64 Кбит/с, называемый каналом В. По данному каналу пользователю (абоненту) передается любая информация без помех и нарушений. Канал В может работать в режиме коммутации канала или пакетов данных.

Канал Н имеет два типа:  $H_0$  и  $H_1$ .

В канале  $H_0$  обеспечивается скорость передачи 384 Кбит/с., а в канале  $H_1$  - скорость передачи 1536 и 1920 Кбит/с.

В сигнальных каналах (каналы D и E) передается сигнальная и управляющая информация типа S для работы в режиме коммутации каналов, а также телеметрическая информация типа t и пакета данных типа p.

Канал D работает в режиме коммутации пакетов со скоростью передачи 16 или 64 Кбит/с и организуется на абонентских линиях.

Канал E используется для межстанционной общеканальной сигнализации со скоростью передачи 64 Кбит/с.

Одновременно могут коммутироваться n·В цифровых каналов, где  $n=1...24$  (США) или  $n=1...32$  (Европа). Это может обеспечивать коммутацию цифровых потоков со скоростью передачи до 2048 Кбит/с, т. е. 2,048 Мбит/с. Для коммутации цифровых потоков с большой скоростью передачи строятся сверхширокополосные сети связи.

#### 4.8. Экономические аспекты телекоммуникационных сетей

По сравнению с другими видами отраслей, телекоммуникационные сети требуют долгосрочных инвестиций. Выбор альтернативных систем телекоммуникаций зависит от различных факторов:

- технической характеристики системы;
- технической системы обслуживания;
- надежности системы;
- предлагаемых услуг;
- стоимости системы и т.д.

Принятие экономически необоснованных методов расширения сети телекоммуникации может привести к долгосрочному экономическому наказанию для администрации сети [79, 81, 82, 94, 98, 107, 117, 130, 131].

Целью расчета экономичности является реализуемость сети, удовлетворяющей техническим требованиям по передаче, коммутации, трафику и эксплуатации, с минимальными расходами. Поэтому в процессе проектирования необходимо определить затраты на решения, удовлетворяющие техническим требованиям.

Экономические аспекты проектирования сети можно разделить на четыре этапа:

1. Оценка капвложений;
2. Техничко-экономические исследования;
3. Период обеспечения и замены системы;
4. Программа инвестиций;

Инвестиции, вложенные в сети телекоммуникации, необходимо классифицировать по следующим целям:

- инвестиции для абонентской сети;
- инвестиции по системам передачи;
- инвестиции по коммутационному оборудованию;
- инвестиции по оборудованию электропитания;
- инвестиция по зданиям и т.д.

По рекомендации МСТ доля указанных инвестиций для стран с высокой плотностью ТА, показана на Рис. 4.6 [96-115].

Инвестиции, вложенные на телекоммуникацию, в зависимости от степени развития стран несопоставимы. Однако, согласно информации, исходящей от МСТ, годовые капиталовложения в телекоммуникацию обычно бывают на уровне 0,4% ÷ 1,0% от валового национального дохода (ВНД) внутри страны.



Рис.4.6. Доля инвестиций на телефонной сети

Для развивающихся стран с низким уровнем телефонной плотности данное вложение считается разумным при более 0,5% от ВНД.

При экономических расчетах должны быть учтены такие компоненты как доходы, стоимостные факторы, остаточные значения и срок службы, период расчета, учет тарифа, инфляция и т.д.

Известно, что структура сетей телекоммуникации выбирается в соответствии с особенностями распределения потоков сообщений, характерных для конкретного вида телекоммуникации, указанного в

начале книги, и основных элементов этих сетей, из которых складывается стоимость проектируемых сетей [58-60, 107, 114, 115, 117].

Поэтому стоимость телекоммуникационных сетей варьирует в зависимости от этих элементов, к которым следует отнести (Рис.4.7) :

- а) стоимость абонентской линии;
- б) стоимость станций и узлов;
- в) стоимость межстанционных линий;
- г) общая стоимость сетей.

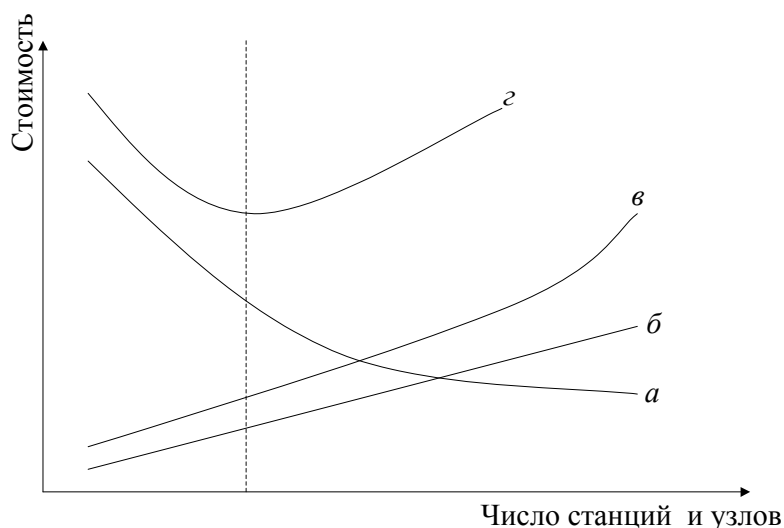


Рис.4.7. Зависимость стоимости сетей от числа станций

Вышеуказанные расчеты должны основываться на среднем сроке службы всех видов сооружений сети телекоммуникации, указанных в Табл.4.1.

Таблица 4.1.

Средний срок службы	Года
---------------------	------

Телефонные аппараты	
- таксофоны	5
- УАТС	15
- телефонные аппараты абонентов	10
Воздушные сооружения	
- столбы	25
- проводка	15
- воздушный кабель	20
Батареи аккумуляторные	10
Станционные и передающие центры	
- телефонная станция	20
- сооружение электропитания	20
- оборудование передачи	20
Передача данных	
- модемы	10
- центр передачи данных	20
Бронированный кабель	40
Внешнее распределение	
- шкафы	20
- траншеи	60
- туннели	70
Здания	60

## **ВЫВОДЫ**

1. Получен системный подход к вопросу выбора и классификации современных цифровых систем коммутации.
2. Выявлены современные подходы к внедрению смешанных аналого-цифровых систем коммутации, с вариантами перехода к цифровым участкам сетей телекоммуникации.
3. Рассмотрены методы расчета пропускной способности ЦСК, их надежность и принципы выбора цифровых систем коммутации для проектируемых сетей.
4. Выведены основные направления дальнейшего развития различных видов сетей телекоммуникации с учетом создания интегральных сетей телекоммуникации.
5. Выведены основные этапы экономического аспекта проектирования современных сетей телекоммуникации и получена зависимость стоимости сетей от числа станций и узлов.
6. Представлены основные сроки службы всех видов сооружений сети телекоммуникации для действующих сетей связи.

## **V. ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГТС ПРИ ВНЕДРЕНИИ ЭЛЕКТРОННО-ЦИФРОВЫХ АТС**

### **5.1. Общие принципы построения ГТС при внедрении цифровых АТС**

Состояние рынка коммутационного оборудования в мире на сегодня направлено на цифровизацию местных телефонных систем [3, 6, 9, 23, 51, 58, 68, 76, 82, 97-107].

Ввиду того, что длина абонентских линий уже не является главным фактором, определяющим местоположение АТС на сети, замена оставшихся электромеханических станций будет осуществляться по принципу переключения телефонной нагрузки и укрупнения существующих АТС. Внедряемая электронно-цифровая АТС сможет заменить несколько электромеханических станций.

В связи с эксплуатацией в Азербайджане электронно-цифровых АТС типа DMS, System-X, System-12 требуется определение тактики построения и проектирования ГТС при внедрении электронных АТС. Технически необоснованное расположение вводимых отдельных цифровых АТС и цифровых систем передачи не может дать требуемого эффекта и ухудшит качественные показатели и, особенно, если цифровые системы коммутации (ЦСК) оказываются в аналоговом окружении [49-53, 56-59].

При построении городских телефонных сетей (ГТС) с применением электронно-цифровых АТС необходимо использовать следующие их преимущества:

- большую емкость станций;
- возможность создания практически любого требуемого числа направлений (для System-X до 2048);
- возможность анализа кодов любого числа и значности;
- получение полноступенчатых пучков линий;
- использование общего канала сигнализации (ОКС);
- возможность предоставления дополнительных видов обслуживания (ДВО);
- построение узловых районов большой емкости (до 100000 номеров АТС DMS).

Результаты исследований вопросов внедрения электронных АТС на смешанных аналого-цифровых телефонных сетях и рекомендации Международного Союза Телекоммуникации (МСТ) являются основными при внедрении электронных АТС [96-109].

Внедрение цифровых систем коммутации (ЦСК) требуется провести таким образом, чтобы обеспечить в будущем переход к чисто цифровой и интегральной по обслуживанию сети. Поэтому абоненты, включенные в разные цифровые АТС, должны связываться между собой только в пределах чисто цифровой сети, т.е. цифровая сеть должна строиться по методу "наложения".

Однако, введение цифрового оборудования не должно накладывать ограничений на внедрение аналогового оборудования в смешанных аналого-цифровых сетях и по возможности, не ухудшать качественных показателей существующих сетей.

Связь цифровых АТСЭ и узлов между собой в цифровой сети на ГТС может быть организована только по каналам цифровых систем передачи. Использование физических цепей и каналов систем с частотным разделением каналов (ЧРК) в данном случае исключается.

Связь опорных цифровых станций с концентраторами должна быть организована только по каналам цифровых систем передачи и поэтому цифровые АТС, узлы и цифровые системы передачи (ЦСП) должны внедряться комплексно, образуя выделенные узловые районы.

Для организации новых узловых районов на сетях с узлообразованием должны выделяться цифровые индексы "ав" из резервной номерной емкости.

В зависимости от емкости, внедряемая цифровая станция может занимать несколько десятитысячных индексов в нумерации сотысячных районов.

В выделенных узловых районах должна быть хотя бы одна электронно-цифровая транзитная станция (ТС), выполняющая следующие функции:

- обслуживание входящих вызовов к цифровой АТС от аналоговых АТС (ГАТС) или УИС данного района;
- обслуживание от цифровой АТС исходящего сообщения к аналоговым УВС или РАТС;
- установление между цифровыми АТС транзитных соединений при нецелесообразности организации прямых связей между ними;
- установление обходных соединений.

Для этих целей также допускается использовать и опорно-транзитные станции - электронные (ОПТСЭ). При организации входящей связи от станций и узлов декадно-шаговой системы к выделенным цифровым районам необходимо иметь отдельные пучки соединительных линий для каждой сотысячной группы (узла) цифровых АТС [58, 59, 68].

В этих узловых районах опорные АТС, не имеющие возможности транзита межстанционных каналов, должны соединяться или по принципу “каждая с каждой” или через опорно-транзитные станции ОПТС или через транзитные узлы. Опорно-транзитные станции и транзитные узлы соединяются по принципу “каждая с каждой”.

Связь электронно-цифровых АТС или узлов с аналоговыми станциями или узлами должна быть образована на базе каналов ИКМ, причем комплекты ИКМ рекомендуется устанавливать на аналоговых РАТС или узлах.

С внедрением электронно-цифровых АТС должна быть предусмотрена возможность организации обходных связей, в том числе, и для существующих на сети АТС координатных систем.

В пределах одной ГТС допускается только один переход от наложенной электронной и существующей аналоговой сети, т.е. один переход аналог-цифра-аналог при связи с существующей аналоговой сетью.

На ГТС должен быть принят подчиненный иерархический способ синхронизации, при котором одна электронная станция или узел является ведущей по тактовой частоте, а остальные ведомые.

Связь АТС и АМТС сети должна организовываться таким образом, чтобы в будущем, при внедрении цифровых систем передачи на магистральной сети обеспечить переход к чисто цифровой сети в пределах страны.

Поэтому в тех зонах, где внедряются цифровые АТС в перспективе должна предусматриваться установка электронно-цифровых АМТС. Цифровые АТС связываются с АМТС и цифровыми АМТС по каналам цифровых систем передачи [99].

При связи цифровых АТС и АМТС допускается только один переход аналог-цифра-аналог. Оборудование аналого-цифрового преобразования рекомендуется устанавливать на АМТС.

При внедрении цифровых АТС на ГТС с узлами входящего сообщения на них необходимо организовывать отдельные сто-, двухсот, трехсот- т. д. тысячные узловые районы с выделенными из резервной номерной емкости цифровыми индексами.

Условные обозначения, используемые на ЦСК, указаны на Рис. 5.1.



## 5.2. Внедрение цифровых АТСЭ на ГТС с узлами входящего сообщения (УВС)

Задачи расширения и проектирования на ГТС должны решаться так, чтобы на всех этапах разработки сети обеспечивалась максимальная структура будущей цифровой сети телекоммуникации [58, 75, 91, 112, 113].

До разработки схемы узлообразования должно быть осуществлено корректирование генсхемы развития рассматриваемой сети с тем, чтобы в соответствии с директивными планами распределения оборудования цифровых АТС и АТСК, были определены системы подхода по определению числа, емкости и местоположения предполагаемых к строительству новых районных АТС на ближайшие плановые периоды.

Рис. 5.1. Условные обозначения, используемые на сетях связи

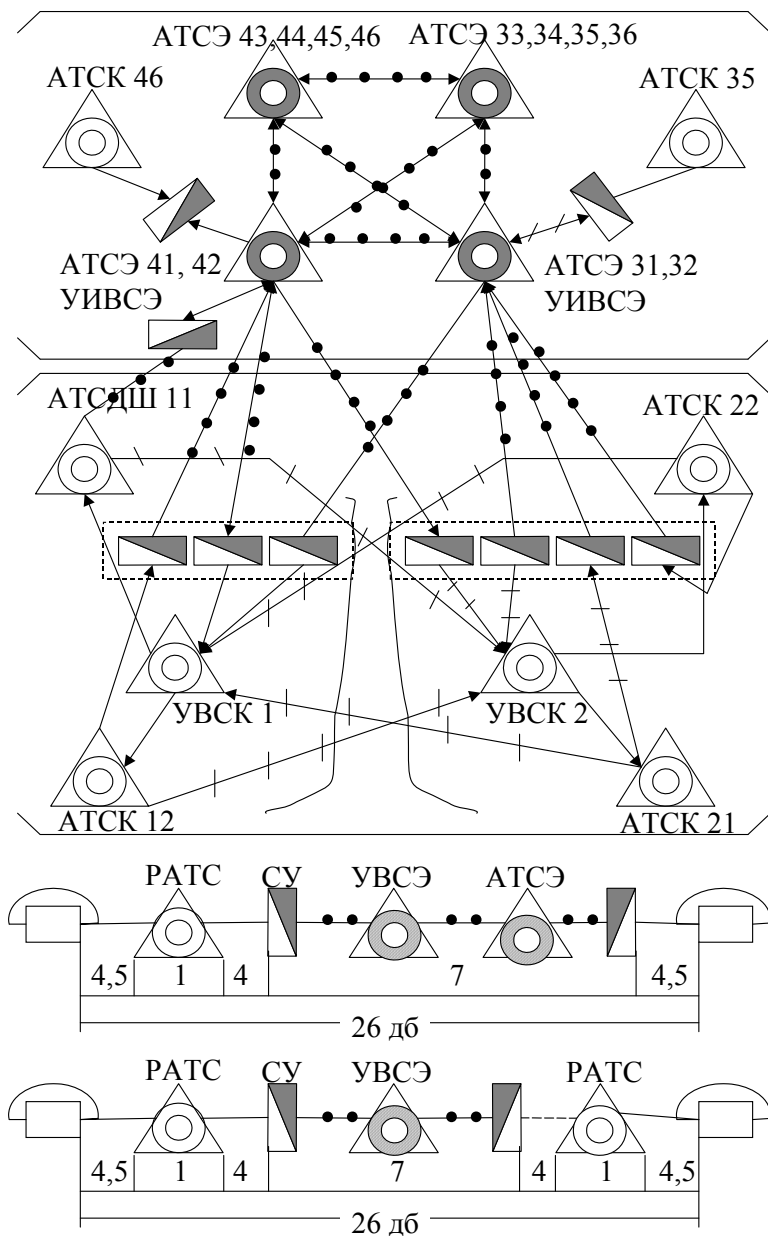


Рис. 5.2. Внедрение электронно-цифровых АТС на РТС с УВС

так и через опорно-транзитные и транзитные станции.

Выбор указанных способов связи определяется реальной связью между цифровыми АТС, наличием обходных связей и другими конкретными обстоятельствами.

Одним из условий благополучного внедрения электронных станций и узлов на ГТС является создание благоприятных предпосылок для организации обходных связей и для существующей и аналоговой техники. Электронно-цифровые АТС должны устанавливаться в местах реальной концентрации существующей или проектируемой телефонной нагрузки. Особое значение при этом приобретает внедрение концентраторов в места сосредоточения существующей телефонной нагрузки [58, 59, 96-104, 114,115].

Следует монтировать цифровые АТС большой емкости с использованием выносных концентраторов в другие районные АТС. В дальнейшем, при развитии ГТС и улучшении телефонной плотности на сети эти концентраторы могут быть переключены на вновь устанавливаемые ближайшие электронные станции, а ранее проложенные линейные тракты ИКМ к удаленным концентраторам могут использоваться для организации соединительных линий между цифровыми АТС.

Этапы внедрения цифровых АТС определяются:

- во-первых при наличии достаточно развитой сети дальнейших трактов ИКМ;
- во-вторых, потребностью в создании сетей с интегральными видами обслуживания с предоставлением абонентам кроме телефонной и других видов передачи данных (телефакс и т. д).

Определение границ выделенных узловых районов аналогично разработкам генсхемы аналоговых сетей связи, т.е. с учетом естественных административно-территориальных границ, существующих внутренних тяготений, наличия существующих состояний линейных сооружений.

Внутри выделенных узловых районов, предельная емкость которых определяется резервной номерной емкостью и возможностью коммутационного оборудования, следует стремиться к возможно большему использованию лимита номерной емкости. При этом емкость станции не обязательно должна быть кратка 10 тысячам (Рис. 5.2).

Особое значение имеет местоположение первых, сооружаемых в данном узловом районе, цифровых АТС. Они должны выбираться в учетом выполнения ими функций: опорной станции, транзитной станции или опорно-транзитной станции [51, 58].

Существуют следующие варианты связей между электронно-цифровыми АТС, в пределах выделенного узлового района:

- напрямую;
- только через опорно-транзитные и транзитные станции;
- комбинированные: как напрямую,

Замена морально и физически устаревшего оборудования должна производиться, исходя из реальной возможности в средствах ГТС и технического состояния эксплуатируемого оборудования.

