

СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФИЛИАЛ  
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Московский технический университет связи и информатики»  
Кафедра «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

НЕРСЕСЯНЦ А.А.

## Сборник задач и тестов по Теории Телетрафика

Дисциплины: Теория телетрафика

Направление подготовки 11.03.02  
«Инфокоммуникационные технологии и системы связи»,  
профиль «Сети связи и системы коммутации»

Ростов-на-Дону  
2019 год.

## Сборник задач и тестов по Теории Телетрафика

Направление подготовки 11.03.02  
«Инфокоммуникационные технологии и системы связи»,  
профиль «Сети связи и системы коммутации»

Автор:  
профессор кафедры ИТСС  
д.т.н., с.н.с. Нерсисянц А.А.,

Рецензент: доцент кафедры ИТСС - к.т.н. Борисов Б.П.

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры ИТСС

Протокол №11 от 26.08.2019

## Раздел 1

### Задачи

**1.1.** В телеграфную аппаратную, где работают  $v$  операторов, через каждые  $t$  секунд поступает  $l$  телеграмма. Обработка одной телеграммы занимает  $h$  с. Определить свойства поступающего потока телеграмм. Найти необходимое соотношение между величинами  $t$ ,  $l$ ,  $h$  и  $v$  при условии, что к моменту поступления новой партии телеграмм все операторы будут свободны.

**1.2.** К оператору через каждые  $t$  секунд поступает телеграмма, обработка которой занимает  $h$  секунд. Определить соотношение между величинами  $t$  и  $h$ , необходимое для обслуживания телеграмм без задержки. В предположении чисто случайного поступления телеграмм определить вероятность задержки и среднее число задержанных в течении часа телеграмм при  $t=240$  с и  $h=180$ с.

**1.3.** Телефонистка справочного бюро в среднем выдает  $\mu=15$  справок в час. Средняя продолжительность каждой справки  $h = 60$  с. Определить вероятность того, что случайно поступивший вызов получит отказ ввиду занятости телефонистки.

**1.4.** При спаренном включении телефонных аппаратов на один аппарат в среднем приходится  $\mu_{1\text{исх}} = 0,4$  исходящих и  $\mu_{1\text{вх}}=0,3$  входящих разговоров в час, а на второй  $\mu_{1\text{исх}}=0,6$  и  $\mu_{2\text{вх}} = 0,5$  соответственно. Среднее время занятия линии при разговоре  $h = 2$  мин. В предположении случайного поступления вызовов определить потери вызова для каждого вида связи. Временем занятия линии безуспешными вызовами пренебречь.

**1.5.** Построить распределение вероятностей  $P_k(t)$  поступления  $k$  вызовов за промежуток  $t=180$  с для простейшего потока с параметром  $\lambda=160$  выз/ч. Указать максимальные значения вероятностей  $P_k(t)$  и не менее восьми соседних значений. Построить также распределение вероятностей  $P_{k \leq l}(t)$  поступления не менее  $i$  вызовов за промежуток  $t$ .

**1.6.** К абоненту в среднем поступает  $\lambda=2$  выз/ч. В предположении простейшего поступающего потока определить вероятность одновременной пробы абонентской линии двумя ЛИ, если время пробы ограничено величиной  $\tau=60$ с.

**1.7.** На двустороннюю межстанционную линию поступают два простейших потока вызовов с параметрами  $\lambda_1 = 5$  выз/ч и  $\lambda_2=6$  выз/ч. При занятии линии на противоположный конец передается сигнал блокировки. Время формирования сигнала  $\tau=40$  мс. Определить вероятность встречного соединения, т. е. односменного (за время  $\tau$ ) поступления вызовов с обоих концов свободной соединительной линии.

**1.8.** При расчете мощности зуммерного генератора на АТС допускается его

перегрузка не более чем в пяти случаях из 10 000. Определить число вызовов, которые могут быть одновременно обслужены генератором, если емкость АТС = 1000 номеров, среднее число вызовов от одного источника  $c=3,5$  выз/ч, а среднее время слушания сигнала «Ответ станции»  $t=3$  с.

**1.9.** Коммутационное устройство обслуживает  $N=20$  источников вызовов, определить вероятности поступления одного и хотя бы одного вызова за промежуток  $t=60$  с, если в начальный момент все источники были свободны. Интенсивность одного источника в свободном состоянии  $\alpha=0,1$  выз/ч.

**1.10.** Определить вероятность того, что занятие прибора окончится в промежутке  $[t_1, t_2]$ , если время занятия каждого прибора распределено по показательному закону со средней длительностью  $h=60$  с. Принять  $t_1=40$  с и  $t_2=80$  с.

**1.11.** На стативе занято  $v=20$  приборов. Время занятия каждого прибора распределено по показательному закону со средней длительностью обслуживания  $h=60$  с. Определить вероятность того, что за время  $t=30$  с ни один прибор не освободится, освободится один прибор, освободится хотя бы один прибор, освободятся два прибора.

**1.12.** Сравнить квадрат математического ожидания и дисперсию промежутка  $z_2$  у гиперэкспоненциального распределения (1.28) и доказать, что соотношение между ними зависит от знака коэффициентов  $q_1$  и  $q_2$ .

**1.13.** Определить условия существования неравенств  $M^2 z_2 > Dz_2$  и  $M^2 z_2 < Dz_2$  для гиперэрланговского распределения (1.29).

**1.14.** Секундомером или другим способом измерить на АТС длительности занятия ШК (входа ступени ГИ) при разговоре, занятости и неответе абонента, а также длительность «чистого» разговора. Получить не менее 500 значений каждой измеряемой величины. Построить гистограммы (см. рис. 1.7) и используя выражения (1.27) и (1.28), подобрать соответствующий закон распределения. Определить приемлемость показательного распределения.

**1.15.** Секундомером или другим способом измерить на АТС (удобно на маркере блока АИ) промежутки между вызовами. Получить не менее 500 значений измеряемой величины. Построить гистограмму (см. рис. 1.7), рассчитать математическое ожидание и дисперсию, определить приемлемость модели простейшего потока.

**1.16.** Измерить в период наибольшей нагрузки на одной из ступеней искажения АТС число поступающих вызовов по 15-минутным интервалам. Измерения проводить не менее 10 рабочих дней. Рассчитать математическое ожидание и дисперсию, построить гистограмму и определить приемлемость модели простейшего потока.

## Раздел 2

### Задачи.

**2.1.** Используя в качестве модели системы обслуживания парикмахерскую, пояснить особенности следующих дисциплин обслуживания: без потерь сообщений (в данном случае клиентов), с явными потерями сообщений (клиентов), с ожиданием, повторением и комбинированных. Рассмотреть возможные виды очередей – общая и индивидуальная к каждому прибору (мастеру), упорядоченная, реверсивная, случайная и с приоритетами. Привести примеры из коммутационной техники.

**2.2.** В пяти-линейной системе в течение исследуемого двухчасового периода суммарное время занятия первой линии составило 65 мин, второй – 55 мин, третьей – 50 мин, четвертой – 45 мин и пятой – 40 мин. Определить работу, выполненную системой, среднюю интенсивность одного занятия при общем числе занятий  $c=200$ .

**2.3.** Используя данные табл. 2.1, рассчитать статистические дисперсии изменения интенсивности нагрузки по часовым интервалам в разные дни и построить зависимость  $DY_i=f(Y_i)$ .

**2.4.** Определить интенсивность потока входящих вызовов, поступающего на абонентскую линию, если интенсивность входящих разговоров  $\mu_{р.вх}=3$  разг/ч, средняя длительность входящего занятия  $t_{р.вх}=2$  мин,  $q_n=0,3$ , средняя длительность промежутка повторения  $t_n=1$  мин, интенсивность потока исходящих вызовов  $\mu_{исх}=5$  выз/ч, средняя длительность исходящего занятия  $t_{исх}=1$  мин.

**2.5.** В результате измерений в группе одинаковых абонентских линий был получен следующий спектр для входящих вызовов:  $k_p=0.6$ ;  $k_3=0.25$ ;  $k_n=0.15$ . Интенсивность исходящей абонентской нагрузки  $u_{исх}=0.05$  Эрл, входящей –  $u_{вх}=0.04$  Эрл. Определить относительную интенсивность повторения входящих вызовов.

**2.6.** В результате измерений был получен следующий спектр занятий для первой ступени ГИ:  $k_p=0.39$ ;  $k_3=0.31$ ;  $k_n=0.17$ ;  $k_{ош}=0.01$ ;  $k_{нд}=0.07$ ;  $k_{пот}=0.05$ . Определить среднюю длительность занятий и долю интенсивности дополнительной нагрузки; принять  $n=5$  и  $T=180$ с.

**2.7.** Используя решение предыдущей задачи, определить среднюю длительность занятия и долю дополнительной нагрузки на выходе первой ступени ГИ если потери на ступени  $P=0.01$ , а разница в длительности занятия входа и выхода  $\tau=12$  с.

**2.8.** Группа ИШК обслуживает  $N=1000$  абонентов. Среднее число вызовов от одного абонента  $c=2/0$  выз/ч, среднее время разговора  $T=120$ с, доля занятий, окончившихся разговором  $k_p=0.4$ . Определить среднее время занятия и интенсивность обслуженной ИШК нагрузки. Используя формулы (2.5) и (2.6), определить среднее время занятия и долю дополнительной нагрузки на ВШК. Принять  $k_{нд}=0.07$ ,

$k_{\text{пот}}=0.05$ ,  $t_c=12\text{с}$ ,  $t_{\text{нд}}=7\text{с}$ ,  $t_{\text{пот}}=12\text{с}$ .

**2.9.** Интенсивности нагрузки между двумя РАТС  $Y_{12}=60$  Эрл и  $Y_{21}=70$  Эрл, интенсивности абонентской нагрузки соответственно  $Y_1=500$  Эрл и  $Y_2=550$  Эрл. Определить коэффициент тяготения между РАТС. Интенсивность нагрузки выходов ступени I ГИ принять  $Y'_1=0.86 Y_i$ .

**2.10.** Интенсивность нагрузки проектируемой РАТС3  $Y_3=480$  Эрл, действующих РАТС 1 и РАТС 2  $Y_1=550$  Эрл и  $Y_2=500$  Эрл. Интенсивность нагрузки выходов ступени I ГИ  $Y'_i=0.86 Y_i$ . Определить интенсивность межстанционной нагрузки  $Y_{31}$ , если коэффициенты тяготения  $n_{31}=0.26$ ,  $n_{32}=0.45$ ,  $n_{33}=1.0$ .

**2.11.** В результате измерений интенсивности нагрузки в 100- линейной абонентской группе была выявлена целесообразность разделения абонентских линий на пять категорий (табл. 2.2). Полагая, что в пределах каждой категории параметры нагрузки одинаковы, определить величину  $q_3$  для абонентской группы. Принять средние длительности исходящего и входящего занятий соответственно  $t_{\text{исх}}=1$  мин и  $t_{\text{р.вх}}=2$  мин, величину  $q_n=0.3$  и среднюю длительность промежутка повторения  $t_{\text{п}}=1$  мин. Рассчитать также величину  $q_3$  для усредненных для всей группы значений  $y_{\text{исх}}$  и  $y_{\text{вх}}$ . Сравнить полученные результаты.

Таблица 2.2.

Номер категории	1	2	3	4	5
Число абонентов $N_i$	10	20	40	15	15
$y_i$ исх, Эрл	0,12	0,08	0,04	0,03	0,02
$y_i$ вх, Эрл	0,09	0,07	0,04	0,03	0,02

**2.12.** Измерить в период наибольшей нагрузки на одной из ступеней искания АТС интенсивность нагрузки по 15-минутным интервалам. Измерения проводить не менее 10 рабочих дней. Определить ЧНН, среднюю интенсивность и дисперсию интенсивности нагрузки в ЧНН.

