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 УПП «__» ______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 И 2 ДЛЯ СТУДЕНТОВ 2 КУРСА

Математическое моделирование систем и процессов

Направление: ***210700.62 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи (сокращённый цикл обучения)***

Профиль: ***Оптические системы и сети связи (ЗИТ)***

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 7, в контрольной работе №1 решает задачи 7, 17, 27, 37, 47; в контрольной работе №2 – 57, 67, 77, 87, 97.

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. $Z(x) = 2x_1 + x_2 \to \min,$
$$\begin{cases} x_1 + x_2 \le 12, \\ 2x_1 - x_2 \le 12, \\ 2x_1 - x_2 \ge 0, \\ 2x_1 + x_2 \ge 4, \end{cases}$$
$x_2 \ge 0.$

12. $Z(x) = x_1 - 3x_2 \to \max,$
$$\begin{cases} -x_1 + x_2 \le 6, \\ -2x_1 + x_2 \le 6, \\ x_1 + 3x_2 \ge -3, \\ x_1 - 2x_2 \le 2. \end{cases}$$

13. $Z(x) = -x_1 + 4x_2 \to \min,$
$$\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 \le 24, \\ -8x_1 + 3x_2 \le 24, \\ 2x_1 - 3x_2 \le 12, \\ 4x_1 + 3x_2 \ge 12. \end{cases}$$

14. $Z(x) = 4x_1 - 3x_2 \to \max,$
$$\begin{cases} -x_1 + x_2 \le 5, \\ 5x_1 - 2x_2 \le 20, \\ 8x_1 - 3x_2 \ge 0, \\ 5x_1 - 6x_2 \le 0. \end{cases}$$

15. $Z(x) = 3x_1 + 2x_2 \to \max,$
$$\begin{cases} x_2 \le 6, \\ -3x_1 + x_2 \le 12, \\ x_1 + x_2 \ge 0, \\ x_1 - x_2 \le 0, \\ x_1 + 2x_2 \le 12. \end{cases}$$

16. $Z(x) = 3x_1 + 4x_2 \to \min,$
$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 \ge -4, \\ x_1 + x_2 \ge 0, \\ x_1 + 2x_2 \ge 2, \\ x_1 - x_2 \le 2. \end{cases}$$

17. $Z(x) = 3x_1 + 5x_2 \to \min,$
$$\begin{cases} x_1 + x_2 \ge 0, \\ 3x_1 + x_2 \le 3, \\ 5x_1 + 4x_2 \le 20, \\ x_1 - x_2 \ge 0. \end{cases}$$

18. $Z(x) = 2x_1 + 5x_2 \to \max,$
$$\begin{cases} 2x_1 - x_2 \ge 0, \\ 2x_1 + x_2 \le 16, \\ -2x_1 + 5x_2 \ge 3, \\ -x_1 + 2x_2 \le 2. \end{cases}$$

19. $Z(x) = x_1 + 3x_2 \to \max,$
$$\begin{cases} -2x_1 + x_2 \le 2, \\ -x_1 + 2x_2 \le 7, \\ x_1 + 3x_2 \le 18, \\ 4x_1 - 3x_2 \le 12, \end{cases}$$
$x_1 \ge 0, \quad x_2 \ge 0.$

20. $Z(x) = 5x_1 + 4x_2 \to \min,$
$$\begin{cases} -4x_1 + x_2 \le 4, \\ -x_1 + x_2 \le 5, \\ -x_1 + 2x_2 \le 2, \\ 3x_1 + 4x_2 \ge 12. \end{cases}$$
$x_1 \ge 0, \quad x_2 \ge 0.$

21–30. Решить симплексным методом следующие задачи.

