**МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**Московский технический университет связи и информатики**

Кафедра сетей связи и систем коммутации

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

по дисциплине

**ТЕХНОЛОГИИ КОММУТАЦИИ В ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ**

Студ. Билет № ЗБИН19105

Выполнил:

студент 4-го курса

факультета ЦЗОПБ

Проверила:

Степанова И. В.

Москва, 2024 г.

***Исходные данные к работе***

Исходные значения к проекту, в соответствии с вариантом задания 05 и 21-м порядковым номером в журнале группы, представлены в таблицах 1, 2, 3, 4 и 5.

Таблица 1 – Сведения о телефонной сети города N

|  |  |
| --- | --- |
| Емкости АТС, тысячи номеров соответственно | 16, 10 |
| Город N | Обь Новосибирской области |
| Вид объединения | В разных регионах РФ |

Таблица 2 – Сведения о числе операторов в подсистемах и числе вызовах

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер подсистемы | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Вид системы | ЦОВ | ЦОВ | ЦОВ | ЦОВ | ЦОВ |
| Число рабочих мест, *Vi*, человек | 20 | 20 | 20 | 28 | 30 |
| Число вызовов, *Сi*, штук | 480 | 310 | 228 | 690 | 808 |

Таблица 3 – Требования к качеству обслуживания в проектируемом ЦОВ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| t обслуживания, c | t ожидания, c | P(t>τ)≤ Pдоп(t>τ) | PIVR |
| 240 | 24 | 0,05 | 0,15 |

Таблица 4 – Задание на установление соединения в ЦКМ

|  |  |
| --- | --- |
| Номера ЦТ и временных каналов (PCM-TSL) на стороне «А» | 27-31 |
| Номера ЦТ и временных каналов (PCM-TSL) на стороне «Б» | 31-5 |

Таблица 5 – Данные по коэффициенту готовности 100 км участков трассы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Кг100км между GTMX и MTX города N | Кг100км между GTMX и MTX выбранного города | Кг100км на пути прямого выбора между GMTX | Кг100км  Первый обходной путь | | Кг100км  Второй обходной путь | | Кг100км  Третий обходной путь | |
| 1 уч. пути | 2 уч. пути | 1 уч. пути | 2 уч. пути | 1 уч. пути | 2 уч. пути |
| 0,987 | 0,923 | 0,987 | 0,985 | 0,946 | - | - | 0,989 | 0,986 |

***Выполнение курсового проекта***

**1. Оценка качества работы действующих информационно-справочных подсистем**

Расчет интенсивности нагрузки Yi на i - ую информационно-справочную группу операторов производится по формуле:

, Эрл (1)

где

* *Ci* – число поступивших в час наибольшей нагрузки (ЧНН) вызовов;
* *tобс* – среднее время обслуживания вызова (определяется нормативами).

При расчетах используются значения *Ci* и *tобс*, представленные в таблицах 2 и 3. Вычисление для каждой подсистемы по формуле (1):

32 Эрл;

20,7 Эрл;

15,2 Эрл;

46 Эрл;

53,9 Эрл.

Производится оценка качества обслуживания для каждого ЦОВ по второй формуле Эрланга (обслуживание с ожиданием) для известного числа рабочих мест операторов *Vi*. Рассчитывается вероятность ожидания начала обслуживания вызова P(t>τ), превышающую некоторое время ожидания начала обслуживания *tож* (задано в таблице 2), выражаемое безразмерной величиной *τ*:

*τ* = tож/tобс, (2)

В конкретном случае:

*τ* = tож/tобс = 24/240 = 0,1.

Рассчитывается вероятность ожидания начала обслуживания вызова P(t>τ) при помощи калькулятора для второй формулы Эрланга для каждой информационной группы, основываясь на исходных данных из таблицы 2 и полученных ранее интенсивностях нагрузки (при этом, если нагрузка на ЦОВ превышает число операторов в нем, то 2-ю формулу Эрланга использовать нельзя, потому как в таком случае режим работы становится нестационарным). При работе группы операторов с серийным включением линий, реализуется дисциплина обслуживания с отказами, поэтому для расчетов используется первая формула Эрланга. Следует рассчитать вероятность отказа в обслуживании вызова из-за занятости всех операторов в момент поступления вызова Роткi.Эти данные вносятся в итоговую таблицу 6.

Таблица 6 – Показатели исходной системы

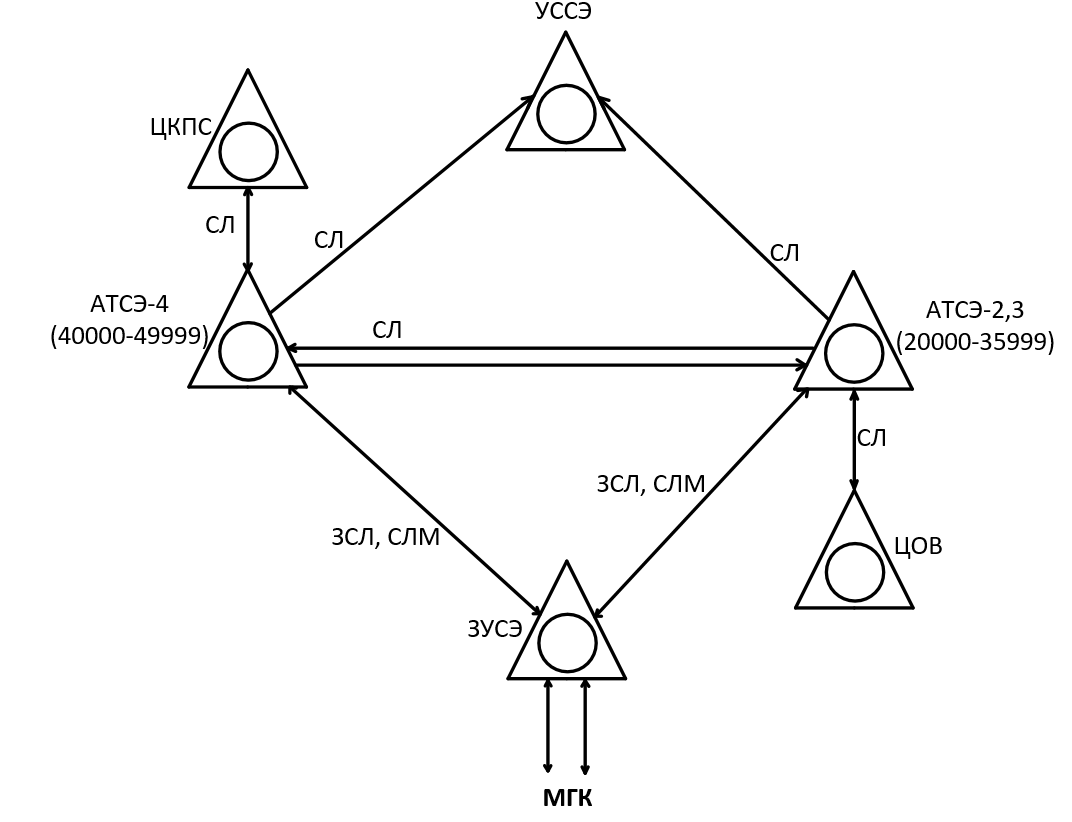
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер группы, Ni | Вид подсистемы | Число операторов, Vi, мест | Число вызовов в ЧНН, *Ci*, штук | Интенсивность нагрузки, *Yi*, Эрл | Потери по вызовам или величина Pi(t>τ) |
| 1 | ЦОВ | 20 | 480 | 32 | - |
| 2 | ЦОВ | 20 | 310 | 20,7 | - |
| 3 | ЦОВ | 20 | 228 | 15,2 | 0,11 |
| 4 | ЦОВ | 28 | 690 | 46 | - |
| 5 | ЦОВ | 30 | 808 | 53,9 | - |

В предварительном выводе о качестве работы действующих информационно-справочных подсистем, основываясь на полученных выше расчетных данных, можно сказать, что, при текущей схеме организации сети, оно явно страдает (установленная норма не выполняется ни в одном ЦОВ). Существующая система определенно нуждается в модернизации.