### **5.3. Система сигнализации при внедрении цифровых АТС**

В соответствии с рекомендациями МСТ при связи двух цифровых систем коммутации между собой сигнализация между ними должна осуществляться по общему каналу сигнализации (ОКС) по системе сигнализации №7, с учетом существующих особенностей сетей нашей страны [1, 7, 49, 56-59, 67, 72, 75, 101, 114, 120].

Сигнализация между опорными станциями цифровых АТС и их концентраторами должна осуществляться по ОКС, тип которого определяется типом коммутационного оборудования.

Связь цифровых АТС со станциями координатной системы, в частности, сигналов управления должны осуществляться многочастотным способом, а АТСДШ - декадным способом.

Передача же линейных сигналов цифровых АТС, АТСК и АТСДШ осуществляется одним из ниже перечисленных способов:

- по двум выделенным сигнальным каналам в цифровых системах коммутации;
- по одному выделенному сигнальному каналу в системах передачи с частотным разделением каналов;
- батарейным по физическим 2-х или 3-х проводным цепям связи шлейфным по 2-х проводным цепям.

Совокупность ОКС, соединяющих станции и узлы цифровых АТС между собой, образуют сеть сигнализации. Кроме передачи сигнальной информации сеть сигнализации должна обеспечивать:

- передачу сигналов динамического управления;
- передачу сигналов технической эксплуатации;
- передачу сигналов тарификации телефонных разговоров.

Стыковка существующей системы сигнализации с ОКС должна осуществляться на уровне электронных узлов или опорно-транзитных станций. Система ОКС предназначена для передачи всех необходимых сигналов воздействия, которые нужны для установления соединения между АТС с централизованным или децентрализованным программным управлением, для обеспечения передачи сигналов, необходимых для осуществления дополнительных услуг и тарификации, технического обслуживания и эксплуатации [51, 58].

Система ОКС должна обеспечивать взаимодействие с существующими системами сигнализации, включая сигнализацию по заказно-соединительным линиям, междугородним соединительным линиям и процедуру автоматического определения номера вызывающего абонента (АОН).

Система ОКС состоит из следующих функциональных подразделений или уровней:

- Уровень 1. Звено передачи данных.
- Уровень 2. Звено сигнализации.
- Уровень 3. Функции сети сигнализации.
- Уровень 4. Пользователь системы сигнализации.

По возможности, для организации системы ОКС должен использоваться 16-й временной интервал.

Реализация оборудования ОКС не требует обязательности выполнения функции каждого уровня отдельными аппаратными средствами.

### **5.4. Затухание на ГТС при внедрении цифровых АТС**

Основной целью проектирования затухания телефонных сетей является стремление к обеспечению хорошей разборчивости разговоров для всех телефонных абонентов.

Поэтому проектирование затухания телефонной сети имеет большое значение и дает указания для соответствующей организации сети с разбивкой затухания, допустимого для полного соединения, на телефонные аппараты, местные и международные цепи.

Цифровые системы коммутации, в отличие от аналоговых систем, при цифровом окружении сами по себе затухания не вносят [50, 58-60].

При аналоговом окружении затухание станционного четырех-полюсника электронного оборудования равно 7 дБ.



Так, в цифровых АТС типа DMS или ДХ-200 затухание канала ИКМ, содержащего хотя бы одну такую станцию, определяется регулировкой низкочастотных окончаний в концентраторах и не может изменяться в зависимости от типа соединения. Общее затухание между двумя телефонными аппаратами во всех случаях для сетей бывшего Союза не должны превышать 28 дБ.

Типовые схемы распределения затухания на ГТС при внедрении на них цифровых АТС представлены на Рис. 5.3, Рис. 5.4.

Из данных рисунков можно сделать вывод, что в условиях цифрового окружения на сетях без узлообразования, нет никаких ограничений на использование цифровых АТС с точки зрения выполнения нормы затухания. На сетях с узлообразованием не рекомендуется, например, связывать цифровые АТС с УВС существующих электромеханических систем на правах РАТС.

Однако, не всегда имеется возможность доведения до АТС линейных трактов ИКМ. Вот почему цифровые АТС должны обеспечивать работу со всеми типами соединительных линий (СЛ), имеющих место на местных сетях бывшего СССР. На ГТС-ах для обеспечения этого условия на цифровых АТС должно устанавливаться оборудование связи с существующими станциями.

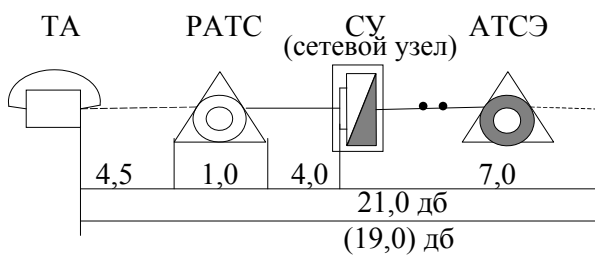
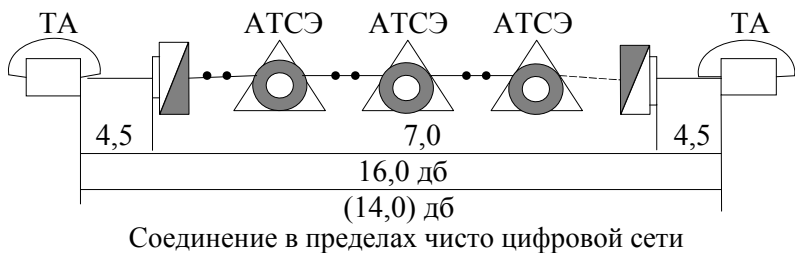


Рис. 5.3. Схема распределения затухания без узлообразования

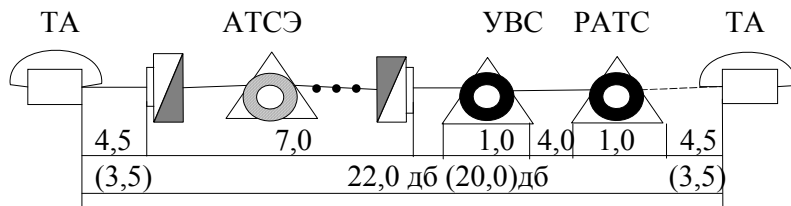
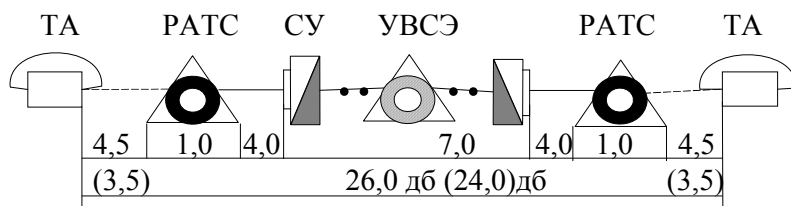
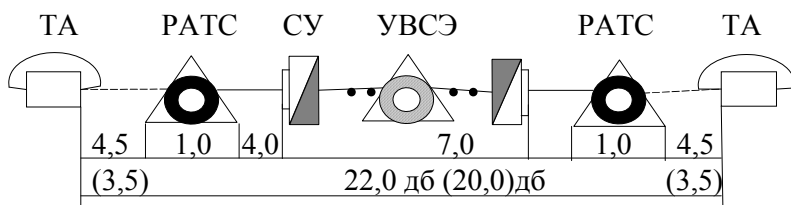
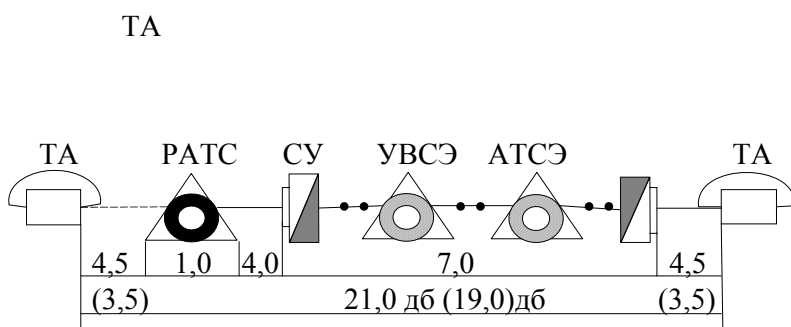


Рис. 5.4. Схема распределения затухания на ГТС с УВС

Совместная работа цифровых АТС с системами передачи с частотным разделением каналов - ЧРК (КРР, КАМА) обеспечивается путем организации постоянного четырехпроводного транзита в местах перехода от оборудования аналого-цифрового преобразования аппаратуры ИКМ к окончательному оборудованию системы с ЧРК.

Допустимые нормы распределения затухания в этом случае приведены на Рис. 5.5.

В соответствии с рекомендациями МСТ в стране со средней территорией для обеспечения соответствующей громкости между абонентом и четырехпроводным окончанием международной цепи номинальное эквивалентное затухание в

направлении передачи должно составлять не более 21 дБ, а с учетом 5-6 международных цепей между двумя абонентами максимальное эквивалентное затухание должно быть  $21+3+12=36$  дБ, в не менее, чем в 97% телефонных соединений.

### 5.5. Распределение потерь на ГТС при внедрении цифровых АТС

Хотя коммутационное поле (КП) занимает лишь 5-10% объема оборудования, а его стоимость 3-7% по сравнению со всем оборудованием цифровой АТС, наличие в КП важных и сложных вероятностных процессов оказывает существенное влияние на объем и стоимость остального оборудования.

При распределении норм потерь на цифровых и смешанных аналого-цифровых городских телефонных сетях необходимо учитывать следующие факторы:

- потери на цифровых системах коммутации и его сетях не должны превышать потери, которые имеют место на существующем оборудовании;
- внедрение ЦСК в существующие сети не должно увеличивать потери на этих сетях.

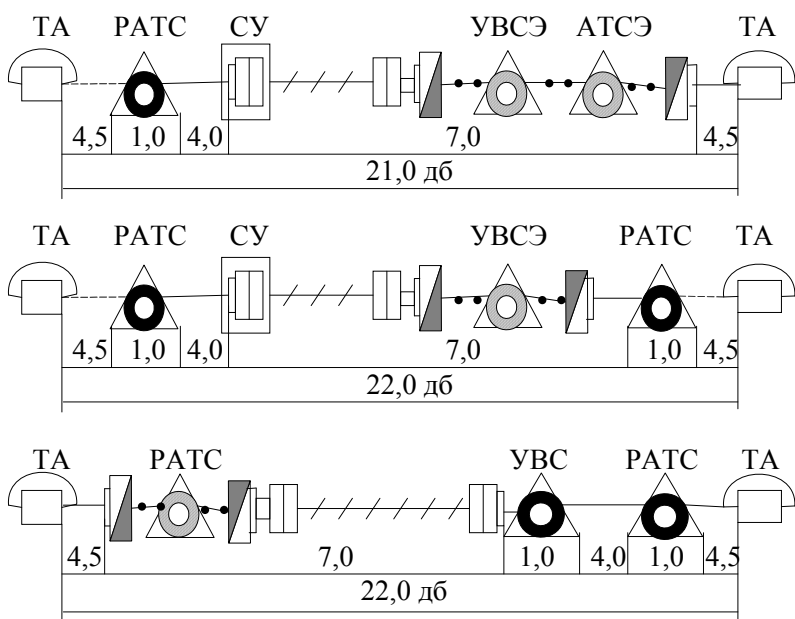


Рис.5.5. Распределение норм потерь при внедрении цифровых АТС

На цифровой АТС с программным управлением потери не должны превышать следующие значения:

- Соединение с абонентами своей станции - 0,01
- Исходящая связь к узлам - 0,005
- Исходящая связь к опорным станциям или ПАТС - 0,01
- Транзитная связь - 0,005
- Исходящая связь от цифровой АТС к АМТС по ЗСЛ - 0,005
- Исходящая связь от цифровой УИС к АМТС по ЗСЛ - 0,005

- 0,003
- Исходящая связь от другой станции или узла - 0,01
- Транзитная связь на опорную цифровую АТС по СЛМ - 0,001
- Исходящая связь к узлу спецсвязи - 0,001

Распределение норм потерь при разных вариантах связи приведено на Рис. 5.6. Потери при децентрализованном управлении значительно отличаются:

- Исходящая связь от подстанций к опорной цифровой АТС - 0,002
- Входящая связь от опорной цифровой АТС до подстанции - 0,006 - 0,01
- Входящая междугородная связь от опорной цифровой АТС до подстанции - 0,002
- Собственные потери цифровых АТС в их подстанциях не более - 0,001

При входящей и исходящей связи нормы потерь включают в себя как потери на концентраторах и соединительных линиях: концентраторы - опорная станция, так и потери в самой опорной станции.

Собственные потери как опорных станций, так и в концентраторах ограничиваются в пределе 0,001.

Рекомендации по распределению потерь должны соответствовать требованиям МСТ - Q 504 и G 111.

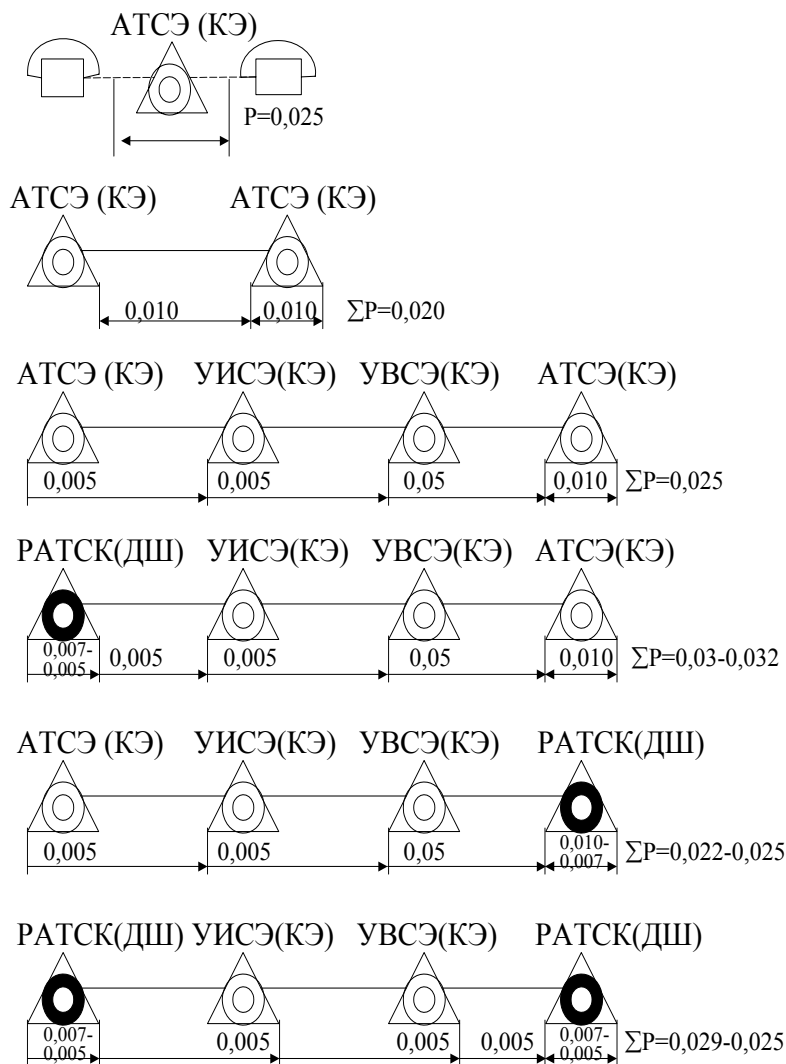


Рис.5.6. Распределение норм потерь при внедрении цифровых АТС

## 5.6. Внедрение цифровых АТС на существующих ГТС

Цифровые АТС рекомендуется устанавливать в местах, где имеются два условия [51, 58]:

- во-первых, имеется достаточно развитая сеть линейных трактов ИКМ;

- во-вторых, существует потребность в создании сетей с интегральными видами обслуживания с целью обеспечения дополнительных видов связи.

Следует учитывать следующие возможности цифровых АТС:

- расширение емкости существующей телефонной сети в районах старой застройки, где не имеется возможность строительства новых зданий АТС, при условии замены существующего оборудования на электронное, которое занимает мало места;
- возможность телефонизации пригородных районов с низкой телефонной плотностью.

В зависимости от условий цифровые АТС должны устанавливаться в местах

концентрации существующей или проектируемой телефонной нагрузки.

Цифровые АТС рекомендуется устанавливать возможно большей емкости, начиная с 20 тыс. номеров до 100 тыс. номеров.

При достижении плотности 50 тел. на 100 жителей с высокой поверхностью телефонной плотности 100-200 тел на гектар, в одном здании может быть установлено несколько, до 4-х цифровых АТС, общей емкостью от 50 до 160 тыс. номеров, что позволяет:

- уменьшить эксплуатационные расходы на содержание цифровых АТС;
- сократить расходы на строительство зданий;
- эффективно использовать цифровые системы передачи ИКМ-120 и ИКМ-480 на межстанционных связях, а также стекловолоконные кабели связи.

Минимальное расстояние от внедряемых цифровых АТС до концентраторов предусматривается в пределах 1-2 км, что зависит от плотности телефонных аппаратов на 100 жителей. Предпочтительнее

концентраторы размещать в местах, где расположены предприятия связи и имеется возможность надзора за их работами. Так, размещение концентраторов рекомендуется производить в существующих зданиях АТС и почтовых отделениях, в спецзданиях для этой цели.

Применение концентраторов приводит к отказу в необходимости и установке распределительных шкафов, т.к. их роль практически будут выполнять кроссы удаленных концентраторов [51].

В условиях низкой телефонной плотности и на начальных этапах внедрения цифровых АТС предполагается установление подстанций в других станционных районах сети, как в специальных помещениях, так и в помещениях районной АТС электромеханических систем.

Это позволит в дальнейшем, в случае необходимости, устаревшее оборудование снять, а в освободившееся помещение установить новую цифровую АТС.

Наибольший экономический эффект от внедрения цифровых АТС будет иметь место, если внедрять их на каких-либо определенных заранее, отобранных сетях, т. к. при этом сокращаются затраты на переходное аналого-цифровое оборудование [7, 28, 58, 60, 67, 105, 115].

На районированных ГТС без узлообразования внедренные АТСЭ связываются по принципу “каждая с каждой”. Связь с существующим оборудованием должна быть или непосредственно, или через вновь устанавливаемые транзитные или опорно-транзитные станции, выполняющие роль узла исходящего - входящего сообщений.