21. $Z(x) = x_1 + 2x_2 + x_3 \to \max,$
$$\begin{cases} -2x_1 + x_2 + x_3 \le 2, \\ -x_1 + x_2 + 3x_3 \le 3, \\ x_1 - 3x_2 + x_3 \le 1, \end{cases}$$
$x_1 \ge 0, \quad x_2 \ge 0, \quad x_3 \ge 0.$

22. $Z(x) = 2x_1 + 3x_2 + 2x_3 \to \max,$
$$\begin{cases} -3x_1 + x_2 + x_3 \le 1, \\ -x_1 + 2x_2 + 2x_3 \le 7, \\ x_1 - 3x_2 + x_3 \le 1, \end{cases}$$
$x_1 \ge 0, \quad x_2 \ge 0, \quad x_3 \ge 0.$

23. $Z(x) = -3x_1 - 2x_2 - 2x_3 \to \min,$
$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 + 2x_3 \le 6, \\ 2x_1 - x_2 + 2x_3 \le 2, \end{cases}$$
$x_1 \ge 0, \quad x_2 \ge 0, \quad x_3 \ge 0.$

24. $Z(x) = -x_1 + x_2 + 3x_3 \to \min,$
$$\begin{cases} -x_1 + 2x_2 + x_3 \le 2, \\ x_1 + 3x_2 + x_3 \le 6, \\ x_1 + x_2 - x_3 \le 2, \end{cases}$$
$x_1 \ge 0, \quad x_2 \ge 0, \quad x_3 \ge 0.$

25. $Z(x) = 2x_1 - 3x_2 + 5x_3 \to \max,$
$$\begin{cases} -x_1 + 2x_2 + 3x_3 \le 3, \\ -2x_1 + 3x_2 + 4x_3 \le -4, \end{cases}$$
$x_1 \ge 0, \quad x_2 \ge 0, \quad x_3 \ge 0.$

26. $Z(x) = -4x_1 - 2x_2 + x_3 \to \min,$
$$\begin{cases} 3x_1 - 2x_2 + 4x_3 \le 6, \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 \le 18, \end{cases}$$
$x_1 \ge 0, \quad x_2 \ge 0, \quad x_3 \ge 0.$

27. $Z(x) = 3x_1 + 4x_2 + x_3 \to \max,$
$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + x_3 \le 10, \\ 2x_1 + x_2 + 2x_3 \le 6, \\ 3x_1 + x_2 + 2x_3 \le 12, \end{cases}$$
$x_1 \ge 0, \quad x_2 \ge 0, \quad x_3 \ge 0.$

28. $Z(x) = 2x_1 + 3x_2 + x_3 \to \max,$
$$\begin{cases} x_1 + 3x_2 + 5x_3 \le 15, \\ x_1 + x_2 + x_3 \le 7, \\ 2x_1 + x_2 + 4x_3 \le 12, \end{cases}$$
$x_1 \ge 0, \quad x_2 \ge 0, \quad x_3 \ge 0.$

29. $Z(x) = 6x_1 + 12x_2 + 3x_3 \to \max,$
$$\begin{cases} -2x_1 + 3x_2 + x_3 \le 12, \\ x_1 + 2x_2 + 2x_3 \le 15, \\ 2x_1 - x_2 - 3x_3 \le 10, \end{cases}$$
$x_1 \ge 0, \quad x_2 \ge 0, \quad x_3 \ge 0.$

30. $Z(x) = x_1 + x_2 + x_3 \to \max,$
$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 \le 7, \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 \le 9, \\ 3x_1 + x_2 + 4x_3 \le 12, \end{cases}$$
$x_1 \ge 0, \quad x_2 \ge 0, \quad x_3 \ge 0.$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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. $x_1^2 + (x_2 - 2)^2 \to \min,$
$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 \ge 7, \\ x_1 + 2x_2 \ge 5, \\ x_1 \ge 1, \quad x_2 \ge 0. \end{cases}$$

42. $(x_1 - 10)^2 + (x_2 - 2)^2 \to \min,$
$$\begin{cases} x_1 - 3x_2 \le 0, \\ 2x_1 + x_2 \ge 4, \\ x_1 \ge 0, \quad x_2 \ge 0. \end{cases}$$

43. $(x_1 - 7)^2 + (x_2 - 1)^2 \to \min,$
$$\begin{cases} 7x_1 + 4x_2 \le 43, \\ 5x_1 - x_2 \ge -4, \\ x_1 - 2x_2 \le 1, \\ x_1 \ge 0, \quad x_2 \ge 0. \end{cases}$$