**2. Составление конфигурации телефонной сети пятизначной нумерации города N и разработка варианта включения проектируемого контакт-центра на сети связи**

В таблице 1 указана емкость двух действующих в городе Обь АТСЭ, она составляет 16 и 10 тысяч номеров соответственно. Таким образом, суммарная абонентская емкость равна 26 тысячам номеров (16 + 10 = 26).

Индексы АТС можно задавать произвольно, но необходимо избегать присвоения индексов «8» (выход на ЗУС), «0» и «1» (индексы выхода на УСС, в частности – на службы 112, 101 и прочее). В рассматриваемом случае могут быть использованы номера АТСЭ-2,3 (20000 - 35999) и АТСЭ-4 (40000 – 49999). Проектируемый контакт-центр может быть подключен к любой из указанных АТС. Подключим его к АТСЭ-2,3. Тогда итоговая конфигурация телефонной сети города Обь примет вид, изображенный на рисунке 1 (предполагается, что сеть полносвязная), учитывая наличие зонового узла связи (ЗУС), узла специальных служб (УСС), проектируемого центра облуживания вызовов (ЦОВ) и центра коммутации подвижной связи (ЦКПС).



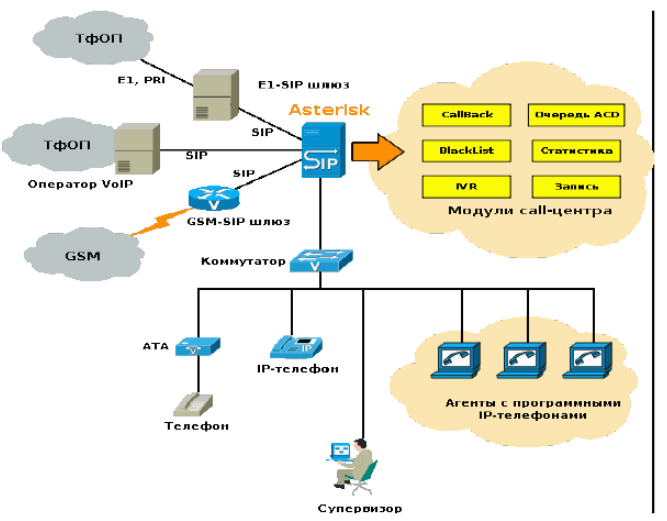
*Рисунок 1 – Возможный вариант конфигурации телефонной сети*

*Обозначения:* **АТС** – автоматическая телефонная станция; **ЗУС** – зоновый узел связи; **УСС** – узел специальных служб; **ЦКПС** - центр коммутации подвижной связи; **ЦОВ** – проектируемый центр обработки вызовов; **МГК** – междугородный канал; **СЛ** – соединительная линия; **СЛМ** – соединительная линия междугородная; **ЗСЛ** – заказно-соединительная линия.

**3. Расчет числа операторов и транспортного ресурса на участке доступа к проектируемому центру обслуживания вызовов**

Для организации центров обслуживания вызовов перспективно использование оборудования контакт-центров «Asterisk», которое состоит из следующих модулей: универсальная информационная система (CRM); модуль автоматического оповещениям и дозвона; интеллектуальный автоинформатор (IVR); модуль факсов и E-mail; модули записи переговоров и управления ресурсами; модуль генератора отчетов и статистики; модули мониторинга и биллинга; модуль резервного копирования; модули аудиоконференций и видеоконференций.

Архитектура контакт-центра на базе Asterisk представлена на рисунке 2. VoIP-шлюз - это одно из устройств, которое часто встречается в решениях на базе IP АТС Asterisk. Шлюзы служат для того, чтобы преобразовать получаемый от провайдера телефонный сигнал из одного вида в другой. Например, если от АТСЭ телефонной сети к IP АТС Asterisk связь обеспечивается по нескольким потока Е1 (ИКМ30/32), то используется Е1-SIP шлюз. Из соображений обеспечения высокой надежности необходимо предусматривать несколько путей доступа к услугам центра.



*Рисунок 2 - Архитектура контакт-центра на базе Asterisk*

Первоначально следует оценить качество работы имеющихся информационно-справочных подсистем. Далее определить общее, суммарное число операторов в них *VΣ*.

По исходным данным может быть определена интенсивность трафика, поступающего к операторам проектируемого контакт-центра, ее нужно определять, как:

*Yопер = YΣ - YIVR*, Эрл (3)

где

* *YΣ* - интенсивность совокупного поступающего трафика (по данным

статистики);

* *YIVR = YΣ \* PIVR* – интенсивность трафика, обслуживание которого

ограничивается обращением к IVR.

В конкретном случае:

*YΣ = Y1 + Y2+ Y3+ Y4+ Y5 =* 32 + 20,7 + 15,2 + 46 + 53,9 = 167,8 Эрл;

*YIVR = YΣ \* PIVR =* 167,8\*0,15 = 25,2 Эрл;

*Yопер = YΣ - YIVR =* 167,8 – 25,2 = 142,6 Эрл.

Для числа рабочих мест операторов в объединенном ЦОВ и интенсивности нагрузки *Yопер* можно рассчитать вероятность *P(t>τ)* по второй формуле Эрланга. В конкретном примере, при *P(t>τ) = 0,05* и *Yопер =* 142,6Эрл, необходимое число операторов единого ЦОВ равно 156. При этом, число действующих операторов в изначальной системе, состоящей из пяти подсистем:

*VΣ = V1 + V2+ V3+ V4+ V5 =* 20 + 20 + 20 + 28 + 30 = 118 рабочих мест.

Очевидно, что общее число рабочих мест операторов в действующей системе недостаточно для поддержания требуемого качества обслуживания вызовов.

Теперь вычисляется использование рабочего места оператора проектируемого ЦОВ:

*U = Yопер / VΣ* (4)

В конкретном примере:

*U = Yопер / VΣ* = 142,6/156 = 0,914.

