

**ОТЧЕТ**  
**Практическое занятие №3**

**Студент Черненко Артем Кириллович**

**Тема: «Телефонная нагрузка, её параметры и распределение».**

**Вариант 11**

**I. Расчетные формулы**

**Основные параметры и расчет интенсивности нагрузки**

Основными параметрами нагрузки являются:

- число источников нагрузки —  $n$ ;
- среднее число вызовов, поступающих от одного источника нагрузки в единицу времени —  $\bar{c}$ ;
- средняя длительность занятия коммутационной системы при обслуживании одного вызова —  $\bar{t}$ .

**Принципы проектирования основных параметров нагрузки рассмотрим на примере их проектирования для местных телефонных сетей.**

**Число источников нагрузки  $n$**

По среднему числу вызовов и средней длительности занятия ГТС различают следующие *категории источников* телефонной нагрузки:

- телефонные аппараты народнохозяйственного сектора —  $n_{нх}$ ;
- квартирные телефонные аппараты, которые делятся на квартирные аппараты индивидуального пользования —  $n_{к.и}$  и квартирные аппараты коллективного пользования —  $n_{к.к}$ ; таксофоны —  $n_{т}$ ; соединительные линии от учреждений телефонных станций —  $n_{сл}$ . Таким образом,

$$n = n_{нх} + n_{к.и} + n_{к.к} + n_{т} + n_{сл}.$$

При проектировании количества источников телефонной нагрузки на ГТС а нашей стране учитываются: существующий уровень развития связи,

потребностей в телефонной связи различных отраслей народного хозяйства и населения, возможности удовлетворения этих потребностей на различных этапах развития народного хозяйства. С учетом этих факторов разрабатываются нормы телефонной плотности на различные этапы проектирования ГТС.

**Телефонная плотность** в народном хозяйстве выражается количеством телефонных аппаратов, приходящихся на 100 рабочих и служащих, а у населения — на 100 человек населения.

### **Среднее число вызовов от одного источника в единицу времени $\bar{c}$**

В соответствии с имеющимися категориями источников нагрузки среднее число вызовов в единицу времени от одного телефонного аппарата народнохозяйственного сектора обозначается через  $\bar{c}_{нх}$ , от квартирного аппарата индивидуального пользования —  $\bar{c}_{к.и}$ , коллективного пользования —  $\bar{c}_{к.к}$ , от таксофона —  $\bar{c}_т$ , от соединительной линии —  $\bar{c}_{сл}$ . Обозначим в общем виде через  $\bar{c}_i$  среднее число вызовов от источников  $i$ -й категории,  $n_i$  — число источников  $i$ -й категории. Тогда при  $k$  категориях источников нагрузки на АТС средневзвешенное число вызовов от одного источника определится из выражения

Проектирование среднего числа вызовов от одного источника соответствующих категорий основывается на результатах наблюдений на действующих сетях. По данным измерений, на некоторых ГТС нашей страны среднее число в ЧНН от одного источника соответствующих категорий находилось в следующих пределах:  $\bar{c}_{нх}=1,9\div 3,4$ ;  $\bar{c}_{к.и}=1,0\div 1,5$ ;  $\bar{c}_т=6\div 10$ ;  $\bar{c}_{сл}=6\div 10$ .

Вызов, поступающий на АТС, в зависимости от состояния коммутационного оборудования, линий межстанционной связи и линий вызываемого абонента может:

либо окончиться разговором (доля таких вызовов в общем числе поступивших вызовов выражается коэффициентом  $p_p$ ),

либо не окончиться разговором из-за: занятости линии вызываемого абонента ( $p_{зн}$ );

не ответа вызываемого абонента ( $p_{но}$ );

ошибки вызывающего абонента – недобора части знаков абонентского номера, набора несуществующего номера и т. д. ( $p_{ош}$ );

отсутствия свободных соединительных устройств на какой-то ступени искания и по техническим причинам ( $p_{тех}$ ).

Очевидно, что

$$p_p + p_{зн} + p_{но} + p_{ош} + p_{тех} = 1,$$

так как эти случаи составляют полную группу событий.

По результатам наблюдений, на некоторых ГТС нашей страны эти коэффициенты имели следующие значения:  $p_p = 0,5 \div 0,6$ ;  $p_{зн} = 0,2 \div 0,3$ ;  $p_{но} = 0,08 \div 0,12$ ;  $p_{ош} = 0,04 \div 0,1$ ;  $p_{тех} = 0,03 \div 0,05$ .

