

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования**  
**«Майкопский государственный технологический**  
**университет»**  
Кафедра Автомобильного транспорта

## **Методы оптимизации транспортных систем**

методические указания и задания  
по выполнению практической работы для обучающихся  
направления подготовки 23.04.01 «Технология транспортных  
процессов» очной и заочной форм обучения

**Майкоп, 2023**

УДК 656.13(07)  
ББК 39.38  
М 54

Печатается по решению кафедры «Автомобильный транспорт» ФГБОУ ВО  
«Майкопский государственный технологический университет»

Составители:

Канд.экон.наук, доцент Ахунова И.Б.

Канд.техн.наук, доцент Гук Г.А.

Методы оптимизации транспортных систем: методические указания и задания по выполнению практической работы для обучающихся направления подготовки 23.04.01 «Технология транспортных процессов» очной и заочной форм обучения / сост. Ахунова И.Б., Гук Г.А. Майкоп: МГТУ, 2023. – 47 с.

В настоящей работе приведены методические указания, задания, методика и пример выполнения практической работы, а также необходимая литература. Методические указания и задания рассчитаны для выполнения практической работы студентами разных профилей всех форм обучения по направлению подготовки «Технология транспортных процессов». Также данное издание может применяться для направления подготовки «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» (автомобильный транспорт)».

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Модуль 1. Роль математических методов в принятии эффективных управленческих решений производственных задач автомобильного транспорта.

Математическое моделирование - основной метод кибернетики. Принципиальная схема процесса управления. Детерминированные и стохастические системы. Структура систем. Большие, сложные и динамические системы. Понятие модели. Виды моделей. Основные понятия в исследовании операций (ИО). Цель, преследуемая в процессе ИО. Управляемые и неуправляемые переменные. Переход от системы-оригинала к модели. Математические, имитационные и эвристические модели. Информационное обеспечение моделей. Экономико-математические модели. Информационное обеспечение моделей. Вычислительные аспекты в ИО. Этапы исследования операций.

Лекция: Основы оптимизации транспортных систем.

Модуль 2. Модели линейного программирования в решении задач управления транспортными процессами.

Построение экономико-математической модели по заданному критерию с учетом технико-экономических и организационных ограничений.

Графоаналитический метод решения. Анализ модели на чувствительность.

Примеры моделей линейного программирования в транспортной постановке.

Алгебраический метод решения. Вычислительная процедура симплекс-метода.

Метод больших штрафов. Анализ модели на чувствительность по итоговой симплекс-таблице.

Лекция: Методы математического программирования в решении транспортных задач.

Модуль 3. Математический анализ на основе оптимальных решений. Формирование системы оптимальных грузопотоков

Процесс перемещения грузов. Вариантность процесса. Постановка транспортной задачи и ее математическая модель. Расчет грузопотоков по различным критериям. Метод аппроксимации Фогеля. Модифицированный распределительный метод (МОДИ). Алгоритмы и программы компьютерной реализации. Практические примеры с технологическими и организационными ограничениями.

Лекция: Формирование системы оптимальных грузопотоков

Модуль 4. Маршрутизация перевозок грузов помашинными отправлениями.

Математическая постановка задачи. Критерии оптимизации. Понятие добавочного пробега и его расчет. Выбор варианта начала и окончания

маршрута. Закрепление маршрутов за АТП при наличии и отсутствии ограничений по числу автомобилей в АТП.

Лекция: Маршрутизация перевозок помашинными отправлениями. Методы подготовки и статистической обработки информации для моделирования и регрессионного анализа.

Модуль 5. Модели транспортных сетей экономического региона и расчеты кратчайших расстояний перевозок

Агрегатированные и детализированные модели транспортных сетей, принципы их формирования. Учет дорожно-транспортных ограничений на организацию движения. Моделирование пересечений. Условные обозначения дуг и вершин сети. Методы расчета кратчайших расстояний и путей проезда.

Матричное хранение информации. Алгоритм расчета кратчайших расстояний методом потенциалов и табличным методом. Представление информации по транспортной сети для расчета на ПК. Программы расчета. Электронные атласы автомобильных дорог и работа с ними.

Лекция: Модели транспортных сетей экономического региона и расчеты кратчайших расстояний перевозок

Модуль 6. Методы динамического программирования

Элементы модели динамического программирования. Сетевая модель.

Структура рекуррентных вычислений для процедуры прямой и обратной прогонки. Определение состояния системы. Примеры моделей динамического программирования (задача о распределении капитальных вложений, о грузах, о надежности, календарного планирования трудовых ресурсов).

Лекция: Методы динамического программирования

Модуль 7. Планирование перевозок по сборным (развозочным) и сборно-развозочным маршрутам

Классификация задач по признаку централизованного (децентрализованного) снабжения и обслуживания транспортом. Критерии оптимизации. Технологические и организационные ограничения.

Лекция: Планирование перевозок по сборным (развозочным) и сборно-развозочным маршрутам

Модуль 8. Теория массового обслуживания в задачах оптимизации транспортных процессов

Теория массового обслуживания является одним из разделов теории вероятностей. Идеи и методы теории массового обслуживания в настоящее время получают широкое распространение на автомобильном транспорте. Используя теорию массового обслуживания, можно находить оптимальные и близкие к оптимальным решения таких практических задач, как определение числа постов погрузки, выгрузки и технического обслуживания, оптимизация процесса заправки автомобилей топливом, определение величины резерва подвижного состава, выбор количества подвижного состава, обслуживание населения автомобилями-такси и другие. Особенностью теории массового обслуживания является то, что она рассматривает любой процесс массового

обслуживания, как вероятностный. Теория массового обслуживания занимается изучением таких транспортных процессов, в которых возникают очереди на обслуживание. Причиной возникновения очередей являются случайно изменяющиеся потребности в обслуживании, вызываемые, например, неравномерным прибытием автомобилей на погрузку – выгрузку, ограниченностью мощности погрузо-разгрузочных постов, неравномерным прибытием автомобилей на заправку топливом, на станцию технического обслуживания и ограниченностью мощности постов обслуживания, прибытие такси по вызову, подход пассажиров к остановкам городского транспорта, прибытие транспортных средств к пассажирским остановкам и так далее.

Лекция: Теория массового обслуживания в задачах оптимизации транспортных процессов.

## **СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

Практическое занятие выполняется по индивидуальному заданию, выдаваемому преподавателем.

Каждое практическое занятие рассчитано на 2-6 часа.

Цель практических занятий: закрепить теоретический материал, полученный на лекционных занятиях или при самостоятельном изучении. В результате обучающийся должен приобрести необходимые умения и владения.

