

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования**

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

**(МИИТ)**

ОДОБРЕНО:  
Кафедра «Высшая и  
прикладная математика»

УТВЕРЖДЕНО:  
Декан ф-та ТС

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 г.

Авторы: Голечков Ю.И., д.ф.-м.н., доц., Ридель В.В., д.ф.-м.н., проф.,  
Степанова Л.В., к.ф.-м.н., доц., Устинов Н.В., д.ф.-м.н., проф.

**Задания на контрольные работы № 1, 2  
для студентов 2 курса заочной формы обучения  
Математическое моделирование систем и процессов**

Специальность: *190901.65 Системы обеспечения движения поездов*

Специализации:

*Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте  
Телекоммуникационные системы и сети железнодорожного транспорта  
Электроснабжение железных дорог*

Москва 2012 г.

## Методические указания по выполнению контрольных работ

По дисциплине «Математическое моделирование систем и процессов» студенту необходимо выполнить две контрольные работы. В каждую работу должны быть включены те задачи, последняя цифра которых совпадает с последней цифрой его учебного шифра. Например, студент, учебный шифр которого имеет последнюю цифру 3, в контрольной работе №1 решает задачи 3, 13, 23, 33, 43; в контрольной работе №2 – 53, 63, 73, 83, 93.

Перед выполнением контрольной работы студент должен ознакомиться с содержанием разделов изучаемой математической дисциплины, на освоение которых ориентирована выполняемая контрольная работа. Необходимую учебную литературу студент может найти в рабочей программе по дисциплине «Математическое моделирование систем и процессов» (в программе указана как основная, так и дополнительная литература).

Каждая контрольная работа выполняется в отдельной тетради, на обложке которой должны быть указаны: дисциплина, номер контрольной работы, шифр студента, курс, фамилия, имя и отчество студента. На обложке вверху справа указывается фамилия и инициалы преподавателя-рецензента. В конце работы студент ставит свою подпись и дату выполнения работы.

В каждой задаче надо полностью выписать ее условие. В том случае, когда несколько задач имеют общую формулировку, следует, переписывая условие задачи, заменить общие данные конкретными, взятыми из соответствующего номера.

Решение каждой задачи должно содержать подробные вычисления, пояснения, ответ, а также, в случае необходимости, и рисунки. После каждой задачи следует оставлять место для замечаний преподавателя-рецензента. В случае невыполнения этих требований преподаватель возвращает работу для доработки без ее проверки.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

### ОСНОВЫ ТЕОРИИ ГРАФОВ. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ.

**1–10.** Задана симметрическая матрица  $Q$  неотрицательных целых чисел.

1. Нарисовать на плоскости граф  $G=[V,E]$  (единственный, с точностью до изоморфизма), имеющий заданную матрицу  $Q$  своей матрицей смежности. Найти матрицу инцидентности  $R=(r_{ij})$  графа  $G$ .

2. Нарисовать на плоскости орграф  $\vec{G}=[N,A]$  (единственный, с точностью до изоморфизма), имеющий заданную матрицу  $Q$  своей матрицей смежности. Найти матрицу инцидентности  $C=(c_{ij})$  графа  $\vec{G}$ .

1. 
$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

2. 
$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

3. 
$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

4. 
$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

5. 
$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 1 \\ 0 & 2 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

6. 
$$\begin{pmatrix} 2 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

7. 
$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 2 \\ 1 & 0 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 0 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

8. 
$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 1 & 3 \\ 0 & 1 & 3 & 0 \end{pmatrix}$$

9. 
$$\begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 2 & 1 \\ 0 & 2 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

10. 
$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 & 2 \\ 1 & 0 & 1 & 3 \\ 0 & 2 & 3 & 0 \end{pmatrix}$$

**11–20.** Решить задачи линейного программирования графическим методом.

**11.**  $Z(x) = 2x_1 + x_2 \rightarrow \min,$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \leq 12, \\ 2x_1 - x_2 \leq 12, \\ 2x_1 - x_2 \geq 0, \\ 2x_1 + x_2 \geq 4, \\ x_2 \geq 0. \end{cases}$$