Таким образом, при внедрении ЦСК на ГТС с узлами входящего сообщения, для них необходимо организовать отдельные сто, двухсот и т.д. тысячные узловые районы, для которых выделяются отдельные соты из резервной номерной емкости.

При организации входящей связи от существующих систем РАТС к внедряемым цифровым АТС, на сети должны быть установлены УИВСЭ, выполняющие роль УВС, что вызвано невозможностью существующих систем АТС обрабатывать необходимое число двухзначных входов, требуемых для организации отдельных направлений от существующих АТСК и АТСДШ к цифровой АТС.

В связи с этим, соединение от АТСК (ДШ) к цифровой АТС устанавливается по первой цифре номера вызываемого абонента к ближайшему УИВСЭ, который и направляет вызов дальше к требуемой цифровой АТСЭ.

Связь от цифровой АТСЭ к существующей АТСК (ДШ) выполняется через существующие УВС с целью уменьшения числа переключений при вводе АТСЭ. Соединение от цифровой АТСЭ к УВСК (ДШ) осуществляется непосредственно или через УИВСЭ. Преимущество здесь определяется от нагрузки и путем технико-экономического сравнения вариантов.

Пример такой сети с УВС приведен на Рис. 5.7.

Входящая связь от АМТСЭ к цифровой АТСЭ на сети с УВС осуществляется непосредственно отдельными пучками СЛМ по каналам цифровых систем передачи.

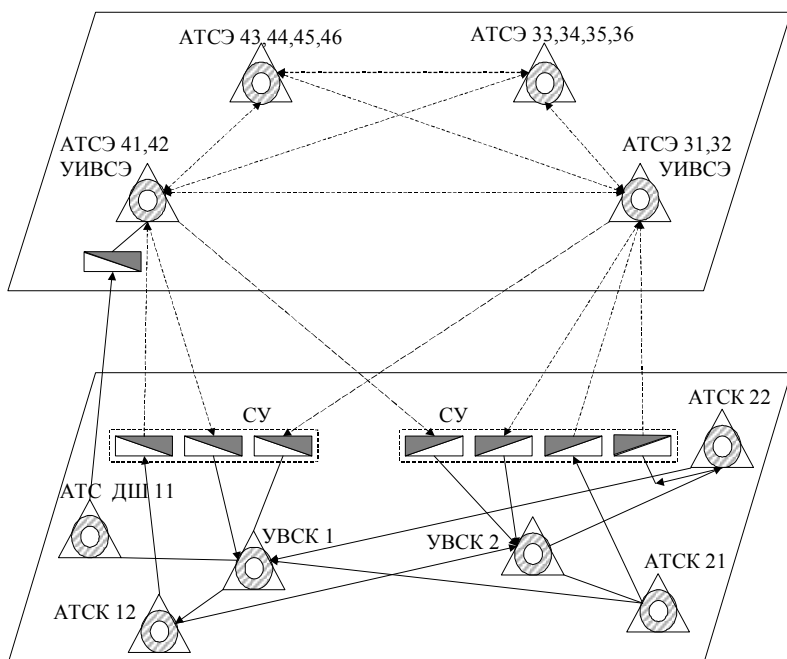


Рис. 5.7. Схема внедрения цифровой АТСЭ на ГТС с УВС

## **ВЫВОДЫ**

1. Получены общие принципы построения ГТС при внедрении электронно-цифровых систем коммутации, с учетом их преимуществ.
2. Рекомендованы принципы внедрения цифровых АТСЭ на существующих ГТС с узлами входящего сообщения.
3. Выведены основные нормы затухания для существующих сетей телекоммуникации при внедрении цифровых систем коммутации, в зависимости от принципа построения сетей.
4. Предложен принцип распределения потерь на ГТС при внедрении электронно-цифровых систем коммутации с учетом рекомендаций МСТ.
5. Получена последовательность внедрения цифровых систем коммутаций при существующем аналоговом окружении.

## **VI. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ АХЕ-10 ДЛЯ МЕСТНОЙ ТЕЛЕФОННОЙ СЕТИ**

### **6.1. Общие сведения**

Система АХЕ-10 разработана фирмой ERICSSON (Швеция) в 1972 году. В бывшем Союзе данная система поставлялась из Югославии, где она производилась по лицензии фирмой "Никола Тесла" как автоматическая междугородная телефонная станция (АМТС) [3, 58, 68, 76, 82]. В начальном варианте данная станция была квазиэлектронная, т.е. коммутационное поле станции выполнялось в аналоговом варианте, с использованием в качестве коммутационных элементов - герконов, при полностью электронной системе управления [76].

Затем станция стала полностью электронной, где коммутационное поле выполнено в цифровом варианте и коммутирует каналы ИКМ с помощью электронных контактов цифровой системы управления.

Система АХЕ-10 рекомендуется к использованию в качестве городской, междугородной и международной телефонной станции. Она может быть также использована в качестве транзитной и смежной коммутационной системы. Цифровая система АХЕ-10 является станцией с записанной программой (ЗП), управляемой от одной до восьми спаренных центральных процессоров (ЦП), работающих в параллельно-синхронном режиме [106, 107, 11, 127].

Управление блоков и подсистем АХЕ-10 обеспечивается требуемым количеством спаренных периферийных процессоров (ПП), работающих в режиме распределения нагрузки.

Один спаренный центральный процессор может управлять максимально 512 периферийными процессорами.

Каждый периферийный процессор управляется только одним спаренным центральным процессором.

При необходимости обслуживания вновь подключаемых каналов и оборудования, вызванных расширением емкости станции, дополнительно устанавливаются спаренные ЦП с закрепленными за ними периферийными процессорами.

### **6.2. Цифровая система АХЕ-10 для местной телефонной сети**

#### **6.2.1. Основные блоки системы АХЕ-10**

Цифровая система АХЕ-10 для местной телефонной станции имеет модульную структуру четырехуровневой иерархии:

- системы;
- подсистемы;
- функциональные блоки;
- функциональные узлы;

Функциональные узлы реализуются техническими средствами -ТС (аппаратурно) и программным обеспечением- ПО.

Модульное иерархическое построение станции упрощает управление, наращивание емкости, расширение функций и адаптацию к различным условиям проектируемой станции.

Упрощенная блок-схема цифровой системы АХЕ-10 для местной телефонной станции представлена на Рис. 6.1 и содержит следующие функциональные подсистемы [127]:

1. Выносной (удаленный) коммутационный модуль - RSS.
2. Степень абонентского искания - SSS.
3. Степень группового искания - GSS.
4. Подсистема линейных комплектов и сигнализации - TSS.
5. Блок центральных процессоров - CPU.
6. Блок технического обслуживания - MAS.
7. Блок управления ввода/вывода - IOS.

Учитывая, что система АХЕ может быть использована как международная и междугородная телефонная станция, к указан-

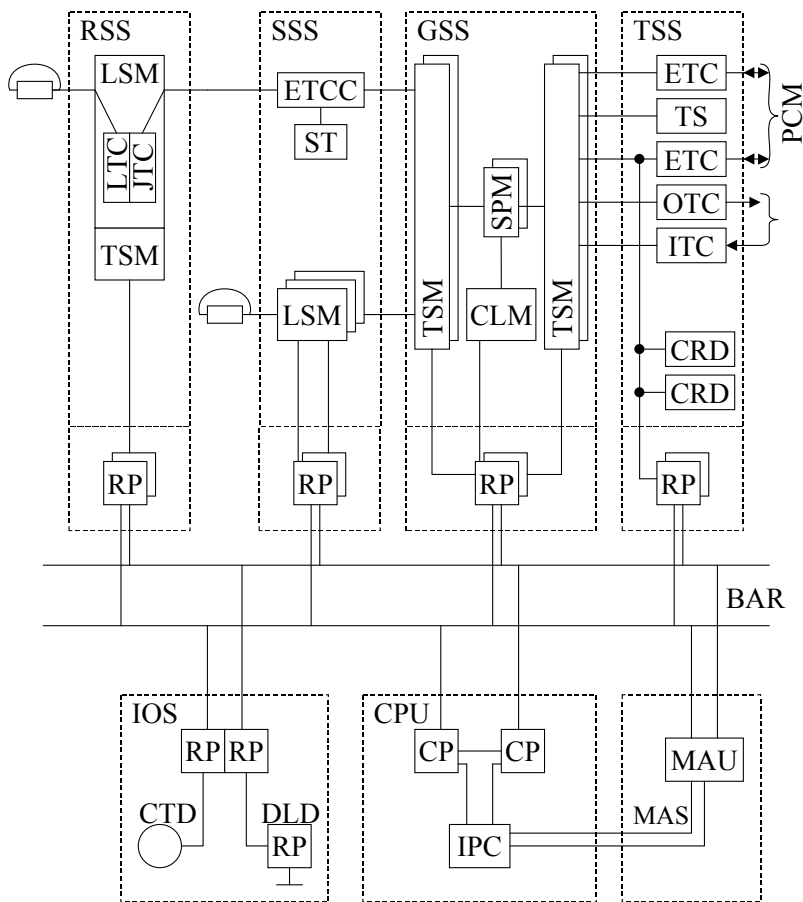


Рис. 6.1. Упрощенная блок-схема цифровой AXE-10

ным блокам могут быть добавлены следующие функциональные подсистемы:

- внешние устройства (ВУ).
- рабочие места телефонисток (PTM).
- устройство учета стоимости переговоров (УУСП) и т.д.

Основной выносной (удаленный) абонентский модуль -RSS является модуль концентрации абонентских линий - LSM и региональные (периферийные) процессоры -RP.

Модуль концентрации абонентских линий АЛ-LSM состоит из трех частей:

- комплектов абонентских линий - LIC;
- шнурового комплекта - JTC;
- временного коммутационного поля -TSM.

Шведские разработчики на выносные абонентские модули смотрят как на удаленные коммутационные модули.

Выносной абонентский модуль RSS является

дистанционным концентратором способным включить в себя до 16 модулей концентрации абонентских линий -LSM, содержащих по 128 абонентских линий (АЛ) в каждом, и максимально подключающий 2048 АЛ. Между выносным абонентским модулем RSS и опорной цифровой станцией AXE-10 может быть до 16 цифровых систем передачи (ЦСП) ИКМ-30.

Ступень абонентского искания -SSS является начальной ступенью опорной цифровой АТС AXE-10 к которой с помощью комплектов цифровых соединительных линий подключаются выносные абонентские модули RSS.

Основным оборудованием SSS являются модули концентрации абонентских линий LSM, к которым подключаются абонентские линии опорной цифровой местной станции AXE-10, обслуживающие нагрузку 400 Эрлангов в оба направления, т.е. 0,2 эрл. на одну абонентскую линию [58, 68, 76].

Для осуществления полного доступа к внутренним цифровым линиям с помощью импульсно-кодовой модуляции (ИКМ) связь между абонентской SSS и групповой ступенью искания GSS, осуществляется внутренней шиной, через временную ступень TSM всех 16 модулей LSM. Ступени абонентского и группового искания связываются с помощью 480 внутренних ИКМ-30. В состав ступени группового искания, кроме периферийных региональных процессоров -RP, входит также и сигнальный терминал - ST для обмена сигналами управления. Ступень абонентского искания является входящей ступенью для опорной цифровой телефонной станции.

Следующей основной ступенью цифровой местной станции AXE-10 является ступень группового искания GSS, являющаяся полностью доступной, построенная по принципу "Временная - Пространственная-Временная". -TST коммутация [3, 68, 76].

Вход и выход группового искания обеспечивается временной группой -TSM, а связывающим звеном является пространственная группа - SPM.

Ступень группового искания GSS может иметь емкость:

- 16384;
- 32768;

- 49152;
- 65536 временных канальных интервала (КИ).

Как и другие ступени, GSS также имеет периферийные (региональные) процессоры (RP) и блок, который устанавливается только на ступени GSS, и выполняющий синхронизацию цифровых сигналов в блоках временной -TSM и пространственной -SPM коммутации, называемый блоком тактовой синхронизации-CLM.

Следовательно, синхронизация цифровых сигналов в блоках временной и пространственной коммутации осуществляется с помощью блока тактовой синхронизации-CLM.

Функцию исходящей ступени выполняет ступень линейных комплектов и сигнализации -TSS. Данная ступень обеспечивает исходящие каналы ИКМ и необходимые для них общеканальные сигнализации (ОКС), а также аналоговые линии с помощью комплектов исходящих соединительных линий-ОТС, и комплектов входящих аналоговых соединительных линий -ИТС.

Сюда же входят: кодовый приемник - CRD и кодовый передатчик -CSD.

Функции управления каждой ступени производятся периферийными процессорами - RP, связанными через шины с другими подсистемами станции.

Следующей важной подсистемой АХЕ-10 является блок центральных процессоров, состоящий от одного до восьми однотипных управляющих модулей.

Один модуль содержит два центральных процессора, работающих в параллельно-синхронном режиме.

Центральные процессоры имеют три вида запоминающих устройств:

- запоминающие устройства программ - PS;
- запоминающие устройства данных - DS;
- запоминающие устройства адресов - RS.

Запоминающие устройства имеют следующие емкости:

PS-1024 К слов, где K=1024, с длиной слов 16 бит; DS и RS -64 К слов, с длиной слов -32 бит [3, 76, 127].

Один управляющий модуль может обслуживать в среднем в час наибольшей нагруженности (ЧНН) 144000 вызовов. Следовательно, на цифровой местной станции АХЕ -10 максимальной емкости, в ЧНН может обслуживаться 1152000 вызовов.

Основные функции подсистемы технического обслуживания процессоров выполняются блоком технического обслуживания -MAS , в функцию которого входят:

- обнаружение неисправностей;
- локализация возникающих неисправностей;
- оперативное обслуживание информацией технического персонала;
- устранение неисправностей (включая ремонт);
- проверка результатов ремонта.

Подсистема MAS содержит блок обслуживания -MAU, который осуществляет контроль за параллельной синхронной работой каждой пары процессоров. Кроме того данный блок выполняет функции диагностики отказов, обнаружение и анализ отказов в центральных и периферийных процессорах.

Блок управления вводом/выводом - IOS состоит из дисплея (DLD), сигнальных панелей, рабочих мест оператора , а также устройств передачи данных (стандартные каналы или модемы). Сюда же относят и внешние запоминающие устройства - это магнитные диски и ленты (CTD).

### **6.2.2. Техническая характеристика цифровой АХЕ-10**

Предельная емкость цифровой системы АХЕ-10 для местных сетей может достигать до 200 000 абонентских линий, с пропускной способностью 30 000 Эрлангов, при количестве обслуживаемых вызовов в ЧНН равном 1 000 000 (миллион).

Система АХЕ-10 является станцией с широкими возможностями для внедрения [3, 58, 68, 76, 106, 110, 127].

Нет проблем и с сигнализацией, которая адаптирована к любой системе: линейной и абонентской сигнализации, в том числе общий канал сигнализации (ОКС), сигнализация N7.



Выносные (удаленные) абонентские модули АХЕ-10 наделены функциями оконечных АТС, в связи с чем несмотря на небольшую емкость (2048АЛ), включаемое в них количество абонентских линий может достичь нескольких десятков тысяч в радиусе 5 км от опорной АТС.

Удаленный абонентский модуль RSS АХЕ-10 состоит из 16 модулей по 128 номеров в каждом. Система АХЕ-10 имеет групповую ступень GSS, являющуюся трехзвенным коммутационным полем.

Ступень группового искания - полнодоступная, построенная по структуре Т - S - Т, с вторичным мультиплексированием.

Станция АХЕ-10 имеет интерфейс с ЦСП как с ИКМ-30, так и ИКМ - 24, широко используемым в США.

Управление на цифровой АТС АХЕ-10 иерархическое, с распределением нагрузки и функций.

Основным питающим напряжением системы АХЕ-10 является напряжение 48В постоянного тока, с допустимым колебанием напряжения от 44 до 60 В.

### 6.2.3 Ступень абонентского искания - SSS

Ступень абонентского искания SSS может обслуживаться как ступень абонентского искания, в местной телефонной станции, или как удаленный модуль (RSS).

Блок абонентского искания (SSN-D) создается из модулей концентрации абонентских линий - LSM, от 1 до 16, называемый местным абонентским модулем. Каждый местный абонентский модуль - LSM, содержит 128 абонентских линий, соединяющихся по цифровому пути со ступенью группового искания с помощью одного блока шнурового комплекта - JTC и станционных комплектов - ЕТВ [106].

Таким образом, максимальная емкость одного блока абонентского искания SSN -D, равна 2048 линий и 16 JTC. Местные абонентские модули LSM соединяются между собой через шины временной коммутации TSB. Поскольку абонент в любой LSM имеет полный доступ ко всем шнуровым комплектам JTC, то пропускная способность блока абонентского искания SSN-D зависит от количества шнуровых комплектов - JTC и станционных комплектов -ЕТВ.

Максимально комплектованный цифровой блок абонентского искания способен к двухстороннему пропусканию трафика, порядка 400 Эрл., что составляет в среднем 0,2 Эрл. на одну абонентскую линию.

Рассмотрим объем блока цифрового абонентского искания, величина которого зависит от числа местных абонентских модулей, к которым подключают абонентские линии. Следовательно, количество LSM равно:

$$LSM = N / 128 ; \quad (6.1)$$

Связь ступени абонентского искания с групповой обеспечивается шнуровым (JTC) и станционными (ЕТВ) комплектами соединительных линий (СЛ). С точки зрения трафика, каждый шнуровой комплект обеспечивает 32, а станционный комплект 31 двухсторонний разговорный канал. Каналы занимают в течении каждого вызова.

В отличие от шнуровых комплектов, один канал в станционных комплектах резервируется для сигнализации.

Каждый станционный комплект -ЕТВ, в цифровой групповой ступени, завершается комплектом цифровых соединительных линий (СЛ) для общеканальной сигнализации ОКС (ЕТСС). Для исходящих вызовов шнуровые и станционные комплекты управляются по системе с задержкой, а для завершенных вызовов по системе с потерями.

Общее число разговорных каналов (N) доступных для каждого цифрового блока абонентского искания, т.е. для SSN - D, с учетом количества комплектов JTC/ЕТВ равно:

$$\begin{aligned} N &= JTC \times 32 && (\text{где } 1 \leq JTC \leq 16); \\ N &= 30 && (\text{для одного ЕТВ}) \\ N &= 2 \times 30 + (ЕТВ - 2) \times 31 && (\text{при } 2 \leq ЕТВ \leq 16) \end{aligned} \quad (6.2)$$

Структура цифровой абонентской ступени - (SSS) представлена на Рис. 6.2.

