

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 22.12.2021 15:43:36  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра автомобилей, транспортных систем и процессов



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
2017 г.

### ТЕОРИЯ МАССОВОГО ОБЛУЖИВАНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Методические указания к выполнению практических и самостоятельных работ для студентов направлений подготовки  
23.03.01 Технология транспортных процессов и  
23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов очной и заочной форм обучения

Курск 2017

УДК 656.07

Составители: Л. П. Кузнецова

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили, транспортные системы и процессы» Б.А. Семенихин

**Теория массового обслуживания на автомобильном транспорте:** Методические указания к выполнению практических и самостоятельных работ для студентов направлений подготовки 23.03.01 Технология транспортных процессов и 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов очной и заочной форм обучения/ Юго-Зап. Гос. ун-т; сост.: Л.П. Кузнецова Курск, 2017. 46 с.: ил. 1, табл. 7, прилож. 1. Библиогр.: 7.: с. 46.

Излагаются основные положения методологии теории массового обслуживания применительно к решению важных практических задач автомобильного транспорта.

Предназначены для студентов направлений подготовки 23.03.01 Технология транспортных процессов, 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов очной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.  
Усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ . Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## Содержание

	стр
ВВЕДЕНИЕ	4
Общие указания для выполнения самостоятельной работы	5
<b>Практическая работа №1.</b> Уравнение «размножения и гибели»	6
Самостоятельная работа 1	9
<b>Практическая работа №2.</b> Классическая система массового обслуживания с отказами (система Эрланга)	10
Самостоятельная работа 2	13
<b>Практическая работа №3.</b> Система массового обслуживания с отказами и недостоверным обслуживанием	14
Самостоятельная работа 3	17
<b>Практическая работа №4.</b> Система массового обслуживания с отказами и частичной взаимопомощью между каналами	18
Самостоятельная работа 4	21
<b>Практическая работа №5.</b> Система массового обслуживания с ожиданием	22
Самостоятельная работа 5	24
<b>Практическая работа №6.</b> Система массового обслуживания с отказами, ограниченным временем пребывания заявки в системе и упорядоченным обслуживанием	25
Самостоятельная работа 6	28
ПРИЛОЖЕНИЕ А	29
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	46

## ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемые методические указания составлены в соответствии с рабочими программами по направлениям подготовки 23.03.01 Технология транспортных процессов и 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов по курсу «Теория массового обслуживания».

В работе рассмотрены основные понятия теории массового обслуживания, виды систем массового обслуживания, приводятся краткие сведения необходимых рабочих формул. В каждом разделе приведены примеры с подробным объяснением хода решения типовой задачи.

При изучении курса в высших учебных заведениях большое значение имеет приобретение навыков в решении задач, что является одним из критериев прочного усвоения курса.

## **Общие указания для выполнения самостоятельной работы**

В процессе изучения дисциплины «Теория массового обслуживания» каждый студент должен выполнить самостоятельную работу.

При выполнении самостоятельной работы используется литература, рекомендуемая по курсу, методические пояснения к работам, а также конспект лекций.

Самостоятельная работа состоит из шести заданий, которые выбираются согласно своему варианту из таблиц многовариантных задач.

Содержание самостоятельной работы пишется на одной стороне стандартных листов бумаги. Все листы, начиная с титульного нумеруются. Титульный лист оформляется по форме, образец которой представлен на кафедре или выдается преподавателем.

Изложение самостоятельной работы должно быть кратким, логичным, четким, призванным дать обоснование принятым решениям. Сокращение слов в тексте не допускается. Значение символов и числовых коэффициентов, входящих в формулы, должны быть приведены непосредственно под формулой.

Самостоятельная работа, выполненная не по вариантам и не по установленной форме, к защите не принимается.

## Практическая работа №1 Уравнение «размножения и гибели»

В теории вероятностей известен класс случайных процессов Марковского типа, в который укладываются множество задач. Этот класс процессов начали изучать в связи с биологическими постановками вопросов о численности популяций, распространения эпидемий и т. д. Это обстоятельство привело к тому, что процессы, о которых речь пойдет дальше, получили наименование процессов гибели и размножения. Поскольку математическая схема, изучаемая в них, носит достаточно общий характер, процессы гибели и размножения получили широкое применение во многих прикладных вопросах.

$$\frac{dp_i(t)}{dt} = -(\lambda_i + \mu_i)p_i(t) + \lambda_{i-1}p_{i-1}(t) + \mu_{i+1}p_{i+1}(t), \quad (1)$$

$$\frac{dp_0(t)}{dt} = -\lambda_0p_0(t) + \mu_1p_1(t). \quad (2)$$

Уравнения (1) и (2) обычно называют уравнениями «размножения и гибели». В задачах массового обслуживания эти уравнения позволяют при заданных начальных условиях и известных интенсивностях  $\lambda_i$  и  $\mu_i$  определить изменение характера обслуживания во времени.

Автомобиль при эксплуатации может находиться в следующих состояниях:

$X_0$  – исправен;

$X_1$  – неисправен, проходит осмотр, который проводится с целью определения вида ремонта;

$X_2$  – неисправен, проходит капитальный ремонт;

$X_3$  – неисправен, проходит средний ремонт;

$X_4$  – неисправен, проходит текущий ремонт.

Граф состояний автомобиля показан на рисунке 1. Среднее время межремонтного пробега равно  $\bar{t}_0$ . Среднее время осмотра машины равно  $\bar{t}_1$ . После осмотра автомашина подвергается капитальному ремонту с вероятностью  $q_2$ , среднему ремонту с вероятностью  $q_3$  и текущему ремонту с вероятностью  $q_4$ .

Причем:  $q_2 + q_3 + q_4 = 1$ .

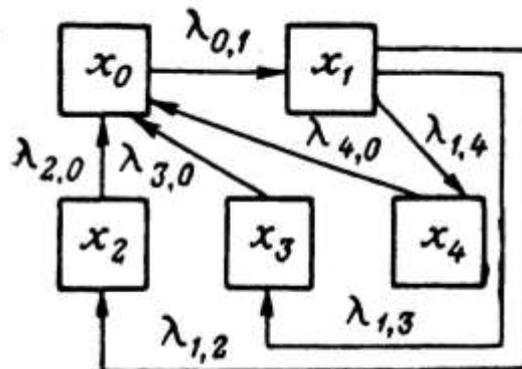


Рисунок 1 - Граф состояния автомашины при эксплуатации

**Пример 1:** Среднее время проведения капитального ремонта равно  $\bar{t}_2$ , среднее время проведения среднего ремонта  $\bar{t}_3$ , среднее время текущего ремонта  $\bar{t}_4$ .

Определить вероятность того, что машина будет исправна  $P_0$  (для стационарного режима), вероятность того, что она будет не исправна  $P$ , а также среднее время пребывания системы в состоянии  $X_0$   $\bar{t}_{np}$  и вероятность того, что канал занят  $\pi_2, \pi_3, \pi_4$ .

Если известно, что

$$\bar{t}_0 = 1200 \text{ ч}; \bar{t}_1 = 1 \text{ ч}; \bar{t}_2 = 96 \text{ ч}; \bar{t}_3 = 60 \text{ ч}; \bar{t}_4 = 20 \text{ ч};$$

$$q_2 = 0,6; q_3 = 0,2; q_4 = 0,2.$$

**Решение.** Найдем интенсивности потоков, переводящие автомашину из состояния в состояние:

$$\lambda_{0,1} = 1/\bar{t}_0 = 0,0008;$$

$$\lambda_{1,2} = q_2/\bar{t}_1 = 0,6;$$

$$\lambda_{1,3} = q_3/\bar{t}_1 = 0,2;$$

$$\lambda_{1,4} = q_4/\bar{t}_1 = 0,2;$$

$$\lambda_{2,0} = 1/\bar{t}_2 = 0,0104;$$

$$\lambda_{3,0} = 1/\bar{t}_3 = 0,0167;$$

$$\lambda_{4,0} = 1/\bar{t}_4 = 0,05.$$

Считая, что все потоки простейшие свыше указанными интенсивностями, найдем вероятность того, что машина будет исправна для стационарного режима:

$$\frac{dp_i(t)}{dt} = 0.$$

Получаем соответствующую систему однородных алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} 0 = -\lambda_{0,1}p_0 + \lambda_{2,0}p_2 + \lambda_{3,0}p_3 + \lambda_{4,0}p_4; \\ \dots\dots\dots; \\ \dots\dots\dots; \\ 0 = -\lambda_{4,0}p_4 + \lambda_{1,4}p_1. \end{cases}$$

Решение этой системы уравнений, удовлетворяющее нормировочному условию:

$$\sum_{i=0}^4 p_i = 1,$$

тогда: 
$$p_0 = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{0,1}}{\lambda_{1,2} + \lambda_{1,3} + \lambda_{1,4}} \left( 1 + \frac{\lambda_{1,2}}{\lambda_{2,0}} + \frac{\lambda_{1,3}}{\lambda_{3,0}} + \frac{\lambda_{1,4}}{\lambda_{4,0}} \right)};$$

$$p_0 = \frac{1}{1 + \frac{0,0008}{0,6 + 0,2 + 0,2} \left( 1 + \frac{0,6}{0,0104} + \frac{0,2}{0,0167} + \frac{0,2}{0,05} \right)} = 0,94.$$

Вероятность того, что машина будет не исправна:

$$p = 1 - p_0 = 1 - 0,94 = 0,06.$$

Среднее время пребывания системы в состоянии  $X_0$ ;

$$\bar{t}_{np} = \bar{t}_0 \frac{1 - p_0}{p_0} = 1200 \frac{1 - 0,94}{0,94} = 76,6 \text{ ч.}$$

Вероятность того, что канал занят  $\pi_i$ ;

$$\pi_{i\dots n} = \frac{t_{i\dots n}}{t_{i-1\dots n} + t_{i\dots n}};$$

$$\pi_2 = \frac{t_2}{t_1 + t_2} = \frac{96}{96 + 1} = 0,989;$$

$$\pi_3 = \frac{t_3}{t_1 + t_3} = \frac{60}{1 + 60} = 0,984;$$

$$\pi_4 = \frac{t_4}{t_1 + t_4} = \frac{20}{1 + 20} = 0,952$$

### Самостоятельная работа 1

Среднее время проведения капитального ремонта равно  $\bar{t}_2$ , среднее время проведения среднего ремонта  $\bar{t}_3$ , среднее время текущего ремонта  $\bar{t}_4$ . Определить вероятность того, что машина будет исправна  $P_0$  (для стационарного режима), вероятность того, что она будет не исправна  $P$ , а также среднее время пребывания системы в состоянии  $X_0$   $\bar{t}_{np}$  и вероятность того, что канал занят  $\pi_2, \pi_3, \pi_4$ . Если известно, что:

Таблица 1 - Данные для расчета

№ в/в	$\bar{t}_0$	$\bar{t}_1$	$\bar{t}_2$	$\bar{t}_3$	$\bar{t}_4$	$q_2$	$q_3$	№ в/в	$\bar{t}_0$	$\bar{t}_1$	$\bar{t}_2$	$\bar{t}_3$	$\bar{t}_4$	$q_2$	$q_3$
1	1250	1,1	98	61	21	0,2	0,5	26	1150	1,0	100	55	25	0,6	0,2
2	1000	1,2	89	62	22	0,6	0,1	27	1890	1,2	102	58	22	0,3	0,6
3	1300	1,3	91	63	30	0,7	0,2	28	1770	1,3	100	57	31	0,1	0,7
4	1450	1,2	92	64	23	0,5	0,2	29	1960	1,0	99	59	23	0,1	0,5
5	1280	0,9	93	65	32	0,6	0,3	30	1750	0,9	98	60	32	0,2	0,6
6	1500	0,8	94	66	24	0,7	0,1	31	1841	0,7	97	61	24	0,1	0,7
7	1480	0,9	95	67	25	0,6	0,2	32	1931	0,9	96	62	25	0,3	0,6
8	1160	0,8	100	68	26	0,5	0,3	33	1641	0,8	95	68	26	0,4	0,5
9	1290	0,9	101	69	27	0,4	0,3	34	1551	0,7	94	67	27	0,4	0,4
10	1389	1,1	102	70	19	0,5	0,3	35	1661	1,1	93	64	19	0,2	0,7
11	1478	1,2	104	59	18	0,6	0,3	36	1772	1,2	89	65	18	0,1	0,6
12	1567	1,0	105	58	24	0,7	0,2	37	1882	1,1	102	66	24	0,1	0,7
13	1476	1,0	99	57	19	0,7	0,1	38	1962	1,0	102	61	18	0,2	0,7
14	1385	1,3	98	59	20	0,6	0,2	39	1552	1,3	105	62	20	0,3	0,6
15	1164	1,2	97	58	21	0,5	0,2	40	1442	1,2	98	68	23	0,1	0,7
16	1253	1,1	96	56	24	0,4	0,4	41	1333	1,1	97	64	24	0,3	0,4
17	1342	0,9	95	57	25	0,3	0,5	42	1233	0,8	95	59	25	0,3	0,3
18	1431	0,8	94	58	23	0,4	0,5	43	1443	0,8	92	58	23	0,4	0,4
19	1351	0,7	93	59	24	0,5	0,2	44	1553	0,7	96	54	24	0,1	0,7
20	1162	0,6	89	60	22	0,6	0,1	45	1363	0,9	95	55	32	0,3	0,6
21	1473	0,7	102	62	26	0,7	0,2	46	1284	0,7	98	57	26	0,2	0,7
22	1384	0,8	102	63	17	0,6	0,3	47	1174	0,8	99	56	27	0,2	0,6
23	1635	0,9	103	65	18	0,5	0,1	48	1164	0,9	92	69	18	0,1	0,5
24	1726	1,1	104	66	19	0,4	0,3	49	1264	1,0	100	60	29	0,3	0,4
25	1437	1,2	100	68	20	0,3	0,1	50	1345	1,2	101	63	20	0,2	0,3

**Практическая работа №2**  
**Классическая система массового обслуживания**  
**с отказами (система Эрланга)**

Система массового обслуживания называется *системой с отказами* (потерями), если заявка, пришедшая в момент, когда все каналы заняты, немедленно получает отказ и покидает систему (теряется).