**12.**  $Z(x) = x_1 - 3x_2 \rightarrow \max,$

$$\begin{cases} -x_1 + x_2 \leq 6, \\ -2x_1 + x_2 \leq 6, \\ x_1 + 3x_2 \geq -3, \\ x_1 - 2x_2 \leq 2. \end{cases}$$

**13.**  $Z(x) = -x_1 + 4x_2 \rightarrow \min,$

$$\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 \leq 24, \\ -8x_1 + 3x_2 \leq 24, \\ 2x_1 - 3x_2 \leq 12, \\ 4x_1 + 3x_2 \geq 12. \end{cases}$$

**14.**  $Z(x) = 4x_1 - 3x_2 \rightarrow \max,$

$$\begin{cases} -x_1 + x_2 \leq 5, \\ 5x_1 - 2x_2 \leq 20, \\ 8x_1 - 3x_2 \geq 0, \\ 5x_1 - 6x_2 \leq 0. \end{cases}$$

**15.**  $Z(x) = 3x_1 + 2x_2 \rightarrow \max,$

$$\begin{cases} x_2 \leq 6, \\ -3x_1 + x_2 \leq 12, \\ x_1 + x_2 \geq 0, \\ x_1 - x_2 \leq 0, \\ x_1 + 2x_2 \leq 12. \end{cases}$$

**16.**  $Z(x) = 3x_1 + 4x_2 \rightarrow \min,$

$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 \geq -4, \\ x_1 + x_2 \geq 0, \\ x_1 + 2x_2 \geq 2, \\ x_1 - x_2 \leq 2. \end{cases}$$

**17.**  $Z(x) = 3x_1 + 5x_2 \rightarrow \min,$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 0, \\ 3x_1 + x_2 \leq 3, \\ 5x_1 + 4x_2 \leq 20, \\ x_1 - x_2 \geq 0. \end{cases}$$

**18.**  $Z(x) = 2x_1 + 5x_2 \rightarrow \max,$

$$\begin{cases} 2x_1 - x_2 \geq 0, \\ 2x_1 + x_2 \leq 16, \\ -2x_1 + 5x_2 \geq 3, \\ -x_1 + 2x_2 \leq 2. \end{cases}$$

**19.**  $Z(x) = x_1 + 3x_2 \rightarrow \max,$

$$\begin{cases} -2x_1 + x_2 \leq 2, \\ -x_1 + 2x_2 \leq 7, \\ x_1 + 3x_2 \leq 18, \\ 4x_1 - 3x_2 \leq 12, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

**20.**  $Z(x) = 5x_1 + 4x_2 \rightarrow \min,$

$$\begin{cases} -4x_1 + x_2 \leq 4, \\ -x_1 + x_2 \leq 5, \\ -x_1 + 2x_2 \leq 2, \\ 3x_1 + 4x_2 \geq 12, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

**21–30.** Решить симплексным методом следующие задачи.

**21.**  $Z(x) = x_1 + 2x_2 + x_3 \rightarrow \max,$

$$\begin{cases} -2x_1 + x_2 + x_3 \leq 2, \\ -x_1 + x_2 + 3x_3 \leq 3, \\ x_1 - 3x_2 + x_3 \leq 1, \end{cases}$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0, \quad x_3 \geq 0.$$

**22.**  $Z(x) = 2x_1 + 3x_2 + 2x_3 \rightarrow \max,$

$$\begin{cases} -3x_1 + x_2 + x_3 \leq 1, \\ -x_1 + 2x_2 + 2x_3 \leq 7, \\ x_1 - 3x_2 + x_3 \leq 1, \end{cases}$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0, \quad x_3 \geq 0.$$

**23.**  $Z(x) = -3x_1 - 2x_2 - 2x_3 \rightarrow \min,$

$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 + 2x_3 \leq 6, \\ 2x_1 - x_2 + 2x_3 \leq 2, \end{cases}$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0, \quad x_3 \geq 0.$$

**24.**  $Z(x) = -x_1 + x_2 + 3x_3 \rightarrow \min,$

$$\begin{cases} -x_1 + 2x_2 + x_3 \leq 2, \\ x_1 + 3x_2 + x_3 \leq 6, \\ x_1 + x_2 - x_3 \leq 2, \end{cases}$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0, \quad x_3 \geq 0.$$