Такое соотношение отдельных видов занятий нельзя считать перспективным из-за слишком малого процента состоявшихся разговоров. Повысить процент состоявшихся разговоров можно, в первую очередь, за счет снижения удельного веса вызовов, не окончившихся разговором по причине занятости линий вызываемых абонентов. Для этой цели в процессе эксплуатации необходимо выявлять перегруженные абонентские линии и при проектировании предусматривать часть добавляемой емкости для разгрузки таких линий.

При хорошо поставленной информации абонентов о правилах пользования телефонной связью и изменениях в нумерации на сети **значение коэффициента  $p_{ош}$  можно снизить до 0,02—0,05.**

**Доля вызовов, не окончившихся разговором из-за отсутствия свободных и исправных соединительных устройств, нормируется и должна быть не более 0,025 — 0,03.**

Таким образом, при эксплуатации и проектировании городских телефонных сетей удовлетворительным соотношением отдельных видов занятия можно считать:

$$p_p = 0,6 \div 0,7; p_{зн} = 0,15 \div 0,2; p_{но} = 0,08 \div 0,12; p_{ош} = 0,04 \div 0,1; p_{тех} = 0,02 \div 0,05.$$

### Средняя длительность занятия $\bar{t}$

Под длительностью одного занятия понимается промежуток времени с момента снятия абонентом микротелефона (замыкание шлейфа абонентской линии) до момента возвращения приборов станции, занятых в обслуживании вызова, в исходное состояние.

Длительность занятия зависит в основном от действий абонентов и частично от систем АТС. Следовательно, длительность занятия является случайной величиной и ее среднее значение может быть определено только на основании результатов наблюдений на действующих сетях.

Рассмотрим составляющие средней длительности различных видов занятий.

**1. *Разговор состоялся.*** Средняя длительность этого вида занятия может быть рассчитана по формуле

$$\bar{t}_p = \bar{t}_{c.o} + \bar{t}_c + \bar{t}_{п.в} + T + \bar{t}_o,$$

где  $\bar{t}_{c.o}$ ,  $\bar{t}_c$ ,  $\bar{t}_{п.в}$ ,  $T$ ,  $\bar{t}_o$  — средние продолжительности соответственно слушания абонентом сигнала ответа станции, установления соединения, послышки вызова вызываемому абоненту, разговора, возвращения приборов в исходное состояние после отбоя

По данным наблюдений, на действующих сетях  $t_{c.o} = 3$ с,  $t_{п.в} = 7-8$ с. Значения  $t_c$  и  $t_o$  зависят от системы АТС, в которую включены абонентские линии. В АТС декадно-шаговой системы соединение устанавливается одновременно с набором номера и величина  $t_c$  рассчитывается по формуле  $t_c = 1,5m$ , где  $m$  — число знаков абонентского номера; 1,5 — средняя продолжительность набора

одной цифры номера с помощью дискового номеронабирателя, с. Для декадно-шаговой АТС  $t_0=1$ с.

В АТС координатной системы соединения устанавливаются после приема регистром информации об абонентском номере. В этом случае  $t_c=1,5m+ 2,5$  с, где 2,5 – средняя продолжительность работы маркеров при установлении соединения через две ступени группового искания. Время освобождения приборов в АТС координатной системы мало и можно принять  $t_0=0$ .

Продолжительность разговора составляет значительную часть величины  $t_p$  и поэтому должна определяться с возможно большей точностью. Средняя продолжительность разговора различна для источников разных категорий и существенным образом зависит от времени суток: вечером для источников всех категорий она больше, чем днем.

По данным наблюдений, на ГТС нашей страны средняя продолжительность разговора для источников разных категорий в дневной ЧНН составляла: телефонных аппаратов народнохозяйственного сектора —  $T_{нх} = 100 - 110$  с; квартирных индивидуальных телефонных аппаратов —  $T_{к.и} = 130 - 140$ с; квартирных телефонных аппаратов коллективного пользования —  $T_{к.к} = 120 - 130$  с; таксофонов —  $T_T = 100 - 110$  с; соединительных линий от учрежденческих телефонных станций —  $T_{сл} = 100 - 110$  с; в вечерний ЧНН соответственно:  $T_{нх} = 125 - 130$ с,  $T_{к.и} = 220—230$  с,  $T_{к.к} = 205 - 210$  с;  $T_T = 160 - 165$  с;  $T_{сл} = 125 - 130$  с.