На вход  $n$  - канальной системы массового обслуживания подается простейший поток заявок с интенсивностью  $\lambda$ . Поток обслуживания каждого канала — простейший с интенсивностью  $\mu$ . Если заявка застала все каналы занятыми, то она покидает систему необслуженной, т.е. получает отказ. Если заявка застала свободным хотя бы один канал, то она принимается к обслуживанию любым из свободных каналов и обслуживается до конца (заявки «терпеливые»).

Описанная выше система названа классической потому, что с рассмотрения такой системы Эрлангом и начала развиваться теория массового обслуживания. Эрланг рассмотрел работу такой системы на примере работы автоматического телефонного узла связи.

Основные характеристики данной системы.

Вероятность обслуживания заявки:

$$P_{обс} = 1 - \frac{P(n, \alpha)}{R(n, \alpha)} = \frac{R(n, \alpha) - P(n, \alpha)}{R(n, \alpha)} = \frac{R(n-1, \alpha)}{R(n, \alpha)}, \quad (3)$$

где  $\alpha = \lambda/\mu$  — равна среднему числу заявок, поступающих в систему за среднее время обслуживания одной заявки в одном канале;  $\lambda$  — интенсивность простейшего потока заявок;  $\mu$  — интенсивность простейшего потока обслуживания каждого канала;  $n$  — число каналов обслуживания;  $P(n, \alpha)$  и  $R(n, \alpha)$  — функции пуассоновского распределения;

$$R(n, \alpha) = \sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} \cdot e^{-\alpha}, \quad (4)$$

$$P(h, \alpha) = \frac{\alpha^h}{h!} e^{-\alpha}, \quad (5)$$

$$R(n-1, \alpha) = 1 - \bar{R}(n-1, \alpha); \quad R(n, \alpha) = 1 - \bar{R}(n, \alpha)$$

где  $\bar{R}(n-1, \alpha)$  и  $\bar{R}(n, \alpha)$  табличные значения функций распределения Пуассона. А вероятность  $P$  определяется по табличным значениям следующим образом

$$P(h, \alpha) = R(h, \alpha) - R(h-1, \alpha) = \bar{R}(h-1, \alpha) - \bar{R}(h, \alpha)$$

Запись выражения табличных значений функций распределения Пуассона например,  $5,4207^{-1}$  нужно понимать следующим образом:  $5,4207^{-1} = 5,4207 \cdot 10^{-1}$ .

Среднее число занятых каналов:

$$\bar{k} = \alpha P_{обс} = \alpha \frac{R(n-1, \alpha)}{R(n, \alpha)}. \quad (6)$$

Вероятность того, что канал занят:

$$\pi_{з.к.} = \frac{\bar{k}}{n} = \frac{\alpha}{n} \cdot \frac{R(n-1, \alpha)}{R(n, \alpha)}. \quad (7)$$

Время занятости канала:

$$\bar{t}_{з.к.} = \frac{1}{\mu}. \quad (8)$$

Среднее время простоя канала

$$\bar{t}_{н.к.} = \bar{t}_{з.к.} \frac{1 - \pi_{з.к.}}{\pi_{з.к.}}. \quad (9)$$

Среднее время полной загрузки системы

$$\bar{t}_{з.с.} = \frac{1}{n\mu}. \quad (10)$$

**Пример 2.** Рассматривается работа автостоянки перед магазином «Европа», которая обеспечивает кратковременное хранение не более **20** автомобилей одновременно. Средняя длительность стоянки автомобиля **10** мин. Автомобили подъезжают к магазину в среднем через **0,5** мин. Автомобилю не будет разрешена парковка, если на стоянке все места заняты. В этом случае он покидает автостоянку на проезжей части улицы. Требуется определить основные характеристики функционирования автостоянки.

**Решение.** Автостоянка представляет собой 20 – канальную систему массового обслуживания с отказами. Параметры системы  $n = 20$ ;  $\mu = 1/t = 1/10 = 0,1$  (1/сек);  $\lambda = 2$  (1/сек);  $\alpha = \lambda/\mu = 2/0,1 = 20$

1. Вероятность обслуживания заявки

$$P_{обс} = \frac{R(n-1, \alpha)}{R(n, \alpha)} = \frac{R(19, 20)}{R(20, 20)} = \frac{1 - \bar{R}(19, 20)}{1 - \bar{R}(20, 20)} = \frac{1 - 0,440907}{1 - 0,356302} = 0,88$$

$R(n, \alpha) = 1 - \bar{R}(n, \alpha)$ , табличная запись 4,40907-1, означает

$$4,40907 \cdot 10^{-1} = 0,440907$$

2. Среднее число занятых каналов.

$$\bar{k} = \alpha P_{обс} = 20 \cdot 0,88 = 18$$

3. Вероятность того, что канал занят,

$$\pi_{з.к.} = \frac{\bar{k}}{n} = \frac{18}{20} = 0,90$$

4. Время занятости канала

$$\bar{t}_{з.к.} = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{0,1} = 10 \text{ мин}$$

5. Среднее время простоя канала

$$\bar{t}_{п.к.} = \bar{t}_{з.к.} \frac{1 - \pi_{з.к.}}{\pi_{з.к.}} = 10 \frac{1 - 0,90}{0,90} = 1,11 \text{ мин}$$

6. Среднее время полной загрузки системы

$$\bar{t}_{з.с.} = \frac{1}{n\mu} = \frac{1}{20 \cdot 0,1} = 0,5 \text{ мин}$$

## Самостоятельная работа 2

Рассматривается работа автостоянки перед магазином «Европа», которая обеспечивает кратковременное хранение не более  $n$  автомобилей одновременно. Средняя длительность стоянки автомобиля  $1/\mu$  мин. Автомобили подъезжают к магазину в среднем через  $1/\lambda$  мин. Автомобилю не будет разрешена парковка, если на стоянке все места заняты. В этом случае он покидает автостоянку на проезжей части улицы. Требуется определить основные характеристики функционирования автостоянки.

Таблица 2-Данные для расчета

№ в/в	$n$	$1/\mu$	$1/\lambda$	№ в/в	$n$	$1/\mu$	$1/\lambda$
1	17	20	2,0	26	19	20	2,1
2	20	21	1,1	27	20	21	1,0
3	19	22	1,2	28	20	22	1,1
4	16	23	1,7	29	18	23	1,7
5	12	24	2,5	30	10	24	2,9
6	20	25	1,3	31	14	25	2,0
7	19	26	1,5	32	17	26	2,4
8	18	27	1,9	33	20	27	1,9
9	17	28	2,9	34	18	28	2,5
10	19	29	1,6	35	16	29	2,0
11	20	30	1,4	36	19	30	1,9
12	15	31	2,5	37	20	31	2,3
13	20	32	1,6	38	17	32	2,0
14	18	33	2,0	39	16	33	2,5
15	19	34	2,0	40	18	34	2,7
16	20	35	2,3	41	15	35	2,6
17	20	36	1,9	42	19	36	2,5
18	18	37	2,1	43	20	37	2,4
19	19	38	2,2	44	19	38	2,6
20	20	39	2,3	45	17	39	2,7
21	16	20	2,2	46	18	20	2,5
22	19	21	0,8	47	20	21	0,9
23	20	22	1,1	48	20	22	0,9
24	20	23	1,5	49	19	23	1,4
25	15	24	2	50	15	24	2,7

### Практическая работа №3

#### Система массового обслуживания с отказами и недостовверным обслуживанием

На вход  $n$  - канальной системы массового обслуживания поступает простейший поток заявок с интенсивностью  $\lambda$ . Интенсивность простейшего потока обслуживания каждого канала  $\mu$ . Если вновь прибывшая заявка застала все  $n$  каналов занятыми, то эта заявка получает отказ и покидает систему необслуженной. Если вновь поступившая заявка застала свободным хотя бы один канал, то она принимается к обслуживанию и обслуживается до конца (заявки «терпеливые»). Однако заявка, прошедшая обслуживание в канале, оказывается практически обслуженной недостаточно, а с вероятностью  $p$ .

Такую систему можно представить условно как двухступенчатую систему массового обслуживания: в первой ступени заявка принимается к обслуживанию (или не принимается); во второй - обслуживается (или не обслуживается). При этом полное обслуживание обеспечивается лишь в том случае, если заявка пройдет оба этапа обслуживания. Первая ступень обслуживания работает так же, как классическая СМО с отказами. На вторую ступень обслуживания поступают лишь те заявки, которые были обслужены первой ступенью. Обслуживание второй ступенью осуществляется мгновенно, но недостаточно, а с вероятностью  $p$ .

Вероятность обслуживания заявки будет определяться как произведение вероятности того, что заявка будет принята к обслуживанию  $(1 - P_n)$ , на вероятность «успешного» обслуживания  $P$ ;

$$p_{обс} = (1 - p_n)p = \frac{R(n-1, \alpha)}{R(n, \alpha)} p. \quad (11)$$

Среднее число занятых каналов.

$$\bar{k} = \alpha \frac{R(n-1, \alpha)}{R(n, \alpha)} \cdot P, \quad (12)$$

Вероятность того, что канал занят, будет равна отношению среднего числа занятых каналов  $\bar{k}$  к общему числу каналов  $n$ :

$$\pi_{з.к.} = \frac{\bar{k}}{n}. \quad (13)$$

Вероятность того, что система полностью загружена:

$$\pi_{n.з.} = 1 - \frac{P_{обс}}{p}, \quad (14)$$

где  $p$  - вероятность «успешного» обслуживания (достоверность обслуживания).

Среднее время занятости канала:

$$\bar{t}_{з.к.} = \frac{1}{\mu}. \quad (15)$$

Абсолютная пропускная способность системы будет:

$$\lambda_0 = p_{обс} \lambda. \quad (16)$$

Полная абсолютная пропускная способность системы:

$$\tilde{\lambda} = \frac{\lambda_0}{p}. \quad (17)$$

Среднее время простоя канала:

$$\bar{t}_{п.к.} = \bar{t}_{з.к.} \frac{1 - \pi_{з.к.}}{\pi_{з.к.}}. \quad (18)$$

Среднее время полной загрузки системы:

$$\bar{t}_{з.с.} = \frac{1}{n\mu}. \quad (19)$$

**Пример 3.** Рассматривается круглосуточная работа пункта проведения профилактического осмотра автомашин. Этот пункт состоит из  $n$  каналов. Данная система массового обслуживания имеет следующие характеристики  $\mu$ ,  $\lambda$ . При осмотре выявляются дефекты с вероятностью  $P$ . Машина считается «обслуженной», если в ней выявлен дефект. Если машина, прибывшая на пункт осмотра, не застает ни одного канала свободным, она покидает пункт необслуженной и вновь эксплуатируется. Определить характеристики работы пункта профилактического осмотра.