Как видно SSS, как абонентская ступень, может обслуживать как местную станцию, так и удаленный коммутационный модуль - RSS. Абонентские модули LSM связываются между собой через временные коммутационные шины - TSB. Отсюда абонент любой LSM имеет полный доступ к комплектам JTC / ЕТВ.

Установка временного интервала между абонентской линией и комплектами JTC / ЕТВ выполняется неблокирующей временной коммутацией -TS.

### 6.2.4. Ступень группового искания - GSS

Цифровое коммутационное поле ступени группового искания - GSN-D предназначено для коммутации групповых трактов и соединения  $i$ -го временного канала одного входящего группового тракта с  $j$ -м временным каналом другого исходящего группового тракта [76, 11, 127].

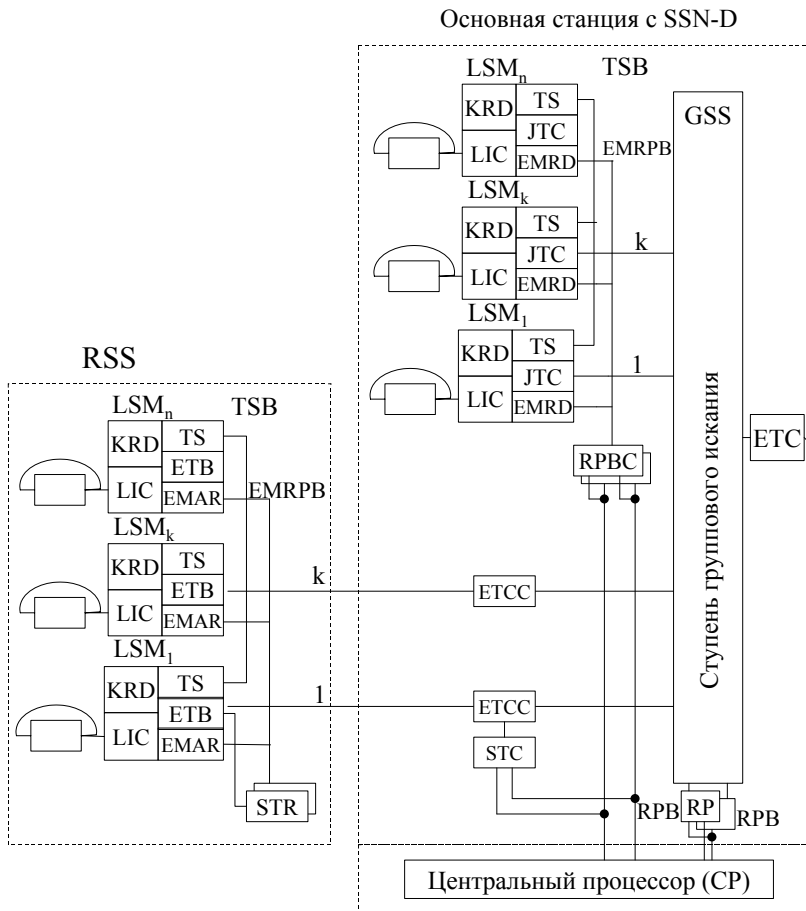


Рис. 6.2. Структурная схема цифровой абонентской ступени (SSS)

Цифровое коммутационное поле ступени ГИ GSN-D строится с полным резервированием всех блоков по схеме время - пространство - время, т.е. TSM - SPM - TSM.

Временной коммутационный модуль - TSM состоит из буферных памяти, а пространственный коммутационный модуль - SPM состоит из цифровой скрещенной матрицы с помощью электронных контактов [68, 76, 82].

Модули временной коммутации - TSM, служат для того, чтобы по командам из центрального процессора - CP перенести информацию из  $i$ -го временного канала одного группового тракта в  $j$ -й канал другого группового тракта, т. е. "сдвинуть" эту информацию во времени, что показано на Рис.6.3. Здесь SSA/SSB являются речевыми запоминающими устройствами.

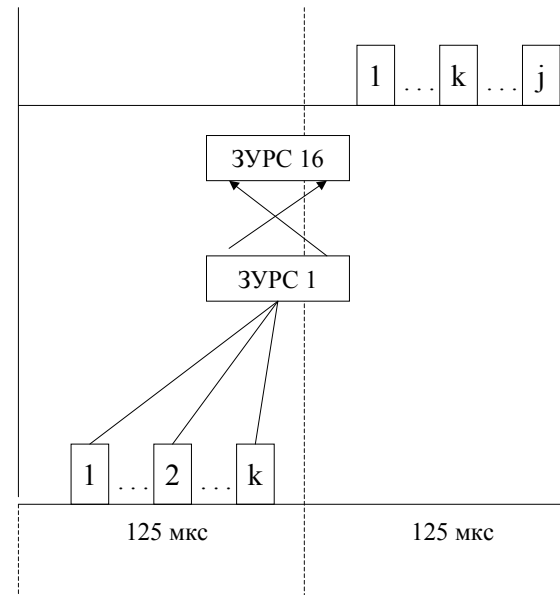


Рис.6.3. Структура цифрового коммутационного поля ГИ (GSN-D)

Модули пространственного коммутационного поля, создаются из ЭГМ с помощью электронных контактов и осуществляют коммутацию групповых трактов.

Ступень ГИ максимально может содержать 128 спаренных модулей TSM и 16 модулей пространственной коммутации. Следовательно, максимальная емкость ступени группового искания - GSS равна  $32 \times 16 \times 128 = 65536$  цифровых каналов.

Для надежности коммутационное поле, создаваемое для группового искания целиком дублируется в две отдельные схемы, работающие синхронно. Каждый временной коммутационный модуль - TSM, включает 16 групповых трактов по 32 каналов каждый, т.е.  $16 \times 32 = 512$  цифровых каналов.

Коммутационное поле ГИ является неблокирующимся.

Путь через коммутационное поле КП на станции устанавливается на период занятия каждого поступающего вызова [127].

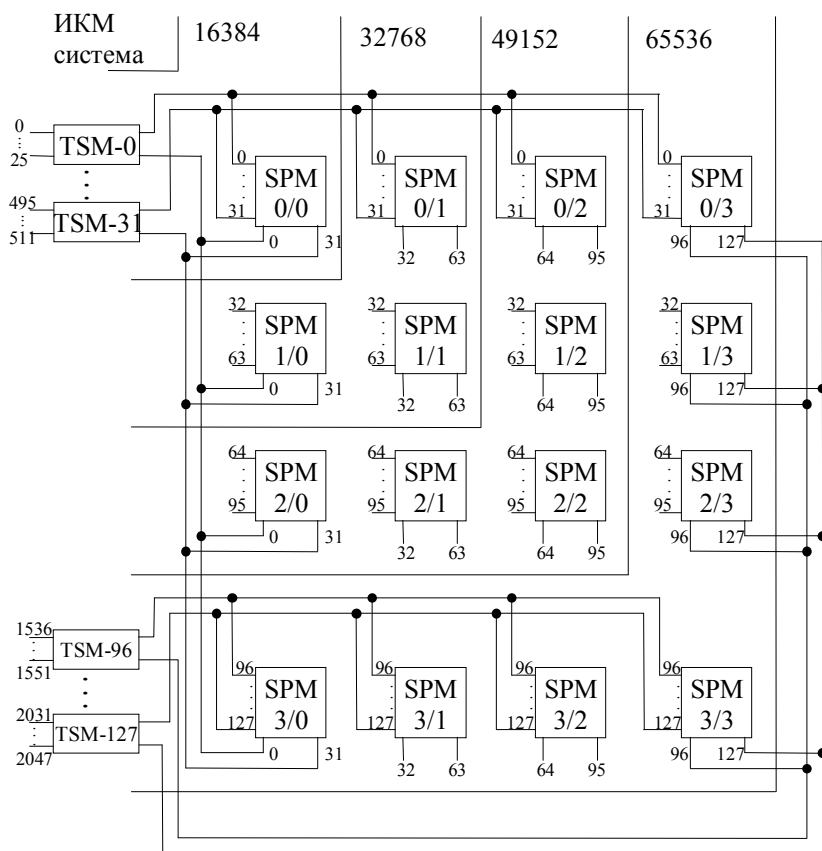
Групповая ступень GSN-D цифровой системы коммутации AXE-10 представлена на Рис. 6.4.

Как видно из рисунка 6.4 имеются четыре шага расширения для SPM 16384, ... 65536 КИ. Следует указать, что любая позиция ступени может быть равномерно использована без каких-либо изменений.

Коммутационная схема GSN-D является фактически неблокирующейся, и поэтому определена размером, т.е. емкость определяется физическими терминалами, подключаемыми к ним.

Необходимыми параметрами для комплектации ступени ГИ (GSS) являются:

- ЛТС - количество шнуровых комплектов;
- ЕТСС - число блоков ОКС;
- РСД - количество мультиплексоров ИКМ;
- ЕТС - станционные комплекты;
- ММ - многоцелевой комплект СЛ для ДВО;
- ТSM - требуемое количество временной коммутации;
- SPM - размер требуемого пространственного коммутатора.



Процедура определения объема оборудования сводится к следующей:

1. Количество TSM определяется от количества ЛТС, ЕТСС, РСД, ЕТС и ММ.

$$TSM = \frac{ЛТС + ЕТСС + РСД + ЕТС + ММ}{16} \quad (6.3).$$

2. Размерность SPM определяется в зависимости от количества TSM из нижеследующей таблицы 6.1

Рис.6.4. Коммутационное поле групповой ступени искания GSN-D

Таблицы 6.1

Количество TSM	1-18	9-16	17-24	25-32	33-48	49-64	65-96	97-128
Размер SPM	4K	8K	12K	16K	24K	32K	48K	64K
Кол-во накопителя	1/2	1	1½	2	7	8	18	32

Один трехзвенный коммутационный модуль цифровой станции АХЕ-10 состоит из 32 блоков TSM (16 блоков TSM на входе и 16 блоков TSM на выходе), и одного блока SPM, представляющий собой электронный соединитель 3 x 32.

Развернутая схема групповой ступени GSS на 16384 канальных интервала представлена на Рис.6.5.

Основные устройства, указанные на Рис.6.5. следующие:

S/P и P/S - преобразователи последовательного кода в параллельный, и наоборот;

MUX и DMUX - мультиплексор и демультиплексор;

SSA и SSB - речевые запоминающие устройства (РЗУ) первого и третьего звеньев;

CSC - управляющее запоминающее устройство (УЗУ), пространственной ступени (SPM);

CSAT/CSBT - объединенное управляющее запоминающее устройство (УЗУ), временной ступени (TSM);

TSMO...TSM31 - номер временной ступени;

SPM - пространственная ступень;

RP - периферийный процессор.

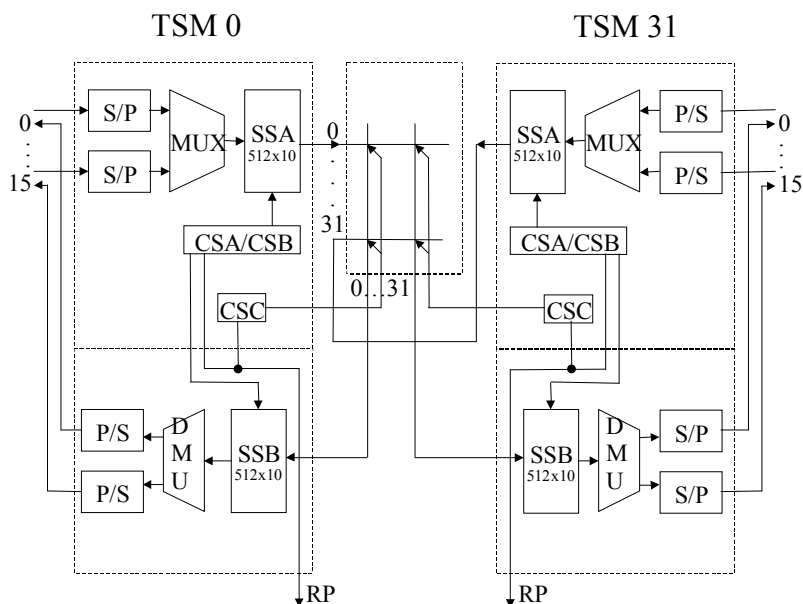


Рис.6.5. Развернутая схема ГИ-GSS на 16384 канальных интервала

#### 6.2.5. Подсистема линейных комплектов и сигнализации -TSS

Подсистема необходима для приема и передачи линейных сигналов и сигналов управления станции [76, 127].

В состав данной подсистемы входят:

- исходящие, входящие и двухсторонние комплекты, аналоговые (ИТС, ОТС), цифровые (ЕТС, ВТС).
- терминал обмена сигналами управления (ST).
- кодовый приемник -CRD и кодовый передатчик - CSD.
- периферийный процессор -RP.

Подсистема приспособлена и для подключения комплектов для междугородних каналов.

Кодовые приемники CRD и передатчики CSD необходимы

для приема и передачи сигналов управления многочастотным кодом и подключения их к ступени группового искания - GSS.

Для преобразования аналоговых сигналов в ИКМ используются блоки аналогового преобразования - (А/D). Функции управления входящими и исходящими сигналами взаимодействия распределены между центральными и периферийными процессорами.

Центральные процессоры -СР, необходимы для выполнения ряда функций со сложной логикой, или функций требующих использования большого количества данных.

Периферийные процессоры -РР, выполняют, как правило, функции в пределах подсистемы и требуют быстрой обработки (опознавание сигналов взаимодействия и сканирование устройств).

Принцип подключения аналоговых исходящих (ОТС), входящих комплектов (ИТС), двухсторонних комплектов(ВТС) и цифровых комплектов ЕТС к ступени группового искания показан на Рис.6.6.

При определении количества комплектов ИТС, ОТС и ВТС исходят из условия их предоставления каждой линии.

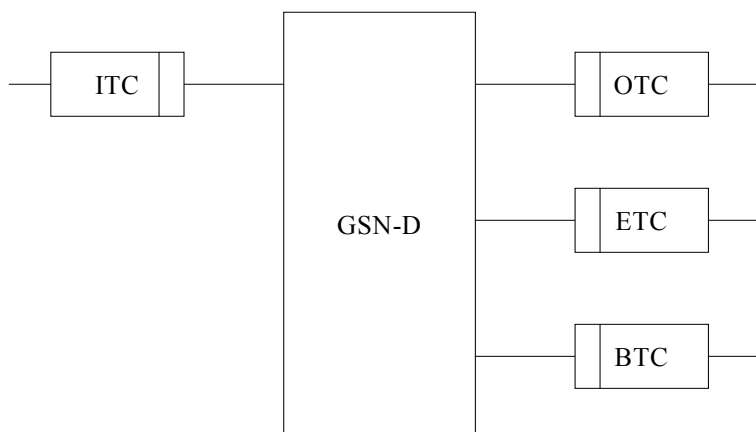


Рис.6.6. Принцип подключения аналоговых комплектов к цифровой ступени группового искания (GSS)

Как видно из Рис.6.6. цифровые соединительные линии завершаются станционными комплектами (ЕТС). Каждый комплект ЕТС имеет емкость одной системы импульсно-кодовой модуляции (ИКМ) - до 30 разговорных канала. Определение количества вышеуказанных комплектов производят для чисто случайной нагрузки. Однако, для определения количества комплектов ОТС и ИТС используют два различных метода, т.е.:

- 1) для случайного трафика;
- 2) для повторного трафика, или избыточного трафика.

В первом случае количество комплектов определяется формулой Эрланга, а во втором случае - согласно методу Уилкинсона. Цифровые соединительные линии завершаются на станции с помощью

комплекта -ЕТС. Методика определения ЕТС, такая же, как ОТС и ВТС. Каждый ЕТС имеет емкость одной ИКМ системы, т.е. 30 разговорных каналов. Следует указать, что все аналоговые СЛ, шнуровые комплекты, устройства услуг и т.д. требуют мультиплексорного устройства ИКМ, необходимого для связи этих аналоговых устройств с цифровым блоком группового искания - GSS. Такие мультиплексорные устройства ИКМ обозначаются - РСД. Имеются два вида РСД: с доступной емкостью 30 устройств и другой - с емкостью 32 устройств. Качество РСД может быть оценено от количества аналоговых устройств накопителей, связанных с GSS [76, 106, 111].

Для определения РСД требуются следующие параметры:

$EM_i$ - количество устройств в накопителе требуемого  $i$  вида ( $i=ИТС, ОТС$  и т.д.).

$D_i$  - количество устройств в накопителе вида  $i$ , который может завершится в одном устройстве РСД.

Таким образом РСД равно:

$$PCD = \sum \frac{EM_i}{D_i} \quad (6.4).$$

### 6.3 . Принципы расчета коммутационного оборудования АХЕ-10

#### 6.3.1. Исходные данные к расчетам

Расчеты ведутся для цифровой АХЕ-10 местной телефонной сети.

Принято, что 100% абонентов пользуются телефонными аппаратами (ТА) с тастатурным набором. К исходным данным относятся следующие данные о трафике: 1. Исходящая нагрузка (трафик) на одного абонента, равная - 0,09 Эрл. 2. Поступающая нагрузка (трафик) на одного абонента, равна - 0,08 Эрл. 3. Входящий трафик на одну соединительную линию (СЛ), равен - 0,70 Эрл. Распределение возникающего трафика по направлениям, принятое фирмой Эрикссон следующее [96, 106, 127]:

1. Внутренний (внутристанционный) трафик - 20%
2. Исходящий трафик от станции:
  - а) местный, многочастотный способ - 40%
  - б) местный, декадный способ - 30%
  - в) дальний (региональный + междугородный), многочастотный способ - 30%

Аналогичное распределение и для входящего трафика.

К исходным данным относится и следующее время занятия:

- а) для внутренней и местной нагрузки - 100 сек.
- б) для дальней связи (АМТС) - 120 сек.
- в) кодовое приемное устройство кнопочного номеронабирателя (KRD) - 9 сек.
- г) устройство кодового приемника (CRD) - 1,5 сек.
- д) устройство кодового передатчика (CSD) - 4 сек.

Емкость опорной АТС системы АХЕ-10 равна 11000 номеров, а емкость удаленного коммутационного модуля RSS, равна 4000 номеров. К исходным данным относятся и данные о качестве обслуживания, т.е. потери вызовов и вероятности задержки:

- а) от линии к линии -  $B = 0,01$
- б) от СЛ к линии -  $B = 0,005$
- в) от линии к СЛ -  $B = 0,01$
- г) задержка сигнала "ответ станции" -  $P(>1 \text{ сек}) = 0,01$
- д) задержка многочастотного (МЧ) приемника -  $P(>1 \text{ сек}) = 0,001$
- е) задержка МЧ передатчика -  $P(>1 \text{ сек}) = 0,001$

К исходным данным следует отнести диаграммы расчета трафика для системы АХЕ-10 фирмы Эрикссон. Диаграммы основываются на аналитических расчетах, в том числе и на моделированных исследованиях. Аналитические методы основываются на широкоизвестных работах Якобеуса и Уилстрорма. Основательность этих формул, для системы АХЕ-10 были проверены фирмой Эрикссон.