При подготовке к практическому занятию обучающийся должен изучить теоретический материал по заданной теме.

План работы обучающихся на практических занятиях:

1. Изучить теоретическую часть, обращая внимание на основные определения и методы классификации процессов.
2. По указанию преподавателя из предложенного перечня процессов предприятия выбрать один.
3. Разбить процесс на основные операции, описать их, установить взаимосвязи, исполнителей
4. Выделить основные элементы процесса (входы, выходы, ресурсы ит.д.) и описать их.
5. Выделить основных участников процесса и описать их полномочия по участию в процессе.
6. Провести идентификацию процесса в различных видах классификаций и обосновать свои выводы .
7. Построить тривиальную (простую, в произвольных символах) модель выбранного процесса и приложить к рисунку поясняющую спецификацию в виде таблицы.

1. Сменно–суточное планирование перевозок помашинных отправок грузов. Составление маятниковых и кольцевых маршрутов.

Формирование сменно-суточного плана перевозок. Компьютерная реализация алгоритма.

Модель маршрутизации перевозок мелкопартионных грузов по кратчайшей связывающей сети (КСС). Правила построения КСС.

Декомпозиция модели транспортной сети по ограничению грузовместимости

используемых автомобилей. Определение порядка объезда пунктов маршрута методами «сумм» и «ветвей и границ». Формирование сменно-суточного плана перевозок.

2. Классификация методов маршрутизации перевозок мелкопартионных грузов.

3. Методы локальной оптимизации и случайного поиска. Понятие эвристики. Эвристические методы, сфера их практического использования. Эвристический метод Кларка-Райта. Процедура расчета оценок. Алгоритм построения сборных (развозочных) маршрутов с учетом ограничений по грузовместимости автомобиля, времени оборота и времени доставки.

5. Решения трудно формализуемых задач автомобильных перевозок в сложных условиях дорожного движения и неопределённой информационной обстановке. Интеллектуальные (автономные, беспилотные) автомобильные перевозки. Автономные автомобили. Искусственный интеллект. Кибернетические технологии автономного управления автомобилями и транспортными системами. Экспертные системы реального времени.

Математическая (символьная) логика. Модели представления данных и знаний. Решения задач логического вывода.

## ТИПОВЫЕ ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

### **Работа 1. Формирование системы оптимальных грузопотоков.**

Имеются  $i=4$  пункта отправления груза  $A_1, A_2, A_3, A_4$  и  $j=6$  пунктов назначения груза

$B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6$ . Обозначим ресурсы груза в  $i$ -м пункте отправления через  $a_i, i = 1, 2, 3, 4$ ,

а потребность каждого  $j$ -го пункта потребления через  $b_j, j = 1, 2, 3, 4, 6$ .

Заданы расстояния между пунктами отправления и пунктами назначения.

**Требуется** составить такой план  $x_{ij}$  перевозок грузов, который обеспечит удовлетворение запросов всех потребителей груза при минимальной транспортной работе (минимальной сумме тонно-километров). *Задача является задачей линейного программирования, при решении рекомендуется использовать метод потенциалов.*

Исходные данные для решения задачи (объемы отправления  $a_i$  и потребления  $b_j$  груза) выбираются из таблиц в соответствии с шифром студента.

## Работа 2. Исследование функционирования автомобиля в микросистеме

*Задание:*

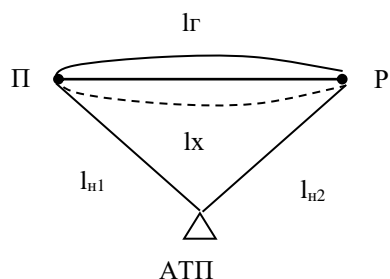
1. Рассчитать выработку автомобиля в микросистеме в тоннах и тонно-километрах при изменении  $q\%$ ,  $V_m$ ,  $t_{nv}$ ,  $l_z$ ,  $T_n$ .
2. Построить графики зависимости  $Q$ ,  $P$ ,  $L_{общ}$ ,  $T_{н.ф}$ ,  $z_e$  от изменяемых показателей.
3. Оценить результаты расчётов и построения графических зависимостей, сформулировать выводы.
4. Оформить отчет по выполненной работе.
5. Защитить выполненную работу, ответив на контрольные вопросы.

Каждому студенту, согласно номеру варианта задания (табл. 1) провести исследование влияния изменения времени погрузки-разгрузки, грузоподъёмности автомобиля, времени в наряде на функционирование микросистемы, построить графики и написать выводы.

Исследование влияния изменения технико-эксплуатационных показателей ( $q\%$ ,  $V_m$ ,  $t_{nv}$ ,  $l_z$ ,  $T_n$ ) на функционирование микросистемы проводится с использованием приёма цепных подстановок, который дает возможность проследить изменение как функции одного из произвольно взятых показателей, входящих в аналитическую модель описания работы автомобиля. Сущность приёма цепных подстановок заключается в последовательной замене исходной величины отдельных показателей. Полученное отклонение от первоначальной величины фактора рассматривается как результат влияния изменяемого показателя, так как все остальные показатели, в исходном и в полученном значении функции, остались неизменными [1]. Приём цепных подстановок применяется во всех лабораторных работах данного курса. Диапазон изменения исследуемого показателя  $\pm 20\%$ , шаг  $\pm 10\%$ .

### Модель описания функционирования микросистемы

1.  $S_{\text{микро}} = \{П; P; M; A_э; T_c\}$ . (1)
2.  $A_э = 1$ , т.к.  $Q_{\text{план}}/Q_{\text{день}} \leq 1$ . (2)
3.  $T_c \geq T_{н.ф}$ . (3)
4.  $M = 1$  маятниковый маршрут, с обратным не груженым пробегом (рис. 1). (4)



$l_{н1,2}$  – нулевой пробег, соответственно первый и второй, км;  
 $l_г$  – груженный пробег за езду, км;  
 $l_х$  – холостой пробег за езду, км;  
П – пункт погрузки;  
Р – пункт разгрузки.

Рис. 1. Схема маятникового маршрута, с обратным не груженым пробегом

5. Длина маршрута  $l_m = l_z + l_x$ . (5)

6. Время ездки, оборота автомобиля  $t_{e,o} = \frac{l_m}{V_m} + t_{ng}$ . (6)

7. Выработка автомобиля в тоннах за ездку  $Q_e = q\gamma$ . (7)

8. Выработка автомобиля в тонно-километрах за ездку

$$P_e = q\gamma \cdot l_z. \quad (8)$$

9. Количество ездок, оборотов  $z_{e,o} = \left[ \frac{T_n}{t_o} \right] + z_e'$ . (9)

10. Плановое время работы автомобиля в микросистеме  $T_n = T_c$ , (10)

где  $T_c$  – продолжительность функционирования микросистемы.