**2.13.** Измерить в период наибольшей нагрузки интенсивность исходящей нагрузки в 10 сотенных блоках АИ (стативах ПИ) по 15-минутным интервалам. измерения проводить не менее 10 рабочих дней. Определить среднюю интенсивность и дисперсию интенсивности нагрузки по сотенным группам. Сравнить структурный состав абонентов исследуемых групп. Сделать выводы.

## Примеры

**2.1.** Пусть при  $Y_{\text{ЧНН}}=19,96$  Эрл определена емкость полнодоступного пучка при расчетной норме потерь  $P_v=10\%$ . В предположении обслуживания простейшего потока вызовов с явными потерями необходимо  $v=30$  линий, при этом расчетные потери  $P_v=9.3\%$  (см. табл. ПЗ). Однако в отдельные дни даже в пределах фиксированного ЧНН реальные значения потерь будут отличаться от расчетных. Наименьшие значения приходятся на 6-й и 18-й дни (0.5 и 0.3%), наибольшие - на 5-й и 17-й (40 и 12%). Из-за нелинейности функции  $P_v=f(Y)$  увеличение потерь по сравнению с расчетными происходит в большей степени, чем уменьшение. В результате усредненные за  $n$  дней потери будут почти вдвое превышать расчетные:  $P_v=16.8\%$ . За пределами фиксированного ЧНН также наблюдаются потери выше расчетных. Если исследовать 15-минутные интервалы времени, то в пределах любого часа обнаружатся колебания интенсивности нагрузки и потерь. Например, интенсивность нагрузки ЧНН 10-го дня  $Y_{\text{ЧНН}10}=21.63$  Эрл получается как среднее значение интенсивностей нагрузки 22.48; 21.00; 21.92 и 21.12 Эрл - четырех последовательных 15-минутных интервалов. Этим интенсивностям нагрузки соответствуют потери 31.2; 15.8; 25.0; 16.8%

**2.2.** Рассчитаем величины  $\alpha$  и  $t$  для ИШК и ВШК координатной АТС. Пусть спектр занятий для группы ИШК составляет:  $k_p=0.4$ ;  $k_z=0.3$ ;  $k_n=0.15$ ;  $k_{\text{ош}}=0.01$ ;  $k_{\text{нд}}=0.05$  и  $k_{\text{пот}}=0.09$ . Средние длительности по видам занятий ИШК при  $n=5$  и  $T=100$  с равны:  $t_p=3+7,5+2,5+7+100=120$  с;  $t_z=3+7,5+2,5=13$  с;  $t_n=3+7,5+2,5+30=43$  с;  $t_{\text{ош}}=3+7,5+2,5+7+10=30$  с;  $t_{\text{нд}}=7$  с и  $t_{\text{пот}}=12$  с. В соответствии с (2.3) получаем  $\alpha_{\text{ИШК}}=1,252$  и  $t_{\text{ИШК}}=60.1$  с. Предположим далее, что для ВШК величины  $q_z$ ,  $q_n$  и  $q_{\text{ош}}$  сохраняют свои значения, а  $q_{\text{нд}}$  и  $q_{\text{пот}}=0$  (потерями при входящей связи в блоке АИ можно пренебречь). Тогда спектр занятий для группы ВШК составляет

$k'_p=1/(1+q_z+q_n+q_{\text{ош}})=k_p/(k_p+k_z+k_n+k_{\text{ош}})=k_p/(1-k_{\text{нд}}-k_{\text{пот}})=0,465$ ;  $k'_z=0,349$ ;  $k'_n=0,174$ ;  $k'_{\text{ош}}=0,012$ .

Длительности занятий ВШК  $t'_p$ ,  $t'_z$ ,  $t'_n$  и  $t'_{\text{ош}}$  примерно с ( $t_c=t_{c,0}+t_{n,n}+t'_y$ ) меньше длительностей аналогичных видов занятий ИШК. В соответствии с этим на основании (2.3) получаем  $\alpha_{\text{ВШК}}=1,12$  и  $t_{\text{ВШК}}=56.2$  с. Таким образом, интенсивность дополнительной нагрузки уменьшилась более чем вдвое, а средняя длительность занятия - всего на 3.9 с, хотя для отдельных видов занятий уменьшение более существенно -  $t_c=12$  с. В общем случае

$$t_{\text{ВШК}}=(t_{\text{ИШК}}-k_{\text{нд}}t_{\text{нд}}-k_{\text{пот}}t_{\text{пот}})/(1-k_{\text{нд}}-k_{\text{пот}})-t_c; \quad (2.1)$$

$$\alpha_{\text{ВШК}}=\alpha_{\text{ИШК}}t_p/(t_p-t_c)-t_c/k_p(t_p-t_c)+k_{\text{нд}}(t_c-t_{\text{нд}})/k_p(t_p-t_c). \quad (2.2)$$

## Формулы:

$$\alpha=1+(t_zk_z+t_nk_n+t_{\text{ош}}k_{\text{ош}}+t_{\text{нд}}k_{\text{нд}}+t_{\text{пот}}k_{\text{пот}})/t_pk_p. \quad (2.3)$$

$$Y=ct=\alpha ck_pt_p=\alpha c_pt_p. \quad (2.4)$$

### **Раздел 3**

**3.1.** На полнодоступную систему с тремя выходами поступает простейший поток вызовов с параметром  $\lambda=72$  выз/ч. Среднее время обслуживания одного вызова  $h=90$  с. Используя первое распределение Эрланга, рассчитать вероятность всех возможных состояний системы  $P_i(i=0,3)$ . Определить интенсивность обслуженной нагрузки. Сравнить полученные результаты с рис. 3.1.

**3.2.** На полнодоступную систему поступает простейший поток с параметром  $\lambda=240$  выз/ч. Среднее время обслуживания одного вызова  $h=180$ с. Определить число выходов  $v$  в системе так, чтобы потери сообщения не превышали 0,015. Указать реально возникающие потери и интенсивность обслуженной нагрузки.

**3.3.** На полнодоступную систему, имеющую  $v=25$  выходов, поступает простейший поток с параметром  $\lambda=360$  выз/ч. Среднее время обслуживания одного вызова  $h=160$  с. Определить вероятность занятия всех выходов,  $i=10$  любых выходов и  $i=10$  фиксированных выходов.

**3.4.** При условиях задачи 3.3 определить пропускную способность коммутационной системы, а также 1,5,10,15,25-го выходов при случайном и упорядоченном занятии выходов. Рассчитать вероятность потери вызова на этих выходах. Проанализировать полученные результаты.

**3.5.** При условиях задачи 3.3 определить математическое ожидание и дисперсию обслуженной, потенциальной и избыточной нагрузок. Сравнить полученные результаты.

**3.6.** Для условий задачи 3.3 построить распределение вероятностей  $P_i$ , отметив максимальные значения.

**3.7.** Полнодоступная система, имеющая  $v=20$  выходов, обслуживает простейший поток. Определить потери сообщения при заданной интенсивности поступающей нагрузки  $\Lambda=12$  Эрл, а также при ее изменениях на  $\pm 10$  и 20%. Сделать вывод о влиянии колебаний интенсивности нагрузки на величину средних потерь.

**3.8.** В результате измерений обнаружено, что первый выход занимается в среднем  $t=42$  мин/ч. Определить использование десятого выхода при упорядоченном и случайном занятии выходов. Предположить, что поступающий поток вызовов простейший.

**3.9.** В системе в среднем занято 12 выходов при упорядоченном и случайном занятии выходов.

**3.10.** На полнодоступный пучок емкостью  $v=10$  двусторонних соединительных линий поступают два простейших потока вызовов с параметрами  $\lambda_1=120$  выз/ч и



$\lambda_2=80$  выз/ч. При занятии линии на противоположный конец передается сигнал блокировки. Время передачи сигнала  $\tau=40$  мс. Определить вероятность встречного соединения, т.е. одновременного (за промежуток  $\tau$ ) поступления вызовов с обоих концов одной и той же соединительной линии, при случайном занятии линий в пучке. Среднее время обслуживания одного вызова  $h=90$ с.

**3.11.** Для условий задачи 3.10 найти вероятность встречного соединения при упорядоченном занятии и одинаковой, а также противоположной нумерации линий с обеих сторон пучка.

**3.12.** Полнодоступная система из трех выходов обслуживает  $N=10$  источников вызовов. Интенсивность одного источника в свободном состоянии  $\alpha=6$  выз/ч. Среднее время обслуживания одного вызова  $h=90$  с. Используя распределение Энгсета, рассчитать вероятности всех возможных состояний системы  $P_i (i=0..3)$ . Определить вероятности всех видов потерь и интенсивности всех видов нагрузок

**3.13.** Полнодоступная система, имеющая  $v=10$  выходов, обслуживает  $N=50$  источников вызовов. Интенсивность одного источника в свободном состоянии  $\alpha=3$  выз/ч. Среднее время обслуживания одного вызова  $h=120$  с. Определить вероятности потери вызова, потерь по времени и по нагрузке, а также интенсивности потенциальной, поступающей и обслуженной нагрузок.

**3.14.** При условиях задачи 3.13 определить вероятность занятия всех  $v$  выходов и вероятность занятия  $i=5$  выходов.

**3.15.** При условиях задачи 3.13 рассчитать и построить распределение вероятностей состояний системы  $P_i (i=0..10)$ , отметив максимальные значения.

**3.16.** Полнодоступная коммутационная система должна обслужить нагрузку с интенсивностью  $Y=8$  Эрл от  $N=50$  источников при вероятности потерь вызовов не более  $P_v<0.01$ . Определить необходимое число линий и возникающие при этом потери.

**3.17.** Коммутатор состоит из  $N=20$  входов и  $M=25$  выходов. Определить вероятности занятия  $i=10$  любых и  $i=10$  фиксированных выходов. Интенсивность нагрузки на вход  $0.4$  Эрл.

**3.18.** Построить графическую зависимость среднего использования одной линии от емкости полнодоступного пучка линий  $\eta=f(v)$  при обслуживании простейшего и примитивного потоков вызовов. Вероятность потери вызова  $P_v=0.030$ . В случае примитивного потока принять число источников  $N=10, 20, 30, 50$  и  $100$ . Проанализировать полученные результаты.

**3.19.** Полнодоступный поток из  $v=5$  линий обслуживает  $N=20$  источников вызовов. Интенсивность обслуженной нагрузки, отнесенная к одному источнику, равна

$y=0.1$  Эрл. Определить вероятность потери вызова при исходящей и входящей связи. Учесть, что при исходящей связи вызов может поступить только от свободного источника, а при входящей к любому источнику.

**3.20.** В линейном концентраторе емкостью  $N=20$  номеров между линейным и станционным блоками имеется  $v=5$  соединительных линий. При исходящем или входящем внешнем соединении занимается одна соединительная линия, при внутреннем - две. Интенсивность обслуженной (на одну абонентскую линию) нагрузки внешней связи равна  $0.05$  Эрл, внутренней связи –  $0.03$  Эрл. Определить общую интенсивность нагрузки, обслуженной пучком соединительных линий, и вероятности потери вызова при исходящем, входящем и внутреннем соединениях. Для упрощения расчетов принять, что вероятности числа занятых линий подчиняются распределению Энгсета.

**3.21.** Для условий задачи 3.20 принять, что при внутренней связи две соединительные линии занимают только на время соединения, а затем одна линия освобождается и сообщение передается по оставшейся. Для упрощения расчетов нагрузкой на соединительную линию во время установления соединения пренебречь.