Средняя продолжительность разговора по АТС в целом определяется как средняя взвешенная длительностей  $T_i$  по числу разговоров источников соответствующих категорий  $n_i$ , т. е. по формуле

где  $n_i$  — число источников  $i$ -й категории;  $\bar{n}_i$  — среднее число вызовов от одного источника  $i$ -й категории;  $\bar{n}_i$  — доля вызовов от источников  $i$ -й категории, закончившихся разговором;  $k$  — число категорий источников, включенных в АТС.

2. Разговор не состоялся из-за занятости линии вызываемого абонента. Средняя длительность занятия этого вида может быть рассчитана по формуле

$$t_{zn} = t_{c.o} + t_c + t_{c.э} + t_o$$

$t_{c.э}$  - средняя продолжительность слушания вызывающим абонентом сигнала «занято» при занятости линии вызываемого абонента другим соединением.

При включении абонентских линий в АТС декадно-шаговой системы, по данным наблюдений, величина  $t_{c.э}$  составляла 4 – 5с.

Для АТС координатной системы продолжительность  $t_{c.э}=0$ , так как при занятости абонентской линии все групповые приборы, участвующие в соединении, освобождаются, а сигнал «занято» посылается из абонентского комплекта.

3. Разговор не состоялся из-за не ответа вызываемого абонента. Средняя длительность значения это вида  $t_{но}$  может быть рассчитана по формуле  $t_{zn} = t_{c.o} + t_c + t_{c.э} + t_o$  если заменить среднюю продолжительность слушания сигнала «занято» средней продолжительностью слушания сигнала посылки вызова при не ответе абонента  $t_{сн}$ . По данным наблюдений  $t_{сн}=30$  с.

4. Разговор не состоялся из-за ошибки вызывающего абонента. Средняя длительность занятий этого вида по результатам наблюдений на действующих сетях, может быть принят равным  $t_{ош}=18-20$  с.

5. Разговор не состоялся по техническим причинам. Средняя продолжительность занятий этого вида может быть принята равной  $t_{тех}=10-15$  с.

Средняя продолжительность одного занятия на АТС может быть рассчитана по формуле

$$t = t_p p_p + t_{zn} p_{zn} + t_{но} p_{но} + t_{ош} p_{ош} + t_{тех} p_{тех}$$

При проектировании параметром нагрузки следует учитывать, что значения среднего числа вызовов и средней продолжительности разговора существенно зависит от системы тарифов за пользование телефонной связью. Приведенные выше значения этих параметров изменялись при существующей в городских телефонных сетях в нашей стране абонементной

плате, которая не оказывает регулирующего действия на значения параметров телефонной нагрузки.

**Средняя интенсивность поступающей нагрузки.** Проектирование средней интенсивности поступающей нагрузки основывается на результатах наблюдений за параметрами нагрузки на действующих АТС и предположении о тенденции изменения этих параметров с развитием ГТС.

Величина интенсивности нагрузки может быть рассчитана по формуле

$$y = nct.$$

Для сокращения объема вычислений иногда пользуются приближенной формулой, которая получается путем подстановки в выражения для  $t$  из следующих простых преобразований:

$$y = nct = nct_p p_p() = \alpha nct_p p_p.$$

Коэффициенты  $\alpha$  учитывает непроизводительную нагрузку при занятиях не окончившихся разговором. Величина  $\alpha$  зависит от средней продолжительности разговора  $T$ , доли вызовов, закончившихся разговором,  $p_p$ , значности нумерации на сети, системы АТС.

На рисунке приведены зависимости значения  $\alpha$  от  $T$  при фиксированных  $p_p$  для АТСК при шестизначной нумерации на сети.

Расчет интенсивности можно выполнять для источников каждой категории отдельно интенсивности можно выполнять для источников каждой категории отдельно. Пусть доли вызовов, закончившихся разговором, для источников всех категорий одинаковы и равны  $p_p$ . Величина  $t_p$  может быть величина из выражения

$$t_p = \dots,$$

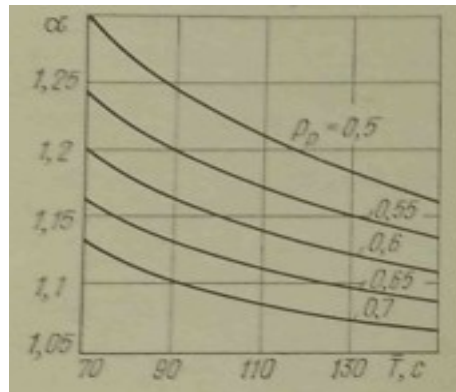
получаем что,

$$y = \alpha p_p.$$

Если среднюю длительность занятий выразить в часах, то интенсивность нагрузки будет рассчитана в **Эрлангах**.