**25.**  $Z(x) = 2x_1 - 3x_2 + 5x_3 \rightarrow \max,$

$$\begin{cases} -x_1 + 2x_2 + 3x_3 \leq 3, \\ -2x_1 + 3x_2 + 4x_3 \leq -4, \end{cases}$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0, \quad x_3 \geq 0.$$

**26.**  $Z(x) = -4x_1 - 2x_2 + x_3 \rightarrow \min,$

$$\begin{cases} 3x_1 - 2x_2 + 4x_3 \leq 6, \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 \leq 18, \end{cases}$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0, \quad x_3 \geq 0.$$

**27.**  $Z(x) = 3x_1 + 4x_2 + x_3 \rightarrow \max,$

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + x_3 \leq 10, \\ 2x_1 + x_2 + 2x_3 \leq 6, \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 \leq 12, \end{cases}$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0, \quad x_3 \geq 0.$$

**28.**  $Z(x) = 2x_1 + 3x_2 + x_3 \rightarrow \max,$

$$\begin{cases} x_1 + 3x_2 + 5x_3 \leq 15, \\ x_1 + x_2 + x_3 \leq 7, \\ 2x_1 + x_2 + 4x_3 \leq 12, \end{cases}$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0, \quad x_3 \geq 0.$$

**29.**  $Z(x) = 6x_1 + 12x_2 + 3x_3 \rightarrow \max,$

$$\begin{cases} -2x_1 + 3x_2 + x_3 \leq 12, \\ x_1 + 2x_2 + 2x_3 \leq 15, \\ 2x_1 - x_2 - 3x_3 \leq 10, \end{cases}$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0, \quad x_3 \geq 0.$$

**30.**  $Z(x) = x_1 + x_2 + x_3 \rightarrow \max,$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 \leq 7, \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 \leq 9, \\ 3x_1 + x_2 + 4x_3 \leq 12, \end{cases}$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0, \quad x_3 \geq 0.$$

**31–40.** Имеются три пункта отправления  $A_1, A_2, A_3$  однородного груза и пять пунктов  $B_1, B_2, B_3, B_4, B_5$  его назначения. На пунктах  $A_1, A_2, A_3$  груз находится в количестве  $a_1, a_2, a_3$  тонн соответственно. На пункты  $B_1, B_2, B_3, B_4, B_5$  требуется доставить соответственно  $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$  тонн груза. Расстояния  $d_{ij}$  в сотнях километров между пунктами отправления  $A_i$  ( $i=1,2,3$ ) и пунктами назначения  $B_j$  ( $j=1,2,3,4,5$ ) приведены в матрице  $D=(d_{ij})$ . Найти такой план перевозок, при котором общие затраты на перевозку грузов будут минимальными.

*Указания:* 1) стоимость перевозок считать пропорциональной количеству груза и расстоянию, на которое груз перевозится; 2) для решения задачи использовать методы северо-западного угла и потенциалов.

$$31. \quad \begin{array}{l} a_1 = 50, \quad a_2 = 70, \quad a_3 = 110, \\ b_1 = 50, \quad b_2 = 50, \quad b_3 = 50, \\ b_4 = 50, \quad b_5 = 30, \end{array} \quad D = \begin{pmatrix} 4 & 1 & 2 & 4 & 5 \\ 6 & 4 & 5 & 9 & 5 \\ 3 & 1 & 6 & 5 & 9 \end{pmatrix}.$$

$$32. \quad \begin{array}{l} a_1 = 90, \quad a_2 = 70, \quad a_3 = 110, \\ b_1 = 70, \quad b_2 = 20, \quad b_3 = 70, \\ b_4 = 40, \quad b_5 = 70, \end{array} \quad D = \begin{pmatrix} 7 & 4 & 9 & 8 & 2 \\ 6 & 8 & 5 & 8 & 5 \\ 9 & 2 & 9 & 7 & 4 \end{pmatrix}.$$

$$33. \quad \begin{array}{l} a_1 = 60, \quad a_2 = 40, \quad a_3 = 80, \\ b_1 = 10, \quad b_2 = 50, \quad b_3 = 60, \\ b_4 = 50, \quad b_5 = 10, \end{array} \quad D = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 3 & 1 & 3 \\ 3 & 1 & 9 & 8 & 4 \\ 3 & 6 & 5 & 1 & 9 \end{pmatrix}.$$