44. $(x_1 - 9)^2 + (x_2 - 6)^2 \to \min,$
$$\begin{cases} x_1 - 5x_2 \le 0, \\ x_1 + 2x_2 \le 16, \\ 2x_1 + x_2 \ge 11, \\ x_1 \ge 0, \quad x_2 \ge 0. \end{cases}$$

45. $(x_1 - 5)^2 + (x_2 - 10)^2 \to \min,$
$$\begin{cases} x_1 + x_2 \le 11, \\ 4x_1 - x_2 \le 4, \\ x_1 \ge 0, \quad x_2 \ge 0. \end{cases}$$

46. $(x_1 - 6)^2 + (x_2 - 9)^2 \to \min,$
$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 \le 16, \\ 5x_1 - x_2 \ge 0, \\ x_1 + 2x_2 \ge 11, \\ x_1 \ge 0, \quad x_2 \ge 0. \end{cases}$$

47. $(x_1-4)^2+(x_2-10)^2 \to \min,$
$$\begin{cases} 3x_1-x_2\ge 0, \\ x_1+x_2\le 8, \\ x_1-2x_2\le 0, \\ x_1\ge 0,\ \ x_2\ge 0. \end{cases}$$

48. $(x_1-7)^2+(x_2-8)^2 \to \min,$
$$\begin{cases} x_1-2x_2\le 0, \\ 3x_1-x_2\ge 0, \\ x_1+x_2\le 11, \\ x_1\ge 0,\ \ x_2\ge 0. \end{cases}$$

49. $(x_1-5)^2+(x_2-1)^2 \to \min,$
$$\begin{cases} 2x_1-x_2\ge -4, \\ 2x_1-3x_2\le -6, \\ x_1+x_2\le 11, \\ x_1\ge 0,\ \ x_2\ge 0. \end{cases}$$

50. $(x_1-6)^2+(x_2-5)^2 \to \min,$
$$\begin{cases} x_1-5x_2\le 0, \\ x_1+2x_2\le 11, \\ 3x_1+x_2\ge 18, \\ x_1\ge 0,\ \ x_2\ge 0. \end{cases}$$

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.

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

61–70. При работе электронного технического устройства возникают неисправности (сбои). Поток сбоев считаем простейшим с интенсивностью λ 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 τ 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.

61. $\lambda=0{,}3,\ \tau=20,\ T=8.$ **62.** $\lambda=0{,}5,\ \tau=15,\ T=6.$
63. $\lambda=0{,}8,\ \tau=25,\ T=4.$ **64.** $\lambda=0{,}4,\ \tau=20,\ T=8.$
65. $\lambda=0{,}25,\ \tau=18,\ T=6.$ **66.** $\lambda=0{,}7,\ \tau=22,\ T=8.$
67. $\lambda=0{,}6,\ \tau=18,\ T=6.$ **68.** $\lambda=0{,}35,\ \tau=16,\ T=3.$
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 λ вызовов в минуту. Среднее время переговоров составляет τ 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 α .

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 λ состава в час, представляет собой одноканальную СМО с неограниченной очередью. Время обслуживания (роспуска) состава на горке имеет показательное распределение со средним значением τ 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 λ станков в час. Время обслуживания одного станка подчинено экспоненциальному закону. Среднее время обслуживания одного станка равно τ минут. Найти: а) среднее число станков, ожидающих обслуживания; б) коэффициент простоя станка; в) коэффициент простоя рабочего.

91. $m=3,\ \lambda=2,\ \tau=6.$ **92.** $m=4,\ \lambda=2,\ \tau=6.$
93. $m=3,\ \lambda=2,\ \tau=8.$ **94.** $m=4,\ \lambda=2,\ \tau=8.$

95. $m = 3, \quad \lambda = 2, \quad \tau = 10.$

96. $m = 4, \quad \lambda = 2, \quad \tau = 10.$

97. $m = 3, \quad \lambda = 2, \quad \tau = 12.$

98. $m = 4, \quad \lambda = 2, \quad \tau = 12.$

99. $m = 3, \quad \lambda = 2, \quad \tau = 14.$

100. $m = 4, \quad \lambda = 2, \quad \tau = 14.$