**3.22.** При условиях задачи 3.20 принять, что внутреннее соединение осуществляется с занятием только одной соединительной линии.

## Примеры

**3.1.** Пусть коммутационная система емкостью  $v=15$  выходов обслуживает простейший поток вызовов с параметром  $\lambda=240$  выз/ч. Среднее время обслуживания одного вызова  $h=120$ с; интенсивность поступающей нагрузки  $\Lambda=\lambda h=240*120/3600=8$  выз/у.е.в. (Эрл). В соответствии с [5 и 8] вероятность потерь  $P_v=P_t=P_n=E_{15}(8)=0,0091$ . Интенсивность и дисперсия обслуженной нагрузки  $Y=8(1-0,0091)=7,93$  Эрл и  $Di=7.42$ . Интенсивность и дисперсия избыточной нагрузки  $R=0.073$  Эрл и  $Di_2=0.14$ . Таким образом, дисперсия обслуженной нагрузки меньше математического ожидания примерно на 6% а дисперсия избыточной нагрузки почти вдвое превышает его. Подробное соотношение характерно для широкого диапазона параметров  $v$  и  $\Lambda$ .

**3.2.** Рассчитаем основные характеристики качества с использованием табл. П5. Пусть  $\alpha=3$  выз/ч, среднее время обслуживания одного вызова  $h=120$  с, число источников  $N=30$  и число выходов  $v=6$ . Тогда  $\alpha=3*120/3600=0,1$  выз/у.е.в. (Эрл). В соответствии с табл. П5 вероятность потери вызова  $P_v=0.030$ . Интенсивность обслуженной нагрузки  $Y=2.65$  Эрл (3.27) и  $y=0,0884$  Эрл (3.34). Интенсивность потенциальной нагрузки  $A=2.73$  Эрл (3.29) и  $\alpha=0.0909$  Эрл (3.33). Интенсивность поступающей нагрузки  $\Lambda=2.734$  Эрл (3.28) и  $v=0.091$  Эрл (3.32). Вероятность потерь по времени  $P_t=0.034$  и по нагрузке  $P_n=0.027$  (3.40). Таким образом, соотношения  $P_n < P_v < P_t$  и  $y < a < v < \alpha$  выдерживаются.

**Формулы:**

$$Y = \sum_{i=1}^v i P_i = \sum_{i=1}^v \Lambda_{i-1} P_{i-1} = \sum_{i=0}^{v-1} \Lambda_i P_i = \frac{\alpha N \sum_{i=0}^{v-1} c^i_{N-1} \alpha^i}{\sum_{i=0}^{v-1} c^i_N \alpha^i} = \frac{\alpha N (1 - P_\epsilon)}{1 + \alpha (1 - P_\epsilon)} \quad (3.1)$$

$$\Lambda = \sum_{i=0}^v \Lambda_i P_i = \sum_{i=0}^v \alpha (N - i) P_i = \alpha (N - Y) = \alpha N / [1 + \alpha (1 - P_\epsilon)] \quad (3.2)$$

$$A = \sum_{i=1}^N i P_i = \sum_{i=1}^N \Lambda_{i-1} P_{i-1} = \sum_{i=1}^N \Lambda_i P_i = \sum_i \alpha (N - i) C^i_N a^i (1 - a)^{N-i} = \alpha N (1 - a) \sum_{i=0}^{N-1} C^i_{N-1} a^i (1 - a)^{N-1-i} = N a. \quad (3.3)$$

$$v = \Lambda / N = \alpha / [1 + \alpha (1 - P_\epsilon)] \quad (3.4)$$

$$a = \alpha / (1 + \alpha) \quad (3.5)$$

$$y = Y / N = \alpha (1 - P_\epsilon) / [1 + \alpha (1 - P_\epsilon)] \quad (3.6)$$

$$(1 - v / N) P_i = (1 - y) P_\epsilon = P_\mu \quad (3.7)$$

## Раздел 4

### Задачи

**4.1.** На полнодоступную систему с тремя выходами поступает простейший поток вызовов с параметром  $\lambda=72$  выз/ч. Время обслуживания одного вызова - случайная величина, распределенная по показательному закону со средним  $h=90$  с. Непосредственно используя второе распределение Эрланга, рассчитать вероятности занятия  $i$  ( $i=0,3$ ) выходов, определить интенсивность обслуженной нагрузки. Сравнить полученные результаты с зависимостями, приведенными на рис. 4.1.

**4.2.** На полнодоступную систему с  $v=16$  входами поступает простейший поток вызовов с параметром  $\lambda=240$  выз/ч. Время обслуживания одного вызова - случайная величина, распределенная по показательному закону со средним  $h=180$  с. Определить вероятность занятия всех выходов и вероятность занятия  $i=10$  любых выходов.

**4.3.** При условиях задачи 4.2 определить: а) долю задержанных вызовов; б) долю вызовов, задержанный свыше  $t_d$ ; в) среднее время ожидания любого поступившего и только задержанного вызова; г) среднюю длину очереди. Величина  $t_d=0.5; 1.0; 2.0$  у.е.в.

**4.4.** На полнодоступную систему поступает простейший поток вызовов с параметром  $\lambda=270$  выз/ч. Время обслуживания одного вызова - случайная величина, распределенная по показательному закону со средним  $h=90$  с. Определить, используя табл. Пб, необходимое число выходов так, чтобы доля задержанных вызовов не превосходила 0.02. Указать возникающие при этом условные потери при  $t_d=0; 0.5$  и 1 у.е.в., а также среднюю длительность ожидания и среднюю длину очереди.

**4.5.** На однолинейную систему поступает простейший поток вызовов с параметром  $\lambda=12$  выз/ч. Время обслуживания одного вызова - постоянная величина, равная  $h=90$  с. Определить условные потери при  $t_d=0; 1; 2$  и 3 у.е.в. для упорядоченной и случайной выборки из очереди.

**4.6.** На пятилинейную систему поступает простейший поток вызовов с параметром  $\lambda=60$  выз/ч. Среднее время обслуживания одного вызова  $h=120$  с. Определить условные потери при  $t_d=0; 1; 2$  и 3 у.е.в. для постоянного и случайного показательно-распределительного времени обслуживания и при упорядоченной очереди. Сравнить полученные результаты.

**4.7.** Используя зависимости рис. 4.2 и 4.7, оценить, во сколько раз уменьшается средняя длительность ожидания при переходе от показательного распределенного времени обслуживания к постоянному. Принять  $\rho=1; 5; 10; 20$  и 50 и  $\Lambda/\rho=0.10-0.90$ .

**Пример.**

Необходимо определить вероятности состояний  $P_5$  и  $P_{10}$  при  $V=8$  и  $\Lambda=4$  Эрл. В соответствии с (4.1):

$$P_i = \frac{(v - \Lambda)[P_{K \geq i}(1) - P_{K \geq i+1}(1)]}{v[1 - P_{K \geq v+1}(1)] - \Lambda[1 - P_{K \geq v}(1)]}, i = \overline{0, v}; \quad (4.1)$$

$$P_i = \frac{(\Lambda/v)^{i-v}(v - \Lambda)[P_{k \geq v}(1) - P_{k \geq v+1}(1)]}{v[1 - P_{k \geq v+1}(1)] - \Lambda[1 - P_{k \geq v}(1)]}, i = \overline{0, \infty}.$$

$$P_5 = \frac{(8-4)(0,3712-0,2114)}{8(1-0,0214)-4(1-0,0511)} = 0,155$$

$$P_{10} = \frac{(4/8)^5(8-4)(0,0511-0,0214)}{8(1-0,0214)-4(1-0,0511)} = 0,92 \bullet 10^{-3}$$

## Раздел 5

### Задачи

**5.1.** Телефонистка справочного бюро в среднем выдает 40 справок в час средней продолжительностью 30 с каждая. При занятости линии абонент АТС приступает к повторному набору номера в среднем через 5 с, время слушания сигнала “ответ станции” и набора номера (трехзначного) составляет 7 с. В предположении простейшего потока первичных вызовов, показательного закона распределений времени обслуживания и промежутка повторения вызовов, а также абсолютной настойчивости абонентов определить: а) вероятности потери первичного и повторного вызовов; б) среднее число повторных вызовов на один успешный; в) процент увеличения интенсивности нагрузки на управляющие и коммутационные (первая ступень) устройства за счет неуспешных занятий.

**5.2.** По абонентской линии осуществляется в среднем шесть входящих разговоров в час средней продолжительностью 120 с каждый. При занятости линии входящий вызов повторяется в среднем через 30 с. В предположении простейшего поступающего потока первичных вызовов, показательного закона распределения времени обслуживания и промежутка повторения вызовов, а также абсолютной настойчивости абонентов определить: а) вероятности потери первичного и повторного вызовов; б) среднее число повторных вызовов на один успешный; в) долю вызовов, окончившихся разговором.

**5.3.** На полnodоступную систему с тремя выходами поступает простейший поток вызовов с параметрами  $\lambda=72$  выз/ч. Время обслуживания одного вызова – случайная величина, распределенная по показательному закону со средним  $h=90$  с. При занятости всех выходов вызовы повторяются в среднем через 30 с. Промежуток повторения вызовов распределен по показательному закону. Рассчитать, используя программируемый калькулятор, вероятности занятия  $i$  ( $i=\overline{0,3}$ ) выходов, вероятности потерь первичных и повторных вызовов, среднее число повторных вызовов на одно установленное соединение. Принять  $N_1=N_2=1$ .

**5.4.** На полnodоступную систему с  $V=30$  выходами поступает простейший поток первичных вызовов с параметром  $\lambda=720$  выз/ч. Время обслуживания одного вызова – случайная величина, распределенная по показательному закону со средним  $h=120$  с. При занятости всех выходов вызовы повторяются в среднем через 24 с. Промежуток повторения вызовов распределен по показательному закону. Рассчитать, используя результаты табл.5.1 и 5.2, вероятности потерь первичных, повторных и любых вызовов, среднее число источников повторных вызовов на одно установленное соединение. Принять  $N_1=N_2=1$  и  $N_1=N_2=0,7$ .