Полученный показатель использования одного рабочего места оператора слишком высокий. При проектировании нового единого ЦОВ желательно добиться соблюдения требований по использованию рабочего места операторов (*U ≤ 0,75* согласно ГОСТ). Расчеты повторяются, с изменением величины *VΣ*  с предполагаемым шагом 2 в сторону увеличения. Необходимо добиться выполнения требования *U* ≤ 0,75, а также выполнения неравенства *P(tож>τ) ≤ Pдоп(tож>τ)*. Если число рабочих мест операторов снизить, то приведенные требования не выполнятся. Результаты расчетов для *Yопер =* 142,6 Эрл и *Pдоп(tож>τ)* = 0,05 представлены в виде сводной таблицы 7.

Таблица 7 – Вычисление требуемого числа рабочих мест операторов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| V*Σ,* мест | P(tож>τ) | U |
| 156 | 0,0498 | 0,914 |
| 158 | 0,03 | 0,903 |
| 160 | 0,018 | 0,891 |
| 162 | 0,01 | 0,88 |
| 164 | 6,018\*10-3 | 0,87 |
| 166 | 3,398\*10-3 | 0,859 |
| 168 | 1,884\*10-3 | 0,849 |
| 170 | 1,026\*10-3 | 0,839 |
| 172 | 5,479\*10-4 | 0,829 |
| 174 | 2,872\*10-4 | 0,82 |
| 176 | 1,477\*10-4 | 0,81 |
| 178 | 7,447\*10-5 | 0,801 |
| 180 | 3,683\*10-5 | 0,792 |
| 182 | 1,787\*10-5 | 0,784 |
| 184 | 8,5\*10-6 | 0,775 |
| 186 | 3,966\*10-6 | 0,767 |
| 188 | 1,815\*10-6 | 0,759 |
| 190 | 8,144\*10-7 | 0,751 |
| 192 | 3,585\*10-7 | 0,743 |

Согласно приведенной таблице можно отметить, что необходимый уровень качества обслуживания вызовов *P(tож>τ) ≤ Pдоп(tож>τ)* в конкретном случае достигается уже при 156 рабочих местах операторов (*P(tож>τ) =* 0,0498*<*0,05). Однако при таком числе рабочих мест не выполняется требование по нагрузке на одно рабочее место (*U =* 0,914 > 0,75). Следовательно, для выполнения всех требуемых условий, необходимо наращивание числа операторов.

Как отчетливо видно по таблице 7, при нагрузке в 142,6 Эрл оба требования (*U≤* 0,75и *P(tож>τ)<*0,05) выполняются лишь при расширении числа рабочих мест операторов в проектируемом ЦОВ до *VΣ =* 192.

При прямом сравнении проектируемого ЦОС с действующей схемой обслуживания пользователей, при помощи показателей качества обслуживания и результатов расчета общего числа операторов, можно сделать вывод о том, что, при реорганизации данной системы, качество ее работы радикально повысится и улучшится. Очевидно, что при текущей схеме организации сети, QoS явно страдает, в то время как в новой проектируемой системе все нормы в точности выполняются и соблюдаются (достигается это путем увеличения общего числа рабочих мест операторов со 118 до 192).

При решении инженерной задачи включения центра обслуживания вызовов в телефонную сеть общего пользования ТфОП, необходимо решить вопрос с организацией доступа к ресурсам ЦОВ от одной из АТСЭ сети, на которую вызовы будут направляться через зоновый узел связи ЗУС (услуга FreePhone). Обслуживание на этом участке сети может производиться с отказами или с ожиданием.

При реализации варианта обслуживания с ожиданиями (в соответствии с вариантом задания *YΣ* = 167,8 Эрл, а *P(tож>τ)<*0,05) по второй формуле Эрланга получается, что необходимое число каналов на участке доступа между АТСЭ-2,3 и ЦОВ составит VЦОВ = 182 временных канала, то есть *VЦОВ* = 182/30 = 7 потоков Е1 или же семь систем ИКМ 30/32.

Проведем оценку качества работы участка доступа в случае роста трафика на 40%, если интенсивность нагрузки увеличится до *YΣ`* = 167,8\*1,4 = 234,9 Эрл. В таком случае, при использовании всех 210 временных каналов семи систем ИКМ 30/32, получается, что: *P(tож>τ)* ≥ 1 - то есть условие *P(tож>τ) ≤ 0,05* не выполняется и участок доступа не выдержит 40% перегрузку. При столь большой нагрузке нужно нарастить число соединительных линий, как минимум, до 251 или же до девяти систем ИКМ 30/32. Отметим, что при столь высоком пиковом трафике желательно иметь еще и дополнительные рабочие места для операторов, помимо уже рассчитанных ранее, дабы качество обслуживания и норма нагрузки на одно рабочее место не пострадали.

Требуется провести аналогичный расчет для варианта подключения проектируемого центра с использованием протокола SIP (рисунок 2). Предполагается, что используется кодек G.711. Транспортный ресурс, необходимый для передачи информации от одного кодека (одно соединение) определяется как:

*Qtrans cod = k \* qcod*, (5)

где

* *qcod* – скорость передачи кодека, для G.711 *qcod* = 64 кбит/с, то есть скорость основного цифрового канала;
* *k* – коэффициент избыточности в речевом кадре., поскольку кроме речи передается различная дополнительная (служебная) информация.

Для используемого кодека G.711 требуется следующий транспортный ресурс:

*Q10trans cod* = 64 \* 134 /80 = 107,2 кбит/с;

*Q20trans cod* = 64 \* 214 /160 = 85,6 кбит/с,

где *Q10trans cod* и *Q20trans cod* соответствуют вариантам формирования кадра с задержкой пакетизации, соответственно, 10 мс и 20 мс.

Транспортный ресурс на участке доступа к услугам контакт – центра определяется как:

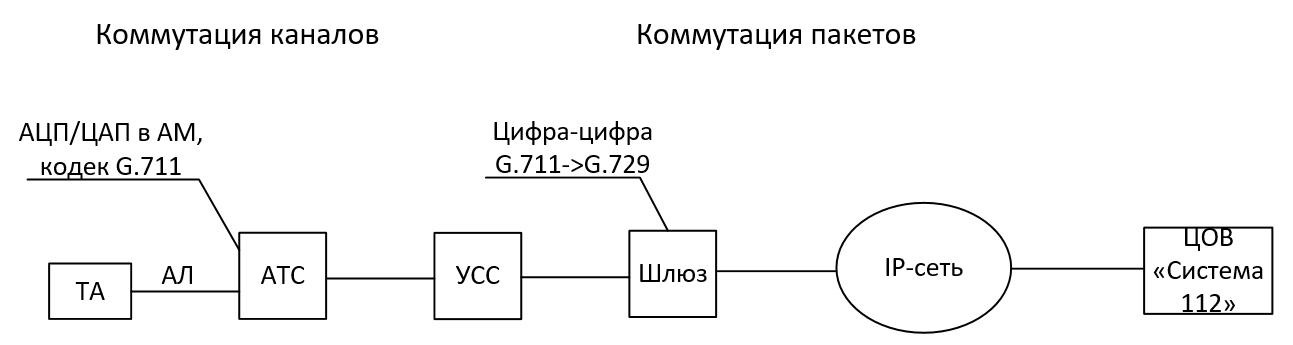
*QtransΣ = Qtrans cod \* YΣ* (6)

В данном случае используется одно из базовых положений теории телетрафика, что интенсивность нагрузки *YΣ* характеризует среднее число одновременно обслуживаемых вызовов.

