**Глава 4. Расчет нагрузки на сети**

**4.1. расчет и распределение телефонной нагрузки.**

**4.1.1. Расчет возникающей нагрузки.**

Возникающую нагрузку создают вызовы (заявки на обслуживание), поступающие от абонентов (источников) и занимающие на некоторое время различные соединительные устройства станции.

Согласно нормам технологического проектирования (НТП) следует различать три категории (сектора) источников: народнохозяйственный сектор, квартирный сектор и таксофоны.

При этом интенсивность местной возникающей нагрузки может быть определена, если известны следующие основные параметры:

Nнх , Nк и Nт - число телефонных аппаратов народнохозяйственного сектора, квартирного сектора и таксофонов;

Cнх, Cк, Cт - среднее число вызовов в ЧНН от одного источника *i-*й категории;

Tнх, Tк, Tт - средняя продолжительность разговора абонентов *i-*й категории в ЧНН;

Pp  - доля вызовов закончившихся разговором.

Структурный состав источников, то есть число аппаратов различных категорий определяется изысканиями, а остальные параметры (Ci, Ti, Pp) - статистическими наблюдениями на действующих АТС данного района.

Интенсивность возникающей местной нагрузки источников *i-*й категории, выраженная в Эрлангах, определяется формулой:

 (1)

где t i - средняя продолжительность одного занятия:

 (2)

Продолжительность отдельных операций по установлению связи, входящих в формулу (2), принимают следующей:

время слушания сигнала ответа станции tсо =3с

время набора n знаков номера с дискового ТА n ∙tн = 1,5n, с;

время набора n знаков номера с тастатурного ТА n ∙tн = 0,8n, с;

время посылки вызова вызываемому абоненту при состоявшемся разговоре tпв = 7 - 8 с;

время установления соединения tу с момента окончания набора номера до подключения к линии вызываемого абонента зависит от вида связи, способа набора номера и типа станции, в которую включена требуемая линия. При связи со станцией с программным управлением tу = 3с. Для внутристанционной связи всегда tу = 0,5с. Так как при наборе номера с дискового телефонного аппарата величина имеет различные значения, а распределение нагрузки по направлениям неизвестно, то не делая большой погрешности можно принять tу = 2с;

коэффициент i учитывает продолжительность занятия приборов вызовами, не закончившихся разговором (занятость, неответ вызываемого абонента, ошибки вызывающего абонента). Его величина в основном зависит от средней длительности разговора Ti и доли вызовов, закончившихся разговором Pp , и определяется по графику рис. 2 [8].

Таким образом, возникающая местная нагрузка от абонентов различных категорий, включенных в проектируемую станцию, определяется равенством:

Y= YНХ + YК + YТ , (3)

Структурный состав абонентов и средние значения основных параметров нагрузки для всех категорий абонентов проектируемой АТСЭ 7 указаны в таблице 1.

Параметры нагрузки проектируемой АТС **Таблица 1**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Категории аппаратов | К% | Ci | Ti, c | Pр |
| Население  Из них с частотным набором | 74.5  25 | 1,1 | 110 | 0,5 |
| Бюджетные  Из них с частотным набором | 17.3  30 | 3,5 | 85 | 0,5 |
| Коммерческие  Из них с частотным набором | 8.2  50 | 3,5 | 85 | 0,5 |
| Таксофоны | 0,9 | 8 | 110 | 0,5 |

По выражению (2) определим среднюю продолжительность одного занятия для телефонных для всех категорий:

при Тнас = 95 по зависимости αk = f (tk, Pp) определяем αk =1,18. Тогда для ТА с декадным набором номера:

tнасд= 1,18 ∙ 0,5 ∙ (3 + 5 ∙ 1,5 + 2 + 7 +110) = 76,41 с.

Для ТА с частотным набором номера

tнасч= 1,18 ∙ 0,5 ∙ (3 + 5 ∙ 0,8 + 2 + 7 + 110) = 74,34 с.