**Таблица 5.1.**

<b>V</b>	<b>Λ</b>	Вероятность $P_{B1}(P_{B2})$ при $\beta$ , равной						
		0	0,2	1	5	10	20	$\infty$
5	1,5	0,015 (0,015)	0,015 (0,075)	0,016 (0,254)	0,018 (0,609)	0,019 (0,751)	0,019 (0,855)	0,020 (1,000)
5	2,0	0,042 (0,042)	0,043 (0,109)	0,047 (0,303)	0,053 (0,652)	0,055 (0,782)	0,057 (0,874)	0,060 (1,000)
5	2,5	0,089 (0,089)	0,092 (0,254)	0,101 (0,365)	0,115 (0,698)	0,120 (0,814)	0,125 (0,894)	0,130 (1,000)
30	21	0,016 (0,016)	0,017 (0,040)	0,019 (0,140)	0,026 (0,418)	0,030 (0,576)	0,034 (0,720)	0,044 (1,000)
30	24	0,061 (0,061)	0,064 (0,099)	0,077 (0,228)	0,107 (0,532)	0,123 (0,676)	0,138 (0,796)	0,173 (1,000)
30	25,5	0,111 (0,111)	0,116 (0,240)	0,140 (0,303)	0,193 (0,606)	0,219 (0,737)	0,243 (0,838)	0,297 (1,000)

**Таблица 5.2.**

<b>Эрл</b>	<b>Хар-ка</b>	Значение характеристики при $\beta$ , равной						
		0	0,2	1	5	10	20	$\infty$
21,0	$P_{B1}$	0,0150	0,0155	0,0167	0,0187	0,0192	0,0190	0,0136
	$P_{B2}$	0,0150	0,0395	0,1190	0,3243	0,4456	0,5709	1,000
	$\Pi$	0,0045	0,0048	0,0055	0,0072	0,0083	0,0095	0,0136
	$Y$	20,908	20,900	20,885	20,848	20,825	20,801	20,715
24,0	$P_{B1}$	0,0517	0,0527	0,0565	0,0610	0,0611	0,0594	0,0401
	$P_{B2}$	0,0517	0,0807	0,1685	0,3696	0,4814	0,5956	1,000
	$\Pi$	0,0161	0,0168	0,0192	0,0247	0,0276	0,0306	0,0401
	$Y$	23,610	23,597	23,538	23,408	23,336	23,266	23,040
25,5	$P_{B1}$	0,0830	0,0851	0,0898	0,0944	0,0935	0,0901	0,0594
	$P_{B2}$	0,0830	0,1133	0,2006	0,3935	0,4994	0,6078	1,000
	$\Pi$	0,0264	0,0277	0,0313	0,0391	0,0431	0,0471	0,0594
	$Y$	24,823	24,793	24,700	24,503	24,400	24,300	23,984

## Раздел 6

### Задачи

**6.1.** Для цилиндра с параметрами (2, 3, 4) привести все эквивалентные схемы и рассчитать матрицу связности. Изобразить схемы исходного и двух эквивалентных цилиндров, отметив все связи первой нагрузочной группы.

**6.2.** Построить оптимальную равномерную неполнодоступную схему при  $g=9$ ,  $D=20$  и  $V=63$ . Привести матрицу связности.

**6.3.** При условиях задачи 6.2 принять  $g=10$ ,  $D=20$  и  $V=60$ .

**6.4.** То же при  $g=11$ ,  $D=20$  и  $V=55$ .

**6.5.** То же при  $g=12$ ,  $D=20$  и  $V=66$ .

**6.6.** То же при  $g=14$ ,  $D=20$  и  $V=77$ .

**6.7.** Построить оптимальную ступенчатую неполнодоступную схему при  $g=11$ ,  $D=10$  и  $V=44$ . Привести матрицу связности.

**6.8.** Для условий задачи 6.7 принять  $g=12$ ,  $D=10$  и  $V=54$ .

**6.9.** Определить необходимое число линий в неполнодоступном пучке при  $D=10$ ,  $Y=20$  Эрл и  $P=0,005$ . Воспользоваться формулами МПЯ и БПВ. Сравнить полученные результаты с числом линий для идеально-симметричного включения.

**6.10.** Для условий задачи 6.9 принять  $D=20$ ,  $Y=45$  Эрл и  $P=0,010$ .

**6.11.** Определить необходимое число линий в равномерном неполнодоступном пучке при  $D=10$ ,  $g=5$ ,  $Y=15$  и  $P=0,003$ .

**6.12.** В условиях задачи 6.11 принять  $D=20$ ,  $g=10$ ,  $Y=30$  и  $P=0,005$ .

**6.13.** Для условий задачи 6.11 принять  $g_1=8$ ,  $g_2=10$ ,  $g_3=15$ . Проанализировать полученные результаты. Сравнить с идеально-симметричным включением.

### Пример

Рассчитаем вероятность потерь с использованием формул (6.8) и (6.9). Пусть  $V=30$ ,  $D=10$  и  $Y=18$  Эрл. Поскольку в (6.8) входит интенсивность поступающей нагрузки  $\Lambda=Y/(1-P)$ , то расчет по (6.8) производится методом постепенных приближений. Положим вначале  $\Lambda_0=Y=18$  Эрл. Тогда в соответствии с (6.8), используя таблицы (8), получаем  $P_0=0,024$  и новое значение  $\Lambda_1=18/(1-0,024)=18,44$  Эрл. Округля-



ем его до ближайшего большего табличного значения  $\Lambda_{1T}=18,5$  Эрл и определяем  $P_1=0,0298$ . Этому значению потерь соответствует  $\Lambda_2=18,55$  Эрл, округлим его до  $\Lambda_{2T}=18,6$  Эрл и определим  $P_3=0,0311$ . Следующее значение  $\Lambda_3=18,58$  Эрл оказалось меньше предыдущего  $\Lambda_{2T}$ . Следовательно, действительное значение  $\Lambda$  находится между  $\Lambda_2$  и  $\Lambda_3$ . Проверим значение  $\Lambda_4=18,57$  Эрл. Используя линейную интерполяцию, находим  $P_4=0,0307$  и  $\Lambda_5=18/(1-0,0307)=18,57$  Эрл. Поскольку значения  $\Lambda$  совпали, расчет окончен и искомая вероятность потерь  $P=0,0307$ .

При использовании формул МПЯ (6.1) вначале по первой формуле методом постепенных приближений находим  $\Lambda_\phi=18,05$  Эрл, а затем по второй вычисляем вероятность потерь  $P=0,0244$ .

$$P=H_D \approx E_V(\Lambda)/E_{V-D}(\Lambda),$$

$$\left. \begin{aligned} \Lambda_\phi &= Y/[1 - E_V(\Lambda)] ; \\ P &= E_V(\Lambda_\phi)/E_{V-D}(\Lambda_\phi). \end{aligned} \right\}$$

## Раздел 7

### Задачи

**7.1.** Построить двухзвенный коммутационный блок со сжатием:  $N=100$ ,  $M=40$ ,  $n_a=10$ ,  $m_a=5$ ,  $n_b=10$  и  $m_b=8$ . Указать типы использованных МКС.

**7.2.** Построить вероятностный граф для двухзвенного коммутационного блока (в соответствии с условиями задачи 7.1) в режиме группового искания для направления со значением  $q=4$ .

**7.3.** Построить двухзвенный коммутационный блок с расширением:  $N=50$ ,  $M=200$ ,  $n_a=10$ ,  $m_a=20$ ,  $n_b=10$  и  $m_b=20$ . Указать типы использованных МКС.

**7.4.** Построить вероятностный граф для двухзвенного коммутационного блока (в соответствии с условиями задачи 7.3) в режиме группового искания со значением  $q=2$ .

**7.5.** Рассчитать методом Якобеуса число линий двухзвенного неполнодоступного пучка с использованием коммутационного блока (в соответствии с условиями задачи 7.1). Интенсивность нагрузки на один вход  $a=0,1$  Эрл. Интенсивность нагрузки, поступающей на направление  $r(q=4)$ ,  $Y_T=55$  Эрл. Допустимое значение вероятности потерь  $P=0,002$ .

**7.6.** Решить задачу 7.5 методом эффективной доступности.

**7.7.** Рассчитать методом Якобеуса число линий двухзвенного неполнодоступного пучка с использованием коммутационного блока (в соответствии с условием задачи 7.3). Интенсивность нагрузки на один вход  $a=0,65$ . Интенсивность нагрузки, поступающей на направление  $r(q=2)$ ,  $Y_T=80$  Эрл. Допустимое значение вероятности потерь  $P=0,005$ .

**7.8.** Решить задачу 7.7 методом эффективной доступности.

**7.9.** Построить четырехзвенное коммутационное поле с параметрами:  $N=2048$ ,  $M=512$ ,  $n_1=16$ ,  $m_1=8$ ,  $n_2=16$ ,  $m_2=8$ ,  $n_3=8$ ,  $m_3=8$ ,  $n_4=8$  и  $m_4=8$ .

**7.10.** Построить вероятностный граф для четырехзвенного коммутационного поля (в соответствии с условиями задачи 7.9): а) в режиме линейного искания; б) в режиме группового искания при  $q=1$ .

**7.11.** Определить вероятность внутренней группировки для четырехзвенного коммутационного поля (в соответствии с условиями задачи 7.9), если интенсивность нагрузки на один вход  $a=0,12$  Эрл.

**7.12.** Определить допустимую интенсивность нагрузки на пучок из 64 линий, включенных в выходы четырехзвенного коммутационного поля (в соответствии с условиями задачи 7.9), если  $a=0,12$  и  $q=1$ . Применить формулу (7.17).

**7.13.** Решить задачу 7.12 методом эффективной доступности.

**7.14.** Коммутационное поле квазиэлектронной АТС большой емкости комплектуется из БАЛ, имеющих  $N=4096$  и  $M=1024$ , и БСЛ, имеющих  $N=M=1024$ . Для концентрации нагрузки на первых двух звеньях БАЛ используются коммутаторы  $16 \times 8$ , а на остальных БАЛ и БСЛ – коммутаторы  $8 \times 8$ . Для внутривысочной связи между БАЛ и БСЛ включен пучок из 32 ШК. Между БАЛ и БСЛ включено по 96 межблочных линий. Интенсивность нагрузки от одной абонентской линии  $a=0,1$  Эрл. Интенсивность нагрузки, поступающей на один ШК, равна 0,4 Эрл, а на одну межблочную линию – 0,5 Эрл. Определить вероятность потерь при внутривысочной и исходящей связях.

**7.15.** Определить необходимое число исходящих линий квазиэлектронной АТС (в соответствии с условиями задачи 7.14) для направления  $r$  с интенсивностью нагрузки  $Y_T=50$  Эрл. Допустимое значение вероятности потерь  $P_T=0.005$ .

## Примеры.

**7.1.** Рассчитаем число ИШК для ступени АИ координатной АТС (рис. 7.13). Пусть интенсивность нагрузки сотенной абонентской группы по исходящей связи

$Y_{ИСХ}=5$  Эрл, а по входящей  $Y_{ВХ}=4$  Эрл. Требуется определить емкость пучка ИШК  $V_{ИШК}$  при допустимой вероятности потерь  $P=0,002$  и числе блоков  $g=10$ . Коммутационный блок имеет следующие параметры:  $n_a=10$ ,  $m_a=6$ ,  $f=1$ ,  $k_{bq}=20$ ,  $q=3,33$ . Тогда  $b=(Y_{ИСХ}+Y_{ВХ})/V_{ab}=9/60=0,15$  Эрл. Определим  $c$  из выражения (7.9):

$$c^q = \left( \sqrt[k_b]{P} - b^{fk_b} - b \right) / (1 - b) = 0,247 \quad ; \quad c=0,657 \text{ Эрл.}$$

Величина  $Y_{k_{bq}}$  определяется из соотношения  $P=E_{k_{bq}}(Y_{k_{bq}})/E_{k_{bq}}(Y_{k_{bq}}/b)$ . Используя таблицы (8), подбором получаем  $Y_{k_{bq}}=9,7$  Эрл. Тогда  $V_{ИШК}=D+(gY_{ИСХ} - Y_{k_{bq}})/c=81$ .

Рассчитаем число линий направления ступени ГИ координатной АТС (рис.7.14,а). Пусть на направление ступени ГИ поступает нагрузка  $Y=40$  Эрл. Требуется определить емкость, пучка линий этого направления при допустимой вероятности потерь  $P=0,005$ , если на ступень ГИ, состоящую из  $g=10$  блоков, поступает общая нагрузка 300 Эрл. Блок ГИ имеет следующие параметры:  $n_a=15$ ,  $m_a=20$ ,  $f=1$ ,  $N=60$ .