Исходим из наихудших условий, принимая *Qtrans cod = Q10trans cod* = 107,2 кбит/с. Тогда, при *YΣ* = 167,8 Эрл, получим необходимый транспортный ресурс *QtransΣ*= 107,2 \* 167,8 = 17990 кбит/с, то есть нужно организовать два 10 Мбит/с потока (в таком случае, запас по пропускной способности составляет примерно 10%). Из соображений обеспечения надежной совместной работы ГТС и проектируемого центра, таких потоков должно быть больше (желательно три).

**4. Разработка вариантов организации разговорного тракта**

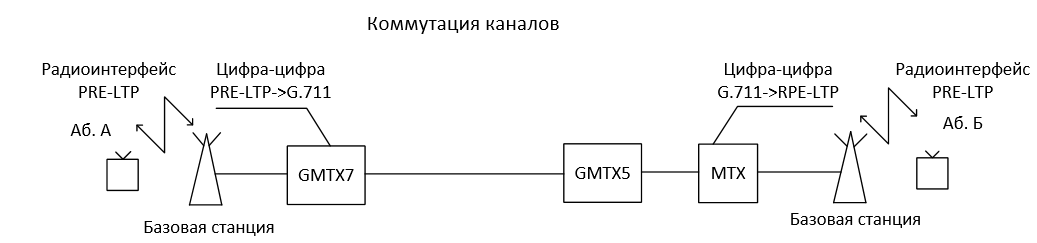
*А)* Для первого случая, когда вызывающий абонент А города Обь, используя абонентский аппарат фиксированного доступа, производит вызов по коду «112», разговорный тракт примет вид, изображенный на рисунке 3 (центр обслуживания вызовов «Системы 112» реализован на оборудовании «Asterisk).



*Рисунок 3 – Тракт для первого случая*

Краткие пояснения к рисунку 3: в данном случае абонент А включен в АТС по двухпроводной цифровой линии; аналог – цифровое преобразование (АЦП), а также ЦАП выполняется в абонентском модуле АТСЭ при помощи кодека G.711; далее вызов поступает на УСС (потому как набран код «112»), после чего в шлюзах доступа к IP-сети выполняется переход к пакетной форме представления речи G.729 (ЦОВ «Системы 112» по условию реализован на оборудовании Asterisk, использующем протокол VoIP); по итогу вызов поступает в ЦОВ «Системы 112», где перенаправляется к свободному на данный момент оператору или встает в очередь на обработку.

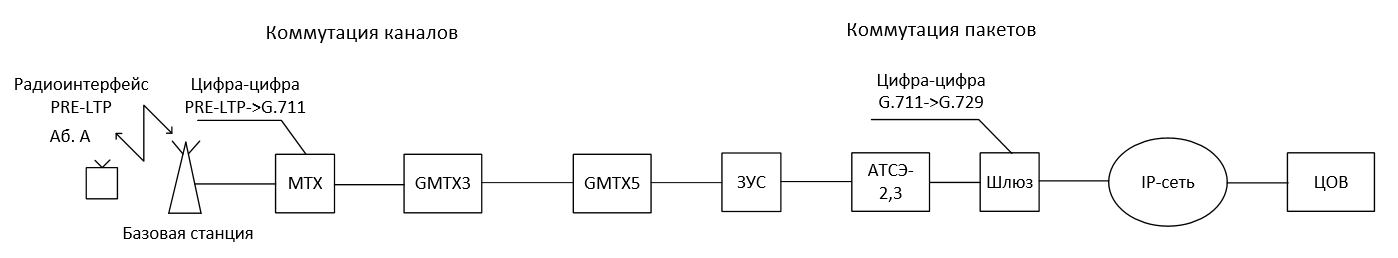
*Б)* Для второго случая, когда вызывающий абонент А в городе Санкт-Петербург (узел GMTX7 сети ЗАО МТТ), используя абонентскую станцию мобильного доступа стандарта GSM900, производит вызов к абоненту сети мобильной связи GSM900, находящемуся в городе Обь (ближайший к городу узел GMTХ5 сети ЗАО МТТ находится в Новосибирске), разговорный тракт примет вид, изображенный на рисунке 4.



*Рисунок 4 - Тракт для второго случая*

Краткие пояснения к рисунку 4: в данном случае абонент А подключается к ближайшей базовой станции с помощью радиоинтерфейса GSM с использованием кодека RPE-LTP на скорости 13,2 кбит/с; потому как вызов осуществляется из Санкт-Петербурга, он проходит через узел GMTX7 сети ЗАО МТТ где выполняется переход и кодирование RPE-LTP→G.711 (возможно, что перед поступлением на GMTX7, данный вызов пройдет через некий локальный узел MTX, в таком случае он уже будет перекодирован к данному моменту); далее по линии ВОЛС сигнал доходит до узла GMTX5, расположенного в Новосибирске (до ближайшего узла к городу Обь), либо напрямую, либо с использование обходных направлений; после чего сигнал поступает на местный узел MTX, расположенный в городе Обь; далее выполняется переход и процедура кодирования G.711→RPE-LTP и вызов поступает на базовую станцию, где уже доходит до конечного абонента Б по соответствующему радиоинтерфейсу.

*В)* Для третьего случая, когда вызывающий абонент А, находящийся в городе Казань, производит вызов по коду «8-800», используя абонентскую станцию мобильного доступа стандарта GSM900 разговорный тракт примет вид, представленный на рисунке 5 (центр обслуживания вызовов находится в городе Обь; допустим, это проектируемый ЦОВ).



*Рисунок 5 - Тракт для третьего случая*

Схема тракта продвижения и преобразования сигнала для третьего примера во многом похожа на схему для пункта *Б)*, с той лишь разницей, что перед тем, как поступить на узел GMTX3 (расположенный в Самаре, ближайший узел к Казани), вызов от абонента А сначала пройдет через местный узел MTX. Дойдя до города Обь и местной АТСЭ-2,3, сигнал преобразуется из кодировки G.711 в G.729 для того, чтобы далее поступить в местную IP-сеть и по итогу достичь спроектированного ЦОВ по указанному номеру, в котором вызов будет либо принят одним из свободных операторов, либо встанет в очередь на обработку.

**5. Разработка примера установления четырехпроводного соединения в коммутационном поле цифровой АТС**

В конкретном примере происходит установление соединения между PCM-TSL стороны «А» 27 – 31 и PCM-TSL стороны «Б» 31 – 5.