При Тнх = 85 определяем αk =1,22:

tНХД = 1,22 ∙ 0,5 ∙ (3 + 5 ∙ 1,5 + 2 + 7 + 85) = 63,75 с;

tнхч = 1,22 ∙ 0,5 ∙ (3 + 5 ∙ 0,8 + 2 + 7 + 85) = 61,61 с.

При Тт = 95 определяем αk = 1,18:

tТД = 1,18 ∙ 0,5 ∙ (3 + 5 ∙ 1,5 + 2 + 7 + 110) = 76,41 с;

tДЧ = 1,18 ∙ 0,5 ∙ (3 + 5 ∙ 0,8 + 2 + 7 + 110) = 74,34 с.

Определим численность ТА каждой категории:

Nнасд = N ∙ Кнас(1 - Кнасч) = 2000 ∙ 0,745 ∙ (1 - 0,25) = 1118;

Nнасч = N ∙ Кнас ∙ Кнасч = 2000 ∙ 0,745 ∙ 0,25 = 372;

Nнхбд = 2000 ∙ 0,173 ∙ (1 - 0,03) = 335;

Nнхбч = 2000 ∙ 0,173 ∙ 0,03 = 11;

Nнхкд = 2000 ⋅ 0,082 ⋅ (1- 0,5) = 82;

Nнхкч = 2000 ⋅ 0,082 ⋅ 0,5 = 82;

Nт = 18

После определения среднего времени занятия и числа ТА различных категорий рассчитывается интенсивность поступающей на АТС нагрузки от абонентов каждой категории:

Yнасд = 1008 ∙ 1,1 ∙ 76,41 / 3600 = 26,1 Эрл;

Yнасч = 350 ∙ 1,1 ∙ 74,34 / 3600 = 8,45 Эрл;

Yнхбд = 256 ∙ 3,5 ∙ 63,75 / 3600 = 20,76 Эрл;

Yнхбч = 150 ∙ 3,5 ∙ 61,61 / 3600 = 0,66 Эрл;

Yнхкд = 144 ∙ 3,5 ∙ 63,75 / 3600 = 5,08 Эрл;

Yнхкч  = 100 ∙ 3,5 ∙ 63,75 / 3600 = 5,08 Эрл;

Yт = 18 ∙ 8 ∙ 76,41 / 3600 = 3,06 Эрл;

Интенсивность нагрузок от различных категорий источников приведена в таблице 2.

**Таблица 2.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Категория аппаратов | | Pр | αk | Ti, с | ti, с | Число ТА | Yi, Эрл |
| насел | Декадн. | 0,5 | 1,18 | 110 | 76,41 | 1118 | 26,1 |
| Частотн. | 74,34 | 372 | 8,45 |
| НХБ | Декадн. | 0,5 | 1,22 | 85 | 63,75 | 335 | 20,76 |
| Частотн. | 61,61 | 11 | 0,66 |
| НХК | Декадн. | 0,5 | 1,22 | 85 | 76,41 | 82 | 5,08 |
| Частотн. | 74,34 | 82 | 5,08 |
| ТАКС | частотн | 0,5 | 1,18 | 110 | 76,41 | 18 | 3,06 |

Общая средняя нагрузка, поступающая на вход станции, подсчитывается по формуле 3:

Y” = 34,55 + 21,42 + 10,16 + 3,06 = 69,19 Эрл.

**4.1.2. Распределение нагрузки по направлениям.**

Распределение нагрузки по станциям имеет случайный характер, зависящий от неподдающейся учету взаимной заинтересованности абонентов в переговорах. Поэтому точное определение межстанционных потоков нагрузки при проектировании АТС невозможно. Это можно сделать лишь после введения станции в эксплуатацию путем анализа проведенных изменений.

Известны приближенные методы распределения нагрузки по станциям сети на основе специальных коэффициентов распределения нагрузки, тяготении и нормированных коэффициентов. Однако во всех случаях при проектировании новых станций для прогнозирования значений самих коэффициентов необходимо иметь данные наблюдений за закономерностями изменений аналогичных коэффициентов на действующих сетях.