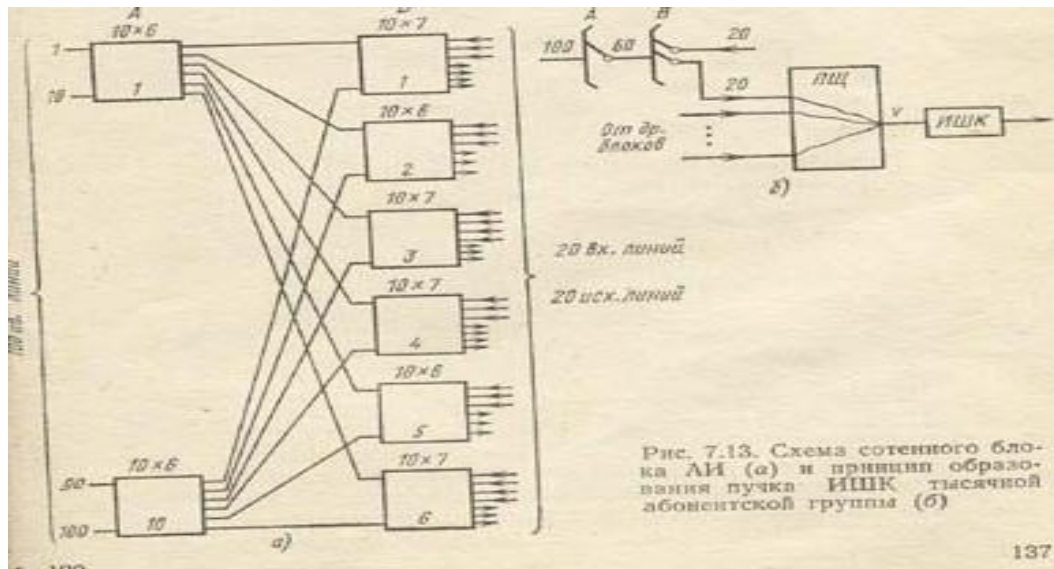
Для данного направления  $q=1$ , т.е.  $D=k_bq=20$ . Общее число входов ступени ГИ  $gN=600$ . Тогда  $a=300/600=0,5$  Эрл.

Определим  $c$  и  $Y_{k_{bq}}$  методом подбора следующих соотношений:

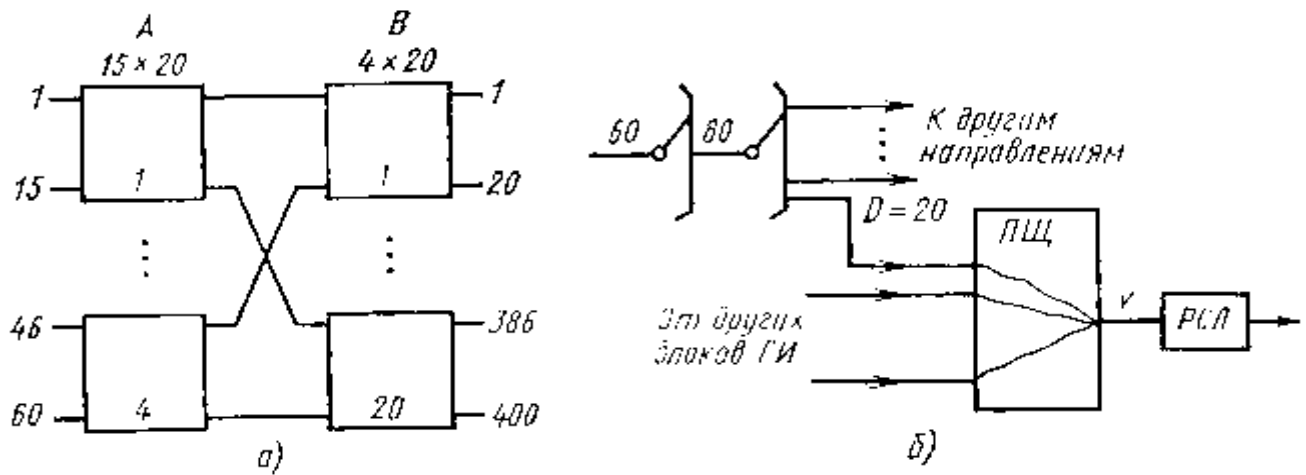
$$P=c^{k_b q \cdot n_a} (a+c-ac)^{n_a} \quad , \quad c=0,637 \text{ Эрл.}$$

$$P=E_{k_{bq}}(Y_{k_{bq}})/E_{n_a q}(Y_{k_{bq}}/a), \quad Y_{k_{bq}}=9,8 \text{ Эрл.}$$

$$\text{Тогда } V=D(Y-Y_{k_{bq}})/c=67.$$



**Рис.7.13.**Схема сотенного блока АИ (а) и принцип образования пучка ИШК тысячной абонентской группы(б).



**Рис.7.14.** Схема блока ГИ (а) и принцип образования недоступного пучка на ступени ГИ (б).

**7.2.** Рассчитаем вероятность потерь на ступени АИ при входящей связи. Допустим, что для тысячной абонентской группы необходимо установить блок СД 90х120х200 (рис 7.17 ,а). Известно, что интенсивность входящей нагрузки  $Y_{\text{вх.тыс.}}=40$  Эрл, а исходящей нагрузки  $Y_{\text{исх.тыс.}}=50$  Эрл. Определим вероятность внутренней блокировки при входящей связи

$$W_{ab} = (Y_{\text{исх.тыс.}} + Y_{\text{вх.тыс.}}) / \sum V_{AB} = (50 + 40) / (10 \cdot 60) = 0,15 \text{ Эрл};$$

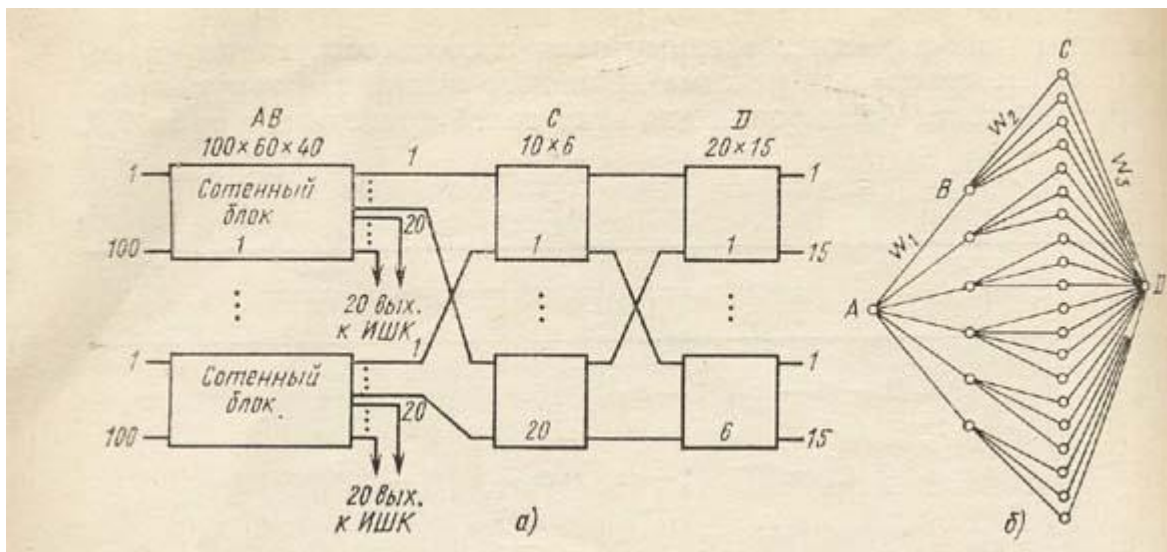
$$W_{bc} = Y_{\text{вх.тыс.}} / \sum V_{BC} = 40 / 200 = 0,2 \text{ Эрл};$$

$$W_{cd} = Y_{\text{вх.тыс.}} / V_{CD} = 0,33 \text{ Эрл.}$$

Вероятность блокировки

$$P = \{1 - (1 - W_{ab})[1 - W_{bc} + W_{cd} - W_{bc}W_{cd}]^3\}^4 \{1 - (1 - W_{ab})[1 - (W_{bc} + W_{cd} - W_{bc}W_{cd})^4]\}^2 = 0,0001.$$

Таким образом, вероятность блокировки на ступени АИ мала.



**Рис 7.17** Тысячный блок АИ (а) и его граф при входящей связи (б).

**7.3.** Коммутационное поле квазиэлектронной узловой станции комплектуется

из однотипных четырехзвенных блоков входящих и исходящих линий (рис. 7.19). Каждый блок строится на коммутаторах 8x8 и имеет 1024 входа для включения входящих (исходящих) линий и 1024 выхода для включения межблочных промежуточных линий. Между входом и выходом блока имеются по четыре соединительных пути. Если между блоком входящих линий и блоком исходящих линий включены 16 промежуточных линий, то узловая станция может иметь максимальную емкость 65536 входящих линий и столько же исходящих линий (64 блока по 1024 линий). При увеличении числа межблочных линий в 2 раза емкость коммутационного поля уменьшается в 2 раза. Поскольку это коммутационное поле узловой станции, то оно работает только в режиме группового искания. Требуется определить вероятность потерь  $P_r$  для направления из  $V=60$  линий, на которое поступает интенсивность нагрузки  $\Lambda=44$  Эрл при интенсивности нагрузки на вход  $a=0,6$  Эрл.

Для расчета  $P_{\pi}$  необходимо сначала построить граф между входным и выходным коммутаторами (рис. 7.19,б). Сравнивая рис.7.19 и 7.12, видим, что граф на рис. 7.19. представляет собой параллельное включение двух графов типа рис.7.12. Следовательно,  $P_{\pi}$  вычисляется по следующей формуле:

$$P_{\pi} = \left\{ \sum_{k=0}^{I_1} \sum_{h=0}^{I_5} \left[ C_{I_1}^k W_{1p}^{I_1-k} (1-W_{1p})^k \right] \left[ C_{I_5}^h W_{7p}^{I_5-h} (1-W_{7p})^h \right] G_{k,h} \right\}^2,$$

$$G_{k,h} = \left\{ \sum_{i=0}^{\alpha} C_{\alpha}^i W_{4p}^{\alpha-i} (1-W_{4p})^i \left[ \left( W_{2p} + W_{3p}^i - W_{2p} W_{3p}^i \right)^k + \left( W_{6p} + W_{5p}^i - W_{6p} W_{5p}^i \right)^h - \right] \right\}$$

$$\left( W_{2p} + W_{3p}^i - W_{2p} W_{3p}^i \right)^k \left( W_{6p} + W_{5p}^i - W_{6p} W_{5p}^i \right)^h \}^{m_2}$$

Согласно заданию

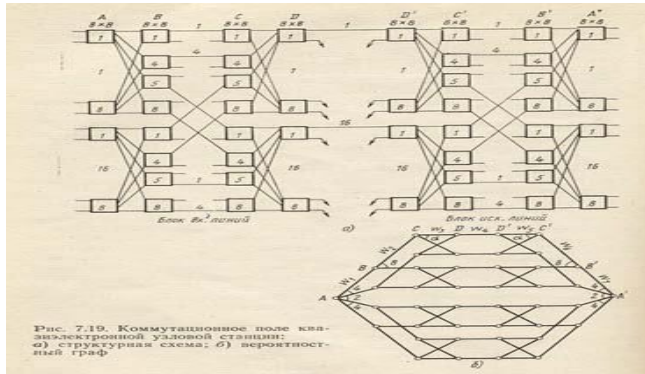
$W_i=0,6$  Эрл,  $i=1,2,\dots,7$ ;

$W_{1p}=W_i - W_i/m_i=0,6(1-1/8)=0,525$  Эрл;

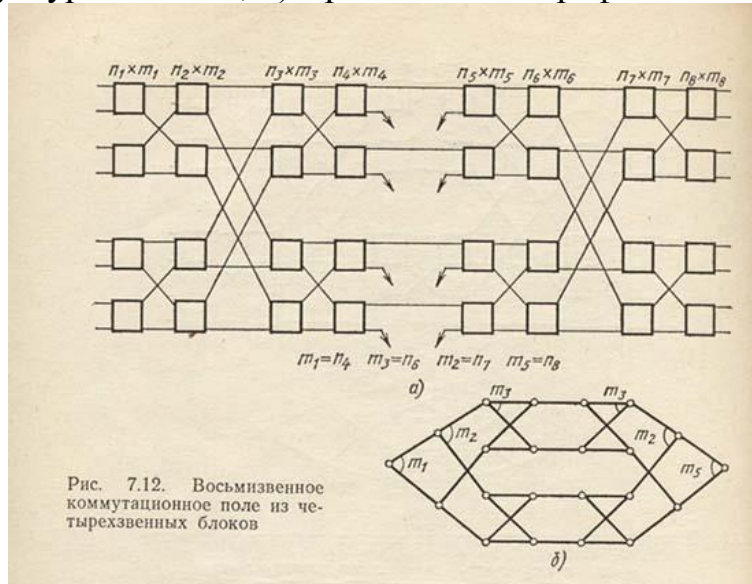
$I_1=I_5=m_i/2=4$ .