$$34. \quad \begin{array}{l} a_1 = 80, \quad a_2 = 60, \quad a_3 = 100, \\ b_1 = 40, \quad b_2 = 60, \quad b_3 = 40, \\ b_4 = 50, \quad b_5 = 50, \end{array} \quad D = \begin{pmatrix} 6 & 4 & 3 & 4 & 2 \\ 3 & 6 & 4 & 9 & 2 \\ 3 & 1 & 2 & 2 & 6 \end{pmatrix}.$$

$$35. \quad \begin{array}{l} a_1 = 50, \quad a_2 = 30, \quad a_3 = 70, \\ b_1 = 20, \quad b_2 = 30, \quad b_3 = 50, \\ b_4 = 30, \quad b_5 = 20, \end{array} \quad D = \begin{pmatrix} 9 & 5 & 1 & 1 & 9 \\ 7 & 1 & 4 & 9 & 4 \\ 5 & 3 & 4 & 9 & 9 \end{pmatrix}.$$

$$36. \quad \begin{array}{l} a_1 = 70, \quad a_2 = 50, \quad a_3 = 100, \\ b_1 = 60, \quad b_2 = 10, \quad b_3 = 30, \\ b_4 = 70, \quad b_5 = 50, \end{array} \quad D = \begin{pmatrix} 3 & 7 & 3 & 8 & 8 \\ 2 & 3 & 1 & 8 & 6 \\ 6 & 3 & 8 & 6 & 1 \end{pmatrix}.$$

$$37. \begin{array}{l} a_1 = 70, \quad a_2 = 50, \quad a_3 = 90, \\ b_1 = 10, \quad b_2 = 40, \quad b_3 = 70, \\ b_4 = 20, \quad b_5 = 70, \end{array} \quad D = \begin{pmatrix} 8 & 4 & 5 & 1 & 3 \\ 3 & 3 & 8 & 5 & 7 \\ 8 & 1 & 9 & 3 & 2 \end{pmatrix}.$$

$$38. \begin{array}{l} a_1 = 90, \quad a_2 = 70, \quad a_3 = 110, \\ b_1 = 50, \quad b_2 = 60, \quad b_3 = 50, \\ b_4 = 40, \quad b_5 = 70, \end{array} \quad D = \begin{pmatrix} 9 & 1 & 1 & 5 & 6 \\ 6 & 4 & 6 & 8 & 5 \\ 2 & 9 & 3 & 5 & 3 \end{pmatrix}.$$

$$39. \begin{array}{l} a_1 = 60, \quad a_2 = 40, \quad a_3 = 80, \\ b_1 = 50, \quad b_2 = 20, \quad b_3 = 30, \\ b_4 = 40, \quad b_5 = 40, \end{array} \quad D = \begin{pmatrix} 9 & 8 & 3 & 5 & 2 \\ 7 & 7 & 8 & 5 & 6 \\ 4 & 2 & 8 & 8 & 8 \end{pmatrix}.$$

$$40. \begin{array}{l} a_1 = 70, \quad a_2 = 50, \quad a_3 = 90, \\ b_1 = 60, \quad b_2 = 10, \quad b_3 = 10, \\ b_4 = 60, \quad b_5 = 70, \end{array} \quad D = \begin{pmatrix} 7 & 1 & 7 & 4 & 9 \\ 4 & 1 & 1 & 1 & 5 \\ 5 & 6 & 6 & 8 & 2 \end{pmatrix}.$$

**41–50.** В задаче выпуклого программирования требуется:

- 1) найти решение графическим методом;
- 2) написать функцию Лагранжа и найти ее седловую точку, используя решение, полученное графически.

$$41. x_1^2 + (x_2 - 2)^2 \rightarrow \min, \quad 42. (x_1 - 10)^2 + (x_2 - 2)^2 \rightarrow \min,$$