В рассматриваемом способе распределения нагрузки в качестве основных факторов приняты нагрузка проектируемой станции и общая нагрузка телефонной сети.

Местную исходящую нагрузку разделим на 3 части: нагрузку к спецслужбам, внутристанционную нагрузку и междугородная и международная исходящая нагрузка по заказно-соединительным линиям (ЗСЛ). Обычно к узлу спецслужб направляется 2-3% возникающей от абонентов нагрузки.

Y’ = Y’’- Y’сп (4)

где Y’сп  = 0,03 ∙ Y’’ =2,08,

тогда Y’= 69,19 - 2,08 = 67,11 Эрл

В связи с тем, что цифры номера, поступающие от ТА, принимаются в сигнальном комплекте линейной группы без занятия коммутационного поля (SN), то нагрузка на коммутационное поле (SN) меньше нагрузки, создаваемой абонентами, за счет меньшей продолжительности занятия SN. Продолжительность занятия SN меньше времени занятия абонентского комплекта на время слушания сигнала ответа станции и набора номера. Следовательно, нагрузка на SN будет меньше нагрузки на входе на величину φ. Для инженерных расчетов коэффициент φ для электронных АТС можно принять равным 0,9:

Y7 = 0,9 ∙ Y’7 (5)

Нагрузка на выходе SN будет:

Y7 = 0,9 ∙ 67,11 = 60,4 Эрл

Междугородная и международная исходящая нагрузка по заказно-соединительным линиям (ЗСЛ) от одного абонента в ЧНН принимается равной

Yзсл = 0,003...0,005 Эрл. Тогда интенсивность поступающей нагрузки на АМТС:

Yзсл = 2000 ∙ 0,003 = 6 Эрл

## Расчёт производительности узла доступа

Расчёт производительности узла доступа для новых групп пользователей необходимо проводить с учётом «старых» групп, использующих из всего спектра предоставляемых услуг только телефонию. Кроме того, необходимо учесть ту часть пользователей, которая, кроме телефонной связи, пользуется услугами передачи данных. Количество таких абонентов в процентном соотношении значительно меньше количества «традиционных» пользователей, однако больше числа «продвинутых» абонентов, заказывающих услуги видеоконференций, VoD и т.п.



Рисунок 9. Состав абонентов сети доступа.

Доля абонентов группы 1 составляет π1 ≈ 80%. Это традиционные абоненты, совершающие в среднем f1 = 5 вызовов в час средней длительностью t1 = 2 минуты.

Доля абонентов группы 2, использующих голосовые сервисы и сервисы передачи данных, составляет π2 ≈ 15%. Нагрузка, создаваемая этими абонентами, складывается из двух составляющих: телефония и интернет. Параметры телефонной нагрузки совпадают с аналогичными параметрами для группы 1, f2 = f1 = 5 вызовов в час, t2 = t1 = 2 минуты. Объём переданных данных в час наибольшей нагрузки ограничивается 10 Мбайт.

Доля абонентов группы 3, приносящих наибольших удельный доход, составляет π3 ≈ 5%. Структура трафика для этих пользователей складывается следующим образом: телефония, интернет, видео. Параметры трафика телефонии совпадают с аналогичными параметрами для группы 2, т.е. f3 = f2 = f1 = 5 вызовов в час, t3 = t2 = t1 = 2 минуты. При расчёте трафика передачи данных необходимо учесть, что пользователи этой группы, как правило, активнее используют ftp и пиринговые сети. Допустим, что они потребляют до 100 Мбайт трафика. Время просмотра видео в час наибольшей нагрузки достигает 60 минут.

Определим число IP-пакетов, генерируемых каждой группой в час наибольшей нагрузки, при условии, что мультисервисный узел доступа обслуживает N = 4000 абонентов.