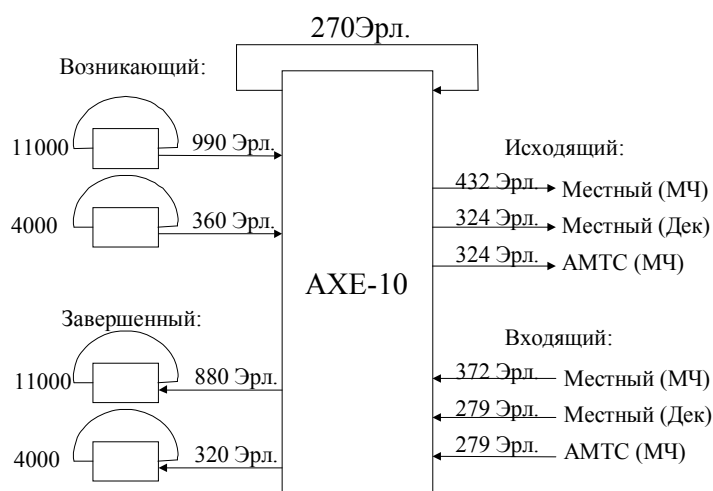


Рис.6.7. Распределение трафика по направлениям

#### 6.3.2. Расчет распределения трафика по направлениям

В соответствии с исходными данными, первым шагом является расчет трафика по направлениям внутри станции, рассчитанный в соответствии с Рис. 6.7.

Для упрощения, не учитывается как незавершенный трафик, или ошибка тастатурного набора, как поведение абонента, так и трафик возникающий до занятия СЛ (проанализированный).

Как видно из Рис.6.7. общий трафик следующий:

- а) внутростанционный  $A_I = 370$  Эрл.
  - б) возникающий  $A_{OR} = 990+360=1350$  Эрл.
  - в) исходящий  $A_{OU} = 432+324+324=1080$  Эрл.
  - г) входящий  $A_{IC} = 372+279+279=930$  Эрл.
  - д) завершённый  $A_{TE} = 880+320 = 1200$  Эрл,
- где  $A_{TE} = A_I + A_{IC}$

Фирма Ericsson предлагает следующий план качества обслуживания, с точки зрения потерь, нормируемых для станционного оборудования, представленный на Рис.6.8.

Значение величины потерь  $B$ , как стандартного параметра качества обслуживания, существенно

влияет на вероятность блокировки станционных и линейных комплектов ЖТС и ЕТВ.

Значения потерь определяются как для нормально нагруженных линий критерий ( $B$ ), так и для высоконагруженных, критерий ( $B_n$ ), включаемых в нормы качества обслуживания,

$$B = \min (B_1 \times B_2 \times B_3/2)$$

$$B_n = \min (B_4 \times B_5 \times B_6/6)$$

$$(6.5),$$

где  $B$  - вероятность блокировки для нормально нагруженных линий;

$B_n$  - вероятность блокировки для высоконагруженных линий.

$B$  в зависимости от видов связи, вероятность блокировки обозначается в следующем порядке, указанном в табл. 6.2

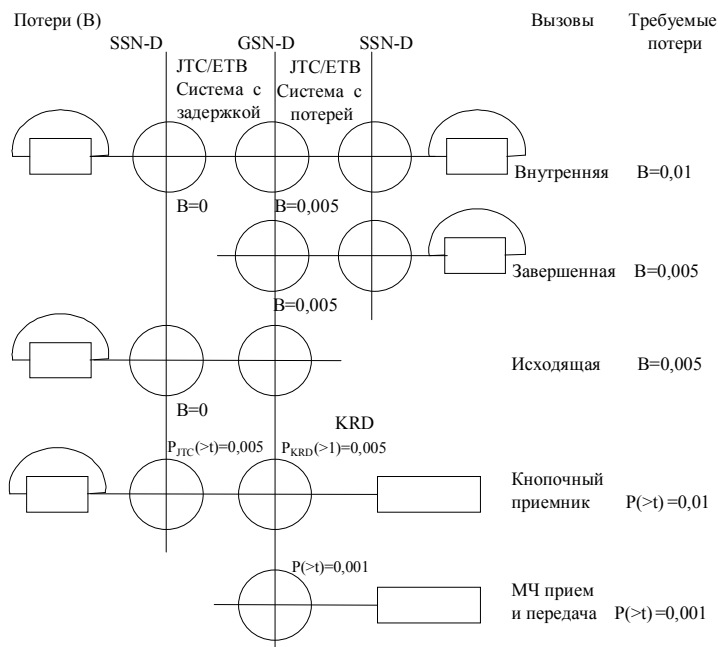


Рис. 6.8. План качества обслуживания на ступенях искания при внутренней потере  $B_i=0$

Таблица 6.2.

Виды вызовов	Вероятность блокировки	
	Нормально нагруженные	Высоко - нагруженные
От линий к СЛ	$B_1$	$B_4$
От СЛ к линиям	$B_2$	$B_5$
От линий к линиям	$B_3$	$B_6$

При определении количества соединительных и станционных комплектов ЖТС/ЕТВ используются следующие параметры:

- $B$  - вероятность блокировки;
- $a'$  - удельная нагрузка на одну абонентскую линию;
- $A$  - общий поступающий трафик к ЖТС/ЕТВ.

Процедура расчета сводится к следующему,

$$A = a' \cdot N_i \quad (6.6),$$

где  $N_i$  - число линий, связанных с блоком SSN-D.

Используя гистограмму R27030 мы можем вычислить требуемое количество ЖТС/ЕТВ (Приложение 7).

Если услуга предусматривается для высоконагруженных линий, то указанные параметры определяются как:

$B = B_n$  = вероятность блокировки при высоконагруженности

$$a' = a_n' = a' (1+p)$$

$$A = A_n = A \cdot (1+P) \quad (6.7)$$

где  $p$  - пропорция высоконагруженности.

Следует указать, что количество цифровых СЛ, необходимых для общего канала сигнализации - ЕТСС равно числу комплектов ЕТВ, т.е.:

$$ЕТСС=ЕТВ \quad (6.8)$$

### 6.3.3. Определение количества подключаемых устройств

Одним из комплектов, необходимых для цифровых АТС является кодовое приемное устройство кнопочного номеронабирателя (KRD). Данное устройство используется для обеспечения времени ожидания тонального сигнала абонентам от тастатурного телефонного аппарата (ТА) и получения зуммера в течении тастатурного набора [49, 53, 56, 58].

Устройство KRD занимается только в течении времени тастатурного набора. Устройства KRD, подключенные к ступени группового искания, определяются как общие для всей станции Рис.6.9.

Устройства KRD, соединенные к цифровым блокам абонентского искания SSN-D, являются общими только для данных модулей. Возможны два варианта интеграции KRD с цифровыми блоками абонентского искания SSN-D:

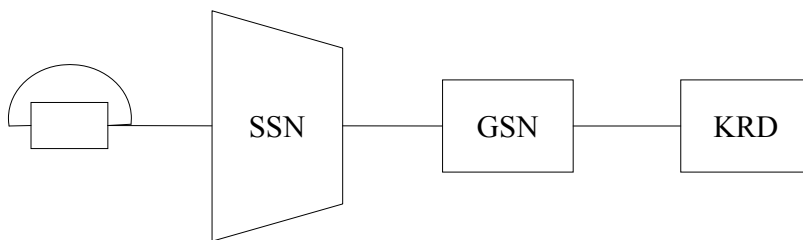


Рис. 6.9. Устройство кодового приемника кнопочного номеронабирателя (KRD)

а) цифровой блок абонентского искания SSN-D, объединенный с устройствами KRD, 8 для каждого абонентского модуля LSM. Вычисление объема LSM не предусматривается.

б) цифровой блок абонентской искания SSN-D с определенным числом LSM, каждый из которых снабжен KRD.

Тогда требуемое количество KRD определяется из расчетной диаграммы для

KRD, CRD, CSD.

Качество обслуживания KRD оценивается как:

$$P_{KRD(>t)} = 1 - \frac{1 - P(>t)}{1 - B} \quad (6.9)$$

Где  $P_{KRD(>t)}$  - вероятность задержки, превосходящее время  $t$  в KRD.

$P(>t)$  - критерий времени ожидания тонального сигнала.

$B$  - качество обслуживания, касающиеся JTC/ЕТВ

2. При определении приемного устройства для номеронабирателя - KRD, соединенного с линейным абонентским модулем LSM, количество устройств KRD определяется из расчетной диаграммы для KRD, CRD, CSD. Количество KRD определяется для каждого блока SSN-D. Качество обслуживания в данном случае определяется как:

$$P_{KRD(>t)} = P(>t) \quad (6.10),$$

где  $P_{KRD(>t)}$  - вероятность задержки превосходящее время  $t$  в KRD,

$P(>t)$  - критерий времени ожидания тонального сигнала.



Используемые параметры следующие:

$P_{KRD(>t)}$  - вероятность распределения продолжительности занятия KRD;

$h$  - среднее время занятия KRD;

$A$  - поступающий трафик к направлению KRD;

$N$  - число требуемых KRD.

Для этого необходимо:

а) Использование расчетной диаграммы для KRD, CRD, CSD в соответствии с вероятностью задержки, превышающее  $t$ ,  $P(>t)$ ;

б) Расчет среднего времени занятия KRD -  $h$ :

$$h = R + n \cdot t_k, \quad (6.11)$$

где  $R$  - время для реакции абонента;

$n$  - число набираемых цифр (6,7);

$t_k$  - время тастатурного набора на одну цифру.

в) Расчет поступающего трафика -  $A$ :

$$A = h \times C_{KRD}, \quad (6.12)$$

где  $C_{KRD}$  - число вызовов, поступивших в единицу времени на KRD.

г) Высчитывание, необходимого числа KRD-N

Полностью оборудованная кассета (накопитель)  $N$  должна быть умножена на 8.

е) Если норма обслуживания включает критерий для высоконагруженных точек, то пункты а) - г):

$$A = A_n = A \cdot (1+P) \quad (6.13)$$

$P$  - пропорция высоконагруженности (коэффициент).

К цифровой ступени группового искания подключаются также следующие устройства:

- устройство кодового приемника - CRD;

- устройство кодового передатчика - CSD;

- устройство кодового приемника MCR и передатчика MCS для подсистемы мобильного телефона - MTS.

Схема взаимосвязи представлена на Рис.6.10.

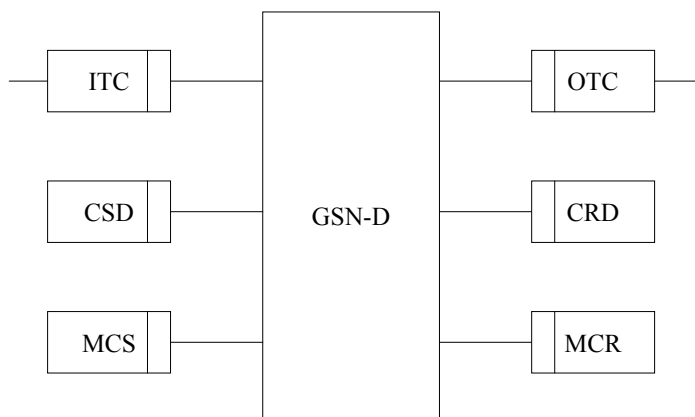


Рис.6.10. Схема подключения устройств кодовых приемников и передатчиков

Устройство кодового приемника CRD используется для соединения с входящими многочастотными СЛ(MF). Он получает многочастотные сигналы от удаленной станции и преобразовывает их во внутренний сигнал программного обеспечения. Общая группа CRD обеспечивает обслуживание всех входящих многочастотных СЛ каждого вида.

Устройство кодового передатчика -CSD используется для соединения с исходящими многочастотными СЛ. Он

преобразовывает внутренние сигналы программного обеспечения (ПО) в многочастотные и передает эти сигналы к удаленным станциям. Общая группа этих устройств обеспечивает обслуживание всех исходящих многочастотных СЛ каждого вида. Устройство кодовых приемников MCR и передатчиков MCS используется для подсистемы мобильного телефона (MTS).

Общая группа каждого вида обеспечивает обслуживание входящих и исходящих руминг (передвижных) вызовов.

Требуемое количество устройств, с учетом требуемых параметров, определяется из гистограммы для устройств KRD, CRD и CSD.

Используются следующие параметры:

-  $P(>t)$  - вероятность задержки, превосходящее время  $t$  приемника или передатчика;

- $h$  - среднее время занятия устройств;
- $A$  - поступающий трафик по направлению к устройствам;
- $N$  - число требуемых устройств.

Процедура количественного определения устройств сводится к следующим:

- Использование гистограммы для KRД, CRД и CSД согласно вероятности задержки превышающее  $t$ , т.е.  $P(>t)$ ;
- Расчет среднего времени занятия -  $h$ , с учетом всех возможных видов вызовов, используемых устройствами;
- Расчет поступающего трафика  $A$ .

$$A = h \cdot C \quad (6.14)$$

где  $C$  - число вызовов на единицу времени, поступающее на устройства;

г) Вычисление требуемого количества устройств -  $N$ .

Для полного снабжения касет количество  $N$  должно быть умножено на 4;

д) Если норма обслуживания включает и критерий для высоконагруженных точек, то пункты а) - г) - должны быть с учетом параметров  $P(>t)$ ,  $h$  и  $A$  установлены по этим критериям:

$P(>t) = P_n(>t)$  - вероятность задержки, превосходящее время  $t$  высоконагруженности.

$$A = A_n = A \cdot (1 + p) \quad (6.15),$$

где  $p$  - пропорция высоконагруженности.

#### 6.3.4. Определение комплектов для дополнительных видов услуг

Цифровые МЖС-Д и аналоговые МЖС комплекты внутростанционных СЛ используются для соединения с третьими абонентами, для таких услуг как :

- трехсторонняя конференцсвязь;
- перевод вызова (перенос вызова);
- ожидание вызова.

Цепи, создаваемые этими комплектами занимают в течении вызова и определяются, как группа, общая для всех абонентов, имеющих доступ к данным услугам. Комплект МЖС-Д присоединяется к цифровой групповой ступени искания, как показано на Рис. 6.11.

Принцип определения количества МЖС-Д основывается на использование формулы Эрланга. Для расчета требуются следующие параметры:

$E$  - допустимые потери;

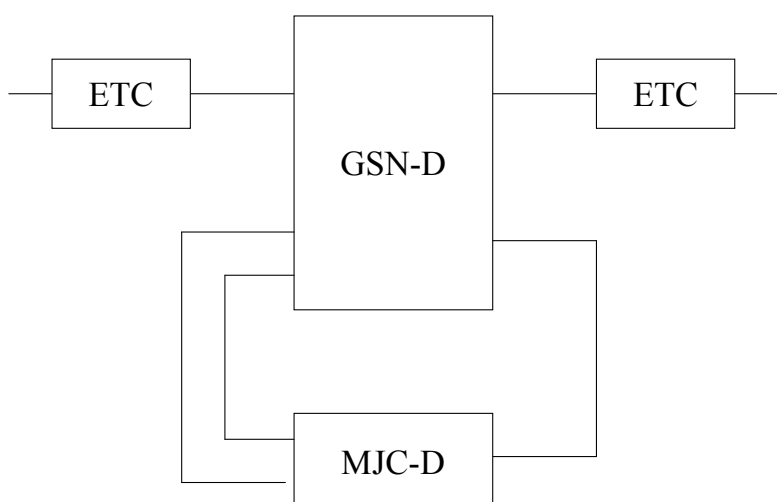


Рис. 6.11. Принцип присоединения внутростанционного комплекта МЖС-Д к цифровой групповой коммутации

$A$  - общий поступающий трафик;

$N$  - требуемое количество МЖС-Д или МЖС.

Процедура определения количества МЖС-Д следующая:

а) Расчет общего поступающего трафика  $A$ .

Общий трафик  $A$  может быть оценен суммированием всего трафика, возникающего от различных услуг ( $i$ ), использующих эти комплекты, т.е.

$$A = \sum_i A_i = \sum_i h_i \cdot C_i \quad (6.16),$$

где  $h_i$  - среднее время занятия МЖС-Д или МЖС для  $i$ -го

вида услуг.

$C_i$  - число вызовов на

единицу времени, направленные к  $i$ -й услуге.

Для конференцсвязи для трех абонентов (ТС), справочная (I), перевод вызовов (СТ) и и ожидание вызовов (СW), трафик может быть установлен следующим образом:

$$\begin{aligned}
 A_{ТС} &= N_{ТС} \cdot a' \cdot f_{ТС} && \text{(для конференцсвязи)} \\
 A_I &= N_I \cdot a' \cdot f_I && \text{(для справочной)} \\
 A_{СТ} &= N_{СТ} \cdot a'_t \cdot f_{СТ} \cdot h_a/h_c && \text{(перевод вызовов)} \\
 A_{СТ} &= C_{СТ} \cdot a' \cdot a'_t \cdot f_{СТ} \cdot h_a/h_c && \text{(для занятых)} \\
 A_{СW} &= C_{СW} \cdot a' \cdot a'_t \cdot f_{СW} && \text{(ожидание вызова)}
 \end{aligned}
 \tag{6.17}$$

Здесь:

- N - число абонентов с данными услугами;
- a' - общий удельный абонентский трафик;
- a't - удельный завершённый трафик;
- f - частота поступающих запросов на эти услуги;
- h<sub>a</sub> - среднее время занятия пунктов вспомогательных групп - ASD для подходящих сообщений;
- h<sub>c</sub> - средняя продолжительность разговора.

Для расчета количества N необходимых МЖС-D или МЖС используется таблица Эрланга.

Для полностью оборудованной кассеты, число МЖС-D или МЖС должно быть умножено на 10 и 4 соответственно.

В дополнение, должна быть добавлена одна кассета на 10000 линий для "техобслуживания."

Каждая МЖС-D кассета требует 32 окончания в цифровой групповой ступени (GSN-D).