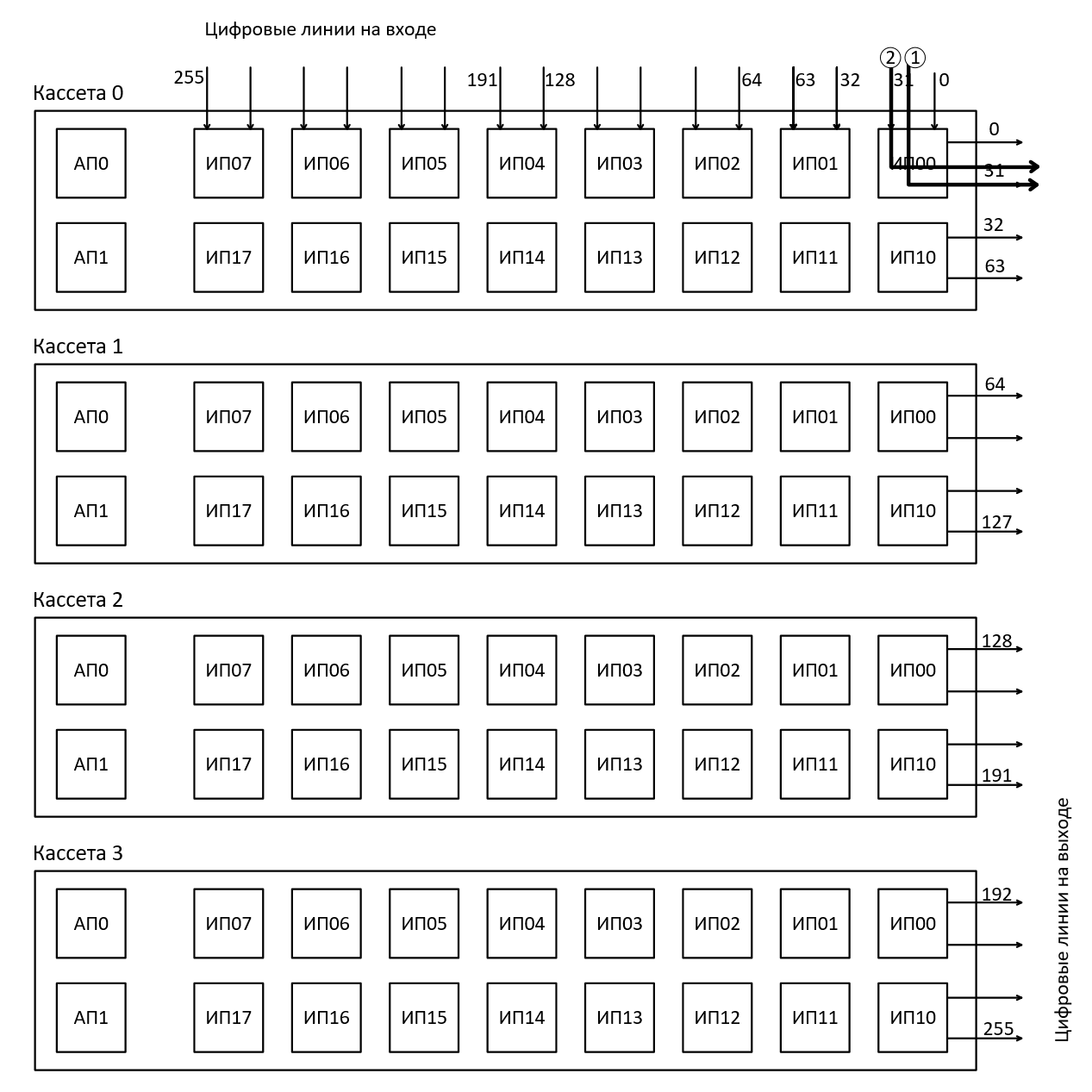
Для реализации двусторонней телефонной связи между абонентами «А» и «Б» в коммутационном поле должны быть реализованы два соединения (рисунок 8):

* 1 соединение. От входа коммутационного поля (ЦКП) по 27-й цифровой линии, 31-му временному каналу – в сторону 31-й цифровой линии, 5-му временному каналу на выходе: 27 – 31 → 31 – 5;
* 2 соединение. От входа коммутационного поля по 31-й цифровой линии, 5-му временному каналу – в сторону 27-й цифровой линии, 31-му временному каналу на выходе: 31 – 5 → 27 - 31.

Структура цифровых коммутационных полей зависит от технологических достижений и от конкретных решений, используемых фирмой – разработчиком оборудования коммутации. В данном случае рассматривается установление соединений в полнодоступном коммутационном поле системы коммутации DX200 емкостью 256х256 (256 цифровых линий на входе, 256 цифровых линий на выходе). Коммутационное поле реализовано на основе четырех кассет емкостью 256х64 цифровых линий. Одноименные входы кассет запараллелены, поэтому получается общее поле 256х256 (рисунок 6). На каждой кассете располагаются платы памяти двух видов:

* память (АП) для хранения информации об установленных соединениях;
* информационная память (ИП) для кратковременного хранения в течение цикла ИКМ продолжительностью 125 мкс информации, поступающей со входа ЦКП.

Эта информация из ИП должна быть передана на заданный выход ЦКП в заданной временной позиции. Одна плата ИП соответствует группе из 32 цифровых линий (цифровых трактов) на входе и содержит 32 линии х 32 канала = 1024 ячейки памяти. Емкость ячейки ИП – 1 байт для хранения 8 бит информации от конкретного TSL. Одна плата АП соответствует группе из 32 цифровых линий на выходе и содержит 32 линии х 32 канала = 1024 ячейки памяти. Емкость ячейки АП – 12 бит.



*Рисунок 6 - Пример установления соединений в цифровом*

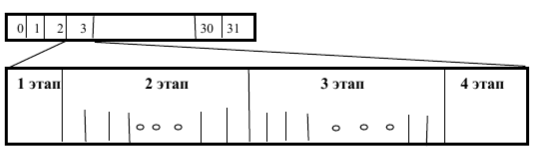
*коммутационном поле*

Соединение номер 1 (27 – 31 → 31 – 5) будет обеспечиваться кассетой 0, в которой будут использованы плата адресной памяти АП0 и плата информационной памяти ИП00. В пределах платы ИП00 номер входа 27-31 и номер выхода 31-5.

Соединение номер 2 (31 – 5 → 27 – 31) будет обеспечиваться кассетой 0, в которой будут использованы плата адресной памяти АП0 и плата информационной памяти ИП00. В пределах платы ИП00 номер входа 31-5 и номер выхода 27-31.

Оба варианта соединения наглядно обозначены на рисунке 6 соответствующими жирными линиями со сносками 1 и 2.

Функционирование ЦКП предполагает формирование циклов коммутации, длительность которых равна длительности TSL – 3,9 мкс. На рисунке 7 показана структура такого цикла.



*Рисунок 7 – Цикл коммутации цифрового коммутационного поля, соответствующий timeslot 3*

На первом этапе выполняется загрузка информации о новых соединениях в платы адресной памяти.

На втором этапе выполняется загрузка информации в платы информационной памяти. Во время цикла коммутации должна быть выполнена загрузка 32 х 1 байт = 32 байт информации, поступающей от цифровых линий на входе КП, где 32 – число цифровых линий, обслуживаемых платой ИП, 1 байт – информация, поступающая в конкретном временном канале (timeslot 3).