11. Остаток времени в наряде после выполнения целого количества

ездок, оборотов  $\Delta T_m = T_n - \left[ \frac{T_n}{t_{e,o}} \right] \cdot t_{e,o}$ . (11)

12. Ездка, выполняемая за остаток времени, после выполнения целого количества ездок, оборотов

$$z_e' = \begin{cases} 1, & \text{если } \frac{\Delta T_m}{\frac{l_z}{V_m} + t_{ng}} \geq 1, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (12)$$

13. Выработка автомобиля в тоннах в микросистеме

$$Q = q \cdot \gamma \cdot z_e. \quad (13)$$

14. Выработка автомобиля в тонно-километрах в микросистеме

$$P = q \cdot \gamma \cdot z_e \cdot l_z. \quad (14)$$

15. Пробег автомобиля за смену  $l_{общ} = l_m \cdot z_{e,o} - l_x + l_{n1} + l_{n2}$ . (15)



$$16. \text{ Фактическое время работы автомобиля } T_{н.ф} = \left[ \frac{L_{общ}}{V_m} \right] + z_e \cdot t_{нв}. \quad (16)$$

Приведём пример расчёта выработки автомобиля в микросистеме, исходные данные представлены в табл. 1.

$$\begin{aligned} l_m &= l_z + l_x = 30 + 30 = 60 \text{ км}; \\ t_{e,o} &= \frac{l_m}{V_m} + t_{нв} = (2 \cdot 30)/36 + 0,5 = 2,17 \text{ ч}; \\ Q_e &= q\gamma = 8,0 \cdot 1,0 = 8,0 \text{ т}; \\ P_e &= q\gamma \cdot l_z = 8 \cdot 1,0 \cdot 30 = 240 \text{ т} \cdot \text{км}; \\ z_{e,o} &= \left[ \frac{T_n}{t_o} \right] + z'_e = [12,0/2,17] = 5; \\ \Delta T_m &= T_n - \left[ \frac{T_n}{t_{e,o}} \right] \cdot t_{e,o} = 12 - [12/2,17] \cdot 2,17 = 1,15 \text{ ч}; \\ z'_e &= \begin{cases} 1, & \text{если } \frac{\Delta T_m}{\frac{l_z}{V_m} + t_{нв}} \geq 1, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \\ &= 1,15/(30/36) + 0,5 < 0 \Rightarrow z'_e = 0; \\ Q &= q \cdot \gamma \cdot z_e = 8 \cdot 1,0 \cdot 5 = 40 \text{ т}; \\ P &= q \cdot \gamma \cdot z_e \cdot l_z = 8 \cdot 1,0 \cdot 5 \cdot 30 = 1200 \text{ т} \cdot \text{км}; \\ l_{общ} &= l_m \cdot z_{e,o} - l_x + l_{н1} + l_{н2} = 5 \cdot (30 \cdot 2) + 23 + 18 - 30 = 311 \text{ км}; \\ T_{н.ф} &= \left[ \frac{L_{общ}}{V_m} \right] + Z_e \cdot t_{нв} = 311/36 + 5 \cdot 0,5 = 11,14 \text{ ч}. \end{aligned}$$

### Работа 3. Исследование функционирования транспортных систем мелкопартионных перевозок груза

*Задание:*

1. Рассчитать время в движении автомобиля, координаты времени начала и окончания операций транспортного процесса.
2. Рассчитать выработку в тоннах и тонно-километрах в развозочной, сборной и развозочно-сборной системах перевозок груза мелкими партиями.
3. Оформить отчет по выполненной лабораторной работе.
4. Защитить выполненную лабораторную работу, путём ответа на контрольные вопросы.

Варианты исходных данных приведены в таблице.

Условные обозначения, принятые в данной методике:

$\tau_{нв}$  – время простоя под погрузкой–разгрузкой 1 тонны груза;

$Q_i$  – объем перевозок на  $i$ -м звене маршрута, т;

$P_i$  – транспортная работа на  $i$ -м звене маршрута, т·км;

$Q_{гpn}$  – количество груза, выгруженное в  $n$ -м пункте, т;

### Методика выполнения расчета параметров развозочно-сборной системы

Момент времени	Название операций	Продолжительность операций
$t_0$	Автомобиль становится под погрузку	—
$t_0 - t_1$	Погрузка в пункте 1	$t_{10} = t_0 + \frac{\tau_{нв}}{2} \cdot Q$
$t_1 - t_2$	Движение в пункт 2 В данный момент времени совершается транспортная работа в т·км $P_1 = Q \cdot l_{21-2}$	$t_2 = t_1 + \frac{l_{21-2}}{V_m}$
$t_2 - t_3$	Разгрузка в пункте 2 $Q_1 = Q \cdot \gamma_{p1}$	$t_3 = t_2 + \frac{\tau_{нв}}{2} \cdot Q \cdot \gamma_{p1}$
$t_3 - t_4$	Погрузка в пункте 2 $Q_2 = Q \cdot \gamma_{c1} \cdot k_m$	$t_4 = t_3 + \frac{\tau_{нв}}{2} \cdot Q \cdot \gamma_{c1} \cdot k_m$
$t_4 - t_5$	Движение в пункт 3 $P_2 = P_1 + (Q - Q_1 + Q_2) \cdot l_{22-3}$	$t_5 = t_4 + \frac{l_{22-3}}{V_m}$
$t_5 - t_6$	Разгрузка в пункте 3 $Q_3 = Q \cdot (\gamma_{p1} + \gamma_{p2})$	$t_6 = t_5 + \frac{\tau_{нв}}{2} \cdot Q \cdot \gamma_{p2}$
$t_6 - t_7$	Погрузка в пункте 3 $Q_4 = Q \cdot (\gamma_{c1} + \gamma_{c2}) \cdot k_m$	$t_7 = t_6 + \frac{\tau_{нв}}{2} \cdot Q \cdot \gamma_{c2} \cdot k_m$
$t_7 - t_8$	Движение в пункт 4 $P_3 = P_2 + (Q - Q_3 + Q_4) \cdot l_{23-4}$	$t_8 = t_7 + \frac{l_{23-4}}{V_m}$
$t_8 - t_9$	Разгрузка в пункте 4 $Q_5 = Q \cdot (\gamma_{p1} + \gamma_{p2} + \gamma_{p3})$	$t_9 = t_8 + \frac{\tau_{нв}}{2} \cdot Q \cdot \gamma_{p3}$
$t_9 - t_{10}$	Погрузка в пункте 4 $Q_6 = Q \cdot (\gamma_{c1} + \gamma_{c2} + \gamma_{c3}) \cdot k_m$	$t_{10} = t_9 + \frac{\tau_{нв}}{2} \cdot Q \cdot \gamma_{c3} \cdot k_m$
$t_{10} - t_{11}$	Движение в первоначальный пункт	$t_{11} = t_{10} + \frac{l_{24-1}}{V_m}$

