

**МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ
лабораторных работ
по дисциплине (модулю)**

**«МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ
ПРОЦЕССОВ»**

Лабораторная работа 1. Оптимизация грузопотоков и холостых пробегов с использованием надстройки «Поиск решения» программы обработки электронных таблиц Excel на компьютере.

Цель работы:

1. Приобретение навыков решения транспортной задачи линейного программирования с помощью прикладного программного обеспечения.
2. Использование надстройки «Поиск решения» программы обработки электронных таблиц Excel для оптимизации грузопотоков, холостых ездов и добавочных пробегов.

Задание:

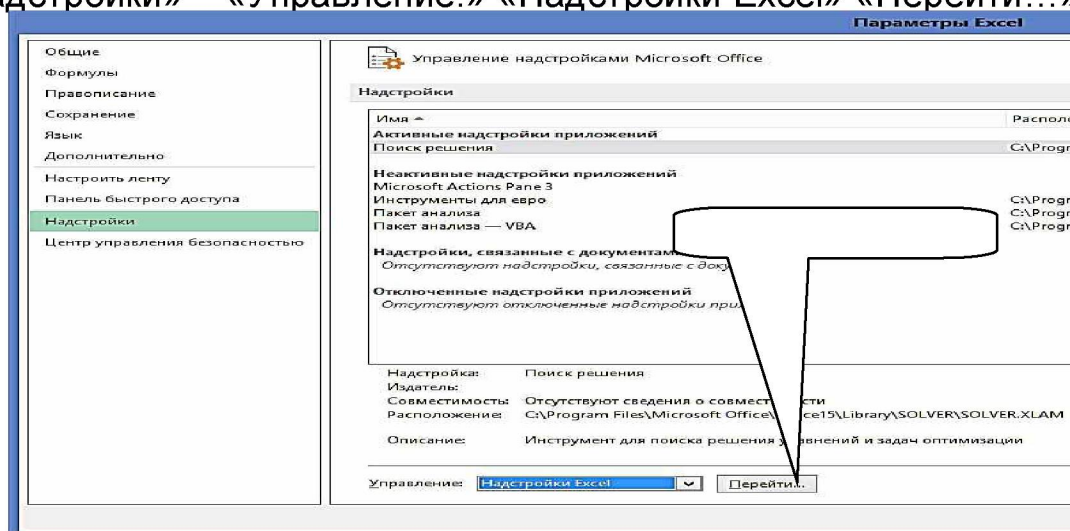
Сформировать систему оптимальных по критерию минимума транспортной работы (холостых пробегов) грузопотоков и порожних ездов при заданных объемах производства и потребления грузов.

Исходные данные:

- 1) агрегатированная модель транспортной сети;
- 2) матрица кратчайших расстояний;
- 3) дислокация поставщиков (ГОП) и получателей (ГПП) нескольких однородных видов груза с указанием объемов производства и потребления.

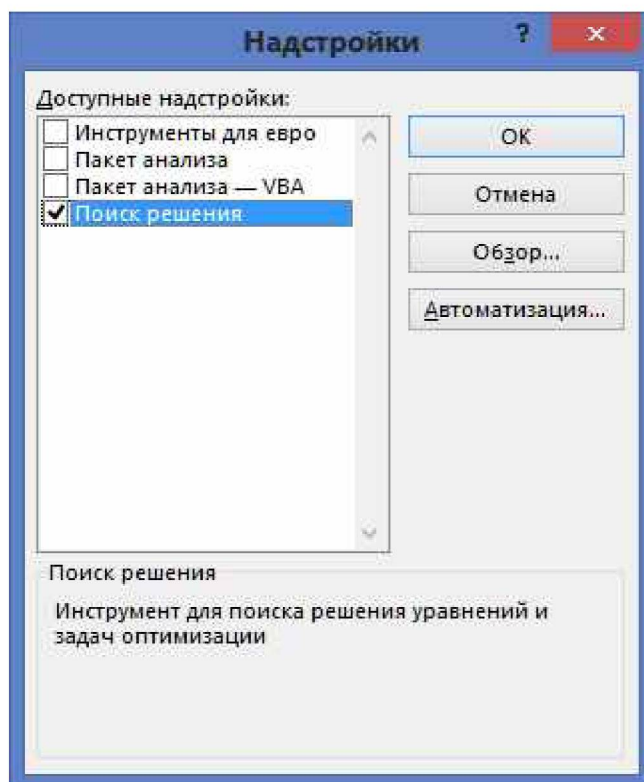
Пошаговая инструкция выполнения работы

Шаг 1. В меню книги Excel «Файл» - команда «Параметры» - «Надстройки» «Управление:» «Надстройки Excel» «Перейти...».