На третьем этапе выполняется коммутация. А именно, поочередно выполняется обращение к ячейкам адресной памяти timeslot TSL 3. Содержимое этих ячеек используется как адрес для обращения к платам информационной памяти. При таком обращении содержимое выбранной ячейки ИП пересылается на выход КП. Фактически номер ячейки АП определяет номер выхода, а ее содержимое – номер входа. В ЦКП передача информации выполняется по внутренним связям в параллельном виде, количество таких связей между платами ограничено. Поэтому 2 и 3 этапы состоят из значительного числа промежуточных этапов.

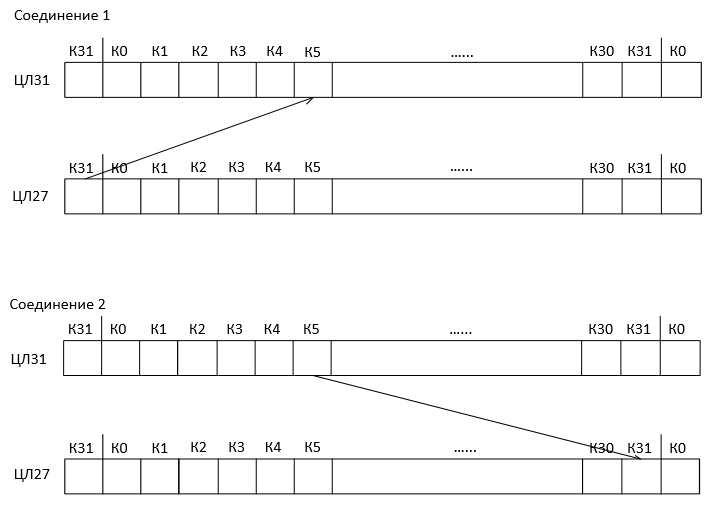
На четвертом этапе выполняется выдача информации в цифровые линии на выходе ЦКП, так называемое «параллельно-последовательное» преобразование.

На рисунке 8 представлены варианты первого и второго соединений для конкретного варианта задания. При этом задержка в цифровом поле, учитывая, что длительность временного канала составляет 3,9 мкс, равна:

*А)* при первом соединительном пути, когда сигнала передается из канала 31 в канал 5: 3,9\*6 = 23,4 мкс;

*Б)* при втором соединительном пути, когда сигнал передается из канала 5 в канал 31: 3,9\*26 = 101,4 мкс.

Максимальная задержка в рассматриваемом ЦКП составляет 125 мкс.

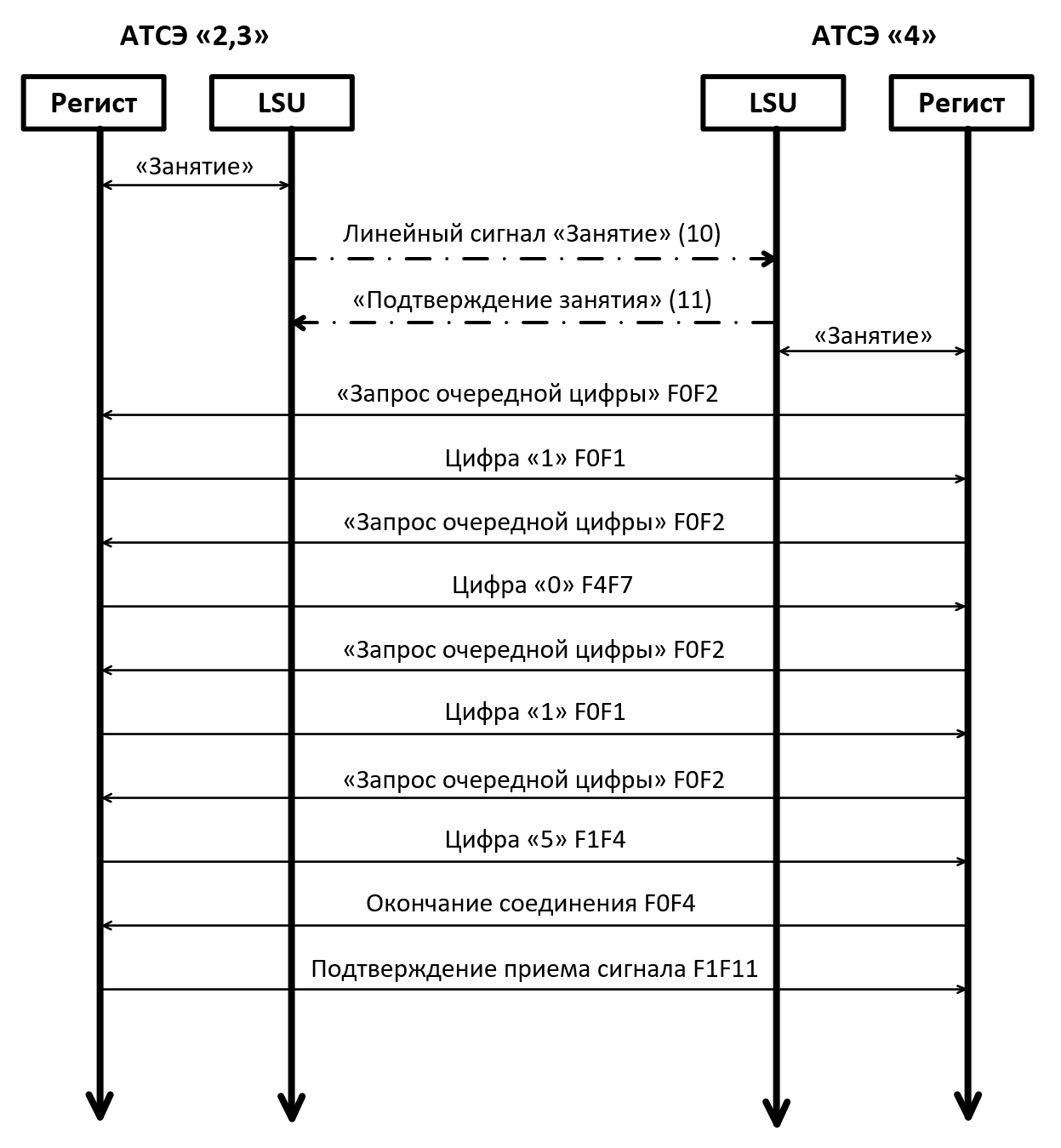


*Рисунок 8 – Пространственная и временная коммутация*

**6. Разработка примера организации обмена информацией управления и взаимодействия между АТС**

В конкретном случае, необходимо разработать схему обмена линейными сигналами по 2ВСК и сигналами управления по R1,5, если, допустим, устанавливается соединение от абонента «А» с номером «25536» к абоненту «Б», включенному в АТСЭ с индексом «4». Предполагается, что абонент «А» набирает номер «41015», тогда в сторону АТСЭ «4» должны быть переданы последние четыре цифры набранного номера, то есть последовательность цифр 1-0-1-5. Занятие канала связи в сторону АТСЭ «4» производится после поступления пяти цифр номера и анализа первой цифры номера, выполняется обмен линейными сигналами между блоками линейной сигнализации LSU и занятие регистра на стороне Б.