## Характеристики качества обслуживания потоков вызовов

В теории телеграфика качество обслуживания поступающих вызовов характеризуется возможностью соединений или длительностью ожидания представления соединений. Различают 2 основных способа, 2 дисциплины обслуживания поступающих вызовов: без потерь и с потерями.



Дисциплиной обслуживания без потерь называется такая, при которой поступающий вызов немедленно обслуживается, и с потерями, если поступающий вызов либо получает отказ в обслуживании, либо обслуживание его задерживается на некоторое время.

По экономическим соображениям реальные коммутационные системы обычно проектируются с потерями. Различают следующие виды потерь: явные, условные и комбинированные.

Дисциплиной обслуживания с явными потерями называется такая, при которой поступающий на коммутационную систему вызов, получая отказ в обслуживании, покидает систему и в дальнейшем не оказывает на систему никакого влияния. При такой дисциплине обслуживания абонент, получив сигнал «занято», отказывается от дальнейших попыток установить соединение.

Для количественной оценки качества обслуживания с явными потерями рассчитываются следующие величины: потери по вызовам —  $p_v$ ; потери по нагрузке —  $p_n$ ; потери по времени —  $p_t$ .

Потери по вызовам на отрезке времени  $[t_1, t_2)$  — это отношение числа потерянных за этот отрезок времени вызовов  $s_n(t_1, t_2)$  к числу поступивших за то же время вызовов  $s(t_1, t_2)$ :



$$p_B(t_1, t_2) = c_n(t_1, t_2) / c(t_1, t_2).$$

Потери по нагрузке на отрезке времени  $[t_1, t_2)$  — это отношение потерянной за этот отрезок времени нагрузки  $y_n(t_1, t_2)$  к поступающей за то же время нагрузке  $y(t_1, t_2)$ :

$$p_n(t_1, t_2) = y_n(t_1, t_2) / y(t_1, t_2).$$

Потери по времени за отрезок времени  $[t_1, t_2)$  — это доля времени, в течение которого все соединительные пути, доступные группе источников, заняты.

Если в выражения для потерь по вызовам, нагрузке и времени подставить математические ожидания соответствующих случайных величин, то можно говорить о вероятности потерь по вызовам, нагрузке и времени.

Дисциплиной обслуживания с условными потерями называется такая, при которой поступающий на коммутационную систему в момент отсутствия соединительных путей вызов не теряется, а обслуживается с ожиданием (дисциплина обслуживания с ожиданием). Если вызов обслуживается после многократных повторений попыток установить соединение, то имеет место дисциплина обслуживания с повторением.

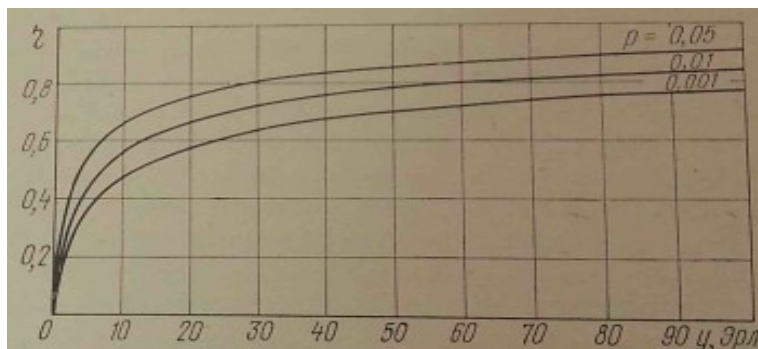
Для количественной оценки качества обслуживания с ожиданием рассчитываются следующие характеристики: вероятность ожидания для поступившего вызова —  $p$  ( $\gamma > 0$ ); вероятность ожидания для любого поступившего вызова свыше времени  $t$  —  $p(\gamma > t)$ ; вероятность ожидания задержанного вызова свыше времени  $t$  —  $p_3(\gamma > t)$ ; среднее время ожидания по отношению ко всем поступившим вызовам —  $\gamma$  отношению только к задержанным вызовам —  $\gamma_3$ .