**Решение.** Работу пункта проведения профилактического осмотра можно рассматривать как работу СМО с отказами и недостоверным обслуживанием с параметрами  $n = 4$ ;  $\mu = 2$  (1/час);  $\lambda = 8$  (1/час);  $\alpha = \lambda/\mu = 8/2 = 4$ ;  $P = 0,8$

1. Вероятность обслуживания заявки (вероятность выявления скрытого дефекта)

$$P_{обс} = \frac{R(n-1, \alpha)}{R(n, \alpha)} \cdot P = \frac{R(3, 4)}{R(4, 4)} \cdot 0,8 = \frac{1 - 0,56653}{1 - 0,371163} \cdot 0,8 = 0,55$$

$$R(n, \alpha) = 1 - \bar{R}(n, \alpha)$$

2. Среднее число занятых каналов

$$\bar{k} = \alpha P_{обс} \cdot P = 4 \cdot 0,55 = 2,2 \approx 3$$

3. Абсолютная пропускная способность пункта

$$\lambda_0 = P_{обс} \lambda = 0,55 \cdot 8 = 4,40 \text{ (1/час)}$$

4. Полная абсолютная пропускная способность системы

$$\tilde{\lambda} = \frac{\lambda_0}{P} = \frac{4,4}{0,8} = 5,5$$

5. Вероятность того, что канал занят

$$\pi_{з.к.} = \frac{\bar{k}}{n} = \frac{3}{4} = 0,75$$

6. Вероятность того, что все группы будут заняты осмотром

$$\pi_{н.з.} = 1 - \frac{P_{обс}}{P} = 1 - \frac{0,55}{0,8} = 0,31$$

7. Среднее время простоя канала;

$$\bar{t}_{н.к.} = \bar{t}_{з.к.} \cdot \frac{1 - \pi_{з.к.}}{\pi_{з.к.}} = 0,5 \cdot \frac{1 - 0,75}{0,75} = 0,16 \text{ часа.}$$

8. Среднее время полной загрузки системы

$$\bar{t}_{з.с.} = \frac{1}{n\mu} = \frac{1}{4 \cdot 2} = 0,125 \text{ часа.}$$

### Самостоятельная работа 3

Рассматривается круглосуточная работа пункта проведения профилактического осмотра автомашин. Этот пункт состоит из  $n$  каналов. Данная система массового обслуживания имеет следующие характеристики  $\mu$ ,  $\lambda$ . При осмотре выявляются дефекты с вероятностью  $P$ . Машина считается «обслуженной», если в ней выявлен дефект. Если машина, прибывшая на пункт осмотра, не застает ни одного канала свободным, она покидает пункт необслуженной и вновь эксплуатируется. Определить характеристики работы пункта профилактического осмотра.

Таблица 3 - Данные для расчета

№ в/в	$n$	$\mu$	$\lambda$	$P$	№ в/в	$n$	$\mu$	$\lambda$	$P$
1	3	1	3	0,9	26	2	7	13	0,6
2	2	2	4	0,5	27	2	7	14	0,5
3	2	2	5	0,6	28	3	3	9	0,6
4	2	3	6	0,4	29	2	4	9	0,7
5	3	2	7	0,7	30	5	2	10	0,8
6	4	2	8	0,8	31	3	3	10	0,9
7	4	2	9	0,9	32	2	4	10	0,6
8	3	2	6	0,6	33	5	2	11	0,5
9	2	4	8	0,5	34	6	2	12	0,8
10	3	3	9	0,4	35	3	3	8	0,9
11	2	4	9	0,5	36	4	1	4	0,9
12	5	2	10	0,8	37	2	3	7	0,6
13	3	3	10	0,7	38	2	5	10	0,5
14	2	4	10	0,8	39	2	2	4	0,8
15	5	2	11	0,9	40	2	2	5	0,8
16	6	2	12	0,6	41	2	3	6	0,7
17	3	3	8	0,5	42	3	2	7	0,7
18	4	1	4	0,4	43	4	2	8	0,8
19	2	3	7	0,5	44	4	2	9	0,5
20	2	5	10	0,6	45	3	2	6	0,6
21	2	5	11	0,2	46	2	4	8	0,6
22	4	3	12	0,9	47	3	3	9	0,9
23	3	4	12	0,6	48	2	4	9	0,8
24	2	6	12	0,4	49	5	2	10	0,7
25	2	6	13	0,2	50	2	6	12	0,7

**Практическая работа №4**  
**Система массового обслуживания с отказами и частичной взаимопомощью между каналами**

На вход  $n$  - канальной системы массового обслуживания поступает простейший поток заявок с плотностью  $\lambda$ . Плотность простейшего потока обслуживаний каждого канала  $\mu$ . Если поступившая на обслуживание заявка застаёт все каналы свободными, то она принимается на обслуживание и обслуживается одновременно  $\ell$  каналами ( $\ell < n$ ). При этом поток обслуживаний одной заявки будет иметь интенсивность  $\ell \mu$ .

Если поступившая на обслуживание заявка застаёт в системе одну заявку, то при  $n \geq 2\ell$  вновь прибывшая заявка будет принята к обслуживанию и будет обслуживаться одновременно  $\ell$  каналами.

Вероятность того, что все каналы свободны

$$P_0 = \begin{cases} \frac{P(h, \alpha_i)}{R(h, \alpha_i) + P(h, \alpha_i)x \frac{1-x^{n-h}}{1-x}}, & \text{при } x \neq 1 \\ \frac{P(h, \alpha_i)}{R(h, \alpha_i) + P(h, \alpha_i)(n-h)}, & \text{при } x = 1 \end{cases} \quad (20)$$

где  $x = \frac{\lambda}{n\mu}$  - величина равна среднему числу заявок, поступающих в систему за среднее время обслуживания одной заявки всеми  $n$  каналами  $\alpha_i = \frac{\lambda}{\ell\mu}$ ;  $h = \frac{n}{\ell}$ .

Среднее число заявок каналов равно

$$\bar{k} = \begin{cases} \frac{\ell \alpha_i R(h-1, \alpha_i)}{P(0, \alpha_i)} P_0 + n P_n x \frac{1-x^{n-h}}{1-x} & (x \neq 1) \\ \frac{\ell \alpha_i R(h-1, \alpha_i)}{P(0, \alpha_i)} P_0 + n P_n (n-h) & (x = 1) \end{cases} \quad (21)$$

Вероятность полной загрузки системы

$$\pi_{п.з.} = P_n \quad (22)$$

Среднее время полной загрузки системы

$$\bar{t}_{з.с.} = \frac{1}{n\mu}. \quad (23)$$

Среднее время пребывания заявки в системе

$$\bar{t} = \frac{\bar{\ell}}{\lambda}. \quad (24)$$

**Пример 4.** Определить, на сколько увеличится вероятность обслуживания для СМО с отказами, параметры которой равны  $n = 10$ ,  $\lambda = 8$  (1/мин),  $\mu = 0,8$  (1/мин), если обеспечить взаимопомощь в пределах группы из двух каналов ( $\ell = 2$ ). Определить среднее время полной загрузки системы и среднее время пребывания заявки в системе

**Решение.** Параметр системы

$$\alpha = \lambda/\mu = 8/0,8 = 10$$

Для СМО с отказами без взаимопомощи вероятность обслуживания определяется по формуле

$$P_{обс}^1 = \frac{R(n-1, \alpha)}{R(n, \alpha)} = \frac{R(9, 10)}{R(10, 10)} = \frac{1 - 0,542070}{1 - 0,416960} = 0,79$$

$$R(n, \alpha) = 1 - \bar{R}(n, \alpha)$$

Для системы с частичной взаимопомощью имеем

$$n = 10;$$

$$x = \frac{\lambda}{n\mu} = \frac{8}{10 \cdot 0,8} = 1; \quad \alpha_i = \frac{\lambda}{\ell\mu} = \frac{8}{2 \cdot 0,8} = 5; \quad h = \frac{n}{\ell} = \frac{10}{2} = 5$$

Для системы в случае, когда  $x = 1$ , вероятность обслуживания определяется по формуле

$$P_{обс}^2 = 1 - \frac{P(h, \alpha_i)}{R(h, \alpha_i) + P(h, \alpha_i)(n - h)}$$

$$P(h, \alpha) = R(h, \alpha) - R(h - 1, \alpha) = \bar{R}(h - 1, \alpha) - \bar{R}(h, \alpha)$$

$$P_{обс}^2 = 1 - \frac{P(5, 5)}{R(5, 5) + P(5, 5)(10 - 5)}$$

$$P(5, 5) = \bar{R}(4, 5) - \bar{R}(5, 5) = 0,559507 - 0,384039 = 0,175468$$

$$\bar{R}(5, 5) = 1 - 0,384039 = 0,615916$$

$$P_{\text{обс}}^2 = 1 - \frac{0,175468}{0,615961 + 5 \cdot 0,175468} = 1 - 0,117503 = 0,882$$

Таким образом:  $P_{\text{обс}}^2 - P_{\text{обс}}^1 = 0,882 - 0,79 = 0,092$

Среднее время полной загрузки системы

$$\bar{t}_{\text{з.с.}} = \frac{1}{n\mu} = \frac{1}{10 \cdot 0,8} = 0,125 \text{ мин}$$

Среднее время пребывания заявки в системе

$$\bar{t} = \frac{\bar{\ell}}{\lambda} = \frac{2}{8} = 0,25 \text{ мин}$$

### Самостоятельная работа 4

Определить, на сколько увеличится вероятность обслуживания для СМО с отказами, параметры которой равны  $n$ ,  $\lambda$  (1/мин),  $\mu$  (1/мин), если обеспечить взаимопомощь в пределах группы из  $\ell$ . Определить среднее время полной загрузки системы и среднее время пребывания заявки в системе

Таблица 4-Данные для расчета

№ в/в	$n$	$\lambda$	$\mu$	$\ell$	№ в/в	$n$	$\lambda$	$\mu$	$\ell$
1	10	9	0,9	3	26	13	9	0,7	2
2	4	4	0,9	2	27	11	8	0,7	2
3	6	5	0,8	2	28	20	8	0,4	4
4	8	6	0,8	4	29	12	7	0,6	2
5	9	7	0,8	3	30	13	8	0,6	2
6	9	8	0,9	3	31	15	9	0,6	3
7	11	9	0,8	2	32	8	4	0,5	2
8	5	4	0,8	2	33	13	5	0,4	2
9	7	5	0,7	2	34	12	6	0,5	3
10	8	6	0,7	3	35	14	7	0,5	4
11	12	7	0,6	3	36	16	8	0,5	2
12	13	8	0,6	4	37	18	9	0,5	3
13	15	9	0,6	5	38	16	8	0,5	4
14	8	4	0,5	2	39	18	9	0,5	2
15	13	5	0,4	2	40	18	7	0,4	5
16	12	6	0,5	2	41	15	6	0,4	4
17	14	7	0,5	4	42	10	4	0,4	3
18	16	8	0,5	4	43	17	5	0,3	2
19	18	9	0,5	6	44	13	4	0,3	2
20	18	7	0,4	3	45	4	4	0,9	2
21	15	6	0,4	3	46	6	5	0,8	2
22	10	4	0,4	4	47	8	6	0,8	2
23	17	5	0,3	5	48	9	7	0,8	3
24	13	4	0,3	2	49	9	8	0,9	2
25	20	6	0,3	5	50	11	9	0,8	4

## Практическая работа №5

### Система массового обслуживания с ожиданием

На вход  $n$  - канальной системы массового обслуживания поступает простейший поток заявок с плотностью  $\lambda$ . Плотность простейшего потока обслуживания каждого канала  $\mu$ . Если вновь поступившая заявка застаёт свободным хотя бы один канал, она принимается на обслуживание и обслуживается до конца (заявки «терпеливые»). Если заявка застаёт все каналы занятыми, она становится в очередь и «терпеливо» ждёт своего обслуживания.

Дисциплина очереди естественная; кто раньше пришел, тот раньше и обслуживается; максимальное число мест в очереди  $m$ . Если заявка застаёт все  $m$  мест в очереди занятыми, то она получает отказ и исключается из обслуживания. Каждая заявка может обслуживаться только одним каналом (взаимопомощи между каналами нет). Величины  $n$ ,  $\lambda$ ,  $\mu$ ,  $m$  будем называть параметрами системы массового обслуживания с ожиданием.

Среднее число занятых каналов:

$$\bar{k} = \alpha \cdot (1 - x^m \cdot p_n), \quad (25)$$

где 
$$p_n = \frac{P(n, \alpha)}{R(n, \alpha) + P(n, \alpha)x \frac{1 - x^m}{1 - x}} \quad (x \neq 1),$$

Вероятность обслуживания равна:

$$p_{\text{обс}} = 1 - x^m \cdot p_n, \quad (26)$$

Среднее число автомобилей, находящихся в очереди:

$$\bar{r} = p_n x \frac{1 - x^m (n(1 - x) + 1)}{(1 - x)^2}; \quad (27)$$

Среднее время нахождения автомобиля в очереди:

$$\bar{t}_{\text{оч}} = \frac{\bar{r}}{\lambda}, \quad (28)$$

Среднее время нахождения автомобиля на АЗС:

$$\bar{t} = \frac{\bar{r} + \bar{k}}{\lambda}, \quad (29)$$

**Пример 5.** Рассматривается работа автозаправочной станции (АЗС), которая обеспечивает заправку не более 4 автомобилей одновременно. Средняя продолжительность заправки 4 мин. Автомобили подъезжают к АЗС в среднем через 2 мин. Если вновь подъе-

хавший автомобиль застаёт все заправочные колонки занятыми, он становится в очередь и «терпеливо» ждет своего обслуживания. Чтобы не загромождать подъездные пути к АЗС, число мест в очереди ограничено 5 автомобилями. Требуется найти характеристики работы АЗС: среднее число занятых колонок; вероятность обслуживания равна; среднее число автомобилей, находящихся в очереди; среднее время нахождения автомобиля в очереди; среднее время нахождения автомобиля на АЗС.