При разработке примера сигнализации по ОКС7 используются типовые диаграммы обмена сигнальными единицами подсистемы пользователя телефонии. Схематичный вариант диаграммы обмена сигналами по 2ВСК и R1,5 между двумя АТС приведен на рисунке 9 ниже.



*Рисунок 9 – Диаграмма обмена сигналами по 2ВСК и R1,5*

**7. Оценка надежности связи и перспективности использования обходных направлений**

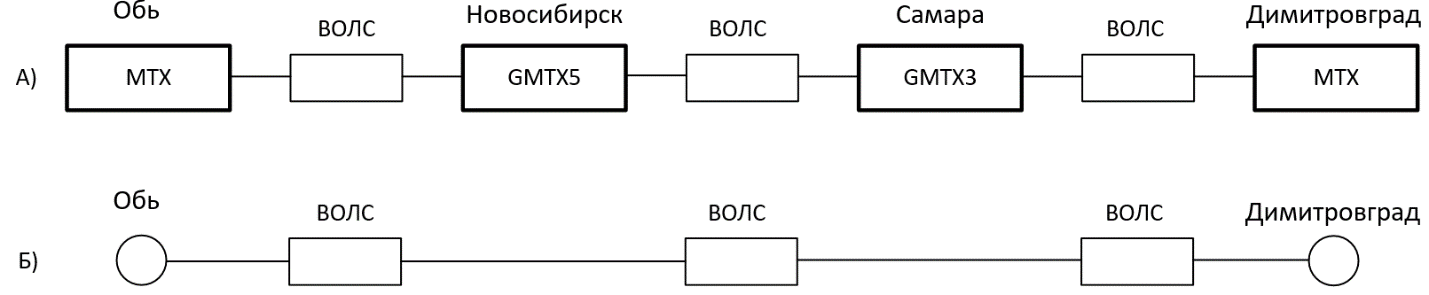
Сеть связи ЗАО МТТ включает 8 узлов связи GMTX, соединенных между собой по принципу «каждый с каждым». Она обеспечивает связь между пользователями сотовых сетей связи разных регионов (рисунок 10).

В конкретном варианте задания требуется выполнить оценку надежности связи между мобильными пользователями в городе Обь Новосибирской области (заданный город N) и, допустим, мобильным пользователем в городе Димитровград Ульяновской области (город выбран самостоятельно). Предполагается, что в качестве мобильных пользователей в городе Обь выступают операторы проектируемого контакт-центра.



*Рисунок 10 – Сеть связи ЗАО «МТТ»*

Для оценки надежности используется коэффициент готовности. Коэффициент готовности *Кг* – это вероятность того, что в следующий момент времени устройство (в данном случае, направление связи или цифровая система коммутации ЦСК) будет работоспособно, если оно было введено в строй и обслуживало трафик. На рисунке 11 представлена схема разговорного тракта по прямому направлению связи в сети ЗАО МТТ.



*Рисунок 11 – Схема разговорного тракта по прямому направлению связи: А)общая; Б)упрощенная для оценки надежности*

Коэффициент готовности конкретных участков тракта определяется их длиной и величиной *Кг 100км*, который задается на 100 км тракта. Предлагается для каждого участка трассы ВОЛС использовать формулу:

Кг участка = [Кг100км ]m+1, (6)

где m – число целых 100 км участков в трассе.

Например, расстояние между городом Обь и Новосибирском, согласно интерактивным картам в Интернете, составляет не более 10-15 км, это расстояние увеличивается на 40% для создания запаса на изгибы трассы. Получается: 15 \* 1,4 = 21 км. То есть при *m* = 0 формула приобретает вид:

КгОбь-Новосиб = [Кг 100км1 ]m+1 = [0,987]1 = 0,987.

Такой же расчет производится для всех остальных участков трассы.

Участок два, Новосибирск – Самара, при примерном расстоянии между городами 2130 км:

2130\*1,4 = 2982 км, следовательно *m* = 29;

Кг Новосиб-Самара = [Кг 100км2 ]m+1 = [0,987]30 = 0,675.

Участок три, Самара - Димитровград, при примерном расстоянии между городами 110 км:

110\*1,4 = 154 км, следовательно *m* = 1;

Кг Сам-Димитр = [Кг 100км3 ]m+1 = [0,923]2 = 0,852.

Таким образом, прямое направление связи Новосибирск – Самара характеризуется коэффициентом готовности соответствующей волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) *KгНовосиб-Сам*= 0,675. Направление связи между GMTX5 в Новосибирске и МТХ в городе Обь характеризуется коэффициентом готовности волоконно-оптической линии связи *KгНовосиб-Обь* = 0,987. Направление связи между GMTX3 в Самаре и МТХ в городе Димитровград – *КгСам-Димитр* = 0,852. Коэффициенты готовности цифровых систем коммутации по своим нормативным показателям имеют более высокую надежность *КгЦСК* = 0,99999, в нашем случае цифровые системы коммутации каналов – это центр коммутации подвижной связи МТХ в городе Обь, GMTX5 в Новосибирске, GMTX3 в Самаре и МТХ в городе Димитровград.

Разговорный тракт на рисунке 11, с точки зрения теории надежности, представляет собой схему последовательного включения элементов. В таких схемах надежность всей схемы определяют наименее надежные элементы.

Определяется общий коэффициент готовности *Кгобщее* как произведение коэффициентов готовности разных элементов тракта, представленных на рисунке 11.

Кг общее = , (7)

Получается:

Кг общее = = 0,999994 \* 0,987 \* 0,675 \* 0,852 = 0,567829,

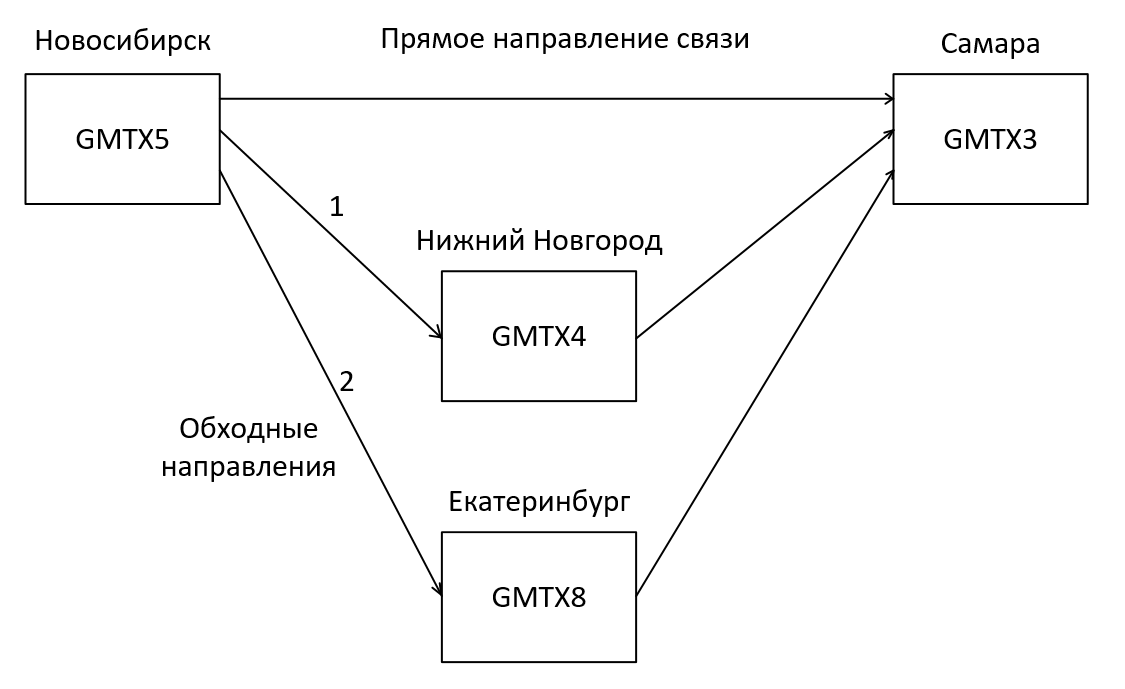
где 4 – общее число систем коммутации, через которые проходит тракт.