Структура коммутационной системы характеризуется большим числом параметров: числом звеньев, числом, емкостью и способами связи коммутаторов и т. д. Наиболее удобной функцией распределения длительности обслуживания с точки зрения аналитического описания и анализа пропускной способности коммутационных систем является показательное распределение, так как оно не обладает последствием. Практическое применение находит распределение равномерной плотности,

распределения Эрланга и др. Дисциплина обслуживания оказывает существенное влияние на математическую модель коммутационной системы, поэтому ее необходимо описывать самым детальным образом. Например, в системе с ожиданием вызовы могут обслуживаться в порядке поступления; в порядке, обратном порядку поступления; в случайном порядке; с различными видами приоритетов.

Пропускная способность пучка линий оценивается отношением интенсивности обслуженной нагрузки  $y_0$  к числу линий  $V$   $\eta = y_0/v$ , а в некоторых случаях — отношением интенсивности поступающей нагрузки  $y$  к числу линий  $V$  —  $x = y/v$ .

Пропускная способность пучка линий коммутационной системы часто представляется в виде зависимости  $\eta = y_0/v = f(y)$  или  $\eta = f(v)$  при фиксированных значениях остальных параметров. Величина  $\eta$  называется *средней пропускной способностью*, или *средним использованием одной линии пучка*. Характер зависимостей  $\eta = f(y)$  при обслуживании полностью доступным пучком линий простейшего потока вызовов при фиксированных значениях потерь. Величина  $\eta$  при увеличении интенсивности поступающей нагрузки асимптотически приближается к 1. Это объясняется уменьшением относительной колеблемости простейшего потока вызовов при увеличении математического ожидания интенсивности потока.



## II. Решение задачи

Задача.

$$V = 40$$

**Требуется рассчитать:** интенсивности нагрузок, поступающих на АТС от абонентов всех категорий в ЧНН и определить пропускную способность

Среднее состояние абонентов					Среднее число вызовов					Средняя длительность разговоров для абонентов разных категорий					Доли различных видов занятий					V
$n_{н.х}$	$n_{к.и}$	$n_{к.к}$	$n_{т}$	$n_{сл.}$	$\bar{c}_{н.х}$	$\bar{c}_{к.и}$	$\bar{c}_{к.к}$	$\bar{c}_{т}$	$\bar{c}_{сл.}$	$T_{нх}$	$T_{к.и}$	$T_{к.к}$	$T_{т}$	$T_{сл}$	$p_p$	$p_{зн}$	$p_{но}$	$p_{ош}$	$p_{тех}$	
350	3600	900	240	80	3,3	0,4	0,8	7	7	90	120	110	100	100	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1	20

пучка линий на основе исходных данных, представленных в таблице 3.1.

**Решение.** Средние длительности занятий, окончившихся разговором, для абонентов всех категорий рассчитываются по:

$$t_{р.нх} = t_{с.о} + t_c + t_{п.в} + T_{нх} + t_0 = 3 + 1,5 * 6 + 2,5 + 8 + 90 + 0 = 112,5 \text{ с.}$$

$$t_{р.к.и} = t_{с.о} + t_c + t_{п.в} + T_{к.и} + t_0 = 3 + 1,5 * 6 + 2,5 + 8 + 120 + 0 = 142,5 \text{ с.}$$

$$t_{р.к.к} = t_{с.о} + t_c + t_{п.в} + T_{к.к} + t_0 = 3 + 1,5 * 6 + 2,5 + 8 + 110 + 0 = 132,5 \text{ с.}$$

$$t_{р.т} = t_{с.о} + t_c + t_{п.в} + T_{т} + t_0 = 3 + 1,5 * 6 + 2,5 + 8 + 100 + 0 = 122,5 \text{ с.}$$

$$t_{р.сл} = t_{с.о} + t_c + t_{п.в} + T_{сл} + t_0 = 3 + 1,5 * 6 + 2,5 + 8 + 100 + 0 = 122,5 \text{ с.}$$

Беру АТС координатной системы, в этом случае  $t_0 = 0$ .

Беру число  $m = 6$  (число знаков абонентского номера)

$t_{р.нх}$	$t_{р.к.и}$	$t_{р.к.к}$	$t_{р.т}$	$t_{р.сл}$
112,5 с.	142,5 с.	132,5 с.	122,5 с.	122,5 с.