### Расчёт числа пакетов от первой группы (телефония)

Для расчёта числа пакетов создаваемых пользователями телефонии, необходимо задаться типом используемого кодека. На сегодняшний день в сетях IP-телефонии реально используются кодеки, представленные в таблице 3.

Таблица 3

Параметры кодеков.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Кодек | Скорость передачи,  кбит/с | Длительность датаграм-мы,  мс | Задержка пакетизации,  мс | Полоса пропускания для двунаправ-ленного соединения, кГц | Задержка в джиттер-буфере | Теоре-тическая максималь-ная оценка MOS |
| G.711u | 64 | 20 | 1 | 174,4 | 2 датаграммы,  40 мс | 4,4 |
| G.711a | 64 | 20 | 1 | 174,4 | 2 датаграммы,  40 мс | 4,4 |
| G.726-32 | 32 | 20 | 1 | 110.4 | 2 датаграммы,  40 мс | 4,22 |
| G.729 | 8 | 20 | 25 | 62,4 | 2 датаграммы,  40 мс | 4,07 |
| G.723m | 6,3 | 30 | 67,5 | 43,73 | 2 датаграммы,  60 мс | 3,87 |
| G.723a | 5,3 | 30 | 67,5 | 41,6 | 2 датаграммы,  60 мс | 3,69 |

Наилучшее качество речи обеспечивает кодек G.711. Длительность дейтаграммы TPDU равна 20 мс, согласно рекомендации RFC 1889. При этом в секунду передаётся

n1 = 1/ TPDU (6)

кадров.

n1 = 1/0,02 = 50 (кадров в секунду)

Размер пакетизированных данных

h = v·TPDU  (7)

где

v – скорость кодирования, байт/с;

h – размер пакетизированных данных;

TPDU – длительность одной речевой выборки (длительность пакета).

При использовании кодека G.711 скорость кодирования

v = 64000/8 = 8000 (байт/с)

h = 8000· 0,020 = 160 (байт)

Для определения размера пакета необходимо учесть заголовки:

* Ip – 20 байт;
* UDP – 8 байт;
* RTP – 12 байт.

Суммарный размер пакета – 160 + 20 + 8 +12 = 200 байт.

Для определения числа пакетов, генерируемых первой группой абонентов, необходимо учесть их долю в общей структуре пользователей, количество вызовов в час наибольшей нагрузки, среднюю длительность разговора.

N1 = n1· t1·f1·π1·N (8)

где:

* N1 – число пакетов, генерируемое первой группой пользователей в час наибольшей нагрузки;
* n1 – число пакетов, генерируемых в секунду одним абонентом при использовании кодека G.711;
* t1 – средняя длительность разговора в секундах для первой группы абонентов;
* f1 – число вызовов в час наибольшей нагрузки для первой группы абонентов;
* π1 – доля пользователей группы 1 в общей структуре абонентов;
* N – общее число пользователей.

### Расчёт числа пакетов от второй группы (телефония и интернет)

Рассуждения, приведённые для первой группы абонентов, в полной мере можно применить и ко второй группе для расчёта числа пакетов, возникающих в результате пользования голосовыми сервисами. Разница будет лишь в индексах.

N2\_т = n1· t2· f2·π2· N (9)

где:

* N2\_т – число пакетов, генерируемое второй группой пользователей в час наибольшей нагрузки при использовании голосовых сервисов;
* n1 – число пакетов, генерируемых в секунду одним абонентом при использовании кодека G.711;
* t2 – средняя длительность разговора в секундах для второй группы абонентов;
* f2 – число вызовов в час наибольшей нагрузки для второй группы абонентов;
* π2 – доля пользователей группы 2 в общей структуре абонентов;
* N – общее число пользователей.