**Решение.** Работу АЗС можно рассматривать как систему массового обслуживания с ожиданием «смешенного» типа, т.е. с ограничением числом мест в очереди с параметрами:

$n = 4$ ;  $\lambda = 0,5$  (1/мин);  $\mu = 0,25$  (1/мин);  $m = 5$ ;  $\alpha = \lambda/\mu = 0,5/0,25 = 2$ ;

$$x = \frac{\lambda}{n\mu} = \frac{0,5}{4 \cdot 0,25} = 0,5$$

Характеристики работы АЗС будут:

1. Среднее число занятых колонок:  $\bar{k} = \alpha \cdot (1 - x^m \cdot p_n)$ ,

где

$$p_n = \frac{P(n, \alpha)}{R(n, \alpha) + P(n, \alpha)x \frac{1-x^m}{1-x}} \quad (x \neq 1), \quad p_n = \frac{P(4, 2)}{R(4, 2) + P(4, 2) \cdot 0,5 \frac{1-0,5^5}{1-0,5}}$$

$$P(4, 2) = \bar{R}(3, 2) - \bar{R}(4, 2) = 0,142877 - 0,052653 = 0,090224,$$

$$R(4, 2) = 0,947347, \quad p_n = \frac{0,090224}{0,947347 + 0,090224 \cdot 0,5 \frac{1-0,5^5}{1-0,5}} = 0,0872$$

Тогда  $\bar{k} = 2 \cdot (1 - 0,5^5 \cdot 0,0872) = 1,997$ .

2. Вероятность обслуживания равна:

$$p_{\text{обс}} = 1 - x^m \cdot p_n = 1 - 0,5^5 \cdot 0,0872 = 0,997.$$

3. Среднее число автомобилей, находящихся в очереди:

$$\bar{r} = p_n x \frac{1-x^m(n(1-x)+1)}{(1-x)^2}; \quad \bar{r} = 0,0872 \cdot 0,5 \frac{1-0,5^5(4(1-0,5)+1)}{(1-0,5)^2} = 0,16.$$

4. Среднее время нахождения автомобиля в очереди:

$$\bar{t}_{\text{оч}} = \frac{\bar{r}}{\lambda} = \frac{0,16}{0,5} = 0,32 \text{ мин.}$$

5. Среднее время нахождения автомобиля на АЗС:

$$\bar{t} = \frac{\bar{r} + \bar{k}}{\lambda} = \frac{0,16 + 1,99}{0,5} = 4,3 \text{ мин.}$$

### Самостоятельная работа 5

Рассматривается работа автозаправочной станции (АЗС), которая обеспечивает заправку не более  $n$  автомобилей одновременно. Средняя продолжительность заправки  $1/\mu$  мин. Автомобили подъезжают к АЗС в среднем через  $1/\lambda$  мин. Если вновь подъехавший автомобиль застаёт все заправочные колонки занятыми, он становится в очередь и «терпеливо» ждёт своего обслуживания. Чтобы не загромождать подъездные пути к АЗС, число мест в очереди ограничено  $m$  автомобилями. Требуется найти характеристики работы АЗС.

Таблица 5 - Данные для расчета

№ в/в	$n$	$1/\mu$	$1/\lambda$	$m$	№ в/в	$n$	$1/\mu$	$1/\lambda$	$m$
1	5	4,1	2,0	5	26	5	5,1	2,1	4
2	6	4,2	3,1	6	27	7	4,8	1,0	4
3	4	3,9	4,2	7	28	4	3,6	1,1	6
4	6	5,0	1,7	7	29	6	4,0	1,7	55
5	5	4,3	2,5	6	30	5	4,9	2,9	5
6	4	3,7	1,3	5	31	7	3,5	2,0	5
7	5	4,2	1,5	6	32	8	5,2	2,4	7
8	6	5,1	1,9	7	33	4	5,1	1,9	7
9	5	5,2	2,9	8	34	5	5,2	2,5	6
10	6	5,0	1,6	7	35	8	5,1	2,0	6
11	5	4,8	1,4	6	36	7	4,8	1,9	4
12	4	3,7	2,5	6	37	3	4,7	2,3	4
13	5	4,6	1,6	7	38	4	5,6	2,0	5
14	6	5,0	2,0	8	39	5	4,0	2,5	5
15	3	5,2	2,0	8	40	6	3,2	2,7	4
16	6	4,6	2,3	9	41	7	4,9	2,6	4
17	5	4,7	1,9	8	42	8	4,7	2,5	3
18	3	3,8	2,1	7	43	4	3,8	2,4	3
19	4	3,9	2,2	7	44	4	3,7	2,6	4
20	6	4,5	2,3	7	45	5	4,5	2,7	4
21	4	5,4	2,2	6	46	7	5,4	2,5	4
22	5	6,6	2,8	6	47	6	4,9	0,9	4
23	7	5,7	1,1	6	48	5	4,7	0,9	5
24	3	4,8	1,5	5	49	6	4,8	1,4	5
25	5	3,9	2,0	5	50	7	4,9	2,7	4

**Практическая работа №6**  
**Система массового обслуживания с отказами,**  
**ограниченным временем пребывания заявки в системе и**  
**упорядоченным обслуживанием**

Рассматривается работа  $n$ -канальной системы массового обслуживания с ограниченным временем пребывания заявки в системе. Алгоритм работы системы следующий: если к моменту поступления заявки в систему свободен хотя бы один из  $n$  каналов, то эта заявка принимается к обслуживанию только одним (любым) из свободных каналов. Если к моменту поступления заявки в систему все каналы заняты, то данная заявка остается необслуженной. На занятый канал действует пуассоновский поток освобождений с интенсивностью  $\mu^*$ . Эта интенсивность складывается из интенсивности потока обслуживаний одного канала  $\mu$  и интенсивности потока уходов заявки из-под обслуживания, которую обозначим буквой  $\eta$ :

$$\mu^* = \mu + \eta. \quad (30)$$

Величина  $\eta$  характеризует интенсивность уходов заявок из системы (не дожидаясь конца обслуживания). Интенсивность потока заявок равна  $\lambda$ .

Для отыскания вероятности обслуживания заявки воспользуемся выражением:

$$P_{обс} = \frac{\mu}{\mu + \eta} \frac{R(n-1, \alpha^*)}{R(n, \alpha^*)}. \quad (31)$$

Среднее число занятых каналов  $\bar{k}$ :

$$\bar{k} = \alpha^* \cdot P_{обс}, \quad (32)$$

где  $\alpha^* = \frac{\lambda}{\mu + \eta} = \frac{\lambda}{\mu^*}$ .

При  $\eta = 0$  рассматриваемая система превращается в СМО с отказами.

Плотность потока обслуженных заявок будет равна:

$$\lambda_0 = p_{обс} \cdot \lambda. \quad (33)$$

Вероятность того, что канал будет занят:

$$\pi_{з.к.} = \frac{\bar{k}}{n}. \quad (34)$$

Среднее время занятости канала будет:

$$\bar{t}_{з.к.} = \frac{1}{\mu^*}. \quad (35)$$

Среднее время, в течение которого заняты все каналы (среднее время полной загрузки системы):

$$\bar{t}_{н.з.} = \frac{1}{n\mu^*}. \quad (36)$$

Среднее время простоя канала

$$\bar{t}_{п.к.} = \bar{t}_{з.к.} \frac{1 - \pi_{з.к.}}{\pi_{з.к.}}. \quad (37)$$

**Пример 6.** Рассматривается работа телевизионно-компьютерного комплекса, способного считывать и автоматически проверять номера движущихся в потоке автомобилей. Система состоит из двух телевизионных камер, каждая из которых устанавливается над контролируемой полосой движения автомобилей. Камера может контролировать зону протяженностью  $S = 3,0$  км. Скорость автомобилей на трассе  $v = 90$  км/ч. Движущийся объект (автомобиль) удерживается в камере в течении 0,5 мин. Если автомобиль, въехавший в зону контроля, застаёт комплекс занятым, то идентификация не производится. В среднем за один час в зону контроля въезжает 300 автомобилей. Определить характеристики работы комплекса.

**Решение.** Рассматриваемый телевизионно-компьютерный комплекс состоит из двух каналов обслуживания ( $n = 2$ ), на вход которого подается поток заявок с интенсивностью  $\lambda = 300$  1/час или  $\lambda = 5$  1/мин.

Параметр «нетерпения»  $\eta$  определяется по формуле  $\eta = v/S = 90/3 = 30$  1/час или  $\eta = 0,5$  1/мин.

Интенсивность потока обслуживаний каждого канала равна  $\mu = 1/t = 1/0,5 = 2$  1/мин.

Следовательно

$$\mu^* = \mu + \eta = 2 + 0,5 = 2,5 \text{ 1/мин}$$

$$\alpha^* = \lambda / \mu^* = 5 / 2,5 = 2$$

Таким образом, телевизионно-компьютерный комплекс можно рассматривать как двухканальную систему массового обслуживания с отказами ограниченным временем пребывания заявки в системе и упорядоченным обслуживанием.

1. Вероятность того, что номера движущихся автомобилей будут считаны и проверены, определяется по формуле

$$P_{обс} = \frac{\mu}{\mu + \eta} \frac{R(n-1, \alpha^*)}{R(n, \alpha^*)} = \frac{2}{2 + 0,5} \frac{R(1,2)}{R(2,2)} = 0,8 \frac{1 - 0,593994}{1 - 0,32324} = 0,48$$

$$R(1,2) = 1 - \bar{R}(1,2); \quad R(2,2) = 1 - \bar{R}(2,2)$$

2. Среднее число занятых каналов

$$\bar{k} = \alpha^* \cdot P_{обс} = 2 \cdot 0,48 = 0,96 \approx 1$$

3. Абсолютная пропускная способность пункта

$$\lambda_0 = P_{обс} \lambda = 0,48 \cdot 5 = 2,4$$

4. Вероятность того, что канал занят

$$\pi_{з.к.} = \frac{\bar{k}}{n} = \frac{1}{2} = 0,5$$

5. Среднее время занятости канала

$$\bar{t}_{з.к.} = \frac{1}{\mu^*} = \frac{1}{2,5} = 0,4 \text{ мин}$$

6. Среднее время простоя канала

$$\bar{t}_{н.к.} = \bar{t}_{з.к.} \frac{1 - \pi_{з.к.}}{\pi_{з.к.}} = 0,4 \cdot \frac{1 - 0,5}{0,5} = 0,4 \text{ мин.}$$

### Самостоятельная работа 6

Рассматривается работа телевизионно-компьютерного комплекса, способного считывать и автоматически проверять номера движущихся в потоке автомобилей. Система состоит из  $n$  телевизионных камер, каждая из которых устанавливается над контролируемой полосой движения автомобилей. Камера может контролировать зону протяженностью  $3\text{ км}$ . Скорость автомобилей на трассе  $v$ . Движущийся объект (автомобиль) удерживается в камере в течении  $t$  мин. Если автомобиль, въехавший в зону контроля, застаёт комплекс занятым, то идентификация не производится. В среднем за один час в зону контроля въезжает  $A$  автомобилей. Определить характеристики работы комплекса.

Таблица 6 - Данные для расчета

№ в/в	$n$	$t$	$v$	$A$	№ в/в	$n$	$t$	$v$	$A$
1	3	0,2	60	300	26	3	0,2	60	300
2	2	0,3	108	360	27	3	0,3	108	360
3	4	0,4	72	420	28	5	0,2	72	420
4	5	0,5	72	480	29	3	0,3	72	480
5	4	0,2	90	450	30	2	0,5	90	450
6	2	0,3	100	540	31	4	0,4	100	540
7	3	0,5	75	450	32	6	0,5	75	450
8	5	0,4	90	300	33	5	0,3	90	300
9	4	0,2	60	300	34	2	0,2	60	300
10	2	0,3	60	360	35	3	0,54	60	360
11	3	0,5	108	420	36	5	0,5	108	420
12	4	0,2	72	480	37	4	0,2	72	480
13	5	0,3	72	450	38	5	0,3	72	450
14	2	0,2	90	540	39	6	0,6	90	540
15	3	0,5	100	450	40	3	0,5	100	450
16	2	0,4	75	300	41	2	0,4	75	300
17	3	0,4	90	300	42	5	0,5	90	300
18	2	0,5	60	360	43	4	0,4	60	360
19	4	0,2	60	420	44	6	0,2	60	420
20	4	0,3	108	480	45	3	0,3	108	480
21	2	0,3	72	450	46	2	0,4	72	450
22	3	0,2	72	540	47	5	0,5	72	540
23	2	0,5	90	450	48	4	0,2	90	450
24	3	0,4	100	300	49	6	0,3	100	300
25	2	0,4	75	540	50	3	0,2	75	540

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

## ТАБЛИЦЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПУАССОНА

Функция  $R(n, \alpha)$  определяется по табличным значениям по следующей зависимости:

$$R(n, \alpha) = 1 - \bar{R}(n, \alpha)$$

где  $\bar{R}(n, \alpha)$  - табличное значение функции распределения Пуассона;

Вероятность  $P(n, \alpha)$  определяется по табличным значениям следующим образом:

$$P(n, \alpha) = R(n, \alpha) - R(n-1, \alpha) = \bar{R}(n-1, \alpha) - \bar{R}(n, \alpha)$$

Запись величины табличных значений функций распределения Пуассона например,  $5,4207^{-1}$  нужно понимать следующим образом:  $5,4207^{-1} = 5,4207 \cdot 10^{-1}$ .