Вычисление можно вести с помощью ЭВМ или портативного калькулятора. При включении 16 межблочных линий ( $\alpha=2$ )  $P_{\pi 2}=0,179$ . Вероятность потерь при групповом искании

Окончательно получаем  $P_{r1}=0,008$ ;  $P_{r2}=0,0049$ .



**Рис.7.19.**Коммутационное поле квазиэлектронной узловой станции: а)структурная схема; б)вероятностный граф.



**Рис. 7.12.** Восьмизвенное коммутационное поле из четырехзвенных блоков.

**7.4.** Используем условия задач § 7.5 для ступени АИ и ГИ координатной АТС (см.рис.7.13 и 7.14). Для ступени АИ  $P=0,002$ ;  $n_a=10$ ;  $m_a=6$ ;  $f=1$ ;  $q=3,33$ ;  $Y_{ma}=0,9$  Эрл;  $Y_{исх}=50$  Эрл. Доступности  $D_{min}=0$ ;  $\bar{D}=(m_a-Y_{ma})q=16,83$ ;  $D_3=\theta\bar{D}=0,8\cdot 16,83=13$ .

Из таблицы. ПЗ и П10 находим  $\alpha=1,61$ ;  $Y_D=5,26$  Эрл. Тогда

$$V_{пшк}=D+\alpha(Y_{исх}-Y_D)=13+1,61(50-5,26)=85.$$

Для ступени ГИ  $P=0,005$ ;  $n_a=15$ ,  $m_a=20$ ;  $q=1$ ;  $f=1$ ;  $Y_{ma}=7,5$  Эрл;  $Y=40$ . Доступности  $D_{min}=(m_a-n_a+1)q=6$ ;  $\bar{D}=(m_a-Y_{ma})q=12,5$ ;  $D_3=D_{min}+\theta(\bar{D}-D_{min})=6+0,8(12,5-6)=11$ .

Из табл. ПЗ и П10 находим  $\alpha=1,62$ ;  $Y_D=4,59$  Эрл. Искомая емкость пучка линий  $V=D+\alpha(Y-Y_D)=11+1,62(40-4,59)=68$ .

**7.5.** На рис 7.20 приведена четырехзвенная блочная коммутационная схема с параметрами  $n_i=m_i=8$ ; число промежуточных линий между блоками равно 4; интенсивность общей поступающей нагрузки  $\Lambda=512$  Эрл, а в направлении  $r$  при  $V_r=30$  линий интенсивность поступающей нагрузки 18 Эрл. Определить значение вероят-



ности потерь для этого направления.

Рассчитаем эффективную доступность для коммутационной схемы без концентрации и расширения:

$$k_i = 1/4 \prod_{i=1}^3 m_i = 128, i=\overline{1,4}; \Lambda_i = \Lambda/k_i = 512/128 = 4 \text{ Эрл};$$

$$q_r = V_r/k_s = 30/128 = 0,23; D_{1\varnothing} = \overline{D} q_r = 0,23 \prod_{i=1}^3 (m_i - \Lambda_i) = 14;$$

$$\overline{D}_H = k_s - \overline{D} = 64; D_{2\varnothing} = \overline{D}_H q_r \Lambda_r / V_r \Lambda_s = 64 \cdot 0,23 \cdot 18 / (30 \cdot 4) = 2;$$

$$D_{\varnothing} = D_{1\varnothing} + D_{2\varnothing} = 16.$$

Вначале предположим, что  $\Lambda_{\phi} = \Lambda_r$ , тогда  $P_{r1} = E_{30}(18)/E_{30-16}(18) = 0,0083$ .

Зная  $P_{r1}$ , определим первое значение  $\Lambda_{\phi 1}$ ;

При  $\Lambda_{\phi} = \Lambda_{\phi 1}$  получаем новое значение  $P_{r1}$ :  $P_{r2} = E_{30}(17,9)/E_{30-16}(17,9) = 0,0077$ .

Аналогично  $Y_{2r} = \Lambda_r(1 - P_{r2}) = 17,86$  Эрл;  $Y_{r2} = \Lambda_{\phi 2}[1 - E_{30}(\Lambda_{\phi 2})]$ ;  $\Lambda_{\phi 2} = 17,9$ .

Следовательно, нет необходимости вести дальнейшую итерацию. Окончательно получаем  $P_r = 0,0077$ .

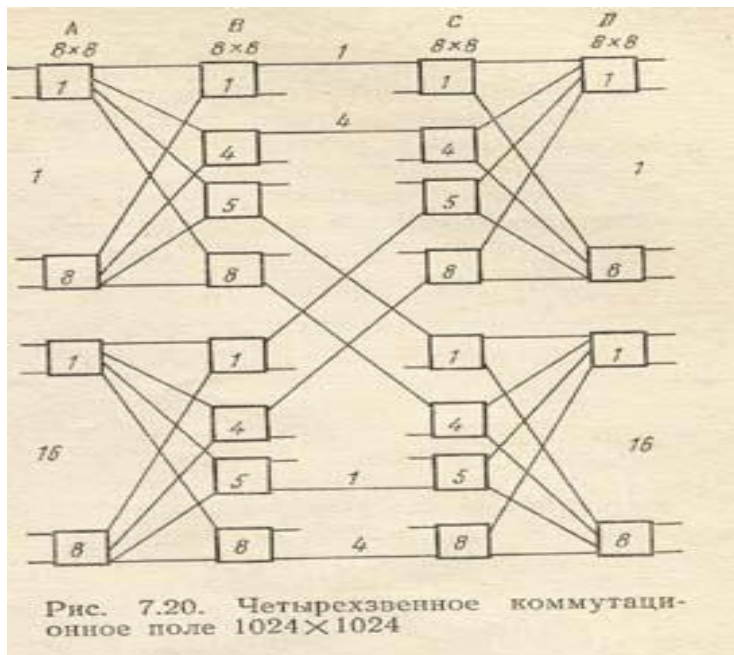


Рис. 7.20. Четырехзвенное коммутационное поле 1024x1024.

## Приложения

**Литература.** Ю.Н. Корнышев, Г.Л. Дань. М. "Радио и связь". 1985 г. Теория распределения информации.

## Содержание тестов

1.1. В теории телетрафика дискретный процесс, представляющий последовательность однородных событий, которые наступают через некоторые интервалы времени, называют:

- а) потоком вызовов;
- б) маршрутом установления соединения;
- в) телефонной нагрузкой;
- г) дисциплиной обслуживания.

1.2. Потоки вызовов подразделяются:

- а) групповые и индивидуальные;
- б) конечные и бесконечные;
- в) упорядоченные и неупорядоченные.
- г) детерминированные и случайные;

1.3. Поток вызовов называется детерминированным, если:

- а) интервалы времени между вызовами строго определены;
- б) вызовы поступают от одного источника;
- в) моменты поступления вызовов зависят от времени суток;
- г) в каждый момент времени поступает только один вызов.

1.4. Случайным называется такой дискретный случайный процесс, в котором:

- а) вызовы поступают с очень большим интервалом времени;
- б) вызовы поступают через случайные интервалы времени;
- в) в каждый момент времени поступает случайное число вызовов;
- г) появление вызова зависит от месяца и дня недели.

2.1. Поток вызовов может быть определен:

а)

- а) Длительностью времени обслуживания;
- б) Числом занятых обслуживающих устройств.
- в) Скоростью поступления вызовов.

б)

- а) Временем суток;
- б) Последовательностью обслуживания вызовов;
- в) Числом источников вызовов.

- а) Последовательностью вызывающих моментов;
- б) Последовательностью промежутков между вызывающими моментами;
- в) Числом вызовов, поступившим за интервал времени.

2.2. Случайный поток задается:

а)

Законом распределения:  
 вызывающих моментов;  
 промежутков между вызывающими моментами;  
 целочисленной функции числа вызовов за интервал времени.



б)

Временем:

обслуживания;  
ожидания обслуживания;  
окончания обслуживания.

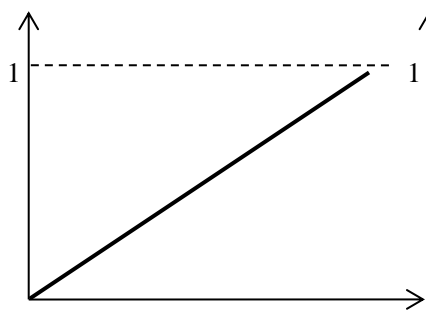
в)

Числом:

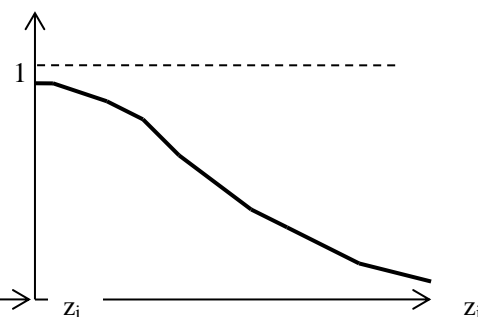
Источников вызовов;  
Обслуживающих устройств;

2.3. Закон распределения промежутков между моментами поступления вызовов случайного потока имеет вид:

а)

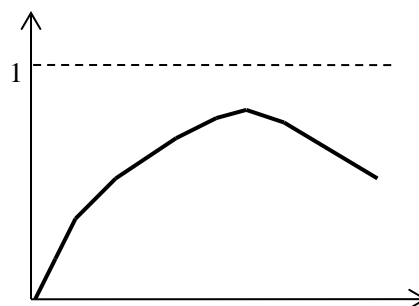
 $P(z < z_i)$ 

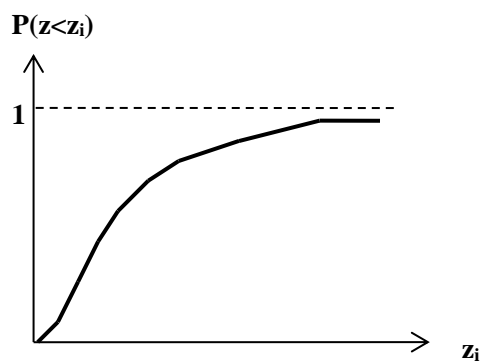
б)