$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 \geq 7, \\ x_1 + 2x_2 \geq 5, \\ x_1 \geq 1, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_1 - 3x_2 \leq 0, \\ 2x_1 + x_2 \geq 4, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

$$43. (x_1 - 7)^2 + (x_2 - 1)^2 \rightarrow \min, \quad 44. (x_1 - 9)^2 + (x_2 - 6)^2 \rightarrow \min,$$

$$\begin{cases} 7x_1 + 4x_2 \leq 43, \\ 5x_1 - x_2 \geq -4, \\ x_1 - 2x_2 \leq 1, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_1 - 5x_2 \leq 0, \\ x_1 + 2x_2 \leq 16, \\ 2x_1 + x_2 \geq 11, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

$$45. (x_1 - 5)^2 + (x_2 - 10)^2 \rightarrow \min, \quad 46. (x_1 - 6)^2 + (x_2 - 9)^2 \rightarrow \min,$$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \leq 11, \\ 4x_1 - x_2 \leq 4, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 \leq 16, \\ 5x_1 - x_2 \geq 0, \\ x_1 + 2x_2 \geq 11, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

$$\begin{array}{ll}
 \mathbf{47.} & (x_1 - 4)^2 + (x_2 - 10)^2 \rightarrow \min, \\
 & \begin{cases} 3x_1 - x_2 \geq 0, \\ x_1 + x_2 \leq 8, \\ x_1 - 2x_2 \leq 0, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases} \\
 \mathbf{48.} & (x_1 - 7)^2 + (x_2 - 8)^2 \rightarrow \min, \\
 & \begin{cases} x_1 - 2x_2 \leq 0, \\ 3x_1 - x_2 \geq 0, \\ x_1 + x_2 \leq 11, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases} \\
 \mathbf{49.} & (x_1 - 5)^2 + (x_2 - 1)^2 \rightarrow \min, \\
 & \begin{cases} 2x_1 - x_2 \geq -4, \\ 2x_1 - 3x_2 \leq -6, \\ x_1 + x_2 \leq 11, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases} \\
 \mathbf{50.} & (x_1 - 6)^2 + (x_2 - 5)^2 \rightarrow \min, \\
 & \begin{cases} x_1 - 5x_2 \leq 0, \\ x_1 + 2x_2 \leq 11, \\ 3x_1 + x_2 \geq 18, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0. \end{cases}
 \end{array}$$

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

### ТЕОРИЯ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ.

**51–60.** На АТС поступает простейший поток вызовов. Среднее количество вызовов в течение часа равно  $m$ . Найти вероятности того, что за  $t$  минут: а) не придет ни одного вызова; б) придет хотя бы один вызов; в) придет не менее  $k$  вызовов.

$$\begin{array}{ll}
 \mathbf{51.} & m = 72, \quad t = 2, \quad k = 3. \\
 \mathbf{52.} & m = 80, \quad t = 2, \quad k = 2. \\
 \mathbf{53.} & m = 90, \quad t = 1,5, \quad k = 3. \\
 \mathbf{54.} & m = 60, \quad t = 3, \quad k = 4. \\
 \mathbf{55.} & m = 45, \quad t = 3, \quad k = 4. \\
 \mathbf{56.} & m = 30, \quad t = 4, \quad k = 3. \\
 \mathbf{57.} & m = 20, \quad t = 5, \quad k = 4. \\
 \mathbf{58.} & m = 54, \quad t = 2,5, \quad k = 3. \\
 \mathbf{59.} & m = 24, \quad t = 4, \quad k = 5. \\
 \mathbf{60.} & m = 63, \quad t = 2, \quad k = 4.
 \end{array}$$

**61–70.** При работе электронного технического устройства возникают неисправности (сбои). Поток сбоев считаем простейшим с интенсивностью  $\lambda$  сбоев в час. Если устройство дает сбой, то он немедленно обнаруживается, и обслуживающий персонал приступает к устранению неисправности (ремонту). Время ремонта распределено по показательному закону. Среднее время ремонта составляет  $\tau$  минут. В начальный момент времени устройство исправно. Найти: а) вероятность того, что через час устройство будет работать; б) вероятность того, что за последующие  $T$  часов устройство даст хотя бы один сбой; в) предельные вероятности состояний.