При  $\alpha > 20$  вычисление можно проводить по приближенной формуле:

$$R(n, \alpha) \approx \Phi^* \left( \frac{n + 0,5 - \alpha}{\sqrt{\alpha}} \right),$$

где  $\Phi^*(x)$  – нормальная функция распределения;

$$\Phi^*(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt.$$

Таблица 7 - Значения функции  $\bar{R}(n, \alpha)$ 

$\alpha$ n	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
0	4,87706-2	9,51626-2	1,39292-1	1,81269-1	2,21199-1	2,59182-1
1	1,20910-3	4,67884-3	1,01858-2	1,75231-2	2,64990-2	3,69363-2
2	2,00570-5	1,54652-4	5,02861-4	1,14848-3	2,16150-3	3,59990-3
3	2,49740-7	3,84611-6	1,87136-5	5,68401-5	1,33370-4	2,65812-4
4			5,58051-7	2,25809-6	6,61223-6	1,57857-5
5					2,74333-7	7,84101-7

$\alpha$ n	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6
0	2,95312-1	3,29680-1	3,62372-1	3,93469-1	4,2305-1	4,51188-1
1	4,86711-2	6,15519-2	7,54392-2	9,02040-2	1,057228	1,21801-1
2	5,50893-3	7,92633-3	1,08793-2	1,43877-2	1,84641	2,31153-2
3	4,73350-4	7,76251-4	1,19535-3	1,75162-3	2,46580	3,35807-3
4	3,27367-5	6,12429-5	1,05904-4	1,72116-4	2,66027	3,94487-4
5	1,89379-6	4,04227-6	7,85413-6	1,41650-5	2,40520	3,88566-5
6		2,28902-7	5,00368-7	1,00244-6	1,87100	3,29359-6
7					1,28202	2,45331-7

$\alpha$ n	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9
0	4,77954-1	5,03415-1	5,27633-1	5,50671-1	5,72585-1	5,93430-1
1	1,38624-1	1,55805-1	1,73359-1	1,91208-1	2,09282-1	2,27518-1
2	2,83423-2	3,41416-2	4,05054-2	4,74226-2	5,48787-2	6,28569-2
3	4,44783-3	5,75346-3	7,29217-3	9,07986-3	1,11310-2	1,34587-2
4	5,64977-4	7,85535-4	1,06468-3	1,41131-3	1,83464-3	2,34412-3
5	6,02060-5	9,00264-5	1,30554-4	1,84342-4	2,54280-4	3,43495-4
6	5,52255-6	8,88364-6	1,37886-5	2,07462-5	3,03725-5	4,34008-4

Продолжение

$\alpha$ n	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9
7	4,44794-7	7,69360-7	1,27805-6	2,04954-6	3,18605-6	4,81730-6
8			1,05181-7	1,79876-7	2,97499-7	4,76648-7

$\alpha$ n	0,95	1	1,1	1,2	1,3	1,4
0	6,13259-1	6,32121-1	6,65129-1	6,98806-1	7,27468-1	7,53403-1
1	2,45855-1	2,64241-1	3,00971-1	3,37373-1	3,73177-1	4,08167-1
2	7, 13381-2	8,03014-2	9,95837-2	1,20513-1	1,42888-1	1,66502-1
3	1,60744-2	1,89882-2	2,57418-2	3,37690-2	4, 30955-2	5,37253-2
4	2,94931-3	3,65985-3	5,43529-3	7,74579-3	1,06630-2	1,42533-2
5	4,55539-4	5,94185-4	9,67858-4	1,50023-3	2,23061-3	3,20115-3
6	6,06919-5	8,32417-5	1,48828-4	2,51113-4	4,03579-4	6,22315-4
7	7,10545-6	1,02498-5	2,01235-5	3,69793-5	6,42745-5	1,06548-4
8	7,42060-7	1,12578-6	2,42660-6	4,85923-6	9,13742-6	1,62888-5
9		1,12006-7	2,63652-7	5,76561-7	1,17319-6	2,24852-6
10					1,37836-7	2,82875-7

$\alpha$ n	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
0	7,76870-1	7,98103-1	8,17316-1	8,34701-1	8,50431-1	8,64665-1
1	4,42175-1	4,75069-1	5,06754-1	5,37163-1	5,66251-1	5,93994-1
2	1,91153-1	2,16642-1	2,42777-1	2,69379-1	2,96280-1	3,23324-1
3	6,56425-2	7,88135-2	9,31894-2	1,08708-1	1,25298-1	1,42877-1
4	1,85759-2	2,36823-2	2,96148-2	3,64067-2	4,40814-2	5,26530-2
5	4,45598-3	6,04029-3	7,99943-3	1,03780-2	1,32192-2	1,65636-2
6	9,25991-4	1,33576-3	1,87508-3	2,56945-3	3,44614-3	4,53381-3
7	1,69565-4	2,60440-4	3,87734-4	5,61527-4	7,93458-4	1,09672-4
8	2,77352-5	4,53762-5	7,16738-5	1,09754-4	1,63446-4	2,37448-4
9	4,09692-6	7,14252-6	1,19734-5	1,93877-5	3,04436-5	4,64989-5
10	5,51168-7	1,02514-6	1,82439-6	3,12354-6	5,7316-6	8,30907-6
11		1,35333-7	2,55895-7	4,62125-7	8,08257-7	1,36546-6
12						2,08194-7

Продолжение

$\alpha$ n	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
0	8,77544-1	8,89197-1	8,99741-1	9,09282-1	9,17915-1	9,25726-1
1	6,20385-1	6,45430-1	6,69146-1	6,91559-1	7,12703-1	7,32615-1
2	3,50369-1	3,77286-1	4,03961-1	4,30291-1	4,56187-1	4,81570-1
3	1,61357-1	1,80648-1	2,00653-1	2,21277-1	2,42424-1	2,63998-1
4	6,21261-2	7,24963-2	8,97507-2	9,58686-2	1,08822-1	1,22577-1
5	2,04491-2	2,49098-2	2,99757-2	3,56725-2	4,20210-2	4,90372-2
6	5,86212-3	7,46135-3	9,36193-3	1,15941-2	1,41873-2	1,71701-2
7	1,48603-3	1,97756-3	2,58884-3	3,33862-3	4,24670-3	5,33376-3
8	3,37306-4	4,69520-4	6,41578-4	8,61979-4	1,14025-3	1,48695-3
9	6,92703-5	1,00888-4	1,43944-4	2,01542-4	2,77352-4	3,75953-4
10	1,29829-5	1,97888-5	2,94875-5	4,30368-5	6,16266-5	8,67147-5
11	2,23711-6	3,56896-6	5,55602-6	8,45391-6	1,25982-6	1,84202-5
12	3,56595-7	5,95333-7	9,69114-7	1,53732-6	2,38391-6	3,62309-6
13				2,60421-7	4,19634-7	6,63669-7

$\alpha$ n	2,7	2,8	2,9	3	3,1	3,2
0	9,32794-1	9,39190-1	9,44977-1	9,50213-1	9,54951-1	9,59238-1
1	7,51340-1	7,68922-1	7,85409-1	8,00859-1	8,15208-1	8,28799-1
2	5,06376-1	5,30546-1	5,54037-1	5,76810-1	5,98837-1	6,20096-1
3	2,85808-1	3,08063-1	3,30377-1	3,52768-1	3,75160-1	3,97480-1
4	1,37092-1	1,52324-1	1,68223-1	1,84737-1	2,01811-1	2,10387-1
5	5,67317-2	6,51103-2	7,41738-2	8,39179-2	9,43338-2	1,05408-1
6	2,05695-2	2,44106-2	2,87167-2	3,35085-2	3,88042-2	4,46191-2
7	6,62117-3	8,13074-3	9,88451-3	1,19045-2	1,42125-2	1,68298-2
8	1,91363-3	2,43278-3	3,05783-3	3,80209-3	4,68323-3	5,71414-3
9	5,01365-4	6,60087-4	8,58122-4	1,10249-3	1,40099-3	1,76189-3
10	1,20054-4	1,63732-4	2,20207-4	2,92337-3	3,83409-4	4,97169-4
11	2,64590-5	3,73867-5	5,20294-5	7,13871-5	9,66549-5	1,29249-4
12	5,40024-6	7,90616-6	1,13865-5	1,61496-5	2,25761-5	3,11374-5
13	1,02649-6	1,55652-6	2,31995-6	3,40243-6	4,91130-6	6,98688-6
14	1,82990-7	2,86585-7	4,41808-7	6,70909-7	9,89804-7	1,46676-6
15						2,89132-7

Продолжение

$\alpha$ n	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8
0	9,63117-1	9,66627-1	9,69803-1	9,72676-1	9,75276-1	9,77629-1
1	8,41402-1	8,53158-1	8,64112-1	8,74311-1	8,83799-1	8,92620-1
2	6,40574-1	6,60269-1	6,79153-1	6,97253-1	7,14567-1	7,31103-1
3	4,19662-1	4,41643-1	4,63367-1	4,84784-1	5,05847-1	5,26515-1
4	2,37410-1	2,55818-1	2,74555-1	2,93562-1	3,12781-1	3,32156-1
5	1,17123-1	1,29458-1	1,42386-1	1,55881-1	1,69919-1	1,84444-1
6	5,09656-2	5,78532-2	6,52881-2	7,32734-2	8,18099-2	9,08924-2
7	1,97771-2	2,30739-2	2,67389-2	3,07893-2	3,52407-2	4,01074-2
8	6,91181-a	8,29274-3	9,87366-3	1,16714-2	1,37028-2	1,59845-2
9	2,19454-3	2,70873-3	3,31494-3	4,02427-3	4,84834-3	5,79929-3
10	6,37845-4	8,10171-4	1,01039-3	1,27129-3	1,57218-3	1,92899-3
11	1,70836-4	2,23343-4	2,88992-4	3,70322-4	4,70202-4	5,91853-4
12	4,24082-5	5,70746-5	7,59583-5	1,00030-4	1,30425-4	1,68457-4
13	9,80731-6	1,35891-5	1,86030-5	2,51798-5	3,37188-5	4,46947-5
14	2,12282-6	3,0283-6	4,26413-6	5,93266-6	8,16087-6	1,11029-5
15	4,32236-7	6,345367	9,18400-6	1,31334-6	1,85658-6	2,59209-6
16				2,73998-7	3,98708-7	5,70044-7

$\alpha$ n	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4
0	9,79759-1	9,81684-1	9,83427-1	9,85004-1	9,86431-1	9,87723-1
1	9,00819-1	9,08422-1	9,15479-1	9,22023-1	9,28087-1	9,33702-1
2	7,46879-1	7,61897-1	7,76186-1	7,89762-1	8,02645-1	8,14858-1
3	5,46753-1	5,66530-1	5,85818-1	6,04597-1	6,22846-1	6,40552-1
4	3,51635-1	3,71163-1	3,90692-1	4,10173-1	4,29562-1	4,48816-1
5	1,99442-1	2,14870-1	2,30688-1	2,46857-1	2,63337-1	2,80088-1
6	1,00517-1	1,10674-1	1,21359-1	1,32536-1	1,44210-1	1,56355-1
7	4,54015-2	5,11336-2	5,73121-2	6,39433-2	7,10317-2	7,85794-2
8	1,85328-2	2,13634-2	2,44918-2	2,79322-2	3,16984-2	3,58029-2
9	6,88962-3	8,13224-3	9,54027-3	1,11270-2	1,29058-2	7,48899-2
10	2,34880-3	2,83977-3	3,41019-3	4,06880-3	4,82495-3	5,68824-3
11	7,38870-4	9,15230-4	1,12539-3	1,37386-3	1,66608-3	2,00759-3
12	2,15643-4	2,73718-4	3,44549-4	4,30629-4	5,34158-4	6,57981-4
13	5,86754-5	7,63292-5	9,84339-5	1,25893-4	1,59751-3	2,01199-4

Продолжение

$\alpha$ n	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4
14	1,49486-5	1,99325-5	2,63309-5	3,44727-5	4,47550-5	5,76390-5
15	3,57960-6	4,88343-6	6,62169-5	8,87489-6	1,17894-5	1,55280-5
16	8,08417-7	1,13365-6	1,57137-6	2,15547-6	2,92993-6	3,94754-6
17		2,48998-7	3,53364-7	4,95376-7	6,88990-7	9,50240-7
18						