 $P(z < z_i)$ 

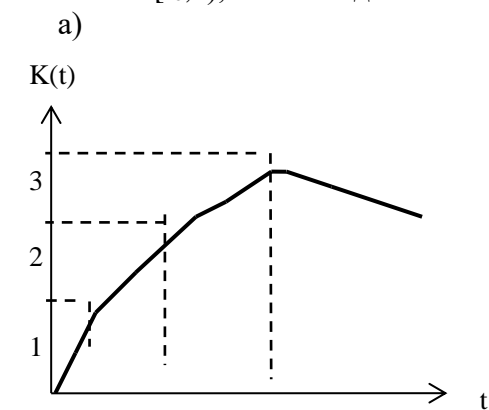
в)

г)

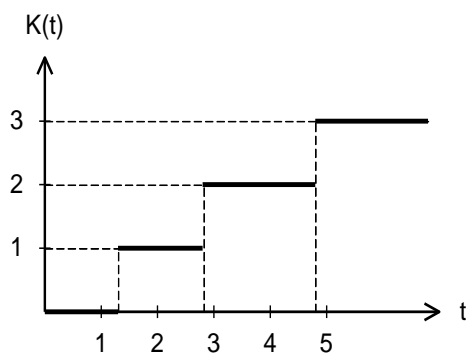
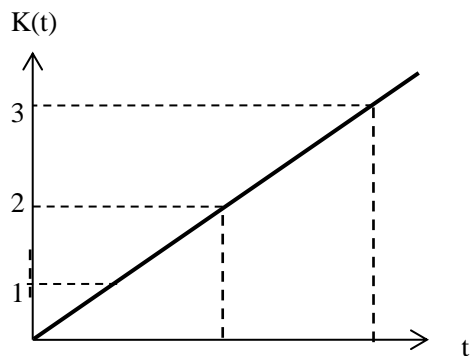
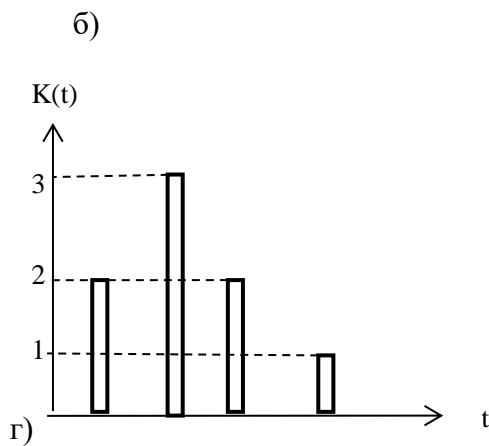
 $P(z < z_i)$ 



2.4. Случайная функция  $K(t)$  числа вызовов, поступающих в систему за интервал времени  $[t_0, t_i)$ , имеет вид:



б)



3.1. Основными свойствами потоков вызовов являются (3):

- а) стационарность;
- б) ординарность;
- в) нелинейность;
- г) отсутствие последствия;
- д) непрерывность;
- е) регулярность.

3.2. Стационарность случайного потока вызовов означает ..... числа поступающих вызовов в единицу времени.

- а) монотонность;
- б) регулярность;
- в) постоянство;

г) непредсказуемость.

3.3. Ординарность означает практическую невозможность появления одновременно ..... и более вызовов.

- а) двух;
- б) ста;
- в) трех.

3.4. Отсутствие последствия – это ..... вероятности поступления  $k$  вызовов в интервале времени  $[t_0, t_i)$  от того, сколько вызовов и как они поступали до момента  $t_0$ .

- а) линейная зависимость;
- б) независимость;
- в) экспоненциальная зависимость.

4.1. Основными характеристиками потоков вызовов являются (3):

- а) интенсивность;
- б) скорость поступления вызовов;
- в) параметр;
- г) ведущая функция;
- д) число потерянных вызовов;
- е) период существования вызова.

4.2. Мгновенной интенсивностью потоков вызовов является ..... числа вызовов, поступающих в единицу времени.

- а) дисперсия;
- б) среднее квадратическое отклонение;
- в) математическое ожидание.

4.3. Для стационарного потока интенсивность не зависит от рассматриваемого .....:

- а) момента времени;
- б) процесса поступления вызовов;
- в) числа источников нагрузки.

4.4. Мгновенная интенсивность потока характеризует ..... поступающих вызовов.

- а) характер;
- б) длительность обслуживания;
- в) число;
- г) моменты времени.

4.5. Параметр потока характеризует:

- а) поток вызывающих моментов;
- б) длительность обслуживания;
- в) скорость поступления вызовов.

4.6. Параметр стационарного потока не зависит от:

- а) числа поступающих вызовов;
- б) времени;
- в) длительности обслуживания;
- г) рассматриваемого периода времени.

4.7. Для любого стационарного потока между интенсивностью  $\mu$  и параметром  $\lambda$  выполняется соотношение:

а)	$\mu \geq \lambda;$
б)	$\mu = \lambda;$
в)	$\mu \leq \lambda;$
г)	$\mu < \lambda.$

4.8. Для любого стационарного и ординарного потока между интенсивностью  $\mu$  и параметром  $\lambda$  выполняется соотношение:

а)	$\mu \geq \lambda;$
б)	$\mu = \lambda;$
в)	$\mu \leq \lambda;$
г)	$\mu < \lambda.$

5.1. Простейший поток обладает следующими свойствами (3):

- а) непрерывностью;
- б) ординарностью;
- в) нелинейностью;
- г) отсутствием последействия;
- д) регулярностью;
- е) стационарностью.

5.2. Простейший поток полностью определяется и задается вероятностью поступления  $k$  вызовов за промежуток времени  $[0, t) - P(k)$ ,  $k=0,1,2,\dots$ ,  $t > 0$ , которая описывается распределением:

а) Пуассона -- 
$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t};$$

б) Эрланга - 
$$P_i = \frac{\frac{(\lambda t)^i}{i!}}{\sum_{i=0}^{\infty} \frac{(\lambda t)^i}{i!}};$$

в) Бернулли - 
$$P_{n,k} = C_n^k \lambda t (1 - \lambda t)^{n-k}.$$

5.3. Для простейшего потока имеет место следующее соотношение между математическим ожиданием числа вызовов  $M(k)$  и дисперсией  $D(k)$ :

- а)  $M(k) < D(k)$ ;
- б)  $M(k) = D(k) = \lambda t$ ;
- в)  $M(k) > D(k)$ .

5.4. Стационарный, ординарный поток вызовов, параметр которого зависит от состояния системы, является потоком:

- а) без последствия (простейшим);
- б) с ограниченным последствием;
- в) с простым последствием (примитивным или Энгсетовским);
- г) рекуррентным (Пальма).

5.5. Стационарный, ординарный поток вызовов от группы источников  $N < 100$  является потоком:

- а) без последствия (простейшим);
- б) с ограниченным последствием;
- в) с простым последствием (примитивным или Энгсетовским);
- г) рекуррентным (Пальма).

5.6. Стационарный, ординарный поток с повторными вызовами является потоком:

- а) без последствия (простейшим);
- б) с ограниченным последствием;
- в) с простым последствием (примитивным или Энгсетовским);
- г) рекуррентным (Пальма).

6.1. Телефонная нагрузка – это:

- а) суммарное время занятия обслуживающих устройств;
- б) число вызовов, поступающих на систему обслуживания;
- в) суммарное число каналов на выходе системы обслуживания;
- г) пропускная способность системы обслуживания.

6.2. Под обслуженной нагрузкой понимают:

- а) суммарное число вызовов, закончившихся разговором;
- б) сумму времен занятия всех выходов коммутационной системы;
- в) долю вызовов, по которым представлен счет на обслуживание.

6.3. Под поступающей нагрузкой понимают:

- а) суммарное число вызовов, поступивших в систему обслуживания;
- б) нагрузку, которая была бы обслужена, если бы каждому вызову предоставлялся выход;
- в) нагрузка, поступающая на выходы коммутационной системы.

6.4. Под интенсивностью нагрузки понимают:

- а) нагрузку за единицу времени;
- б) скорость поступления вызовов;
- в) нагрузку на одно обслуживающее устройство;
- г) нагрузка за сутки.

6.5. Разницу между поступающей и обслуженной нагрузками называют:

- а) неучтенной нагрузкой;
- б) неоплаченной нагрузкой;
- в) величиной потерь;
- г) потерянной нагрузкой;

7.1. За единицу измерения нагрузки принимается:

- а) среднее число вызовов от одного источника;
- б) одно часо-занятие;
- в) среднее время обслуживания одного вызова.

7.2. Удельная нагрузка  $y$  на одну абонентскую линию может принимать значения:

- а)  $y = 1$ ;
- б)  $y < 1$ ;
- в)  $y > 1$ ;
- г)  $y = \infty$ .

7.3. За единицу измерения интенсивности нагрузки принимается:

- а) среднее число поступающих вызовов за час;
- б) один Эрланг;
- в) среднее время обслуживания одного вызова.

7.4. Интенсивность поступающей нагрузки количественно равна среднему числу вызовов, поступающих за:

- а) 24 часа;
- б) время средней длительности одного занятия;
- в) час наибольшей нагрузки.

7.5. Интенсивность обслуженной нагрузки количественно равна:

- а) среднему числу одновременно занятых линий;
- б) средней длительности одного занятия;
- в) среднему числу поступающих вызовов в единицу времени;
- г) среднему времени обслуживания всех вызовов.

7.6. Если  $N$  - число источников нагрузки,  $\bar{C}$  - среднее число вызовов от одного источника,  $\bar{t}$  - средняя длительность обслуживания одного вызова, то интенсивность поступающей нагрузки  $Y$  определяется как:

$$\text{а) } Y = \frac{N\bar{C}}{\bar{t}}; \quad \text{б) } Y = N\bar{C}\bar{t}; \quad \text{в) } Y = \frac{N}{\bar{C}\bar{t}}; \quad \text{г) } Y = \frac{\bar{C}\bar{t}}{N}.$$

7.7. Основными параметрами нагрузки являются (3):

- а) число источников нагрузки;
- б) среднее число вызовов от одного источника;
- в) число обслуживаемых устройств;
- г) средняя длительность занятия коммутационной системы при обслуживании одного вызова;
- д) производительность управляющего устройства.

8.1. Наиболее существенные колебания нагрузки отмечаются по:

- а) месяцам года;
- б) часам суток;
- в) дням недели;
- г) по годам.

8.2. Степень концентрации нагрузки оценивается коэффициентом концентрации, который определяется как отношение нагрузки за час к нагрузке за:

- а) сутки;
- б) год;
- в) месяц;

г) неделю.

8.3. Непрерывный отрезок времени длиной 1 час, в течение которого средняя нагрузки имеет наибольшее значение называется:

- а) часом наибольшей нагрузки (ЧНН);
- б) периодом наибольшей нагрузки;
- в) пиковым периодом нагрузки;
- г) расчетным периодом нагрузки.

8.4. При сложении и разделении потоков телефонной нагрузки необходимо пользоваться:

- а) расчетной нагрузкой;
- б) математическим ожиданием нагрузки;
- в) дисперсией нагрузки;
- г) удельной нагрузкой.

---

9.1. Математическая модель системы обслуживания, положенная в основу 1-ой формулы Эрланга, предполагает, что поток вызовов:

- а) примитивный;
- б) рекуррентный;
- в) простейший;
- г) с ограниченным последствием.

9.2. Математическая модель системы обслуживания, положенная в основу 1-ой формулы Эрланга, предполагает, что дисциплина обслуживания:

- а) с ожиданием;
- б) с условными потерями;
- в) с явными потерями;
- г) с приоритетами.