	$P_4 = P_3 + Q \cdot l_{24-1}$	
--	--------------------------------	--

$Q_{ycn}$  – количество груза, собранное в  $n$ -м пункте, т;

$l_{ci}$  – длина  $i$ -го звена маршрута, км;

$V_m$  – среднетехническая скорость движения автомобиля, км/ч;

$k_m$  – коэффициент тары.

### Исходные данные по перевозке

Вари- ант	Систе- ма/ марш.	Вид гру- за	$Q$ , т	$L_2$ 1- 2 км	$L_2$ 2- 3 км	$L_{2/x}$ 3-4, км	$L_{2/x}$ 4-1, км	$\gamma_{p1}$	$\gamma_{p2}$	$\gamma_{p3}$	$\gamma_{c1}$	$\gamma_{c2}$	$\gamma_{p1}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	P/C/1	X	4,2	5	7	7	10	0,5	0,3	0,2	0,1	0,4	0,5
2	P/1	M	4,1	7	5	6	9	0,6	0,2	0,2	-	-	-
3	P/C/1	X	3,9	4	4	7	12	0,6	0,3	0,1	0,1	0,2	0,7
4	P/C/1	X	4,2	5	6	4	12	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,8
5	P/2	M	4,0	5	6	4	12	0,5	0,2	0,3	-	-	-
6	P/C/1	X	4,0	6	5	4	10	0,6	0,3	0,1	0,1	0,3	0,6
7	P/C/3	M	3,7	6	5	4	10	0,8	0,1	0,1	0,1	0,2	0,7
8	P/2	X	4,0	6	6	6	9	0,4	0,4	0,2	-	-	-
9	P/C/3	M	3,8	6	4	8	10	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3	0,5
10	P/2	X	3,7	6	5	4	8	0,8	0,1	0,1	-	-	-
11	P/2	X	3,8	6	6	6	7	0,6	0,3	0,1	-	-	-
12	P-C/1	X	4,0	6	4	8	12	0,6	0,2	0,2	0,1	0,2	0,7
13	P-C/3	M	4,0	4	7	6	11	0,6	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5
14	P/C/1	X	4,2	6	7	6	10	0,5	0,3	0,2	0,1	0,4	0,5
15	P/1	M	4,1	5	6	4	9	0,6	0,2	0,2	-	-	-
16	P/C/1	X	3,9	6	5	4	12	0,6	0,3	0,1	0,1	0,2	0,7
17	P/C/1	X	4,2	6	6	6	12	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,8
18	P/2	M	4,0	5	6	4	12	0,5	0,2	0,3	-	-	-
19	P/C/1	X	4,1	6	5	4	10	0,6	0,3	0,1	0,1	0,3	0,6
20	P/C/3	M	3,9	6	6	6	10	0,8	0,1	0,1	0,1	0,2	0,7
21	P/2	X	4,1	6	4	8	9	0,4	0,4	0,2	-	-	-
22	P/C/3	M	3,9	4	7	6	10	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3	0,5
23	P/2	X	3,8	6	7	6	8	0,8	0,1	0,1	-	-	-
24	P/2	X	3,9	5	6	4	7	0,6	0,3	0,1	-	-	-
25	P-C/1	X	4,1	5	9	4	12	0,6	0,2	0,2	0,1	0,2	0,7
26	P-C/3	M	4,4	6	8	4	11	0,6	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5
27	P-C/1	M	4,3	6	7	8	9	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6
28	P-C/1	M	4,4	7	6	7	9	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6
29	P-C/1	M	4,3	4	8	8	9	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6
30	P-C/1	M	4,2	7	6	9	9	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6

Выполним расчёт по четвертому варианту исходных данных: система – развозочно-сборная с одновременным сбором груза и выгрузкой в первоначальном пункте погрузки; вид груза – хлеб, хлебобулочные изделия.

$Q = 4,2$  т;  $l_{1-2} = 5$  км;  $l_{2-3} = 6$  км;  $l_{3-4} = 4$  км;  $l_{4-1} = 12$  км;  $\gamma_{p1} = 0,5$ ;  $\gamma_{p2} = 0,3$ ;  $\gamma_{p3} = 0,2$ ;  $\gamma_{c1} = 0,1$ ;  $\gamma_{c2} = 0,1$ ;  $\gamma_{c3} = 0,8$ ;  $\tau_{ng} = 0,5$  ч;  $V_m = 25$  км/ч,  $km = 0,1$ .

Результаты расчета занесём в таблицу.

**Временные интервалы исполнения отдельных операций транспортного процесса**

Момент времени	Название операций	Продолжительность операций	Текущее время
1	2	3	4
$t_0$	Автомобиль становится под погрузку	-	8.00
$t_0 - t_1$	Погрузка в пункте 1 В данный момент времени совершается работа в тоннах, $Q = 4,2$ т	$t_1 = 0 + (0,5/2 \cdot 4,2) = 1,05$ ч	9.05
$t_1 - t_2$	Движение в пункт 2 В данный момент времени совершается транспортная работа в т·км: $P_1 = 4,2 \cdot 5 = 21$ т·км	$t_2 = 1,05 + 5/25 = 1,25$ ч	9.25
$t_2 - t_3$	Разгрузка в пункте 2: $Q_1 = 4,2 \cdot 0,8 = 2,1$ т	$t_3 = 1,25 + (0,5/2 \cdot 4,2 \cdot 0,5) = 1,775$ ч	9.78
$t_3 - t_4$	Погрузка в пункте 2:  $Q_2 = 4,2 \cdot 0,1 \cdot 0,1 = 0,04$ т  :	$t_4 = 1,775 + (0,5/2 \cdot 4,2 \cdot 0,1 \cdot 0,1) = 1,82$ ч	9.82
$t_4 - t_5$	Движение в пункт 3 $P_2 = 21 + (4,2 - 2,1 + 0,042) \cdot 6 = 33,85$ т·км	$t_5 = 1,82 + 6/25 = 2,06$ ч	10.12
$t_5 - t_6$	Разгрузка в пункте 3: $Q_3 = 4,2 \cdot (0,5 + 0,3) = 3,36$ т	$t_6 = 2,1 + (0,5/2 \cdot 4,2 \cdot 0,3) = 2,41$ ч	10.44