$$\begin{array}{ll}
 \mathbf{61.} & \lambda = 0,3, \quad \tau = 20, \quad T = 8. \\
 \mathbf{62.} & \lambda = 0,5, \quad \tau = 15, \quad T = 6. \\
 \mathbf{63.} & \lambda = 0,8, \quad \tau = 25, \quad T = 4. \\
 \mathbf{64.} & \lambda = 0,4, \quad \tau = 20, \quad T = 8. \\
 \mathbf{65.} & \lambda = 0,25, \quad \tau = 18, \quad T = 6. \\
 \mathbf{66.} & \lambda = 0,7, \quad \tau = 22, \quad T = 8. \\
 \mathbf{67.} & \lambda = 0,6, \quad \tau = 18, \quad T = 6. \\
 \mathbf{68.} & \lambda = 0,35, \quad \tau = 16, \quad T = 3.
 \end{array}$$



**69.**  $\lambda=0,15, \tau=30, T=4.$     **70.**  $\lambda=0,9, \tau=12, T=3.$

**71–80.** АТС имеет  $k$  линий связи. Поток вызовов — простейший с интенсивностью  $\lambda$  вызовов в минуту. Среднее время переговоров составляет  $\tau$  минут. Время переговоров имеет показательное распределение. Найти: а) вероятность того, что все линии связи заняты; б) относительную и абсолютную пропускные способности АТС; в) среднее число занятых линий связи. Определить оптимальное число линий связи, достаточное для того, чтобы вероятность отказа не превышала  $\alpha$ .

**71.**  $k=5, \lambda=0,6, \tau=3,5, \alpha=0.04.$

**72.**  $k=5, \lambda=0,8, \tau=2,9, \alpha=0.05.$

**73.**  $k=6, \lambda=0,7, \tau=2,7, \alpha=0.01.$

**74.**  $k=5, \lambda=0,7, \tau=3,5, \alpha=0.05.$

**75.**  $k=5, \lambda=0,9, \tau=2,5, \alpha=0.05.$

**76.**  $k=4, \lambda=0,9, \tau=2,1, \alpha=0.07.$

**77.**  $k=6, \lambda=0,8, \tau=2,2, \alpha=0.01.$

**78.**  $k=3, \lambda=0,7, \tau=3,1, \alpha=0.05.$

**79.**  $k=5, \lambda=0,8, \tau=2,6, \alpha=0.04.$

**80.**  $k=5, \lambda=0,9, \tau=2,8, \alpha=0.05.$

**81–90.** Железнодорожная сортировочная горка, на которую подается простейший поток составов с интенсивностью  $\lambda$  состава в час, представляет собой одноканальную СМО с неограниченной очередью. Время обслуживания (ропуска) состава на горке имеет показательное распределение со средним значением  $\tau$  минут. Найти: а) предельные вероятности состояний СМО; б) среднее число составов, связанных с горкой; в) среднее число составов в очереди; г) среднее время пребывания состава в СМО; д) среднее время пребывания состава в очереди.

**81.**  $\lambda=2, \tau=20.$

**82.**  $\lambda=3, \tau=10.$

**83.**  $\lambda=2.5, \tau=14.$

**84.**  $\lambda=3.5, \tau=15.$

**85.**  $\lambda=4, \tau=10.$

**86.**  $\lambda=1.5, \tau=30.$

**87.**  $\lambda=1, \tau=35.$

**88.**  $\lambda=2.5, \tau=16.$

**89.**  $\lambda=3.5, \tau=12.$

**90.**  $\lambda=1.5, \tau=25.$

**91–100.** Рабочий обслуживает  $m$  станков. Поток требований на обслуживание — простейший с интенсивностью  $\lambda$  станков в час. Время обслуживания одного станка подчинено экспоненциальному закону. Среднее время обслуживания одного станка равно  $\tau$  минут. Найти: а) среднее число станков, ожидающих обслуживания; б) коэффициент простоя станка; в) коэффициент простоя рабочего.

- 91.**  $m=3, \lambda=2, \tau=6.$   
**93.**  $m=3, \lambda=2, \tau=8.$   
**95.**  $m=3, \lambda=2, \tau=10.$   
**97.**  $m=3, \lambda=2, \tau=12.$   
**99.**  $m=3, \lambda=2, \tau=14.$

- 92.**  $m=4, \lambda=2, \tau=6.$   
**94.**  $m=4, \lambda=2, \tau=8.$   
**96.**  $m=4, \lambda=2, \tau=10.$   
**98.**  $m=4, \lambda=2, \tau=12.$   
**100.**  $m=4, \lambda=2, \tau=14.$