$\alpha$ n	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0
0	9,88891-1	9,89948-1	9,90505-1	9,91770-1	9,92553-1	9,93262-1
1	9,38901-1	9,43710-1	9,48157-1	9,52267-1	9,56065-1	9,59572-1
2	8,26422-1	8,37361-1	8,47700-1	8,57461-1	8,66669-1	8 75348-1
3	6,57704-1	6,74294-1	6,90316-1	7,05770-1	7,20655-1	7 34974-1
4	4,67896-1	4,86766-1	5,05391-1	5,23741-1	5,41788-1	5,59507-1
5	2,97070-1	3,14240-1	3,31562-1	3,48994-1	3,66499-1	3,84039-1
6	1,68949-1	1,81971-1	1,95395-1	2,09195-1	2,23345-1	2,37817-1
7	8,65865-2	9,50510-2	1,03969-1	1,13334-1	1,23138-1	1,33372-1
8	4,02573-2	4,50720-2	5,02559-2	5,58169-2	6,17612-2	6,80936-2
9	1,70927-2	1,95271-2	2,22059-2	2,51412-2	2,83448-2	3,18281-2
10	6,66867-3	7,77965-3	9,02234-3	1,04168-2	1,19708-2	1,36953-2
11	2,40428-3	2,86263-3	3,38938-3	3,99166-3	4,67696-3	5,45309-2
12	8,05138-4	9,78974-4	1,18314-3	1,42160-3	1,69869-3	2,01885-3
13	2,51588-4	3,12448-4	3,85498-4	4,72650-4	5,76031-4	6,97990-3
14	7,36606-5	9,34469-5	1,17718-4	1,47297-4	1,83121-4	2,26254-4
15	2,02826-5	2,62865-5	3,36142-5	4,31837-5	5,47700-5	6,90082-5
16	5,26998-6	6,97791-6	9,16727-6	1,19498-6	1,54626-5	1,98690-5
17	1,29605-6	1,75321-6	2,35313-6	3,13079-6	4,13280-6	5,41625-6
18	3,02578-7	4,18018-7	5,73884-7	7,79051-7	1,04858-6	1,40161-6
19					2,53174-7	3,45128-7

Продолжение

$\alpha$ n	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2
0	9,94483-1	9,95483-1	9,96302-1	9,96972-1	9,97521-1	9,97971-1
1	9,65797-1	9,71094-1	9,75594-1	9,79413-1	9,82649-1	9,85389-1
2	8,91213-1	9,05242-1	9,16122-1	9,28489-1	9,38031-1	9,46382-1
3	7,61935-1	7,86709-1	8,09378-1	8,30037-1	8,48796-1	8,65771-1
4	5,93872-1	6,26689-1	6,57850-1	6,87282-1	7,14944-1	7,40823-1
5	4,19087-1	4,53868-1	4,88139-1	5,21685-1	5,54320-1	5,85887-1
6	2,67607-1	2,98329-1	3,29742-1	3,61609-1	3,93697-1	4,25787-1
7	1,55078-1	1,78341-1	2,03025-1	2,28974-1	2,56020-1	2,83984-1
8	8,19350-2	9,73498-2	1,14322-1	1,32814-1	1,52763-1	1,74086-1
9	3,96744-2	4,87549-2	5,91300-2	7,08439-2	8,39240-2	9,83793-2
10	1,76989-2	2,25137-2	2,82222-2	3,49014-2	4,26209-2	5,14410-2
11	7,31050-3	9,63164-3	1,24873-2	1,59499-2	2,00920-2	2,49848-2
12	2,80885-3	3,83471-3	5,14434-3	1,78996-3	8,82748-3	1,13158-2
13	1,00819-4	1,42675-3	1,81225-3	2,70323-3	3,62849-3	4,79668-3
14	3,39368-4	4,97971-4	7,15977-4	1,01016-3	1,40035-3	1,90967-3
15	1,07512-4	1,63609-4	2,43619-4	3,55503-4	5,09099-4	7,16366-5
16	3,21584-5	5,07618-5	7,82932-5	1,18191-4	1,74878-4	2,53961-4
17	9,10915-5	1,49162-5	2,38331-5	3,72252-5	5,69174-5	8,53199-5
18	2,45047-6	4,16255-6	6,88992-6	1,11363-5	1,75973-5	2,72323-5
19	6,28090-7	1,10624-6	1,89616-6	3,17235-6	5,18041-6	8,27742-6
20		2,81041-7	4,97908-7	8,62798-7	1,45535-6	2,40140-6
21					3,91054-7	6,66580-7

$\alpha$ n	6,4	6,6	6,8	7,0	7,2	7,4
0	9,98338-1	9,98640-1	9,98886-1	9,99088-1	9,99253-1	9,99389-1
1	9,87704-1	9,89661-1	9,91313-1	9,92705-1	9,93878-1	9,94865-1
2	9,53676-1	9,60032-1	9,65562-1	9,70364-1	9,74526-1	9,81299-1
3	8,81081-1	8,94850-1	9,07194-1	9,18235-1	9,28083-1	9,36847-1
4	7,64930-1	7,87296-1	8,07969-1	8,27068-1	8,44484-1	8,60475-1
5	6,16256-1	6,45327-1	6,73023-1	6,99292-1	7,24103-1	7,47443-1
6	4,57671-1	4,89161-1	5,20084-1	5,50289-1	5,79644-1	6,08038-1
7	3,12679-1	3,41918-1	3,71514-1	4,01286-1	4,31059-1	4,60667-1
8	1,96785-1	2,20443-1	2,45230-1	2,70909-1	2,97332-1	3,24349-1

Продолжение

$\alpha$ n	6,4	6,6	6,8	7,0	7,2	7,4
9	1,14201-1	1,31361-1	1,49816-1	1,69504-1	1,90350-1	2,12265-1
10	6,14107-2	7,25671-2	8,49339-2	9,85208-2	1,13324-1	1,29323-1
11	3,06965-2	3,72908-2	4,48251-2	5,33496-2	6,29058-2	7,35255-2
12	1,43156-2	1,78887-2	2,20968-2	2,69998-2	3,26553-2	3,91171-2
13	2,56454-3	8,03850-3	1,02081-2	1,28114-2	1,59012-2	1,95308-2
14	9,91591-4	3,39481-3	4,43360-3	5,71720-3	7,28478-3	9,17805-3
15	3,62410-4	1,35159-3	1,81583-3	2,40658-3	3,14891-3	4,07068-3
16	1,25542-4	5,08757-4	7,03279-4	9,58183-4	1,28776-3	1,70853-2
17	4,13222-5	1,81540-4	2,58258-4	3,61784-4	4,99514-4	6,80292-4
18	1,29535-5	6,15611-5	9,01393-5	1,29852-4	1,84215-4	2,57574-4
19	3,87548-6	1,98841-5	2,99704-5	4,44026-5	6,47625-5	9,29364-5
20	1,10886-6	6,13068-6	9,51298-6	1,44955-5	1,17190-5	3,20205-5
21	3,04019-7	1,80818-6	2,88867-6	4,52643-6	6,97150-6	1,05549-5
22		5,11427-7	8,41159-7	1,35446-6	2,14505-6	3,33464-6
23				3,89075-7	6,34158-6	1,01161-6
24						2,95331-7

$\alpha$ n	7,6	7,8	8,0	8,2	8,4	8,6
0	9,99500-1	9,99590-1	9,99665-1	9,99723-1	9,99775-1	9,99816-1
1	9,95696-1	9,96394-1	9,96981-1	9,97473-1	9,97886-1	9,93233-1
2	9,81243-1	9,83930-1	9,86246-1	9,88239-1	9,89953-1	9,91424-1
3	9,44629-1	9,51223-1	9,57620-1	9,63000-1	9,67740-1	9,71907-1
4	8,75061-1	8,88330-1	9,00368-1	9,11260-1	9,21092-1	9,29946-1
5	7,69319-1	7,89749-1	8,08764-1	8,26406-1	8,42723-1	8,57772-1
6	6,35379-1	6,61593-1	6,86626-1	7,10438-1	7,33007-1	7,54324-1
7	4,89958-1	5,18791-1	5,47039-1	5,74591-1	6,01348-1	6,27229-1
8	3,51808-1	3,73559-1	4,07453-1	4,35347-1	4,63106-1	4,90603-1
9	2,35149-1	2,58891-1	2,83376-1	3,08481-1	3,34080-1	3,60049-1
10	1,46487-1	1,64770-1	1,84114-1	2,04450-1	2,25699-1	2,47772-1
11	8,52301-2	9,80299-2	1,11924-1	1,26960-1	1,42934-1	1,59992-1
12	4,64340-2	5,46487-2	6,37972-2	7,39075-2	8,49993-2	9,70836-2
13	2,37532-2	2,82600-2	3,41807-2	4,04814-2	4,75644-2	5,54669-2
14	1,14408-2	1,41183-2	1,72570-2	2,09033-2	2,51653-2	2,90246-2

Продолжение

$\alpha$ n	7,6	7,8	8,0	8,2	8,4	8,6
15	5,20249-3	6,51745-3	8,23101-3	1,02006-2	1,25256-2	1,52454-2
16	2,23929-3	2,90127-3	3,71803-3	4,71549-3	5,92183-3	7,36731-3
17	9,14573-3	1,21455-3	6,5036914	2,06972-3	2,65891-3	3,38191-3
18	3,55246-4	4,83635-4	2,25946-4	8,64420-4	1,13622-3	1,47777-3
19	1,31515-4	1,83576-4	9,39685-5	3,44240-4	4,63028-4	6,15893-4
20	4,64976-5	6,65535-5	3,34079-5	1,30966-4	1,80288-4	2,45288-4
21	1,57293-5	2,30879-5	1,13859-5	4,76875-5	6,71916-5	5,35159-5
22	5,10029-6	7,67733-6	3,72603-6	1,66474-5	2,40094-5	3,41869-5
23	1,58808-6	2,45115-6	1,17275-6	5,58091-6	8,23577-6	1,20030-5
24	4,75877-7	7,52640-7	3,55707-7	1,79985-6	2,71176-6	4,05383-6
25				5,59667-7	8,64107-7	1,31929-6
26						4,14788-7

$\alpha$ n	8,8	9,0	9,2	9,4	9,6	9,8
0	9,99849-1	9,99877-1	9,99899-1	9,99917-1	9,99932-1	9,99945-1
1	9,98523-1	9,98766-1	9,98969-1	9,99140-1	9,99282-1	9,69401-1
2	9,92686-1	9,93768-1	9,94693-1	9,95485-1	9,96161-1	9,96738-1
3	9,75566-1	9,78774-1	9,81580-1	9,84033-1	9,86174-1	9,88040-1
4	9,37902-1	9,45036-1	9,51420-1	9,57122-1	9,62205-1	9,66729-1
5	8,71613-1	8,84309-1	8,95926-1	9,06294-1	9,16185-1	9,24959-1
6	7,43906-1	7,93219-1	8,10835-1	8,27267-1	8,42553-1	1,56735-1
7	6,52166-1	6,76103-1	6,99000-1	7,20829-1	7,41572-1	7,61209-1
8	5,17716-1	5,44347-1	5,70391-1	5,95765-1	6,20394-1	6,44217-1
9	3,86260-1	4,12592-1	4,38924-1	4,65142-1	4,91138-1	5,16812-1
10	2,70577-1	2,94012-1	3,17974-1	3,42356-1	3,67052-1	3,91955-1
11	1,78030-1	1,96992-1	2,16815-1	2,37430-1	2,58759-1	2,80719-1
12	1,10162-1	1,24227-1	1,39261-1	1,55238-1	1,72124-1	1,89876-1
13	6,42206-2	7,38508-2	8,43759-2	9,58072-2	1,08148-1	1,21395-1
14	3,53532-2	4,14663-2	4,83087-2	5,59035-2	6,42788-2	7,3458-2
15	1,84018-2	2,20357-2	2,61875-2	3,08971-2	3,62024-2	4,21392-2
16	9,08408-3	1,11059-2	1,34679-2	1,62059-2	1,93566-2	2,29564-2
17	4,26077-3	5,31957-3	6,58426-3	8,08251-3	9,84360-3	1,18581-2
18	1,90271-3	2,42640-3	3,06597-3	3,84030-3	4,77602-3	5,87745-3