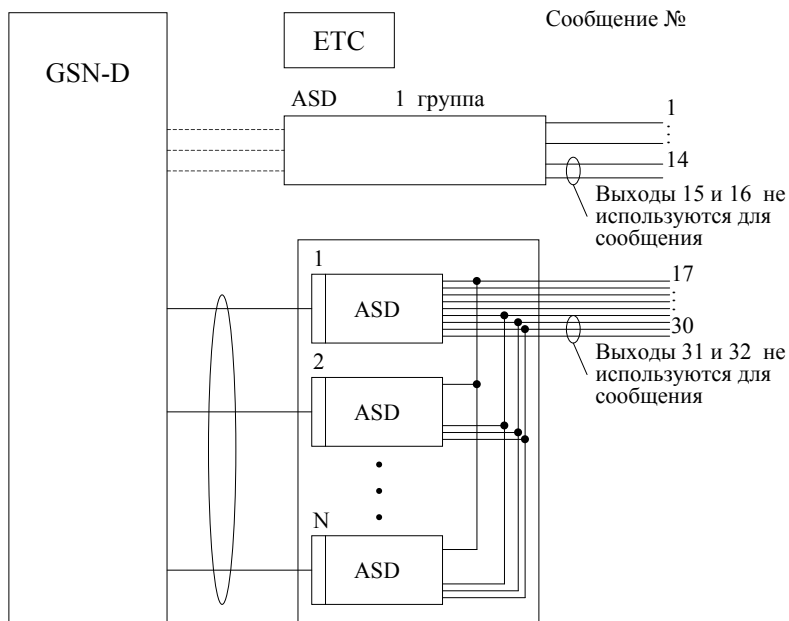
Следующим устройством являются - Пучки Вспомогательных Групп (ASD), используемые для обеспечения доступа к зарегистрированным сообщениям.

Каждый ASD содержит неблокирующий цифровой коммутатор с 16 выводами, представляющий ASD доступ к различным сообщениям. Однако, 14 из них используются только для сообщений. ASD объединяются в группы, дающие абонентам доступ к 14 сообщениям. Если имеется запрос на более чем 14 сообщений, тогда должно быть обеспечено 2 и более группы ASD. Одновременно может соединено более 500 абонентов к одному и тому же сообщению. Количество групп ASD определяется с учетом общего количества сообщений, 14 сообщений на одну группу. Каждая группа ASD определяется отдельно от суммы трафика, одновременно поступающего к различным устройствам сообщений. Принцип подключения ASD представлен на Рис. 6.12. Требуемое число ASD для каждой группы ASD определяется формулой Эрланга.

Для расчета требуются следующие параметры:

- E - допустимые потери;
- A - общий поступающий трафик к ASD;
- N - количество ASD, требуемое в группу.

Процедура следующая:



$$A = \sum h_i C_i \quad (\text{где } i \leq 14)
 \tag{6.18}$$

Здесь:

- h<sub>i</sub> - средняя продолжительность занятия ASD для сообщений вида - i;
- C<sub>i</sub> - число вызовов на единицу времени к сообщению - i.

Для расчета требуемого количества ASD-N используется формула и таблица Эрланга.

Количество N должно быть кратно 4-м (четырем), поскольку в одной плате размещается 4 ASD.

Накопитель размещает 16 ASD.

Рис. 6.12. Принцип подключения ASD

## 6.4. Определение объема технических средств AXE-10

Аппаратурные, т.е. технические средства станции местной сети AXE-10 представлены на Рис.6.13.

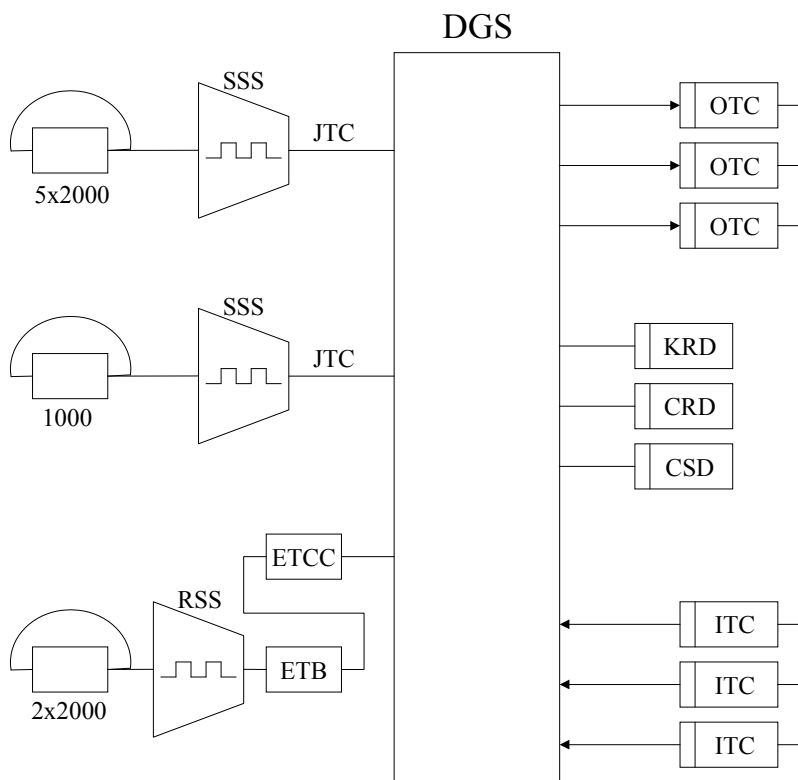


Рис. 6.13. Структура технических средств станции AXE-10

Учитывая емкость опорного и удаленного модулей, данные в разделе 6.2.1. и указанные на Рис.6.13., определим число блоков цифровых абонентских модулей SSN-D, входящих в ступень абонентского искания SSS:

5 блоков, каждый по 16 LSM - равные 1000 линий;

1 блок с 8 LSM - равный емкости 10000 линий;

Следовательно, итого 11000 линий.

Для удаленного коммутационного модуля RSS: 2 блока RSS с 16 LSM в каждом, т.е. равное 4000 линий.

Определим объем JNC и ETB принимая во внимание сведения, данные в разделе 6.2.5 и 6.3.1; 6.3.2. Количество JTC/ETB требуемое на один блок цифрового абонентского модуля SSN-D рассчитывается по таблице R27378 и R27379. Приложения № 8 и № 9.

Поступающий трафик на 2000-ную и тысячную группу соответственно равен:

$$A = 0.17 \cdot 2000 = 340 \text{ Эрл.}$$

$$A = A_2 / 2 = 340 / 2 = 170 \text{ Эрл.}$$

Количество шнуровых комплектов СЛ-JTC, требуемое на 2000 и 1000 линии определяется из указанных таблиц R27378 (см. приложение 1.1.)

$$JTC = 12 \text{ при } (A = 340, B = 0.005)$$

$$JTC = 7 \text{ при } (A = 170, B = 0.005).$$

Количество станционных комплектов СЛ-ETB, требуемое для 2000 линий удаленного коммутационного модуля RSS определяется из таблиц R27379 (см. Приложение № 9) ETB = 13, при (A = 340, B = 0.005).

С учетом изложенного, общее количество JTC и ETB равно:

$$JTC = 5 \times 12 + 7 = 67$$

$$ETB = 2 \times 13 = 26$$

Зная, что количество ETCC равно ETB имеем:

$$ETCC = ETB = 26.$$

Для определения объема кодовых приемных устройств кнопочного номеронабирателя KRD, воспользуемся разделом 6.3.3 и гистограммой R27030. (Приложение № 7). Предполагается, что общая группа KRD, связанная с цифровой групповой ступенью GSN-D, необходима для обеспечения абонентов местной связью.

Дальше предполагается, что каждый удаленный абонентский коммутационный модуль RSS имеет объединенную-KRD. Конкретно используется гистограмма R27030, где:

а) вероятность

$$P_{KRD}(>t) = 1 - \frac{1 - 0,01}{1 - 0,005} \approx 0,005 ;$$

б) среднее время занятия

$$h = 9 \text{ сек. (как установлено);}$$

в) поступающий внутривыделенный трафик (11000 линий)

$$A = h \cdot C_{KRD} \quad (6.19),$$

где  $C_{KRD} = C_{BH} + C_{\text{мест. MFC}} + C_{\text{мест. DEC}} + C_{\text{АЛПС}}$

$$C_{KRD} = \frac{11}{50} \left( \frac{270}{100} + \frac{432}{100} + \frac{324}{100} + \frac{324}{100} \right) = 9504 \text{ вызов/сек.}$$

Тогда трафик A равен:

$$A = 9 \times 9.504 = 85,54 \text{ Эрл.}$$

г) Требуемое количество KRD равно :

$$KRD = 104 \text{ при } A = 85,54 \text{ и } t/h = 0,11$$

Учитывая, что в одной кассете (накопитель) KRD размещается по 8 (восемь) единиц KRD тогда, находим,

$$EM_{KRD} = \frac{104}{8} = 13$$

Определение объема устройств кодового приемника CRD и передатчика CSD, проводится согласно разделу 6.3.3. в следующей последовательности:

а) использование гистограммы R27030 . Приложение № 8.

б) средняя продолжительность занятия CRD и CSD.

$$h_{CRD} = 1,5 \text{ сек. (как установлено )}$$

$$h_{CSD} = 4,0 \text{ сек. (как установлено )}$$

в) трафик, поступающий к группам CRD (входящие вызовы), определяется в следующем порядке, о чем указано в разделе 6.3.3:

$$A_{CRD} = h_{CRD} \cdot C_{CRD} \quad (6.20)$$

Здесь

$$C_{CRD} = C_{\text{мест/мн.}} + C_{\text{амтс}} = \frac{372}{100} + \frac{279}{120} = 6,045 \text{ вызов/сек.}$$

$$A_{CRD} = 1,5 \cdot 6,045 = 9,07 \text{ Эрл.}$$

г) Трафик, поступающий к группам CSD (исходящие вызовы), определяется в следующем порядке:

$$A_{CSD} = h_{CSD} \cdot C_{CSD} \quad (6.21),$$

$$\text{где } C_{CSD} = C_{\text{мест/мн}} + C_{\text{амтс}} = \frac{432}{100} + \frac{324}{120} = 7,02 \text{ выз/сек.}$$

тогда :

$$A_{CSD} = 4 \cdot 7,02 = 28,08 \text{ Эрл.}$$

д) Определим требуемое количество CRD и CSD в соответствии с приложением N21:

$$CRD = 16 \quad (\text{При } A = 9,07 \text{ Эрл. и } t/h = 0,67)$$

$$CSD = 44 \quad (\text{При } A = 28,08 \text{ Эрл. и } t/h = 0,25)$$

Учитывая, что в одной кассете (накопителя) CRD и CSD размещаются по 4 (четыре) единиц CRD и CSD, то получим:

$$EM_{CRD} = 16/4 = 4;$$

$$EM_{CSD} = 44/4 = 11.$$

Для определения объема исходящего СЛ-ОТС и входящего ИТС комплектов аналоговых соединительных линий, следует учесть разделы 6.2.5. и 6.3.2. Исходящие комплекты СЛ-ОТС определяются формулой Эрланга при потере  $E = 0,01$ . Входящие комплекты ИТС обеспечиваются с точки зрения средней нагрузки (трафика) на одну СЛ, равную 0,7 Эрл. и сводятся к Таблице 6.3.

Таблица 6.3.

Устрой-ства	Пути	Поступаю-щий трафик	Кол-во СЛ	Кол-во кассет
ОТС	местное-МЧ способ	432 Эрл.	458	29
ОТС	местное-Декад спос.	324 Эрл.	348	22
ОТС	АМТС	324 Эрл.	348	22
			$\Sigma 1154$	$\Sigma 73$
ИТС	местное-МЧ способ	372 Эрл.	532	34
ИТС	местное-Декад спос.	279 Эрл.	399	25
ИТС	АМТС	279 Эрл.	399	25
			$\Sigma 1330$	$\Sigma 84$

Предполагается, что 16 соединительных линий (СЛ) объединяются в одну кассету (накопитель). Количество мультиплексорных устройств ИКМ-PCD определяется в соответствии с разделом 6.2.5, предполагая связь PCD с 32 ИКМ каналами.

Количество PCD определяется формулой (1.4):

$$PCD = \frac{EM_{KRD}}{4} + \frac{EM_{CRD}}{8} + \frac{EM_{CSD}}{8} + \frac{EM_{ОТС}}{2} + \frac{EM_{ИТС}}{2}$$

$$PCD = \frac{13}{4} + \frac{4}{8} + \frac{11}{8} + \frac{73}{2} + \frac{84}{2} = 83,6 = 84$$

Следовательно, количество мультиплексоров PCD равно 84.

Последним в расчете объема оборудования технических средств является цифровая ступень группового искания, состоящая из временных TSM и пространственных SPM модулей, согласно разделу 6.2.4. и сводится к следующему:

а) определение количества временных модулей TSM :

$$TSM = \frac{67 + 26 + 84}{16} = 11,1 \approx 12$$

б) определение размеров пространственной ступени SPM:

$$SPM = 8 \text{ К,}$$

т.е. одна SPM кассета требует 8К. (Таблица 6.1.)

## 6.5. Определение объема программного обеспечения (ПО)

Определение объема программного обеспечения (ПО) предполагает определение трафикозависимости индивидуальных ПО (запись) в определенных функциональных блоках. В центральном ПО должен быть произведен расчет соответствующих требуемых емкостей запоминающих устройств. К указанным функциональным блокам относятся:

- Комбинированные шнуровые комплекты - CJ;
- ПО управляющее программой вызовов (контролер вызовов) - CL;
- ПО регистров - RE;
- ПО управления сброса - COF;
- ПО данных о тарификации - CDR.

Комбинированные шнуровые комплекты CJ в цифровом блоке абонентского искания, содержат функции ПО шнурового комплекта для обеих категорий абонентов. Эти шнуровые комплекты занимают на время занятия каждого вызова. Объем отдельных CJ обеспечивается как одна общая группа для станции. Один отдельный CJ требуется для каждого исходящего и завершаемого вызова. Процедура определения количества CJ сводится к суммированию числа устройств JTC и ETV.

$$CJ = 32 \sum_{i=1} JTC_i + \sum_{j=1} \sum_{k=1} ETV_{kj}, \quad (6.22)$$

где

$JTC_i$  - количество JTC  $i_0$  блока SSN-D;

$ETV_{kj}$  - количество ETV  $k$ -го модуля блока K SSN-D в удаленном коммутационном модуле -  $j$ .

Следующим из программного обеспечения является - ПО управляющее программой вызовов, широко известное как контролер вызовов - CL.

ПО контролера вызовов, является памятью программного обеспечения, которая используется для обеспечения контроля всеми вызовами. После установления соединения между вызывающим и вызываемым абонентами ПО регистров RE переводит информацию о вызове к контролеру - CL, который затем принимает контроль над вызовом. Требуемое количество контролеров - CL с индивидуальным ПО, определяется как неблокирующее. Используемыми параметрами для расчета являются:

- число индивидуально требуемых контролеров CL;
- число требуемых временных ступеней;

Процедура расчета контролеров CL следующая:

$$CL = \frac{TSM \cdot 512}{2} \quad (6.23)$$

Программное обеспечение Регистров (RE) используется для всех возникающих и входящих дополнительно вызовов, чтобы запомнить набираемый или получаемый набор цифр и контролировать вызовы, пока не установится разговорный путь абоненту. В то же самое время вся поступающая информация и контроль вызовов переводится от RE к контролеру вызовов - CL.

ПО Регистров (RE) обеспечивается как общее групповое для станции.

Используемым параметром является число требуемых контролеров вызова - CL. Расчет регистров проводится как:

$$RE = CL/5; \quad (6.24)$$

т.е. один регистр обслуживает пять контролеров вызова CL.

Следующим является координатор сброса (COF). ПО координатора сброса - является областью памяти программного обеспечения.

ПО координатора сброса - COF, используется для замещения контролеров вызова CL, в случае вызовов, требующих сброса контролеров, т.е., когда вызовы используются для ожидания дополнительных видов обслуживания вызовов, задерживаются для справок, для конференцсвязи, для прослеживания злонамеренных вызовов. Требуемое количество координаторов сброса - COF может быть определено согласно формуле Эрланга или с учетом количества МЖС.

Параметры, необходимые для расчета следующие:

E - требуемые потери;

A - поступающий на COF трафик;

N - число требуемых СОФ.

Процедура расчета объема СОФ следующая:

$$A = A_{MJ} + A_{TR} \quad (6.25),$$

где  $A_{MJ}$  - поступающий трафик на многоцелевой комплект СЛ - МЖС.

$A_{TR}$  - поступающий трафик на прослеживание злонамеренных вызовов.

Количество требуемых вызовов СОФ можно вычислить из таблицы Эрланга. Другим простым способом определения количества СОФ является знание количества МЖС, т.к. они равны:

$$N_{COF} = N_{MJC} \quad (6.26)$$

Последним ПО является блок - ПО данных о тарификации - CDR. Блок ПО данных о тарифах CDR определяется индивидуально по каждому вызову, для которых выполняется спецификация данных о тарифах.

Требуемое количество блоков данных о тарификациях CDR определяется согласно формуле Эрланга:

Параметры необходимые для этого следующие:

E - допустимые потери;

A - трафик, поступающий в CDR;

N - количество требуемых CDR.

Процедура расчета следующая:

$$A = C \cdot h \quad (6.27)$$

где C - число вызовов, направленных к пути CDR;

h - среднее время занятия CDR.

Зная A, можем определить требуемое количество CDR из таблицы Эрланга.