$t_6 - t_7$	Погрузка в пункте 3: $Q_4 = 4,2 \cdot (0,1 + 0,1) \cdot 0,1 =$ $= 0,08 \text{ т}$	$= 2,415 \text{ ч}$  $t_7 = 2,415 +$ $+ (0,5/2 \cdot 4,2 \cdot 0,1) =$ $= 2,55 \text{ ч}$	10.54
$t_7 - t_8$	Движение в пункт 4: $P_3 = 33,85 + (4,2 - 3,36 +$ $+ 0,08) \cdot 4 = 37,55 \text{ т} \cdot \text{км}$	$t_8 = 2,55 + 4/25 = 2,71 \text{ ч}$	10.70
$t_8 - t_9$	Разгрузка в пункте 4: $Q_5 = 4,2 \cdot (0,5 + 0,3 + 0,2) =$ $= 4,2 \text{ т}$	$t_9 = 2,71 +$ $+ 0,5/2 \cdot 4,2 \cdot 0,2 =$ $= 2,9 \text{ ч}$	10.91
$t_9 - t_{10}$	Погрузка в пункте 4: $Q_6 = 4,2 \cdot (0,1 + 0,1 + 0,8) =$ $= 0,42 \text{ т}$	$t_{10} = 2,9 +$ $+ 0,5/2 \cdot 4,2 \cdot 0,8 \cdot 0,1 =$ $= 2,98 \text{ ч}$	11.75
$t_{10} - t_{11}$	Движение в пункт 1: $P_3 = 37,55 + 0,42 \cdot 10 =$ $= 42,59 \text{ т} \cdot \text{км}$	$t_{11} = 2,98 + 12/25 =$ $= 3,46 \text{ ч}$	13.28

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Самостоятельная работа позволяет углубить и закрепить конкретные знания, полученные на лекциях и практических занятиях. Самостоятельная работа обучающихся заключается в подготовке к лекциям, практическим занятиям, к экзамену.

Цель самостоятельной работы студента – осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою профессиональную квалификацию.

**Подготовка к лекциям.** Главное в период подготовки к лекционным занятиям – научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину

учебы и поведения. Четкое планирование своего рабочего времени и отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы.

Ежедневной самостоятельной работе необходимо отводить 3-4 часа.

Следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы.

**Самостоятельная работа на лекции.** Конспектирование лекций помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим студентом. Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лекции лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать пункты плана лекции, предложенные преподавателям. Принципиальные места, определения, формулы и другое следует сопровождать замечаниями «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор.

**Работа с литературными источниками.** В процессе подготовки к занятиям, студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической, научной литературы и нормативно-правовых актов. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем по каждой теме семинарского или практического занятия, что позволяет студентам проявить свою индивидуальность в рамках выступления на данных занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Процесс моделирования это:

- а) процесс создания модели объекта-оригинала, его исследования и распространения результата исследования на объект-оригинал;
- б) процесс создания программных модулей в целом отображающих свойства модели;
- в) процесс создания математического описания существующих процессов и физических свойств объекта-оригинала.

2. Модель это:

- а) некоторая система, воспроизводящая свойства объект-оригинала, которые полагаются существенными и не содержащая свойств объект-оригинала, которые считаются несущественными;
- б) некоторая система, описывающая объект-оригинал как совокупность его физических свойств;
- в) некоторая система, воспроизводящая все свойства объект-оригинала.

3. Выберите существующие виды моделей, которые используются при моделировании задача ТП:

- а) физические, воспроизводящие изучаемый процесс с сохранением его физической природы;
- б) химические, воспроизводящие изучаемый процесс с сохранением его химической природы;
- в) математические, описывающие процессы в ОО в математических терминах.

4. Какие из перечисленных ниже моделей не имеют отношение к математическим моделям:

- а) аналитические;
- б) изоморфные;
- в) компьютерные;
- г) физические.

5. Что такое интенсивность движения:

- а) это количество транспортных средств, проходящих через сечение дороги за единицу времени – год, месяц, час, минута, секунда;
- б) величина, характеризующаяся соотношением в нем транспортных средств различного рода;
- в) количеством транспортных средств, приходящихся на 1 км протяженности полосы дороги.

6. Что такое плотность потока:

- а) это количество транспортных средств, проходящих через сечение дороги за единицу времени – год, месяц, час, минута, секунда;
- б) величина, характеризующаяся соотношением в нем транспортных средств различного рода;
- в) количеством транспортных средств, приходящихся на 1 км протяженности полосы дороги.

7. Состав ТП:

- а) это количество транспортных средств, проходящих через сечение дороги за единицу времени – год, месяц, час, минута, секунда;
- б) величина, характеризующаяся соотношением в нем транспортных средств различного рода;
- в) количеством транспортных средств, приходящихся на 1 км протяженности полосы дороги.

8. Особенности транспортного потока как объекта исследования, исключите лишнее:

- а) не стационарность;
- б) стохастичность;
- в) неполная управляемость;
- г) множественность критериев управления;
- д) возможность распространения результатов измерения всех основных параметров ТП в текущем срезе времени, на любой момент времени движения ТП;
- е) невозможность замера практически всех характеристик качества управления;
- ж) принципиальная невозможность проведения масштабных натурных экспериментов в сфере управления дорожным движением.

9. Какие представленных моделей относятся детерминированным:

- а) микроскопические;
- б) детерминированные;
- в) макроскопические.

10. Какие из представленных моделей относятся к стохастическим:

- а) микроскопические;
- б) детерминированные;
- в) макроскопические.

11. Детерминированные модели:

- а) модели, в основу которых заложена функциональная зависимость между отдельными показателями ТП;
- б) модели, рассматривающие ТП как вероятностный, случайный процесс.

12. Стохастические модели:

- а) модели, в основу которых заложена функциональная зависимость между отдельными показателями ТП;
- б) модели, рассматривающие ТП как вероятностный, случайный процесс.