Для расчёта числа пакетов, генерируемых второй группой пользователей при использовании сервисов передачи данных, необходимо задаться размером пакетов. При построении сети NGN, как правило, на одном или нескольких участках сети на уровне звена данных используется та или иная разновидность технологии Ethernet, поэтому использовать пакеты, превышающие максимальную длину поля данных Ethernet, не имеет смысла. Очень длинный пакет рано или поздно будет фрагментирован, что приведёт, во-первых, к излишней нагрузке на коммутаторы, и, во-вторых, к возможным перезапросам в случае потерь. Кроме того, использование пакетов большого размера затрудняет обеспечение качества обслуживания и на магистральной сети, и в сети доступа. Более того, как правило, корпоративные пользователи устанавливают на границе своей сети файервол, который, иногда, ограничивает максимальный размер кадра. Поэтому для расчёта выберем одинаковые размеры пакетов и при передаче данных, и при передаче голосового трафика – полезная нагрузка 160 байт. При передаче данных вместо протоколов RTP и UDP используется TCP, вносящий точно такую же избыточность (20 байт).

Для расчёта числа пакетов в час наибольшей нагрузки необходимо задаться объёмом переданных данных. Предположим, что абоненты второй группы относятся к интернет-сёрферам, т.е. в основном просматривают веб-страницы. Средний объём данных, переданных за час при таком способе подключения, составит около V2 = 10 Мбайт = 80 Мбит. Число пакетов, переданных в ЧНН, будет равно

N2\_д = π2· N ·V2/h (10)

где

* N2\_д – количество пакетов, генерируемых в час наибольшей нагрузки абонентами второй группы при использовании сервисов передачи данных;
* π2 – доля пользователей группы 2 в общей структуре абонентов;
* h – размер поля данных пакета;
* N – общее число пользователей.

Суммарное число пакетов, генерируемых второй группой пользователей в сеть в час наибольшей нагрузке, будет равно

N2 = N2\_т + N2\_д (11)

### Расчёт числа пакетов от третьей группы абонентов (triple play)

Все рассуждения, проведённые относительно первых двух групп, остаются в силе и для третьей группы, применительно к сервисам передачи голоса, а именно:

N3\_т = n1· t3\_т· f3· π3· N (12)

где:

* N3\_т – число пакетов, генерируемое третьей группой пользователей в час наибольшей нагрузки при использовании голосовых сервисов;
* n1 – число пакетов, генерируемых в секунду одним абонентом при использовании кодека G.711;
* t3 – средняя длительность разговора в секундах;
* f3 – число вызовов в час наибольшей нагрузки;
* π3 – доля пользователей группы 3 в общей структуре абонентов;
* N – общее число пользователей.

Предположим, что абоненты третьей группы относятся к «активным» пользователям интернета, т.е., используют не только http, но и ftp, а также прибегают к услугам пиринговых сетей. Объём переданных и принятых данных данных при таком использовании интернета составляет до V3 = 100 Мбайт = 800 Мбит.

Число пакетов, переданных в ЧНН, будет равно

N3\_д = π3· N · V3/h (13)

Для расчёта числа пакетов, генерируемых пользователями видео-услуг, воспользуемся соображениями относительно размера пакета, приведёнными в предыдущем пункте. Размер пакета не должен превосходить 200 байт (вместе с накладными расходами).

Одной из наиболее перспективных и динамически развивающихся услуг является IPTV – передача каналов телевещания с помощью протокола IP. При организации данного сервиса для каждого пользователя в транзитной сети доступа не требуется выделения индивидуальной полосы пропускания. До мультисервисного узла доходит определённое количество каналов, которые распределяются между заказчиками услуги, причём существует возможность организации широковещательной рассылки. Допустим, что в мультисервисной сети предоставляется возможность просмотра K\_tv = 40 каналов вещания. Для обеспечения удовлетворительного качества скорость кодирования должна быть порядка 2 Мбит/с.