Продолжение

$\alpha$ n	8,8	9,0	9,2	9,4	9,6	9,8
19	8,10556-4	1,05555-3	1,36239-3	1,74153-3	2,20653-3	2,77207-3
20	3,30001-4	4,39253-4	5,78734-4	7,55100-4	9,76056-4	1,25043-3
21	1,28629-4	1,74952-4	2,35420-4	3,13557-4	4,13553-4	5,40333-4
22	4,80795-5	6,68293-5	9,18526-5	1,24898-4	1,18097-4	2,24017-4
23	1,72607-5	2,45202-5	3,44256-5	4,77940-5	6,56456-5	8,92396-5
24	5,96051-6	8,65436-6	1,24119-5	1,75949-5	2,46651-5	3,42046-5
25	1,98283-6	2,94264-6	4,31086-6	6,24001-6	8,92865-6	1,26311-5
26	6,36544-7	9,65505-7	1,44434-6	2,13478-6	3,11824-6	4,49658-6
27			4,67597-7	7,05550-7	1,05232-6	1,54813-6
28					3,44007-7	5,15123-7

$\alpha$ n	10,0	10,2	10,4	10,6	10,8	11,0
0	9,99955-1	9,99963-1	9,99970-1	9,99975-1	9,99580-1	9,99983-1
1	9,99501-1	9,99584-1	9,99653-1	9,99711-1	9,99759-1	9,99800-1
2	9,97231-1	9,97650-1	9,98007-1	9,983 1-1	9,98570-1	9,98789-1
3	9,89664-1	9,91076-1	9,92302-1	9,93365-1	9,94270-1	9,95084-1
4	9,707471	9,74312-1	9,77468-1	9,80259-1	9,82723-1	9,84855-1
5	9,32914-1	9,40112-1	9,46613-1	9,84732-1	9,57745-1	9,62480-1
6	8,69859-1	8,81974-1	8,93131-1	9,03384-1	9,12784-1	9,21386-1
7	7,79779-1	7,97257-1	8,13673-1	8,29050-1	8,43417-1	8,56808-1
8	6,67180-1	6,89244-1	7,10377-1	7,30557-1	7,49771-1	7,68015-1
9	5,42070-1	5,66829-1	5,91013-1	6,14554-1	6,37396-1	6,59489-1
10	4,16960-1	4,41966-1	4,66874-1	4,91591-1	5,16031-1	5,40111-1
11	3,32240-1	3,26183-1	3,49506-1	3,73100-1	3,96872-1	4,26733-1
12	2,08444-1	2,27768-1	2,47787-1	2,68432-1	2,89630-1	3,11303-1
13	1,35536-1	1,50550-1	1,66413-1	1,83088-1	2,00536-1	2,18709-1
14	8,34585-2	9,42916-2	1,05963-1	1,18470-1	1,31806-1	1,45956-1
15	4,87404-2	5,60357-2	6,40501-2	7,28068-2	8,23207-2	9,26039-2
16	2,70416-2	3,16475-2	3,68079-2	4,25549-2	4,89181-2	5,59244-2
17	1,42776-2	1,70146-2	2,01417-2	2,36919-2	2,76976-2	3,21905-2
18	7,18651-3	8,72259-3	1,05124-2	1,25834-2	1,49654-2	1,76865-2
19	3,45434-3	4,27110-3	5,24160-3	6,38656-3	7,72806-3	9,28946-3
20	1,58826-3	2,00085-3	2,50079-3	3,10205-3	3,81992-3	4,67108-3

Продолжение

$\alpha$ n	10,0	10,2	10,4	10,6	10,8	11,0
21	6,69652-4	8,98149-4	1,14343-3	1,44415-3	1,81002-3	2,25193-3
22	2,95738-4	3,86899-4	5,01775-4	6,45344-4	1,23345-4	1,04235-3
23	1,20124-4	1,60170-4	2,11634-4	2,77199-4	3,60035-4	4,63858-4
24	4,65510-5	6,38107-5	8,59059-5	1,14601-4	1,51546-4	1,98715-4
25	1,76819-5	2,44960-5	3,36031-5	4,56600-5	6,14782-5	8,20522-5
26	6,42457-6	9,07257-6	1,26820-5	1,75532-5	2,40655-5	3,26949-5
27	2,25518-6	3,24592-6	4,62345-6	6,51865-6	9,10049-6	1,25854-5
28	7,66115-7	1,12336-6	1,63029-6	2,34129-6	3,32829-6	4,68659-6
29		3,76807-7	5,56887-7	8,14383-7	1,17860-6	1,69012-6
30					4,04732-7	5,91419-7

$\alpha$ n	11,2	11,4	11,6	11,8	12,0	12,2
0	9,99586-1	9,99989-1	9,99991-1	9,99992-1	9,99994-1	9,99995-1
1	9,99833-1	9,99861-1	9,99885-1	9,99901-1	9,99920-1	9,99934-1
2	9,98976-1	9,99134-1	9,99268-1	9,99381-1	9,99478-1	9,99559-1
3	9,95774-1	9,96369-1	9,88834-1	9,91326-1	9,97708-1	9,98037-1
4	9,84808-1	9,88491-1	9,89968-1	9,12499-1	9,92400-1	9,93393-1
5	9,66726-1	9,70527-1	9,73925-1	9,76957-1	9,79650-1	9,82064-1
6	9,29240-1	9,36397-1	9,42908-1	9,48819-1	9,54178-1	9,52026-1
7	8,59261-1	8,80814-1	8,91508-1	9,01388-1	9,10496-1	9,18875-1
8	7,85291-1	8,01607-1	8,16979-1	8,31426-1	8,44972-1	8,57645-1
9	6,07948-1	7,01279-1	7,20919-1	7,39698-1	7,57688-1	7,74644-1
10	5,63758-1	5,69049-1	1,99487-1	6,31460-1	6,52771-1	6,73383-1
11	4,44595-1	4,68371-1	4,91982-1	5,15345-1	5,38403-1	5,61075-1
12	3,33375-1	3,55764-1	3,78391-1	4,01174-1	4,24035-1	4,46396-1
13	2,37555-1	2,57017-1	2,77033-1	2,97538-1	3,18464-1	3,39143-1
14	1,60899-1	1,76608-1	1,93051-1	2,10188-1	2,27975-1	2,46366-1
15	1,03663-1	1,15498-1	1,28104-1	1,41472-1	1,55584-1	1,70420-1
16	6,35972-2	7,19565-2	8,10183-2	9,07941-2	1,01291-1	1,12511-1
17	3,72011-2	4,27583-2	4,88890-2	5,56177-2	6,29664-2	7,09533-2
18	2,07769-2	2,42661-2	2,81835-2	3,25577-2	3,74165-2	4,27861-2
19	1,10952-2	1,31707-2	1,55422-2	1,82362-2	2,12798-2	2,46998-2
20	5,67348-3	6,84639-3	8,21022-3	9,78651-3	1,15977-2	1,36672-2

Продолжение

$\alpha$ n	11,2	11,4	11,6	11,8	12,0	12,2
21	2,78190-3	3,41317-3	4,16020-3	5,03859-3	6,06515-3	7,25771-3
22	1,30982-3	1,63415-3	2,02473-3	2,49198-3	3,47379-3	3,70345-3
23	5,92976-4	7,52365-4	9,47708-4	1,18546-3	1,47288-3	1,81811-3
24	2,58450-4	3,33520-4	4,27149-4	5,43082-4	6,85634-4	8,59731-4
25	1,08583-4	1,42527-4	1,85609-4	2,39882-4	3,07756-4	3,92042-4
26	4,40251-5	5,87833-5	7,78454-5	1,02276-4	1,33351-4	1,72587-4
27	1,72454-5	2,34250-5	3,15469-5	4,21368-5	5,58377-5	7,34265-5
28	6,53349-6	9,02916-6	1,23661-5	1,67925-5	2,26176-5	3,02208-5
29	2,39648-6	3,37009-6	4,69375-6	6,47997-6	8,87139-6	1,20446-5
30	8,52000-7	1,21965-6	1,72712-6	2,42371-6	3,37290-6	4,65290-6
31		4,28845-7	6,17030-7	8,79721-7	1,24445-6	1,74393-6
32					4,46278-7	6,34886-7

$\alpha$ n	12,4	12,6	12,8	13,0	13,2	13,4
0	9,99996-1	9,99997-1	9,99997-1	9,99998-1	9,99998-1	9,99998-1
1	9,99945-1	9,99954-1	9,99962-1	9,99968-1	9,99974-1	9,99978-1
2	9,99628-1	9,99686-1	9,99736-1	9,99777-1	9,99812-1	9,98842-1
3	9,98319-1	9,98562-1	9,98771-1	9,98950-1	9,99163-1	9,99234-1
4	9,94262-1	9,95021-1	9,95683-1	9,82608-1	9,96762-1	9,97199-1
5	9,84200-1	9,86097-1	9,87778-1	9,89266-1	9,90582-1	9,91744-1
6	9,63406-1	9,67356-1	9,70914-1	9,74113-1	9,76986-1	9,79561-1
7	9,26570-1	9,33624-1	9,40077-1	9,45972-1	9,51347-1	9,56240-1
8	8,69475-1	8,80494-1	8,90738-1	9,00242-1	9,09042-1	9,17176-1
9	7,90810-1	8,06114-1	8,20567-1	8,34138-1	8,46996-1	8,59015-1
10	6,93266-1	7,12394-1	7,30749-1	7,48318-1	7,65095-1	7,81079-1
11	5,83307-1	6,05042-1	6,26232-1	6,46835-1	6,66814-1	6,86139-1
12	4,69682-1	4,92322-1	5,14748-1	5,36895-1	5,58705-1	5,80122-1
13	3,61302-1	3,83071-1	4,04979-1	4,26955-1	4,489321	4,70843-1
14	2,65308-1	2,84745-1	3,04619-1	3,24868-1	3,45432-1	3,66247-1
15	1,85953-1	2,02151-1	2,18978-1	2,36393-1	2,54353-1	2,72809-1
16	1,24453-1	1,37108-1	1,50465-1	1,64507-1	1,79212-1	1,94554-1
17	7,95940-2	8,89001-2	9,88792-2	1,09535-1	1,20867-1	1,32871-1
18	4,86912-2	5,51440-2	6,21958-2	6,98331-2	7,80810-2	8,69509-2

Продолжение

$\alpha$ n	12,4	12,6	12,8	13,0	13,2	13,4
19	2,85231-2	3,27757-2	3,74828-2	4,26687-2	4,83559-2	5,45654-2
20	1,60189-2	1,86771-2	2,16665-2	2,50118-2	2,87374-2	3,28671-2
21	8,63540-2	1,02179-2	1,20261-2	1,40814-2	1,64057-2	1,90215-2
22	4,47382-3	5,37359-3	6,41713-3	7,62245-3	9,00670-3	1,05883-2
23	2,23018-3	2,71904-3	3,29562-3	3,97177-a	4,76033-3	5,67507-3
24	1,07097-3	1,32564-3	1,63081-3	1,99431-3	2,42482-3	2,93183-3
25	4,95997-4	6,33364-4	7,78426-4	9,66037-4	1,19167-3	1,46145-3
26	221781-4	2,83030-4	3,58992-4	4,51898-4	6,65608-4	7,03644-4
27	9,58444-5	1,24208-4	1,59854-4	2,04350-4	2,59534-4	3,27546-4
28	4,00725-5	5,27381-5	6,89114-5	8,94173-5	1,15242-4	1,47556-4
29	1,62253-5	2,16856-5	2,87710-5	3,78956-5	4,85427-5	6,43887-5
30	6,36841-6	8,64358-6	1,16445-5	1,55695-5	2,06660-5	2,72405-5
31	2,42566-6	3,34262-6	4,57290-6	6,20699-6	8,36092-6	1,11829-5
32	8,97839-7	1,25536-6	1,74425-6	2,40345 6	3,28599-6	4,45879-6
33		4,58414-7	6,47080-7	9,05085-7	1,25477-6	1,72839-6
34					4,66520-7	6,52290-7

$\alpha$ n	13,6	13,8	14,0	14,2	14,4	14,6
0	9,99999-1	9,99999-1	9,99999-1	9,99999-1	9,99999-1	9,99199-1
1	9,99982-1	9,99985-1	9,99988-1	9,99990-1	9,99991-1	9,99993-1
2	9,99867-1	9,99888-1	9,99906-1	9,99921-1	9,99934-1	9,99644-1
3	9,99347-1	9,99443-1	9,99526-1	9,99596-1	9,99656-1	9,99708-1
4	9,97579-1	9,97909-1	9,98195-1	9,98443-1	9,98658-1	9,98844-1
5	9,92769-1	9,93673-1	9,94468-1	9,95167-1	9,95782-1	9,96321-1
6	9,81668-1	9,83930-1	9,85772-1	9,87415-1	9,88879-1	9,90182-1
7	9,60687-1	9,64723-1	9,68380-1	9,71690-1	9,74680-1	9,77378-1
8	9,24680-1	9,31591-1	9,37945-1	9,43777-1	9,49121-1	9,54011-1
9	8,70270-1	8,80789-1	8,90601-1	8,99736-1	9,08227-1	9,16105-1
10	7,96271-1	8,10681-1	8,24319-1	8,37199-1	8,46340-1	8,60761-1
11	7,04783-1	7,22728-1	7,39960-1	7,56469-1	7,72251-1	7,87305-1
12	6,01096-1	6,21582-1	6,41542-1	6,60939-1	6,76745-1	6,97934-1
13	4,92623-1	5,14212-1	5,35552-1	5,56590-1	5,77276-1	5,97539-1
14	3,87249-1	4,08376-1	4,29563-1	4,50751-1	4,71879-1	4,92891-1