13. Математическая модель это

- а) комплекс основных соотношений, описывающих поведение объекта, выраженный с использованием математических соотношений;



- б) комплекс основных соотношений, описывающих поведение объекта;
  - в) уменьшенная копия объекта-оригинала.
14. Аналитический способ исследования применим для
- а) физических моделей;
  - б) математических моделей;
  - в) имитационных моделей.
15. Имитационное моделирование имеет в своей основе
- а) некоторое аналитическое выражение;
  - б) некоторый алгоритм;
  - в) программу на языке высокого уровня.
16. Какая характеристика имеет размерность авт/км?
- а) задержки;
  - б) плотность;
  - в) интенсивность.
17. Какая особенность характеризует изменчивость ТП на различных временных отрезках?
- а) нестационарность;
  - б) стохастичность;
  - в) интенсивность.
18. Стохастичность ТП это
- а) свойство, при котором все управляющие воздействия сводятся лишь к "советованию";
  - б) вероятностный характер поведения ТП;
  - в) свойство не полной управляемости ТП.
19. Детерминированные модели ТП характеризуются
- а) вероятностными соотношениями;
  - б) нестационарностью ТП;
  - в) аналитическими зависимостями между основными характеристиками ТП.
20. Детерминированные модели ТП применяют
- а) при исследовании ТП высокой плотности;
  - б) при исследовании ТП низкой плотности;
  - в) для исследования движения одного ТС в ТП.
- 21 В основе стохастических моделей лежит идея
- а) что характеристики ТП являются случайными величинами;
  - б) что характеристики ТП являются неслучайными величинами;
  - в) что главная характеристика ТП это скорость.
- 22 Какие модели применяются для анализа поведения автомобиля в ТП
- а) макроскопические;
  - б) детерминированные;
  - в) микроскопические.
- 23 Модели, которые применяются для анализа поведения ТП?

- а) макроскопические;
- б) детерминированные;
- в) микроскопические.

#### 24 Модель Гриншпльдса

- а) линейная зависимость между скоростью и плотностью;
- б) нелинейная зависимость между скоростью и плотностью;
- в) произведение плотности на скорость.

#### 25 Уравнение состояния ТП это

- а) произведение плотности ТП на скорость ТП;
- б) отношение плотности ТП к скорости ТП;
- в) первая производная координаты по времени.

#### 28 Основная диаграмма ТП это

- а) зависимость плотности от скорости;
- б) интенсивности от задержек ТП;
- в) интенсивности от плотности.

#### 34 Какими элементами характеризуется система массового обслуживания:

- а) требование;
- б) очереди требований;
- в) входящий поток;
- г) интенсивность поступления требований;
- д) отсутствие последствий;
- е) выходящий поток;
- ж) внутренний поток;
- з) очередь поступлений;
- п) обслуживающие устройства;
- к) обслуживающая система.

#### 35 Требование -

- а) это запрос на удовлетворение некоторой потребности в выполнении работ;
- б) это число требований, ожидающих обслуживания;
- в) это совокупность требований, поступающих с определенной закономерностью;
- г) это среднее число требований, поступающих в систему за единицу времени;
- д) состоит в том, что вероятность поступления за отрезок времени  $t$  определенного числа требований не зависит от того, сколько требований уже поступило в систему, т. е. не зависит от числа уже обслуженных требований;
- е) означает практическую невозможность появления двух и более требований в один и тот же момент времени;
- ж) средства, которые осуществляют обслуживание;
- з) совокупность обслуживающих устройств..

#### 36. Очереди требований:

- а) это запрос на удовлетворение некоторой потребности в выполнении работ;
- б) это число требований, ожидающих обслуживания;
- в) это совокупность требований, поступающих с определенной закономерностью;

- г) это среднее число требований, поступающих в систему за единицу времени;
- д) состоит в том, что вероятность поступления за отрезок времени  $t$  определенного числа требований не зависит от того, сколько требований уже поступило в систему, т. е. не зависит от числа уже обслуженных требований;
- е) означает практическую невозможность появления двух и более требований в один и тот же момент времени;
- ж) средства, которые осуществляют обслуживание;
- з) совокупность обслуживающих устройств.

#### 37. Входящий поток -

- а) это запрос на удовлетворение некоторой потребности в выполнении работ;
- б) это число требований, ожидающих обслуживания;
- в) это совокупность требований, поступающих с определенной закономерностью;
- г) это среднее число требований, поступающих в систему за единицу времени;
- д) состоит в том, что вероятность поступления за отрезок времени  $t$  определенного числа требований не зависит от того, сколько требований уже поступило в систему, т. е. не зависит от числа уже обслуженных требований;
- е) означает практическую невозможность появления двух и более требований в один и тот же момент времени;
- ж) средства, которые осуществляют обслуживание;
- з) совокупность обслуживающих устройств.

#### 41. Выходящий поток

- а) это запрос на удовлетворение некоторой потребности в выполнении работ;
- б) это число требований, ожидающих обслуживания;
- в) это совокупность требований, поступающих с определенной закономерностью;
- г) это среднее число требований, поступающих в систему за единицу времени;
- д) состоит в том, что вероятность поступления за отрезок времени  $t$  определенного числа требований не зависит от того, сколько требований уже поступило в систему, т. е. не зависит от числа уже обслуженных требований;
- е) означает практическую невозможность появления двух и более требований в один и тот же момент времени;
- ж) средства, которые осуществляют обслуживание;
- з) совокупность обслуживающих устройств.

#### 42. Обслуживающие устройства

- а) это запрос на удовлетворение некоторой потребности в выполнении работ;
- б) это число требований, ожидающих обслуживания;
- в) это совокупность требований, поступающих с определенной закономерностью;
- г) это среднее число требований, поступающих в систему за единицу времени;
- д) состоит в том, что вероятность поступления за отрезок времени  $t$  определенного числа требований не зависит от того, сколько требований уже поступило в систему, т. е. не зависит от числа уже обслуженных требований;

- е) означает практическую невозможность появления двух и более требований в один и тот же момент времени;
- ж) средства, которые осуществляют обслуживание;
- з) совокупность обслуживающих устройств.

#### 43. Обслуживающая система

- а) это запрос на удовлетворение некоторой потребности в выполнении работ;
- б) это число требований, ожидающих обслуживания;
- в) это совокупность требований, поступающих с определенной закономерностью;
- г) это среднее число требований, поступающих в систему за единицу времени;
- д) состоит в том, что вероятность поступления за отрезок времени  $t$  определенного числа требований не зависит от того, сколько требований уже поступило в систему, т. е. не зависит от числа уже обслуженных требований;
- е) означает практическую невозможность появления двух и более требований в один и тот же момент времени;
- ж) средства, которые осуществляют обслуживание;
- з) совокупность обслуживающих устройств.