Итак, при скорости передачи v = 2048000 бит/с и размере полезной нагрузки пакета h = 160 байт = 1280 бит число пакетов, возникающих при трансляции одного канала, равно:

n3 = v/h (14)

n3 = 2048000/1280 = 1600 (пакетов в секунду)

Количество пакетов, генерируемых 40 каналами в ЧНН, составит

N3\_В = K\_tv · n3 · t3\_В · 60 (15)

Где:

* N3\_В – число пакетов, генерируемое третьей группой пользователей в час наибольшей нагрузки при использовании видео-сервисов сервисов;
* n3 – число пакетов, генерируемых в секунду одним абонентом при использовании просмотре видео, сжатого по стандарту MPEG2;
* K\_tv – число каналов вещания, организуемых в мультисервисной сети.
* t3\_В – среднее время просмотра каналов в ЧНН, мин.

Суммарное число пакетов, генерируемых третьей группой пользователей в сеть в час наибольшей нагрузке, будет равно

N3 = N3\_т + N3\_д + N3\_В (16)

### Требования к производительности мультисервисного узла доступа

Мультисервисный узел доступа должен обслуживать трафик от всех трёх групп пользователей. Кроме того, именно узел доступа должен обеспечить поддержку качества обслуживания путем приоритезации трафика, которая должна осуществляться независимо от используемой технологии транспортной сети доступа.

Суммарное число пакетов, которое должен обработать мультисервисный узел доступа, будет равно:

NΣ = N1 + N2 + N3 = n1· t1·f1·π1·N + (n1· t2· f2· π2· N + π2· N · V2/h) +   
+ (n1· t3·f3·π3· N + π3·N ·V3/h + K\_tv·n3 · t3\_В· 60) (17)

Учитывая, что:

t1 = t2 = t3 = ­ t – средняя длительность разговора в секундах;

f3 = f2 = f1 = f – число вызовов в ЧНН;

Получим

NΣ = n1 · t· f ·N · (π1 + π2  + π3) + N/h · ( π2·V2 + π3·V3) + K\_tv· n3 · t3\_В· 60 (18)

Учитывая, что π1 + π2  + π3 = 1, получим

NΣ = N · (n1 · tТ · f + ( π2·V2 + π3·V3)/h) + K\_tv· n3 · t3\_В · 60 (19)

При N = 4000 абонентов, n1 = 50 пакетов в секунду, t =120 секунд, f = 5 вызовов в час, V2 = 10 Мбайт, V3 = 100 Мбайт, t3\_В = 60 минут,n3 = 1600, π1 = 80%, π2 = 15%, π3 = 5% получим:

NΣ = 4000 · (50·120· 5+ (0,15· 107+0,05·108)/160) + 40·1600· 60· 60 =  
 = 5,129·108(пакетов в час) (20)

Среднее число пакетов в секунду равно

NΣ\_сек = NΣ/3600

NΣ\_сек = 142472(пакетов/сек).

Данный показатель позволяет оценить требования к производительности маршрутизатора, агрегирующего трафик мультисервисной сети доступа NGN. Анализ приложения 1 показывает, что выбор такого маршрутизатора осуществляется из весьма ограниченного количества вариантов.

## Требования к полосе пропускания.

Требования к полосе пропускания определяются гарантиями качества обслуживания, предоставляемыми оператором пользователю. Параметры QoS описаны в рекомендации ITU Y.1541. В частности, задержка распространения из конца в конец при передачи речи не должна превышать 100 мс, а вероятность превышения задержки порога в 50 мс не должна превосходить 0,001, т.е.

мс

p{tp > 50 мс} ≤ 0.001

Задержка из конца в конец складывается из следующих составляющих:

tp = tпакет + tад  + tcore + tад + tбуф  (21)

Где tp – время передачи пакета из конца в конец;

tпакет  – время пакетизации (зависит от типа трафика и кодека);

tад – время задержки при транспортировке в сети доступа;

tcore – время задержки при распространении в транзитной сети;

tбуф – время задержки в приёмном буфере.

Из таблицы 4-1 видно, что применение низкоскоростных кодеков «съедает» основную часть бюджета задержки. Задержка в приёмном буфере также велика, поэтому на сеть доступа и транспортная сеть должны обеспечивать минимальную задержку.