Так, количество комбинированных CJ сводится:

$$CJ = 5 \cdot 12 \cdot 32 + 7 \cdot 32 + 2 \cdot 13 \cdot 31 = 2950$$

Определение контролеров вызова CL, как составная часть программного обеспечения:

$$CL = \frac{12 \cdot 512}{2} = 3072 \quad CL = 3072$$

Определение количества ПО регистров RE сводится к следующему:

$$RE = \frac{CL}{5} = \frac{3072}{5} \approx 615, \quad RE = 615.$$

## 6.6. Основные сокращения, принятые для системы АХЕ-10

№	Сокращения	Название оборудования
1	A	Поступающий трафик (возникающий и завершённый) Аналого/цифровой
2	A/Д	Аналоговые соединительные линии
3	ASD	высоконагруженных
4	ATC	направлений
5	B	ПО данных о тарификации
6	BTC	ПО контролера вызова
		Комбинированный СЛ
7	CDR	ПО управления сбросом
8	CL	Центральный процессор
9	CJ	Управляющее запоминающее устройство
10	COF	временной ступени
11	CP	Управляющее запоминающее устройство
12	CSA/CSB	пространственной ступени
		Декадный способ передачи
13	CSC	Цифровая групповая коммутация
	Дес DGS	Демодулятор
14	DMUX	Запоминающее устройство данных
15	DS	



16		
17		
18	E	Допустимые потери
19	EM ETB	Число устройств в кассете
20	ETC	Плата станционного терминала
21	ETCC f	Станционный комплект
22	FM GOS	Комплект общего канала сигнализации
23	GSN-D	Частота поступающих запросов на услуги
24	GSS	Частотная модуляция
25		Качество обслуживания
26	h	Цифровой блок группового искания
27	I	Степень группового искания
	IOS	
28	IPC	Средняя продолжительность разговора
29	JTC	Справочная служба
30	KRD	Подсистема ввода/вывода
31		Межпроцессорный комплект
32	L	Цепь шнурового комплекта
33	LD	Кодовое приемное устройство кнопочного
	LIC	Номеронабирателя
34	LSM	Местная связь
35	MAU	Дальняя связь
36	MAS	Комплект абонентских линий
37	MCR	Модуль концентрации абонентских линий
38	MCS	Блок обслуживания
39	MFC	Подсистема обслуживания Процессоров
40	MJ	Мобильный кодовый приемник
41	MJC-D	Мобильный кодовый передатчик
42		Многочастотный код
43	MJM	Многоцелевой шнуровой комплект
44		Цифровой многоцелевой шнуровой комплект
	MTS	
45	MUX	Кассета (накопитель) многоцелевого
	OMS	шнурового комплекта
46	OTC	Подсистема мобильного телефона
47	PCD	Мультиплексор
48		Подсистема обслуживания и эксплуатации
49		Цепь исходящих соединительных линий
50		Мультиплексорное устройство для связи с ИКМ
51	PCM	Импульсно-Кодовая Модуляция (ИКМ)
52	PS	Запоминающее устройство программы
53	P/S	Преобразователи параллельного кода в Последовательные
54	RE	ПО регистров
55	RP	Периферийный процессор
56	RPB	Шина периферийных процессоров
57	RS	Запоминающее устройство адресов
58	RSS	Удаленный коммутационный модуль
59	S/P	Преобразователи последовательного кода в Параллельный
60	SPM	Модуль пространственной коммутации
61	SSA/SSB	Речевые запоминающие устройства
62	SSN-D	Цифровой блок абонентского искания
63	SSS	Степень абонентского искания
64	ST	Сигнальный терминал
65	STC	Сигнальный терминал для связи с централь- ным процессором
66	TC	Конференц. Связь

67	TS	Временная коммутация
68	TSB	Шина временной коммутации
69	TSM	Временной коммутационный модуль

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Современные сети телекоммуникации, обладая свойством сложных технических систем, требуют системного подхода к решению задач по их прогнозированию и проектированию.
2. Произведен анализ и начальный подход к вопросам перспективного проектирования сетей телекоммуникации для реальных сетей связи.
3. Получена стройная последовательность и принцип подхода к вопросу проектирования современных сетей телекоммуникации в масштабе страны, Мастер-План.
4. Выведены основные параметры трафика и получены принципы современного подхода к их определению с учетом категории вызывающего и вызываемого абонента.
5. Получены современные методы проектирования электронно-цифровых систем коммутации для аналогового окружения с учетом рекомендаций МСТ.
6. Получен системный подход к вопросу прогнозирования как основе проектирования современных сетей телекоммуникации.
7. Получены методы проектирования числа абонентов и трафика для проектируемой сети телекоммуникации.
8. Получена расчетная методика прогнозирования трафика по направлениям, необходимая для проектируемых сетей телекоммуникации.
9. Получен принцип выбора и расчета цифровых систем коммутации (ЦСК) с учетом их классификации и экономических аспектов проектирования для сетей телекоммуникации.
10. Получены основы построения и проектирования ГТС при внедрении электронно-цифровых АТС для действующих сетей телекоммуникации.
11. Получена последовательность расчета трафика и объема станционного оборудования чисто цифровой системы АХЕ-10 для местной телефонной сети.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проблема прогнозирования и проектирования современных сетей телекоммуникации, основанная на сложной системе телетрафика, является фундаментальной проблемой теории телетрафика и математической статистики, базирующейся на распределении информационного потока сети, что требует системного подхода к решению задач сбора, анализа, прогнозирования и проектирования современных сетей телекоммуникации.
2. На основе анализа и начального подхода к вопросам перспективного проектирования получены стройная последовательность и принцип проектирования современных телекоммуникационных сетей в масштабе одной страны.
3. Выведены основные параметры трафика и разработан принцип современного подхода к вопросу определения параметров трафика с учетом категории вызывающего и вызываемого абонента.
4. Разработан системный подход к вопросу прогнозирования как основе проектирования современных сетей телекоммуникаций с получением методов прогноза числа абонентов и трафика для проектируемых сетей.
5. Получена расчетная методика прогнозирования трафика по направлениям, необходимая для проектируемых сетей телекоммуникаций.
6. На основании анализа существующих цифровых систем коммутации и с учетом их классификаций получен принцип выбора ЦСК при проектировании современных сетей телекоммуникаций.
7. С учетом перспективы внедрения ЦСК разработаны основы построения и проектирования ГТС при внедрении электронно-цифровых систем коммутации на действующих сетях телекоммуникации с расчетом потерь и затуханий на сети.
8. Разработана методика расчета трафика и объема оборудования для чисто цифровой системы АХЕ-10 для местных телефонных сетей.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение 1

Переход от математического ожидания

трафика  $\bar{A}$  к расчетному  $A_p$

$$A_p = \bar{A}_{\text{чии}} + 0,6742 \sqrt{\bar{A}_{\text{чии}}}$$

$\bar{A}_{\text{чии}}$	$A_p$	$\bar{A}_{\text{чии}}$	$A_p$	$\bar{A}_{\text{чии}}$	$A_p$
0,1	0,313	3,5	4,761	55,0	59,999
0,2	0,501	4,0	5,348	60,0	65,221
0,3	0,670	4,5	5,930	65,0	70,434
0,4	0,826	5,0	6,508	70,0	75,641
0,5	0,977	6,0	7,650	75,0	80,838
0,6	1,122	7,0	8,784	80,0	86,029
0,7	1,264	8,0	9,906	85,0	91,216
0,8	1,408	9,0	11,023	90,0	96,396
0,9	1,540	10,0	12,132	95,0	101,571
1,0	1,6742	12,0	14,385	100,0	106,742
1,2	1,938	14,0	16,523	120,0	127,386
1,4	2,199	16,0	18,697	150,0	158,257
1,6	2,433	18,0	20,861	200,0	209,535
1,8	2,705	20,0	23,015	250,0	260,660
2,0	2,953	25,0	28,371	300,0	311,681
2,2	3,200	30,0	33,663	400,0	413,484
2,4	3,444	35,0	38,989	500,0	515,076
2,6	3,687	40,0	44,263	600,0	616,515
2,8	3,928	45,0	49,521	700,0	717,838
3,0	4,168	50,0	54,767	1000,0	1021,320

Приложение 2

Прогнозирование роста населения

$$H_n = H_n \cdot \left(1 + \frac{G\%}{100}\right)^t = H_n \cdot \alpha$$

G %	$\left(1 + \frac{G\%}{100}\right)^t$	$\alpha$	G %	$\left(1 + \frac{G\%}{100}\right)^t$	$\alpha$
1%	$(1,01)^5$	1,05	11%	$(1,11)^5$	1,685
2%	$(1,02)^5$	1,10	12%	$(1,12)^5$	1,760
3%	$(1,03)^5$	1,16	13%	$(1,13)^5$	1,840
4%	$(1,04)^5$	1,216	14%	$(1,14)^5$	1,920
5%	$(1,05)^5$	1,276	15%	$(1,15)^5$	2,010
6%	$(1,06)^5$	1,340	16%	$(1,16)^5$	2,100
7%	$(1,07)^5$	1,400	17%	$(1,17)^5$	2,192
8%	$(1,08)^5$	1,47	18%	$(1,18)^5$	2,287

9%	(1,09) <sup>5</sup>	1,54	19%	(1,19) <sup>5</sup>	2,386
10%	(1,10) <sup>5</sup>	1,61	20%	(1,20) <sup>5</sup>	2,488

Приложение 3

Зависимость поверхностной телефонной плотности  
от количества телефонных аппаратов на 100 жителей

Кол-во ТА на 100 жит	Количество ТА на 1 га при значениях жилплощади на 1 га								
	200 кв.м/га			300 кв.м/га			400 кв.м/га		
	и при норме жилплощади на одного жителя кв.м								
	9	12	15	9	12	15	9	12	15
5	11,1	8,3	6,6	16,6	12,5	10,0	22,2	16,6	13,3
10	22,2	16,7	13,3	33,3	25,0	20,0	44,5	33,3	26,7
20	44,4	33,4	26,6	66,6	50,0	40,0	89,0	66,6	53,4
30	66,6	51,1	39,9	99,9	75,0	60,0	133,5	99,9	80,1
40	88,8	67,8	53,2	133,2	100,0	80,0	178,0	132,0	106,8
50	111,0	83,5	66,5	166,5	125,0	100,0	222,6	166,5	133,5
60	123,2	101,2	79,8	199,6	150,0	120,0	263,0	199,5	160,2
70	155,4	117,9	93,1	233,1	175,0	140,0	311,5	233,1	186,9
80	177,6	134,6	106,4	266,4	200,0	160,0	356,0	266,4	213,6
90	199,8	151,3	119,7	299,7	225,0	180,0	400,5	299,7	240,3
100	222,0	167,0	133,0	333,0	250,0	200,0	445,0	338,0	267,0

Приложение 4

Пред- прия- тия	Число абон.на связь с ГТС	Исходящая связь от УТС		Входящая связь от УТС		
		Число СЛ от УТС (V <sub>исх</sub> )	Трафик У <sub>исх</sub> УТС	Число СЛ от УТС (V <sub>вх</sub> )	Трафик У <sub>вх</sub> УТС	Число СЛ от УТС к МТС
Про- мыш- лен- ность	50	3	0,092	3	0,092	2
	100	5	0,591	5	0,591	2
	200	8	1,81	9	2,31	3
	300	10	2,87	11	3,45	4

	400	12	3,92	13	4,40	5
	500	14	4,87	15	5,38	6
	700	18	6,84	20	7,87	8
	900	22	8,91	24	9,91	10
Адм. хоз.	50	3	0,092	4	0,319	2
	100	6	0,950	7	1,37	2
	200	10	2,87	11	3,45	4
	300	13	4,39	14	4,87	5
	400	15	5,38	16	5,89	6
	500	18	6,84	19	7,33	7
	700	23	9,38	25	10,4	9
	900	28	11,8	30	12,7	11
Гос- тини- ца	50	5	0,591	5	0,59	2
	100	6	0,95	8	1,87	3
	200	10	2,87	14	4,87	5
	300	15	5,38	19	7,33	6
	400	20	7,87	24	9,91	7
	500	25	10,4	30	12,7	8
	700	34	14,8	40	17,7	10
	900	40	17,7	48	20,0	12

Приложение 5

Таблица первой формулы Эрланга трафика А для  
V - линейного пучка в зависимости от потери -Р

V	Потери - Р				V	Потери - Р			
	0,1%	1 %	5 %	8 %		0,1%	1 %	5 %	8 %
1	0,000	0,001	0,005	0,008	48	27,3	30,9	34,2	35,5
2	0,014	0,046	0,105	0,135	50	28,9	32,5	36,0	37,2
3	0,087	0,194	0,349	0,418	52	30,4	34,2	37,7	39,0
4	0,235	0,439	0,701	0,810	54	31,9	35,8	39,5	40,8
5	0,452	0,762	1,13	1,28	55	32,7	36,6	40,4	41,7
6	0,73	1,15	1,62	1,81	60	36,6	40,8	44,8	46,2
7	1,05	1,58	2,16	2,36	65	40,6	45,0	49,2	50,7
8	1,42	2,05	2,73	2,99	70	44,6	49,2	53,7	55,8
9	1,83	2,56	3,33	3,63	75	48,6	53,5	58,2	59,8
10	2,26	3,09	3,96	4,29	80	52,7	57,8	62,7	64,4
11	2,72	3,65	4,61	4,97	85	56,8	62,1	67,2	69,1
12	3,21	4,23	5,28	5,67	90	60,9	66,5	71,8	73,7
13	3,71	4,83	5,96	6,39	95	65,1	70,9	76,3	78,3
14	4,24	5,45	6,66	7,12	100	69,3	75,2	80,9	83,0
15	4,78	6,08	7,38	7,86	110	77,7	84,1	90,1	92,3
16	5,34	6,72	8,10	8,61	120	86,2	93,0	99,4	101,7
18	6,50	8,05	9,58	10,1	130	94,8	101,9	108,7	111,2
20	7,70	9,41	11,1	11,7	140	103,4	110,9	118,0	120,6
22	8,95	10,8	12,6	13,3	150	112,1	119,9	127,4	130,1
24	10,2	12,2	14,2	14,9	160	120,8	129,0	136,0	139,7
26	11,5	13,7	15,8	16,6	170	129,6	138,1	146,2	149,2
28	12,9	15,2	17,4	18,2	180	138,4	147,3	155,7	158,8
30	14,2	16,7	19,0	19,9	190	147,3	156,4	165,2	168,4
32	15,6	18,2	20,7	21,6	200	156,2	165,6	174,6	176,0
34	17,0	19,7	22,3	23,3	210	165,1	174,8	184,2	187,0
36	18,5	21,3	24,0	25,0	220	174	184,1	193,7	197,2
38	19,9	22,9	25,7	26,7	230	183,0	193,3	203,2	206,9
40	21,4	24,4	27,4	28,5	240	192,0	202,6	212,8	216,6
42	22,8	26,0	29,1	30,2	250	201,0	211,9	222,4	226,2

44	24,3	27,6	30,8	31,9	300	246,4	258,6	270,4	274,8
46	25,8	29,3	32,5	33,7	350	292,3	305,7	318,7	323,6

Приложение № 6

```

10 DIM C(36), ES1(6), ES2(6), Z(36), M(6), E(6)
20 FOR I=1 TO 6
30 INPUT ES1(I): NEXT I
40 FOR I=1 TO 6
50 INPUT ES2(I): NEXT I
60 FOR I=1 TO 36
62 READ C(I): NEXT
64 LPRINT "          ***** THE SOURCE MATRIX ***** "
66 FOR W=1 TO 36 STEP 6
67 LPRINT " "; C(W);C(W+1); C(W+2);C(W+3);C(W+4);C(W+5): NEXT W
68 LPRINT " _____"
70 LPRINT
72 LPRINT " ***** THE ESTEMATED VALUES FOR ROWS ARE *****"
73 LPRINT " "; ES1(1); ES1(2); ES1(3); ES1(4); ES1(5); ES1(6); LPRINT
74 LPRINT " ***** THE ESTEMATED VALUES FOR COLUMNS ARE *****"
75 LPRINT " "; ES2(1); ES2(2); ES2(3); ES2(4); ES2(5); ES2(6)
80 ITERA=ITERA+1
85 FOR K=1 TO 36 STEP 6
90 FOR I=K TO K+5
100 Z(K)=Z(K)+C(I):NEXT I
110 N=N+1
120 RA=ES1(N)/Z(K)
130 FOR S=K TP K+5
140 C(S)=C(S)*RA: NEXT S: NEXT K
150 LPRINT: LPRINT "*** THE RESULT OF STAGE 1 AT ITERATION # ";
ITERA:
152 LPRINT
155 FOR T=1 TO 36 STEP 6: LPRINT C(T); C(T+1); C(T+2); C(T+3);
C(T+4); C(T+5)
157 NEXT T: LPRINT: LPRINT
160 FOR I=1 TO 6
170 FOR K=1 TO I+30 SNEP 6
180 V(I)=V(I)+C(K): NEXT K
190 E(I)=(ES2(I)-M(I))/ES2(I): NEXT I
195 REM IF ITERA=1 THEN 360
200 FOR I=1 TO 6
210 RB=ES2(I)/M(I)
220 FOR K=1 TO I+30 STEP 6
230 C(K)=C(K)*RB: NEXT K: NEXT I
240 REM FOR T=1 TO 36: LPRINT C(T): NEXT T
250 FOR I=1 TO 6
260 M(I)=0: N=0: NEXT I
270 FOR I=1 TO 36
280 Z(I)=0: NEXT I
290 LPINT "***** THE RESULT OF STEGE 2 AT ITERATION #"; ITERA:
292 LPRINT
300 FOR W=1 TO 36 STEP 6
310 LPRINT C(W); C(W+1); C(W+2); C(W+3); C(W+4); C(W+5)
320 LPRINT: NEXT W
330 INPUT A7
340 IF A7>ITERA THEN 80
350 GOTO 400
360 LPRINT " ***** THE VALUES OF(e) ARE *****"
370 FOR R=1 TO 6
380 LPRINT "eOF(";R;)"=";E(R):NEXT R
390 GOTO 200
400 LPRINT
410 LPRINT " ** KRUIFT ALGORITM APLAYED FOR"; ITERA; "ITERATION"
420 LPRINT "*****STOP EXECUTION *****"
430 END

```

## Поступающий трафик в эрлангах

Вероятность блокировки (потери)								
ТС	0,001	0,002	0,005	0,010	0,020	0,050	0,100	0,200
1	18	19	20	22	23	26	30	36
2	44	45	48	50	53	58	64	75
3	71	73	77	80	84	91	99	115
4	100	102	106	110	115	124	134	155
5	129	132	136	141	146	157	170	195
6	158	161	167	172	178	190	205	235
7	187	191	197	203	210	223	240	275
8	217	221	228	234	241	256	276	315
9	246	251	258	264	272	288	310	353
10	276	280	287	294	302	320	343	391
11	305	309	317	324	333	351	377	430
12	334	339	347	354	363	383	411	468
13	363	368	377	384	394	415	445	506
14	393	398	407	415	424	447	479	545
15	422	427	437	445	455	478	513	583
16	451	457	467	475	485	510	546	621

## Поступающий трафик в эрлангах

Вероятность блокировки (потери)								
ТС	0,001	0,002	0,005	0,010	0,020	0,050	0,100	0,200
1	16	17	18	20	21	24	28	33
2	41	42	45	46	49	54	60	70
3	67	69	73	75	79	86	93	109
4	95	97	101	104	109	118	127	147
5	123	126	130	134	139	150	162	186
6	151	154	160	164	170	182	196	225
7	179	183	189	194	201	214	230	264
8	208	212	219	224	231	246	265	302
9	236	241	248	253	261	277	298	339