Средняя длительность занятий, не окончившихся разговором из-за занятости линии вызываемого абонента, рассчитывается по:

$$t_{зн} = t_{с.н} + t_c + t_{с.з} + t_0 = 3 + 1,5 * 6 + 2,5 + 0 + 0 = 14,5 \text{ с.}$$

Средняя длительность занятий, не окончившихся разговором из-за не ответа вызываемого абонента:

$$t_{\text{но}} = t_{\text{с.о}} + t_{\text{с}} + t_{\text{с.н}} + t_{\text{о}} = 3 + 1,5 \cdot 6 + 2,5 + 30 + 0 = 44,5 \text{ с.}$$

Средняя длительность занятий, не окончившихся разговором из-за ошибок вызывающего абонента,  $t_{\text{ош}} = 20 \text{ с.}$  Средняя длительность занятий, не окончившихся разговором по техническим причинам,  $t_{\text{тех}} = 15 \text{ с.}$

Средняя длительность занятий для абонентов всех категорий рассчитывается по:

$$t = t_{\text{р.нх}} p_{\text{р}} + t_{\text{зн}} p_{\text{зн}} + t_{\text{но}} p_{\text{но}} + t_{\text{ош}} p_{\text{ош}} + t_{\text{тех}} p_{\text{тех.}}$$

$$t_{\text{зн}} = 3 + 1,5 \cdot 6 + 4 + 0 = 16.$$

Подставим значения и получим, что

$$t_{\text{нх}} = 112,5 \cdot 0,5 + 16 \cdot 0,2 + 44,5 \cdot 0,1 + 20 \cdot 0,1 + 15 \cdot 0,1 = 67,4 \text{ с.}$$

$$t_{\text{ки}} = 142,5 \cdot 0,5 + 16 \cdot 0,2 + 44,5 \cdot 0,1 + 20 \cdot 0,1 + 15 \cdot 0,1 = 82,4 \text{ с.}$$

$$t_{\text{кк}} = 132,5 \cdot 0,5 + 16 \cdot 0,2 + 44,5 \cdot 0,1 + 20 \cdot 0,1 + 15 \cdot 0,1 = 77,4 \text{ с.}$$

$$t_{\text{т}} = 122,5 \cdot 0,5 + 16 \cdot 0,2 + 44,5 \cdot 0,1 + 20 \cdot 0,1 + 15 \cdot 0,1 = 72,4 \text{ с.}$$

$$t_{\text{сл}} = 122,5 \cdot 0,5 + 16 \cdot 0,2 + 44,5 \cdot 0,1 + 20 \cdot 0,1 + 15 \cdot 0,1 = 72,4 \text{ с.}$$

$t_{\text{нх}}$	$t_{\text{ки}}$	$t_{\text{кк}}$	$t_{\text{т}}$	$t_{\text{сл}}$
67,4 с	82,4 с	77,4 с	72,4 с	72,4 с

Интенсивность нагрузки поступающей от абонентов разных категорий, рассчитывается:

$$y_{\text{нх}} = n_{\text{нх}} c_{\text{нх}} t_{\text{нх}} = 3500 \cdot 3,3 \cdot (67,4/3600) = 231 \text{ Эрл};$$

$$y_{\text{ки}} = n_{\text{ки}} c_{\text{ки}} t_{\text{ки}} = 3600 \cdot 0,4 \cdot (82,4/3600) = 33,12 \text{ Эрл};$$

$$y_{\text{кк}} = n_{\text{кк}} c_{\text{кк}} t_{\text{кк}} = 900 \cdot 0,8 \cdot (77,4/3600) = 15,48 \text{ Эрл};$$

$$y_{\text{т}} = n_{\text{т}} c_{\text{т}} t_{\text{т}} = 240 \cdot 7 \cdot (72,4/3600) = 33,78 \text{ Эрл};$$

$$y_{\text{сл}} = n_{\text{сл}} c_{\text{сл}} t_{\text{сл}} = 80 \cdot 7 \cdot (72,4/3600) = 11,26 \text{ Эрл};$$

$y_{\text{нх}}$	$y_{\text{ки}}$	$y_{\text{кк}}$	$y_{\text{т}}$	$y_{\text{сл}}$
231 Эрл	33,12 Эрл	15,48 Эрл	33,78 Эрл	11,26 Эрл

Интенсивность нагрузки поступающей на АТС от абонентов всех категорий :

$$y_{\text{АТС}} = y_{\text{нх}} + y_{\text{ки}} + y_{\text{кк}} + y_{\text{сл}} + y_{\text{т}} = 324,64 \text{ Эрл.}$$

$$\text{Пропускная способность пучка линий } x = y/v = y_{\text{АТС}} : v = 324,64/40 = 8,116 \text{ Эрл.}$$