Допустим, что задержка сети доступа не должна превышать 5 мс. Время обработки заголовка IP-пакета близко к постоянному.Распределение интервалов между поступлениями пакетов соответствует экспоненциальному закону. Поэтому для описания процесса, происходящего на агрегирующем маршрутизаторе, можно воспользоваться моделью M/G/1.

Для данной модели известна формула, определяющая среднее время вызова в системе (формула Полячека – Хинчина) [21].

 (22)

где  – средняя длительность обслуживания одного пакета;

 – квадрат коэффициента вариации, 0,2;

 – параметр потока, = 142472;

 – среднее время задержки пакета в сети доступа,  = 0,005 с.

Ненулевой коэффициент вариации учитывает возможные отклонения при использовании в заголовках IP полей ToS. Кроме того, время обработки IP-пакета в значительной мере зависит от используемых на маршрутизаторе правил обработки.

Из формулы (4.1.1) следует зависимость максимальной величины для средней длительности обслуживания одного пакета от среднего времени задержки в сети доступа.

 (23)

Данная зависимость представлена на рисунке 4.4.



Рисунок 10. Зависимость максимальной величины для средней длительности обслуживания одного пакета от среднего времени задержки в сети доступа.

Интенсивность обслуживания связана со средним временем задержки пакета в сети доступа обратно пропорционально:

 (24)

Графически данная зависимость представлена на рисунке 4.5.



Рисунок 11. Зависимость интенсивности обслуживания от времени задержки в сети доступа

При норме задержки  = 5 мс среднее время обслуживания пакета (для рассчитанной выше пропускной способности) будет равно

(секунд)



Время τ должно выбираться как минимальное из двух возможных значений. Первое значение – величина, полученная из последней формулы. Второе значение – та величина, которая определяется из условия ограничения загрузки системы – ρ. Обычно эта величина не должна превышать 0,5.

При среднем значении задержки в сети доступа 5 мс коэффициент использования равен:

 (25)



При таком высоком использовании малейшие флуктуации параметров могут привести к нестабильной работе системы. Определим параметры системы при её использовании на 50%. Средняя длительность обслуживания будет равна

 (26)

(секунд)

Интенсивность обслуживания при этом

 (27)

А задержка в сети доступа

(секунд)

Рассчитывать вероятность s(t)=при известных λ и τ нецелесообразно, т.к. в Y.1541 вероятность P{t>50мс} < 0.001 определена для передачи из конца в конец.



При известном среднем размере пакета h = 200 байт получаем требуемую полосу пропускания

φ = β⋅h = 2.849⋅105⋅ 200= 5.699·107 (байт/с) = 4.559 · 108 (бит/с) (28)

Данная пропускная способность обеспечивается системами передач не ниже STM-4.

Предположим, что в структурном составе абонентов отсутствуют «новые» группы пользователей. При этом в вышеприведённом анализе следует опустить расчёт числа пакетов, возникающих при использовании сервисов высокоскоростной передачи данных и видеоуслуг.

Число пакетов, возникающих в ЧНН, будет равно

Ntel = n· t·f·N (29)

где:

* Ntel – число пакетов, генерируемое всеми абонентами в час наибольшей нагрузки;
* n – число пакетов, генерируемых в секунду одним абонентом при использовании кодека G.711;
* t– средняя длительность разговора в секундах;
* f – число вызовов в час наибольшей нагрузки;
* N – общее число пользователей.

Число пакетов в секунду:

Ntel\_сек = Ntel/3600 = n· t·f ·N/3600

Ntel\_сек = 50 · 120 · 5 · 4000/3600 = 33333 (пакетов/с)

Среднее время обслуживания одного пакета при норме задержки 5 мс:



Коэффициент использования:





При использовании системы на 50%:

(секунд)



Требуемая пропускная способность:

φ = β⋅h = 6,667⋅105⋅200= 1,33·107 (байт/с) = 1,07·108 (бит/с)

Такой концентратор можно подключать по интерфейсу 100BaseTX.