#### 44. Какие системы относятся к замкнутым:

- а) системы с неограниченным потоком требований;
- б) системы с ограниченным потоком требований.

#### 45. Какие системы относятся к разомкнутым системам:

- а) системы с неограниченным потоком требований;
- б) системы с ограниченным потоком требований.

#### 46. Какие системы относятся к разомкнутым системам:

- а) системы с неограниченным потоком требований;
- б) системы с ограниченным потоком требований.

#### 47. Планирование бывает:

- а) перспективное;
- б) текущее планирование;
- в) годовое;
- г) оперативное планирование;
- д) месячное.

#### 48. Перспективное планирование:

- а) включает в себя разработку основных направлений и показателей деятельности длительный период от 5 до 15 лет;
- б) проводится на год. В этом случае возможный объем работы и необходимые для его выполнения ресурсы рассчитываются на основании имеющихся и подготовленных к заключению договоров;
- в) это конкретизация плановых заданий по времени выполнения, в пространстве (по местам выполнения производственных заданий), по специфике технологии и организации производства управляемого объекта (структура ПС, ПРМ, выбор технологии и т.д.).

#### 49. Оперативное планирование:

- а) включает в себя разработку основных направлений п показателей деятельности длительный период от 5 до 1.5 лет;
- б) проводится на год. В этом случае возможный объем работы п необходимые для его выполнения ресурсы рассчитываются на основании имеющихся п подготовленных к заключению договоров;
- в) это конкретизация плановых заданий по времени выполнения, в пространстве (по местам выполнения производственных заданий), по специфике технологии и организации производства управляемого объекта (структура ПС, ПРМ, выбор технологии п т.д.).

50. Текущее планирование:

- а) включает в себя разработку основных направлений п показателей деятельности длительный период от 5 до 15 лет;
- б) проводится на год. В этом случае возможный объем работы п необходимые для его выполнения ресурсы рассчитываются на основании имеющихся п подготовленных к заключению договоров;
- в) это конкретизация плановых заданий по времени выполнения, в пространстве (по местам выполнения производственных заданий), по специфике технологии и организации производства управляемого объекта (структура ПС, ПРМ, выбор технологии п т.д.).

51. Специфические свойства задач планирования перевозочного процесса следующие:

- а) подавляющее число таких задач являются многовариантными;
- б) задачи характеризуются ограниченностью времени на обработку исходной информации;
- в) значительные исходные размеры задач. Это свойство особенно характерно для крупных промышленных центров, где насчитывается большое число АТО, ГОП и гпп;
- г) наличие большого числа существенных ограничений, неучет которых может привести к недопустимым вариантам транспортировки;
- д) различная периодичность решения;
- е) при планировании перевозочного процесса число пунктов разгрузки намного превышает число пунктов погрузки;
- ж) невозможность измерения первичных данных, на основании которых проводится планирование, как-то количества АТО, ГОП, объёмов перевозимых грузов п т.д.

52. Основные методы оптимального планирования грузовых автомобильных перевозок:

- а) линейное программирование;
- б) нелинейное программирование;
- в) динамическое программирование;
- г) построение стохастических моделей;
- д) построение физических моделей

53. Выберите наиболее точное описание линейного программирования:

- a. математическая дисциплина, с помощью которой выполняется анализ и решение экстремальных задач с линейными связями и ограничениями
- b. математическому программированию, задачи в которого нелинейными уравнениями.
- c. математическое моделирование, в основе которого лежит совокупность приемов, позволяющих находить оптимальные решения, основанные на вычислении последствий каждого из принятых решений и выра-ботке оптимальных стратегий для последующего решения
- d. при построении модели исходят из вероятностной трактовки экономического процесса и его параметров

54. Выберите наиболее точное описание нелинейного программирования:

- a. математическая дисциплина, с помощью которой выполняется анализ и решение экстремальных задач с линейными связями и ограничениями
- b. математическому программированию, задачи в которого нелинейными уравнениями.
- c. математическое моделирование, в основе которого лежит совокупность приемов, позволяющих находить оптимальные решения, основанные на вычислении последствий каждого из принятых решений и выра-ботке оптимальных стратегий для последующего решения
- d. при построении модели исходят из вероятностной трактовки экономического процесса и его параметров

55. Выберите наиболее точное описание стохастического моделирования:

- a. математическая дисциплина, с помощью которой выполняется анализ и решение экстремальных задач с линейными связями и ограничениями
- b. математическому программированию, задачи в которого нелинейными уравнениями.
- c. математическое моделирование, в основе которого лежит совокупность приемов, позволяющих находить оптимальные решения, основанные на вычислении последствий каждого из принятых решений и выра-ботке оптимальных стратегий для последующего решения
- d. при построении модели исходят из вероятностной трактовки экономического процесса и его параметров

56. Какими методами определяют расстояний перевозок:

- a. Непосредственный замер
- b. Обкатка маршрутов
- c. Замер по карте

57. Граф это:

- a. это фигура, состоящая из точек (вершин) и соединяю-щих их отрезков (звеньев)
- b. это точки на сети, наиболее важные для определения расстояний или маршрутов движения
- c. это отрезки транспортной сети, характеризую-щие наличие дорожной связи между соседними вершинами

58. Вершины графа это:

- a. это фигура, состоящая из точек (вершин) и соединяющих их отрезков (звеньев)
- b. это точки на сети, наиболее важные для определения расстояний или маршрутов движения
- c. это отрезки транспортной сети, характеризующие наличие дорожной связи между соседними вершинами

59. Звенья графа это:

- a. это фигура, состоящая из точек (вершин) и соединяющих их отрезков (звеньев)
- b. это точки на сети, наиболее важные для определения расстояний или маршрутов движения
- c. это отрезки транспортной сети, характеризующие наличие дорожной связи между соседними вершинами

60. Какие из методов перечисленных ниже относятся к методам определения опорного плана?

- a. Метод северо-западного угла
- b. Метод минимального элемента
- c. Метод аппроксимации Фогеля
- d. Метод конечных элементов

61. текущее планирование нельзя описать следующим образом:

- a. включает в себя разработку основных направлений и показателей деятельности длительный период от 5 до 15 лет
- b. проводится на год. В этом случае возможный объем работы и необходимые для его выполнения ресурсы рассчитываются на основании имеющихся и подготовленных к заключению договоров
- c. это конкретизация плановых заданий по времени выполнения, в пространстве (по местам выполнения производственных заданий), по специфике технологии и организации производства управляемого объекта (структура ПС, ПРМ, выбор технологии и т.д.)