9.3. Полнодоступным называется такое включение, при котором:

- а) любой вход коммутационной системы может быть подключен к любому выходу;
- б) каждому входу коммутационной системы соответствует выход;
- в) вход коммутационной системы подключен одновременно ко всем выходам;
- г) число входов коммутационной системы равно числу выходов.

9.4. Первая формула Эрланга определяет вероятность того, что в произвольный момент времени в полнодоступном пучке емкостью  $V$  линий, на который поступает интенсивность нагрузки  $Y$ , создаваемой простейшим потоком, занято:

- а)  $i$  линий;
- б) все  $V$  линии;
- в) все линии свободны;
- г) одна линия.

---

10.1. Качество обслуживания линий коммутационной системой оценивается (3):

- а) величиной потерь по вызовам  $P_B$  ;
- б) временем установления соединения;
- в) величиной потерь по нагрузке  $P_H$ ;
- г) громкостью и разборчивостью речи;

д) величиной потерь по времени  $P_t$ .

10.2. Качество обслуживания линий коммутационной системой оценивается величиной потерь по вызовам  $P_B$ , величиной потерь по нагрузке  $P_H$  и величиной потерь по времени  $P_t$ . Между этими величинами в общем случае имеет место соотношение:

- а)  $P_H \leq P_B \leq P_t$ ;
- б)  $P_H = P_B = P_t$ ;
- в)  $P_H \geq P_B \geq P_t$ .

10.3. Качество обслуживания линий коммутационной системой оценивается величиной потерь по вызовам  $P_B$ , по нагрузке  $P_H$  и по времени  $P_t$ . При обслуживании простейшего потока с явными потерями однозвенной коммутационной схемой, в выходы которой включен полнодоступный пучок линий, имеет место соотношение:

- а)  $P_H \leq P_B \leq P_t$ ;
- б)  $P_H = P_B = P_t$ ;
- в)  $P_H \geq P_B \geq P_t$ .

10.4. Первая формула Эрланга устанавливает соотношение между:

- а) величиной потерь по вызовам  $P_B$ , по нагрузке  $P_H$  и по времени  $P_t$ ;
- б) величиной потерь  $P$ , интенсивностью нагрузки  $Y$  и числом обслуживающих устройств  $V$ ;
- в) временем установления соединения и числом обслуживающих устройств.

10.5. При обслуживании простейшего потока вызовов полнодоступной однозвенной схемой с потерями при величине потерь  $P = \text{const}$  и величине нагрузки  $Y > 10$  Эрл. число линий может быть определено по приближенной формуле:

$$\text{а) } V = \alpha Y + \beta;$$

$$\text{б) } V = e^{\alpha Y} + \beta;$$

$$\text{в) } V = \sqrt{\alpha Y + \beta};$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  – коэффициенты, зависящие от величины потерь  $P$ .

11.1. При обслуживании простейшего потока вызовов полнодоступной однозвенной схемой с потерями при величине поступающей нагрузки  $Y$  и величине потерь  $E_V(Y)$  потерянная нагрузка  $Y_{\Pi}$  определится:

$$\text{а) } Y_{\Pi} = Y[1 - E_V(Y)];$$

$$\text{б) } Y_{\Pi} = Y E_V(Y);$$

$$\text{в) } Y = \frac{Y}{E_V(Y)}.$$



11.2. При обслуживании простейшего потока вызовов полнодоступной однозвенной схемой с потерями при величине поступающей нагрузки  $Y$  и величине потерь  $E_v(Y)$  обслуженная нагрузка  $Y_o$  определится:

а)  $Y_o = Y E_v(Y)$ ;

б)  $Y_o = Y[1 - E_v(Y)]$ ;

в)  $Y_o = \frac{Y}{E_v(Y)}.$

11.3. На практике оценка пропускной способности полнодоступного однозвенного включения по системе с потерями по 1-ой формуле Эрланга справедлива при числе источников нагрузки  $N$ :

а)  $N \geq 300$ ;

б)  $N < 300$ ;

в)  $N = \infty$ ;

г)  $N = 1$ .

11.4. Первая формула Эрланга табулирована (таблицы Пальма). С помощью этих таблиц по заданным величинам интенсивности поступающей нагрузки  $Y$  и емкости пучка линий  $V$  можно непосредственно определить:

- а) величину потерь;
- б) пропускную способность одной линии;
- в) величину обслуженной нагрузки;
- г) долю вызовов, закончившихся разговором.

11.5. Первая формула Эрланга табулирована (таблицы Пальма). С помощью этих таблиц по заданным величинам интенсивности поступающей нагрузки  $Y$  и потерь  $E_v(Y)$  можно непосредственно определить:

- а) пропускную способность одной линии;
- б) величину обслуженной нагрузки;
- в) число линий;
- г) долю вызовов, закончившихся разговором.

11.6. Первая формула Эрланга табулирована (таблицы Пальма). С помощью этих таблиц по заданному числу  $V$  и величине потерь  $E_v(Y)$  можно непосредственно определить:

- а) интенсивность поступающей нагрузки;
- б) пропускную способность одной линии;
- в) величину обслуженной нагрузки;
- г) долю вызовов, закончившихся разговором.

11.7. Таблицы Пальма позволяют определить по заданной величине интенсивности нагрузки  $Y$  и емкости пучка  $V$  линий величину потерь, которая рассчитана по:

- а) второй формуле Эрланга;
- б) первой формуле Эрланга;
- в) методом Якобеуса;
- г) по формуле Энгсета.

11.8. Таблицы Пальма, устанавливающие соответствие между интенсивностью поступающей нагрузки, числом обслуживающих устройств и качеством обслуживания на практике можно пользоваться при числе источников нагрузки  $N$ :

- а)  $N \geq 300$ ;
  - б)  $N < 300$ ;
  - в)  $N = \infty$ ;
  - г)  $N = 1$ .
- 

12.1. Математическая модель системы обслуживания, положенная в основу формулы Энгсета, предполагает, что поток вызовов:

- а) простейший;
- б) примитивный;
- в) рекуррентный;
- г) с ограниченным последствием.

12.2. Математическая модель системы обслуживания, положенная в основу формулы Энгсета, предполагает, что дисциплина обслуживания:

- а) с явными потерями;
- б) с ожиданием;
- в) с условными потерями;
- г) с приоритетами.

12.3. Потери по вызовам – это доля вызовов от общего числа поступивших, которые не обслужены по причине:

- а) занятости всех обслуживающих устройств;
- б) занятости абонента;
- в) неответа абонента;
- г) технических повреждений;
- д) ошибок абонента.

12.4. Потери по нагрузке – это доля нагрузки, которая не может быть обслужена по причине:

- а) занятости всех обслуживающих устройств;
- б) занятости абонента;
- в) неответа абонента;
- г) технических повреждений;
- д) ошибок абонента.

12.5. Потери по времени – это доля времени в течение которого:

- а) заняты все обслуживающие устройства;
- б) происходит процесс установления соединения;
- в) абонент слушает сигнал ответа станции;
- г) коммутационная система находится в неисправном состоянии.

12.6. Качество обслуживания линий коммутационной системой оценивается величиной потерь по вызовам  $P_B$ , по нагрузке  $P_H$  и по времени  $P_t$ . При обслуживании потока от ограниченного числа источников нагрузки с явными потерями однозвенной коммутационной схемой, входы которой включены в полнодоступный пучок линий, имеет место соотношение:

- а)  $P_H < P_B < P_t$ ;
- б)  $P_H \leq P_B \leq P_t$ ;
- в)  $P_H = P_B = P_t$ ;
- г)  $P_H \geq P_B \geq P_t$ .

12.7. Формула Энгсета, позволяющая определить вероятность того, что в произвольный момент времени в полнодоступном пучке емкостью  $V$  линий, на который поступает поток от огра-

ниченного числа источников  $N$  с параметром  $\alpha$  от одного источника, на практике применяется при числе источников:

- а)  $N \geq 100$ ;
  - б)  $N < 100$ ;
  - в)  $N = \infty$ ;
  - г)  $N = 1$ .
- 

13.1. Математическая модель системы обслуживания полnodоступных включений по системе с ожиданием (2-ая формула Эрланга) предполагает, что поток вызовов:

- а) простейший;
- б) примитивный;
- в) рекуррентный;
- г) с ограниченным последствием.

13.2. Математическая модель системы обслуживания полnodоступных включений по системе с ожиданием (2-ая формула Эрланга) предполагает, что поток вызовов простейший, время обслуживания:

- а) постоянное;
- б) распределено по экспоненциальному закону;
- в) распределено по закону Пуассона.

13.3. Математическая модель системы обслуживания полnodоступных включений по системе с ожиданием (2-ая формула Эрланга) предполагает, что коммутационная схема:

- а) однозвенная;
- б) двухзвенная;
- в) многозвенная;
- г) от точки к точке.

13.4. Математическая модель системы обслуживания полnodоступных включений по 2-ой формуле Эрланга предполагает, что дисциплина обслуживания:

- б) с явными потерями;
- в) с отказами;
- а) с ожиданием;
- г) комбинированная.

13.5. Математическая модель системы обслуживания полnodоступных включений по системе с ожиданием (2-ая формула Эрланга) предполагает, что дисциплина обслуживания с ожиданием, а вызовы из очереди обслуживаются:

- а) в порядке их поступления;
  - б) в случайном порядке;
  - в) в обратном порядке;
  - г) с приоритетами.
- 

14.1. В системе с ожиданием вероятность того, что поступивший в произвольный момент времени вызов найдет все линии занятыми, или, что то же самое, что вероятность времени ожидания будет больше нуля (2-ая формула Эрланга) выражается формулой:

$$P(\gamma > 0) = E_v(Y) \frac{V}{V - Y + YE_v(Y)}, \quad \text{где } V;$$

- а) число линий;
- б) время ожидания обслуживания;

- в) интенсивность поступающей нагрузки;
- г) число поступивших вызовов.

14.2. В системе с ожиданием вероятность того, что поступивший в произвольный момент времени вызов найдет все линии занятыми, или, что то же самое, что вероятность времени ожидания будет больше нуля (2-ая формула Эрланга) выражается формулой:

$$P(\gamma > 0) = E_v(Y) \frac{V}{V - Y + YE_v(Y)}, \quad \text{где } Y;$$

- а) число линий;
- б) время ожидания обслуживания;
- в) интенсивность поступающей нагрузки;
- г) число поступивших вызовов.

14.3. В системе с ожиданием вероятность того, что поступивший в произвольный момент времени вызов найдет все линии занятыми, или, что то же самое, что вероятность времени ожидания будет больше нуля (2-ая формула Эрланга) выражается формулой:

$$P(\gamma > 0) = \sum_{i=0}^{\infty} P_i = E_v(Y) \frac{V}{V - Y + YE_v(Y)}, \quad \text{где } \gamma;$$

- а) число линий;
- б) время ожидания обслуживания;
- в) интенсивность поступающей нагрузки;
- г) число поступивших вызовов.

14.4. Вторая формула Эрланга

$$P(\gamma > 0) = E_v(Y) \frac{V}{V - Y + YE_v(Y)}$$

определяет вероятность:

- а) ожидания;
- б) отказа в обслуживании;
- в) наличия очереди в обслуживании;
- г) надежности системы.

14.5. Вторую формулу Эрланга

$$P(\gamma > 0) = E_v(Y) \frac{V}{V - Y + YE_v(Y)}$$

можно рассматривать как:

- а) долю потерянных вызовов;
- б) долю обслуженных вызовов
- в) долю вызовов ожидающих обслуживания;

14.6. Дисциплину обслуживания с ожиданием целесообразно использовать в:

- а) в системах с коммутацией каналов;
- б) в системах с коммутацией пакетов;
- в) в системах мобильной связи;