10	265	269	276	283	290	308	330	376
11	293	297	305	312	320	338	363	414
12	321	326	334	341	349	369	396	451
13	349	354	363	370	379	400	429	487
14	379	383	392	400	408	431	461	525
15	407	411	421	429	438	461	494	562
16	435	440	450	458	468	492	526	599



## ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматическая коммутация. Под ред. О.Н.Ивановой М., Радио и связь, 1988, 624 с.
2. Баврин И.А. Краткая характеристика методов и средств технического обслуживания местных сетей с электромеханическими АТС. Экспресс-информ. Зарубежная техника связи. Телефония. №1, 1978, с 28.
3. Баркун М.А. Цифровые автоматические телефонные станции. Минск, Высшая школа, 1990, 192 с.
4. Башарин Г.П., Харкевич А.Д., Шнепс М.А. Массовое обслуживание в телефонии. М., Наука, 1968, 240 с.
5. Башарин Г.П. Таблицы вероятностей и средний квадратических отклонений потерь на полнодоступном пучке линий. Изд-во АН СССР, 1962.
6. Беллами Дж. Цифровая телефония. М., Радио и связь, 1986, 544с.
7. Бенеш В.Э. Математические основы теории телефонных сообщений. М., Связь, 1968.
8. Берлин А.Н. Алгоритмическое обеспечение АТС. М. "Радио и связь", 1986, 128 с.
9. БУДАВОКС. Справочник по технике связи. Будапешт, 1980, 1047 с.
10. Васильев В.И., Буркин А.П. и др. Системы связи. М., "Высшая школа", 1987, 280 с.
11. Васильев В.Ф. и др. Совершенствование технической эксплуатации городских телефонных сетей. М., Радио и связь, 1987, 152 с.
12. Гасанов А.Н. Анализ телекоммуникационных сетей. Баку, 1995, 161 с.
13. ГОСТ 22348-77. Единая автоматизированная сеть связи. Термины и определения. М. Изд-во стандартов, 1977, 16 с.
14. ГОСТ 19472-80. Сети телефонные. Термины и определения. М., Изд-во стандартов, 1983, 29 с.
15. Гусейнов Т.К. Развитие связи, радиовещания и телевидения в Советском Азербайджане. Баку, Азернешр, 1988, 132с
16. Давыдов Г.Б. Информация и сети связи. М., Наука, 1984, 128 с.
17. Давыдов Г.Б. Некоторые проблемы оптимизации развития сетей связи. Электросвязь, №12, М., 1985, с.1-6.
18. Дурнев В.Г., Стандрик В.Д. Основы построения систем передачи ЕАСС. М., Радио и связь, 1985, 208 с.
19. Дурнев В.Г. и др. Электросвязь. Введение в специальность. М., Радио и связь, 1988, 240 с.
20. Ершова Э.Б., Ершов В.А. Цифровые системы распределения информации. М., Радио и связь, 1983, 216 с.
21. Жданов И.М., Кучерявый Е.И. Построение городских телефонных сетей. М., Связь, 1972, 136 с.
22. Зайнчковский Е.А. и др. Автоматическая междугородная телефонная связь. М., Радио и связь, 1984, 296 с.
23. Захаров Г.П., Янковский Г.Г. Интегральные цифровые сети связи. Итоги науки и техники. Электросвязь, Т.16, ВНИИТИ, М., 1986, с. 3-101.
24. Иванова О.Н. Электронная коммутация. М., Связь, 1971.
25. Иносэ Х. Интегральные цифровые сети связи. Введение в теорию и практику. Пер. с англ. М., Радио и связь, 1982, 320 с.
26. Игнатъев В.О., Алексеев Б.Е., Россиков В.В. Программное обеспечение, М., "Радио и связь", 1981, 175 с.
27. Ионин Г.П., Седол Я.Я. Таблицы вероятностных характеристик полнодоступного пучка при повторных вызовах М., Наука, 1970.
28. Каграманов А.Г. Опыт работы службы НТИ Минсвязи Азерб. Республики. АзНИИНТИ "Связь", № 1, Баку, 1974, 6 с.
29. Каграманов А.Г. Актуальные задачи и специфические особенности структуры построения ГТС в Баку. АзНИИНТИ, "Связь", № 2, Баку, 1974, 4 с.
30. Каграманов А.Г. Методика проведения измерения длительности чистого разговора на Бакинской ГТС. АзНИИНТИ. "Связь", № 2, Баку, 1975, 4 с.
31. Каграманов А.Г. О влиянии повторных вызовов на основные параметры телефонных сообщений, АзНИИНТИ, "Связь", №8, Баку, 1975, 3 с.
32. Каграманов А.Г. О параметрах телефонного сообщения на ГТС (Тезисы доклада) ВСИС-3 "Наука", 1975, с.129-131.
33. Каграманов А.Г. Организация работ по учету телефонной нагрузки на Бакинской ГТС. АзНИИНТИ, "Связь", № 1, 1976, 4с.
34. Каграманов А.Г. О методах измерения длительности разговора на ГТС. Труды учебных институтов связи, № 77, Л., 1976. с.114-117.

35. Каграманов А.Г. Методика определения межстанционных нагрузок на ГТС Закавказья. “За технический прогресс”, № 7, Баку, 1976. с.63-66.
36. Каграманов А.Г. Об определении потока повторных вызовов на действующих ГТС (Тез. докл.). Сборник Всесоюз. конф. молодых ученых связи ЦНИИС, М., 1976. с.47.
37. Каграманов А.Г. Влияние специфических особенностей разговора на его длительность. “Электросвязь”, № 5, М., 1977. с.62-64.
38. Каграманов А.Г. Актуальные задачи проектирования и эксплуатации ГТС. “За технический прогресс”, № 3, Баку, 1979. с.67-69.
39. Каграманов А.Г. К вопросу об оценке колебаний нагрузки и ее прогнозирование при проектировании ГТС. “За технический прогресс”, № 5, Баку, 1979. с.52-55.
40. Каграманов А.Г. Методы прогнозирования параметров телефонной нагрузки, телефонной плотности и структурного состава абонентов на ГТС. “За технический прогресс”, № 9, Баку, 1979. с.58-61.
41. Каграманов А.Г. Исследование и разработка методов определения параметров телефонной нагрузки для проектирования городских телефонных сетей Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. Л., ЛЭИС, 1980, с.207.
42. Каграманов А.Г. Характеристики телефонной нагрузки. “За технический прогресс”, № 8, Баку, 1980. с.51-54.
43. Каграманов А.Г., Каграманова С.Д. О прогнозировании плотности телефонных аппаратов на ГТС. “Народное хозяйство Азербайджана”, № 5, Баку, 1983. с.47-49.
44. Каграманов А.Г. Об оценке эффективности центров технической эксплуатации ГТС. “Народное хозяйство Азербайджана”, № 4, Баку, 1984. с.57-59.
45. Каграманов А.Г. Прогнозирование роста телефонной плотности на ГТС. “Народное хозяйство Азербайджана”, № 3, Баку, 1985. с.52-55.
46. Каграманов А.Г. Прогностический метод планирования телефонных сетей “Народное хозяйство Азербайджана”, № 3, Баку, 1987. с.49-51.
47. Каграманов А.Г. Некоторые результаты анализа методов распределения информации на городских телефонных сетях. Тематический сборник научных трудов. АзПИ, Баку, 1987, с.69-74.
47. Каграманов А.Г. Использование метода двойных коэффициентов для расчета телефонной нагрузки по направлениям с применением ЭВМ, Сборн. научных трудов АзПИ, Баку, 1989. с.79-83.
49. Каграманов А.Г. Электронная система коммутации “System-X” ЦНТИ “Информсвязь”, № 9, М., 1989, с. 9-20.
50. Каграманов А.Г. Методика определения межстанционной нагрузки на ГТС с использованием ЭВМ, Нар. Хоз-во Азерб. №11, Баку, 1989. с.61-64.
51. Каграманов А.Г. Электронно-цифровая система коммутации. Учебное пособие. Изд-во АзПИ, Баку, 1989, 50 с.
52. Каграманов А.Г. Состояние и перспектива развития цифровых систем коммутации. (Тезисы доклада). Республ. конф. НТО им. Попова, Баку, 1990. с.6-8.
53. Каграманов А.Г. Электронно-цифровая система коммутации DMS-100. (Тезисы доклада) Республ. конф. НТО им. Попова, Баку, 1990. с.48-49.
54. Каграманов А. Г., Нестерова А.В. Методическое указание по прогнозированию межстанционных потоков нагрузки на ГТС с помощью двойных коэффициентов. Из-во МИС, М., 1991, 16с.
55. Каграманзаде А.Г., Каграманзаде С.Д. Прогнозирование трафика - основа прогнозирования современных сетей электросвязи ЦНТИ, “Информсвязь”. № 1, М., 1991, 44 с.
56. Каграманзаде А.Г. Цифровая система коммутации DMS-100/300 “Информсвязь”, № 5, ЦНТИ, М., 1991, 21 с.
57. Каграманзаде А.Г. Основы проектирования цифровой системы коммутации типа АТСЭ-200. Мет. указания АЗИТУ, Баку, 1991, с.81.
58. Каграманзаде А.Г. Цифровая система коммутации. Баку, Изд-во “Маариф”, 1995, с.208. (на азерб. яз.).
59. Каграманзаде А.Г. Методика перехода к цифровым телефонным сетям. Материалы докладов 44-ой научно-технической и методической конференции. Изд-во АзТУ, Баку, 1996, с.265-267.
60. Каграманзаде А.Г. Прогнозирование телекоммуникационных сетей. Материалы 45-ой научно-технической и методической конференции. Ученые записки, Том VI, №1, Изд-во АзТУ, Баку, 1997, с.74-75.
61. Кожанов Ю.Ф. Расчет и проектирование электронных АТС. М., “Радио и связь”, 1991, с.144.
62. Князева Н.А. К вопросу поиска оптимальных путей передачи потоков информации в сетях связи. Труды учебных институтов связи Вып. 70. Л., ЛЭИС, 1974, с.3-8.
63. Корнышев Ю.Н., Пшеничников А.П., Харкевич А.Д. Теория Телетрафика. М., “Радио и связь”, 1996, с.281.

64. Лазерев В.Г. Электронная коммутация и управление в узлах связи. М., "Связь", 1974, 224 с.
65. Лившиц Б.С., Мамонтова Н.П. Развитие систем автоматической коммутации каналов. М., Связь, 1976, 88 с.
66. Лившиц Б.С., Соколов В.А. Исследование абонентской и межстанционной нагрузки на ГТС. Электросвязь № 2, М., 1979, с.29-34.
67. Лившиц Б.С., Пшенишников А.П., Харкевич А.Д. Теория телетрафика. М., Связь, 1979, с.224.
68. Лутов М.Ф. и др. Квазиэлектронные и электронные АТС. М. Радио и связь, 1988, с.264.
69. Максимов Г.З., Пшенишников А.П. Телефонная нагрузка местных сетей связи. М., Связь, 1969.
70. Мельников К.М. Моделирование коммутационной системы, на которую поступает поток с простым последствием. Сб. трудов ЦНИИС ЛФ, № 7, 1966, 32-43.
71. Нейман В.И. Теоретические основы Единой автоматизированной сети связи. М., Наука, 1984, 244 с.
72. Оллангрэн А. Определение языков программирования интерпретирующими автоматами. М., Мир, 1977, с.286.
73. Оранжевая книга. Т.6. Телефонная сигнализация и коммутация. МККТТ. М., Связь. 1979, с.68.
74. Основы построения интегральной сети связи. М., ВЗЭИС, 1974, с.190.
75. Попова А.Г. Проектирование квазиэлектронных АТС. Учебное пособие. М., Радио и связь, 1987, с.168.
76. Попова А.Г., Пшенишников А.П., Степанов И.В., Каграманзаде А.Г., Рублинский В.А., Зарубежные системы автоматической коммутации. Учебное пособие. М., МИС, 1991, 83 с.
77. Рогинский В.Н. Информация в сети электросвязи. Информация и информационные сети. Наука, М., 1977, с. 31-57.
78. Саати Т. Элементы теории массового обслуживания и ее применения. М., Советское радио, 1965, с.520.
79. Срапионов О.С. Экономика, организация и планирование на предприятиях связи. М., Связь, 1979.
80. Такач Л. Некоторые вероятностные задачи в телефонии. Математика. Сб. переводов. 5/6. М., 1960, с. 93-144.
81. Техническая эксплуатация телефонных станций местных сетей. (Зарубежный опыт). М., Радио и связь, 1981, с.88.
82. Хиллс М.Т. Принципы коммутации в электросвязи. Пер. с англ. М., Радио связь, 1984, с.312.
83. Хиллс М.Т., Кано С. Программирование для электронных систем коммутации. М., Связь, 1980.
84. Хинчин А.Я. Работы по математической теории массового обслуживания. М., Физматгиз, 1963.
85. Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования. М. Статистика. 1977, с.200.
86. Шнепс М.А. Системы распределения информации. М., Связь, 1979, с.344.
87. Штагер В.В. Электронные системы коммутации М., Радио и связь, 1983, с.232.
88. Штернер Х. и др. Теория телетрафика. М., Связь, 1971.
89. Эллдин А., Линд Г. Основы теории телетрафика. М., Связь, 1972, с.200.
90. Янч Э. Прогнозирование научно-технического прогресса. (Пер.с англ.), М., Прогресс, 1974.
91. Яновский Г.Г. Новые информационные службы в сетях передачи информации, Сер. Электросвязь, 1984, Т.17, с. 3-71.
92. Abate J.E., Brandenburg L.H. Lawson J.C. and Ross W.L. "The switched Digital Network Plan" Bell System Technical Journal. September 1977 pp. 1297-1320.
93. Abraham A., Ledolter J. Statistical methods for forecasting. John Wiley, New Yorks, 1983.
94. Bear D. Principles of Telecommunication Traffic Engineering 3-rd.edn. Peter Peregrinus, Stevenage. 1988, 230 p.
95. Beck J.H. Mobile Radio systems. Post Office Elect. Eng. J.64, 1972, p.238.
96. CCITT. GAS-3. General Network Planning. 1983. ITU. Geneva.
97. CCITT. GAS-9 Local Network Planning. 1979. ITU. Geneva
98. CCITT. Manual Economic and Technical aspects of the choice telephone switching systems. 1981. ITU. Geneva.
99. CCITT. GAS-7 Training Handbook on Rural Telecommunication. 1985. ITU, Geneva.
100. CCITT. GAS-10. Planning data and forecasting methods Vol I and II 1980. ITU, Geneva
101. CCITT. Manual "Quality of service, network" management and network maintenance. 1984, ITU, Geneva.
102. CCITT. Red Book. Vol II. Fascicle II.3 International telephone service. Network management. Traffic Engineering Recommendation.
103. CCITT. Blue Book. Vol I. Fascicle II.2. Recom E-100-333. 1989, ITU. Geneva
104. CCITT. Blue Book. Vol I. Fascicle I.3. Terms and Definitions. 1989. ITU. Geneva.
105. Duc N.Q. Chew E.K. Evolution Towards Integrated Services Digital Networks. Telecommunication J. Australia, 1984, Vol 34, N2, p.134-144.

106. Ericsson G. Svensson T. Line Circuit Component SLAC for AXE 10/Ericsson Review. 1983, N4, p. 186-191.
107. Flood J.E. Telecommunications Switching, Traffic and Networks. Prentice Hall. International (UK) Lim. 1995, p.310.
108. Griffiths. J. ISDN Explained, 2 end edn. Wiley, Chichester. 1992.
109. Halsall F. Data Communications, Computer Networks and Open Systems. 3-rd edition. Addison-Wesley. Reading. 1992.
110. Held G. Network Management: techniques, tools and systems., New York. 1992.
111. Hills M.T. Telecommunications Switching Principles. Allen and Unwin, London, 1979.
112. Ingham A.R., Elvidge A.M. Trunk reservation with automatic alternative routing 6-th UK Teletraffic Symposium, 1989.
113. Kagramanzade A.G. Telecommunication Planning and Maintenance. ITU, UNDP, Project AFG 83/001. 1986. Kabul, Afghanistan, p.1-38.
114. Kagramanzade A.G. Master Plan for Telecommunication Network's. ITU, UNDP, Project LIB 88/007. 1993. Tripoly. Libya, p.276.
115. Kagramanzade A.G. Principles of Teletraffic Engineering. ITU.UNDP. TSC. Haripur. Pakistan. 1993, 246 p.
116. Kruithof J. Elements of Telephone Traffic and Switch Calculations. Antwerp. 1969, Chapter 8.
117. Littlechild S.C. Elements of Telecommunications Economics. Peter Peregrinus. Stevenage 1979.
118. Lewin D, Protheko D. Design of Logic Systems 2nd edn. Chapman and Hall, London. 1992.
119. Macario R.C. Personal and Mobile Radio Systems. Peter Peregrinus. Stevenage. 1991.
120. Mc.Donald J.C. Fundamentals of Digital Switching. New York, London. Plenum Press. 1983. p.417.
121. Manterfield R.J. Common-channel Signalling Peter Peregrinus. Stevenage. 1991.
122. Norris M., Rigby P. Softwake Engineering Explained, Wiley. Chichester. 1992.
123. Nunn W.H. "Nationwide numbering plan" Bell Syst. Tech. 31. 1952.
124. O'Dell G.F. An.outline of ther trunking aspects of automatic telephony. Jor. IEE.65. 1927. p.185-222.
125. Pierce J.R. Synchronizing Digital Networks Bell System Technical Journal. March. 1969. p.615-636.
126. Rapp Y. Planning of junction network in or multi-exchange area. Ericsson Technics.20 1964, p.77.
127. SPC Surtching System for Local, Transit and Combined Telephone Exchanges AXE-10. Traffic Dimensioning. Telefonaktelebolaget LM Ericsson. 1987.
128. Stallings W. ISDN and Broadband ISDN, 2nd end. Macmillan - New York 1992.
129. Tanner R.H. On man's need for communication IEEE Transactions on Communication Vol.23 N1, 1975, pp.3-5.
130. Valdar A., Newman D, Wood R and Greenop D. Avision of the future network. Brit. Telecom. Eng. Jour N11, 1992, 142-152
131. Waband J. Communication Networks. Aksand Associates. 1991.
132. Wilkinson R.L. Theories for toll traffic engineering in the USA Bell Syst. Tech Jour. N35, 1956, pp.421-514.

---

Сдано в набор 18.05.1998 г. Подписано к печати 20.07.1998 г.  
Формат 60x90 1/16. Бумага высшего сорта. Заказ 142.  
Усл.печ.л. 15,13. Тираж 500. Цена договорная. Типография НПФ "Чашыоглы"