62. Какие модели и методы не относятся к линейному программированию:

- a. математическая дисциплина, с помощью которой выполняется анализ и решение экстремальных задач с линейными связями и ограничениями
- b. математическому программированию, задачи в которого нелинейными уравнениями.
- c. математическое моделирование, в основе которого лежит совокупность приемов, позволяющих находить оптимальные решения, основанные на вычислении последствий каждого из принятых решений и разработке оптимальных стратегий для последующего решения
- d. при построении модели исходят из вероятностной трактовки экономического процесса и его параметров

63. Вершинами графа не являются:

- a. фигура, состоящая из точек (вершин) и соединяющих их отрезков (звеньев)

- b. точки на сети, наиболее важные для определения расстояний или маршрутов движения
  - c. отрезки транспортной сети, характеризующие наличие дорожной связи между соседними вершинами
64. Звеньями графа не являются:
- a. фигура, состоящая из точек (вершин) и соединяющих их отрезков (звеньев)
  - b. точки на сети, наиболее важные для определения расстояний или маршрутов движения
  - c. отрезки транспортной сети, характеризующие наличие дорожной связи между соседними вершинами.

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (ЭКЗАМЕН)**

1. Транспортные процессы в автомобильно-дорожном комплексе России как процессы в сложной системе. Классификация транспортных систем.
2. Понятие модели. Классификация моделирования систем. Эвристические методы решения задач.
3. Аналитические и имитационные модели.
4. Основные этапы имитационного моделирования.
5. Формирование объекта имитационного моделирования.
6. Методы нахождения оптимального решения задач. Критерии оптимальности.
7. Корреляционно-регрессионный анализ. Понятие корреляции и регрессии.
8. Вычисление парной корреляции и линейной регрессии. Коэффициенты корреляции и детерминации.
9. Общая задача линейного программирования. Модель линейного программирования.
10. Графоаналитический метод решения задач линейного программирования.
11. Симплексный метод решения задач линейного программирования.
12. Формирование системы оптимальных грузопотоков. Общая постановка задачи. Метод потенциалов. Способы составления начального плана.
13. Задача закрытого типа по сокращению дальности перевозок однородных грузов по критерию оптимальной суммы тонно-километров.
14. Задачи открытого типа с нарушенным балансом производство-потребление для однородных грузов.
15. Задачи с запретами для перевозок разнородных грузов в линейном программировании.
16. Задачи с минимизацией времени перевозок скоропортящихся грузов в линейном программировании.
17. Маршрутизация перевозок грузов помашинными отправлениями. Общая



постановка задачи.

18. Аналитическая модель задачи маршрутизации перевозок помашинными отправлениями грузов в линейном программировании.

19. Решение задачи маршрутизации перевозок помашинными отправлениями. Составление маятниковых и кольцевых маршрутов.

20. Маршрутизация перевозок помашинными отправлениями. Прикрепление кольцевых маршрутов к автотранспортному предприятию.

21. Маршрутизация перевозок помашинными отправлениями грузов. Технологический расчет маршрутов.

22. Принципы формирования моделей транспортных сетей. Основные методы определения кратчайших расстояний по транспортной сети.

23. Табличный метод определения кратчайших расстояний по транспортной сети.

24. Определение кратчайших расстояний по транспортной сети методом потенциалов.

25. Метод динамического программирования. Основные понятия и общая постановка задачи.

26. Метод динамического программирования. Достоинства и недостатки. Основные этапы при решении задач динамического программирования.

27. Метод динамического программирования. Табличный способ и способ решения задач через функциональные уравнения.

28. Планирование перевозок по сборным, развозочным и сборно-развозочным маршрутам. Классификация систем. Общая блок-схема алгоритма

проектирования развозочных систем.

29. Проектирование развозочных маршрутов методом перебора вариантов. Пример решения.

30. Проектирование развозочных маршрутов методом сумм. Пример решения.

31. Теория массового обслуживания. Общая характеристика. Обслуживаемая и обслуживающая системы, примеры.

32. Аналитические модели оптимальных решений задач в системах массового обслуживания. Законы Пуассона, Эрланга, показательный.

33. Теория массового обслуживания. Вероятностные модели оптимальных решений транспортных задач.

34. Теория массового обслуживания. Законы Пуассона, Эрланга, показательный. Статистический метод моделирования Монте-Карло.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Камольцева, А. В. Производственно-техническая инфраструктура автомобильного транспорта: состояние, проблемы, перспективы: монография / А. В. Камольцева. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2019. - 140 с. - ISBN 978-5-7638-3984-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1818752> . – Режим доступа: по подписке.
2. Подсорин, В. А. Экономические аспекты развития пассажирских перевозок в дальнем следовании: монография / В.А. Подсорин, Е.А. Иванова, Т.А. Флягина. — Москва: ИНФРА-М, 2021. — 202 с. - ISBN 978-5-16-016851-7. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1246459> . – Режим доступа: по подписке.
3. Лебедев, Е. А. Фидерные перевозки грузов и их мультипликативный эффект: монография / Е. А. Лебедев, Л. Б. Миротин; под общ. ред. Л. Б. Миротина. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. - 192 с. - ISBN 978-5-9729-0606-2. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1832074> . – Режим доступа: по подписке.
4. Басков, В. Н. Оценка транспортных задержек с учётом параметров улично-дорожной сети: учебное пособие / В. Н. Басков, Е. И. Исаева. — Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2020. — 132 с. — ISBN 978-5-7433-3405-6. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/108711.html> . — Режим доступа: для авторизир. пользователей
5. Транспортная инфраструктура: курс лекций: учебное пособие / составители Э. А. Сафронов, К. Э. Сафронов. — Омск: СибАДИ, 2020. — 172 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/170805> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Сафронов, Э. А. Транспортные системы городов и регионов: учебное пособие / Э. А. Сафронов. — Омск: СибАДИ, 2019. — 381 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/149552> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.
7. Гончаров, В.А. Методы оптимизации: учебное пособие для вузов / В.А. Гончаров. - Москва: Юрайт, 2023. - 211 с. - (Высшее образование). - ЭБС Юрайт. - URL: <https://urait.ru/bcode/530446>. - Режим доступа: по подписке. - ISBN 978-5-534-16112-0
8. Методы оптимизации: теория и алгоритмы: учебное пособие для вузов / А.А. Черняк, Ж.А. Черняк, Ю.М. Метельский, С.А. Богданович. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 357 с. - (Высшее образование). - ЭБС Юрайт. - URL: <https://urait.ru/bcode/514524>. - Режим доступа: по подписке. - ISBN 978-5-534-04103-3