Продолжение

$\alpha$ n	13,6	13,8	14,0	14,2	14,4	14,6
15	2,91711-1	3,11006-1	3,30640-1	3,50557-1	3,70698-1	3,91010-1
16	2,10503-1	2,27025-1	2,44082-1	2,61634-1	2,79636-1	2,98043-1
17	1,45537-1	1,58852-1	1,72799-1	1,87357-1	2,02501-1	2,18201-1
18	9,64510-2	1,06586-1	1,17357-1	1,28761-1	1,40793-1	1,53441-1
19	6,13160-2	6,86245-2	7,65049-2	8,49687-2	9,40244-2	1,03577-1
20	3,71243-2	4,24310-2	4,79084-2	5,38759-2	6,03512-2	6,73501-2
21	2,19515-2	2,52182-2	2,88441-2	3,28512-2	3,72609-2	4,20940-2
22	1,23865-2	1,44210-2	1,67122-2	1,92807-2	2,21474-2	2,53331-2
23	6,13068-3	7,94272-3	9,32758-3	1,09024-2	1,26849-2	1,46136-2
24	3,52571-3	4,21770-3	5,01989-3	5,94523-3	7,00748-2	8,22119-3
25	1,78221-4	2,16149-3	2,60759-3	3,12956-3	3,73727-3	4,44132-3
26	8,70226-4	1,07012-3	1,30865-4	1,59178-3	1,92607-3	2,31878-3
27	4,10856-4	5,12305-4	6,35131-4	7,83015-4	9,60102-4	1,17104-3
28	1,87733-4	2,37383-4	2,98371-4	3,72857-4	4,63317-4	5,72574-4
29	8,30963-5	1,06558-4	1,35797-4	1,72021-4	2,1Ы38-4	2,71277-4
30	3,56610-5	4,63785-5	5,99286-5	7,69586-5	9,82314-5	1,24646-4
31	1,48506-5	1,95889-5	2,56656-5	3,34139-5	4,32298-5	5,55877-5
32	6,00619-6	8,03586-5	1,06756-5	1,40910-5	1,84791-5	2,40798-5
33	2,36122-6	3,20459-6	4,31621-6	5,77624-6	7,78864-6	1,01399-5
34	9,03237-7	1,24366-6	1,69764-6	2,30361-6	3,10459-5	4,153\$8-5
35		4,70507-7	6,50209-7	8,84725-7	1,22262-6	1,65987-5
36					4,69838-7	6,44315-7

$\alpha$ n	14,8	15,0	15,5	16,0	16,5	17
0						
1	9,99994-1	9,99995-1	9,99997-1	9,99998-1	9,99999-1	9,99999-1
2	9,99953-1	9,99961-1	9,99859-1	9,99984-1	9,99990-1	9,99993-1
3	9,99751-1	9,99789-1	9,99413-1	9,99907-1	9,99938-1	9,99959-1
4	9,99004-1	9,99143-1	9,98930-1	9,99600-1	9,99728-1	0,99815-1
5	9,96793-1	9,97208-1	9,94456-1	9,98616-1	9,99032-1	9,99325-1
6	9,91340-1	9,92368-1	9,86554-1	9,95994-1	9,97119-1	9,97938-1
7	9,79810-1	9,81998-1	9,71213-1	9,90000-1	9,92610-1	9,94567-1
8	9,58476-1	9,62554-1	9,44810-1	9,78013-1	9,83310-1	9,87404-1

Продолжение

$\alpha$ n	14,8	15,0	15,5	16,0	16,5	17
9	9,23400-1	9,30146-1	9,03884-1	9,56702-1	9,66259-1	9,73875-1
10	8,71485-1	8,81535-1	8,46217-1	9,22604-1	9,38126-1	9,50876-1
11	8,01635-1	8,15248-1	7,71731-1	8,73007-1	8,95927-1	9,15331-1
12	7,15487-1	7,32389-1	6,82919-1	8,06878-1	8,37902-1	8,64976-1
13	6,17411-1	6,36782-1	5,84593-1	7,25489-1	7,64256-1	7,99127-1
14	5,13731-1	5,34346-1	4,82989-1	6,32473-1	6,77458-1	7,19167-1
15	4,11432-1	4,31910-1	3,84560-1	5,33255-1	5,81981-1	6,28546-1
16	3,18074-1	3,35877-1	3,94816-1	4,34038-1	4,83519-1	5,32262-1
17	2,34427-1	2,51141-1	2,17536-1	3,40656-1	3,87954-1	4,35977-1
18	1,66692-1	1,80528-1	1,54462-1	2,57651-1	3,00353-1	3,45042-1
19	1,13930-1	1,24781-1	6,05633-1	1,87751-1	2,24278-1	2,63678-1
20	7,48862-2	8,29709-2	6,95704-2	1,31832-1	1,61516-1	1,94519-1
21	4,73697-2	5,31064-2	4,41627-2	8,92266-2	1,12203-1	1,38534-1
22	2,88586-2	3,27442-2	2,70401-2	5,82409-2	7,52187-2	9,52720-2
23	1,69471-2	1,94646-2	1,59817-2	3,66857-2	4,88639-2	6,32960-2
24	9,60164-3	1,11648-2	9,12553-3	2,23155-2	3,04452-2	4,06463-2
25	5,25315-3	6,18491-3	5,03819-3	1,31186-2	1,84061-2	2,52445-2
26	2,77785-3	3,31190-3	2,69176-3	7,45892-3	1,07659-2	1,51741-2
27	1,42102-3	1,71579-3	1,39284-3	4,10506-3	6,09692-3	8,83352-3
28	7,03838-4	8,60724-4	6,98589-4	2,18857-3	3,34554-3	4,98385-3
29	3,37829-4	4,18451-4	3,39893-4	1,13120-3	1,78010-3	2,72715-3
30	1,57264-4	1,97314-4	1,60545-4	5,67263-4	9,19103-4	1,44836-3
31	7,19587-5	9,03128-5	7,36733-5	2,76201-4	4,60833-4	7,47080-4
32	3,11888-5	4,01558-5	3,28699-5	1,30670-4	2,24537-4	3,74528-4
33	1,33078-5	1,73572-5	1,42684-5	6,01094-5	1,06390-4	1,82607-4
34	5,52423-6	7,29901-6	6,03058-6	2,69044-5	4,90532-5	8,66463-5
35	2,23295-6	2,18834-6	2,48372-6	1,17250-5	2,20232-6	4,00369-5
36	8,79852-7	1,19222-6	9,97883-7	4,97852-6	9,63442-6	1,80269-5
37				2,06125-6	4,10969-6	7,91422-6
38				8,32879-7	1,41080-6	9,39012-6
39					6,95887-7	1,41807-6
40						5,79952-7

Продолжение

$\alpha$ n	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0
0						
1						
2	9,99996-1	9,99997-1	9,99998-1	9 99999-1	9,99999-1	
3	9,99973-1	9,99982-1	9,99988-1	9,99992-1	9 99995-1	9,99997-1
4	9,99875-1	9,99916-1	9,99943-1	9,99932-1	9,99975-1	9,99983-1
5	9,99532-1	9,99576-1	9,99777-1	9,99846-1	9,99895-1	9,99928-1
6	9,98530-1	9,98957-1	9,99262-1	9,99480-1	9,96351-1	9,99746-1
7	9,96026-1	9,97107-1	9,97903-1	9,98487-1	9,98912-1	9,99221-1
8	9,90548-1	9,92844-1	9,94759-1	9,96127-1	9,97150-1	9,97913-1
9	9,79896-1	9,84619-1	9,88298-1	9,91144-1	9,93333-1	9,95005-1
10	9,61255-1	9,69343-1	9,76344-1	9,81678-1	9,85888-1	9,89188-1
11	9,31599-1	9,45113-1	9,56240-1	9,65327-1	9,72691-1	9,78613-1
12	8,88351-1	9,08331-1	9,25246-1	9,39439-1	9,51245-1	9,60988-1
13	8,30133-1	8,57402-1	8,81139-1	9,01601-1	9,19077-1	9,33872-1
14	7,57360-1	7,91923-1	8,22855-1	8,50250-1	8,74279-1	8,95136-1
15	6,72458-1	7,13347-1	7,50972-1	7,85206-1	8,16024-1	8,43487-1
16	5,79596-1	6,24950-1	6,67857-1	7,07966-1	7,45035-1	7,78926-1
17	4,84003-1	5,31352-1	5,77408-1	6,21639-1	6,63606-1	7,02972-1
18	3, 91066-1	4,37755-1	4,84446-1	5,30516-1	5,75392-1	6,18578-1
19	3,05466-1	3,49084-1	3,93932-1	4,39393-1	4,84856-1	5,29743-1
20	2,30566-1	2,69280-1	3,10206-1	3,52826-1	3,96583-1	4,40907-1
21	1,68149-1	2,00876-1	2,3C447-1	2,74503-1	3,14616-1	3,59302-1
22	1,18499-1	1,44910-1	1,74422-1	2,06861-1	2,41683-1	2,79389-1
23	8,07220-2	1,01110-1	1,24533-1	1,50983-1	1,80366-1	2,12507-1
24	5,31763-2	6,82602-2	8,60767-2	1,06746-1	1,30319-1	1,56773-1
25	3,38943-2	4,46083-2	5,76190-2	7,31256-2	9,12816-2	1,12183-1
26	2,09160-2	2,82339-2	3,73703-2	4,85570-2	6,20038-2	7,78898-2
27	1,25042-2	1,73176-2	2,34961-2	3,12680-2	4,08588-2	5,24807-2
28	7,24679-3	1,93000-2	1,43293-2	1,95362-2	2,61327-2	3,43335-2
29	4,07422-3	5,94428-3	8,48148-3	1,18499-2	1,62307-2	2,18182-2
30	2,22356-3	3,33083-3	4,87533-3	6,98185-3	9,79444-2	1,34747-2
31	1,17883-3	1,81334-3	2,72327-3	3,99823-3	5,74580-3	8,09176-3
32	6,07489-4	9,59754-4	1,47911-3	2,22670-3	3,27867-3	4,72743-3
33	3,04507-4	4,94161-4	7,81626-4	1,20672-3	1,82081-3	2,68844-3

Продолжение

$\alpha$ n	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0
34	1,48560-4	2,47671-4	4,02114-4	6,36741-4	9,84690-4	1,48904-3
35	7,05871-5	1,20904-4	2,01514-4	3,27321-4	5,18851-4	8,03693-4
36	3,26835-5	5,75212-5	9,84284-5	1,64016-4	2,66621-4	4,22899-4
37	1,47560-5	2,66861-5	4,68855-5	8,01566-5	1,33536-4	2,17081-4
38	6,50001-5	1,20800-5	2,17922-5	3,82269-5	6,52942-5	1,08756-4
39	2,79536-6	5,33875-6	9,88896-6	1,77997-5	3,11731-5	5,32047-5
40	1,17459-5	2,30517-6	4,38372-6	8,09670-6	1,49391-5	2,54289-5
41	4,82789-7	9,73363-7	1,89965-6	3,60022-6	6,62782-6	1,18798-5
42			8,05478-7	1,56609-6	2,95471-6	5,42785-6
43				6,67293-7	1,28899-6	2,42694-6
44					5,50775-7	1,06289-6
45						4,56639-7

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Козликин В.И., Кузнецова Л.П. Теория массового обслуживания: учеб. пособие / В.И. Козликин, Л.П. Кузнецова; Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2013. 160 с.:

2. Козликин, В.И. Теория массового обслуживания [Текст]: конспект лекций/ В.И. Козликин; Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2005. 60 с.

3. Козликин, В.И. Решение задач автомобильного транспорта методами теории массового обслуживания [Текст]: практикум / В.И. Козликин; Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2005. 69 с.

4. Овчаров, Л.А. Прикладные задачи теории массового обслуживания [Текст] / Л.А. Овчаров. М.: Машиностроение, 1969. 324 с.

5. Завадский, Ю.В. Решение задач автомобильного транспорта методом имитационного моделирования [Текст]/ Ю.В, Завадский. М.: Транспорт, 1977. 72 с.

6. Козликин, В.И. Теория массового обслуживания [Текст] / В.И. Козликин, Л.П. Кузнецова // Учебное пособие. Курск, 2013. - 109 с

7. Кузнецова Л.П. Теория массового обслуживания на автомобильном транспорте: методические указания по выполнению контрольной работы для студентов направлений 190600.62, 190700.62 очной и заочной форм обучения/ Юго-Зап. Гос. ун-т; сост.: Л.П. Кузнецова Курск, 2013. 46 с.: ил. 1, табл. 7, прилож. 1. Библиогр.: 5.: с. 46.