Определяется общий коэффициент готовности *Кг\*общее*, как произведение коэффициентов готовности наименее надежных элементов тракта, представленных на рисунке 11, а именно волоконно-оптических трактов ВОЛС:

Кг\* общее = П Кгi = 0,987 \* 0,675 \* 0,852 = 0,567852.

Полученные результаты практически совпадают, поэтому для упрощения расчетов можно исключить ЦСК. Стоит отметить, что в результате расчета коэффициента готовности *Кг\* общее* для прямого направления связи было получено низкое значение надежности тракта, в первую очередь из-за «слабых» участков Самара – Новосибирск и Самара - Димитровград.

Для повышения надежность связи необходимо применить обходные направления. Для организации обходных направлений можно использовать в качестве промежуточных узлов связи любые из GMTX сети, но чаще всего открываются два – три обходных направления (в текущем случае по заданию требуется указать и рассчитать два обходных направления). Например, вариант, когда первое обходное направление пройдет через Нижний Новгород, а второе – через Екатеринбург (рисунок 12).



*Рисунок 12 – Возможные варианты связи с использованием обходных направлений*

По условию курсового проекта заданы коэффициенты готовности на 100 км для каждого из указанных на рисунке участков. Вычисляются коэффициенты готовности данных четырех участков тракта.

Участок Новосибирск – Нижний Новгород, при примерном расстоянии между городами 2420 км:

2420\*1,4 = 3388 км, следовательно m = 33;

Кг Новосиб-НН = [Кг 100кмобх21 ]m+1 = [0,985]34 = 0,598.

Участок Нижний Новгород - Самара, при примерном расстоянии между городами 520 км:

520\*1,4 = 728 км, следовательно m = 7;

Кг НН-Сам = [Кг 100кмобх22 ] m+1 = [0,946]8 = 0,641.

Участок Новосибирск – Екатеринбург, при примерном расстоянии между городами 1400 км:

1400\*1,4 = 1960 км, следовательно m = 19;

Кг Новосиб-Екб = [Кг 100кмобх11 ]m+1 = [0,989]20 = 0,802.

Участок Екатеринбург - Самара, при примерном расстоянии между городами 780 км:

780\*1,4 = 1092 км, следовательно m = 10;

Кг Екб-Сам = [Кг 100кмобх12 ]m+1 = [0,986]11 = 0,856.

Определяется коэффициент готовности для первого обходного направления:

Кгобх1 = Кг Новосиб – НН \* Кг НН - Сам = 0,598 \* 0,641 = 0,384.

Определяется коэффициент готовности для второго обходного направления:

Кгобх2 = Кг Новосиб - Екб \* Кг Екб - Сам = 0,802 \* 0,856 = 0,686.

Если используется только одно обходное направление (например, через Нижний Новгород), то общий коэффициент готовности:

К гобщ обходное напр НН = 1 - (1 - 0,675) \* (1 – 0,384) = 0,8.

Если используется обходное направление через Екатеринбург, то общий коэффициент готовности:

К гобщ обходное напр Екб = 1 - (1 - 0,675) \* (1 – 0,686) = 0,898.

В качестве обходного направления на GMTX5 в конкретном случае выбирается GMTX8 через Екатеринбург, обеспечивающее более высокую надежность.

Еще более высокий коэффициент готовности может быть получен с учетом использования сразу нескольких обходных направлений.

Если используется два обходных направления через Екатеринбург и Нижний Новгород, то общий коэффициент готовности составит:

К гобщ обходные напр Екб и НН = 1 - (1 - 0,675) \* (1 – 0,384) \* (1 – 0,686) = 0,937.

В данный момент была проведена оценка надежности сети ЗАО «МТТ» для конкретных условий. Далее учитывается влияние участков тракта: между городами Обь и Новосибирск; между городами Самара и Димитровград.

При использовании одного обхода через Нижний Новгород:

Кг\* общее обход НН = П Кгi = 0,987 \* 0,852 \* 0,8 = 0,673.

При использовании одного обхода через Екатеринбург:

Кг\* общее обход Екб = П Кгi = 0,987 \* 0,852\* 0,898 = 0,755.

При использовании двух обходов (Екатеринбург и Нижний Новгород):

Кг\* общее 2 обхода = П Кгi = 0,987 \* 0,852\* 0,937 = 0,788.

Общий вывод – низкая надежность на участке тракта между городами Димитровград и Самара снижает общую надежность связи. Можно ввести дублирование ВОЛС. При дублировании ВОЛС на участке тракта между городами Обь и Новосибирск:

Кг Димитр-Сам = 1 - (1 - 0,987)2 = 0,999831.

При дублировании ВОЛС на участке тракта между городами Димитровград и Самара:

Кг Сам-Димитр = 1 - (1 - 0,852)2 = 0,978.

На самом деле на этих участках коэффициент готовности может быть еще выше благодаря автоматическому переключению на резерв. Проводится оценка надежности тракта при организации одного обхода через Екатеринбург (отображается в программных данных GMTX5), после реализации дублирования ВОЛС на двух участках тракта:

Кг итог дубл ВОЛС и обход Мск = П Кгi = 0,898 \* 0,999831 \* 0,978 = 0,878.

По результатам всех произведенных расчетов можно сделать вывод о том, что для реализации надежной связи на GMTX5 рекомендуется в качестве обходного направления связи назначить направление на Екатеринбург, а также, по возможности, организовать дублирование ВОЛС в зоне ответственности местных операторов связи.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Учебно-методическое пособие по курсовому проектированию по дисциплине Технологии Коммутации в Инфокоммуникационных Сетях для студентов заочной формы обучения 4 курса (направление 11.03.03, профиль – СС и СК), составитель Степанова И.В., МТУСИ, М.: 2021 г. – 48 с.
2. Корнышев Ю.Н., Пшеничников А.П., Харкевич А.Д. Теория телетрафика. Учебник.- М.: Радио и связь, 1996. - 224с.
3. Корнышев Ю.Н., Фань Г.Л. Теория распределения информации. - М.: Радио и связь, 1985. - 184с.