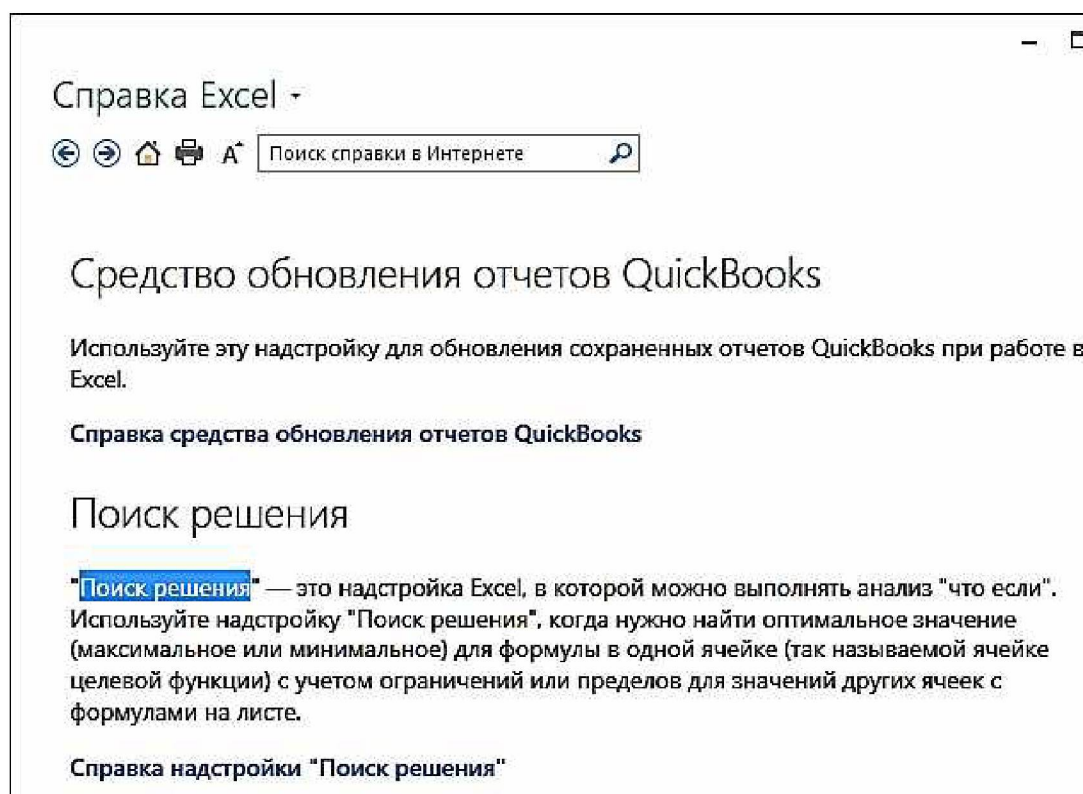


Шаг 2.
«Поиск

Активизировать
решения».



Шаг 2. На вкладке «ДАННЫЕ» найти команду «Поиск решения» и ознакомиться со справкой «Поиск решения», информация в которой позволяет самостоятельно работать с надстройкой.



Шаг 3. Открыть окно «Параметры поиска решения» и произвести необходимые установки, если предполагается работать с собственным

сцен
арие
м.

Шаг 4.
Есл
и
рабо
та
прои
звод
ится
по
уже
разр
абот
анно
му
сцен
ари

ю, то в зависимости от размера решаемой задачи выбирается соответствующий лист книги Excel и по предлагаемой на листе «Инструкции пользователю» производят соответствующие операции.

Пример решения задачи оптимизации грузопотоков представлен ниже.

Параметры поиска решения

Оптимизировать целевую функцию: 

До: ☐ Максимум ☒ Минимум ☐ Значения:

Изменяя ячейки переменных:
 

В соответствии с ограничениями:

SNS9 = SMS9
SNS7 = SMS7
SNS5 = SMS5
SL\$22 = SL\$21
SNS19 = SMS19
SNS17 = SMS17
SNS15 = SMS15
SNS13 = SMS13
SNS11 = SMS11
SK\$22 = SK\$21
SJ\$22 = SJ\$21
SI\$22 = SI\$21
SH\$22 = SH\$21




Добавить

Изменить

Удалить

Сбросить

Загрузить/сохранить

☒ Сделать переменные без ограничений неотрицательными

Выберите метод решения: 

Параметры

Метод решения

Для гладких нелинейных задач используйте поиск решения нелинейных задач методом ОПГ, для линейных задач - поиск решения линейных задач симплекс-методом, а для негладких задач - эволюционный поиск решения.

Справка

Найти решение

Закрыть

5. Для работы с командой "ПОИСК РЕШЕНИЯ" нажмите кнопку:

Снять защиту

6. Выберите в меню СЕРВИС команду ПОИСК РЕШЕНИЯ. В окне диалога нажмите кнопку ВЫПОЛНИТЬ, а в очередном диалоге кнопку ОК

7. Закончите работу нажатием кнопки:

Окончание

Оформление работы

Лабораторная работа оформляется в тетради для лабораторных работ в виде пояснительной записки, включая:

1) дислокацию на модели транспортной сети поставщиков и потребителей двух видов груза с указанием объемов производства и потребления (задаются преподавателем);

2) скриншоты решений задач оптимизации грузопотоков по видам грузов и холостых ездов на компьютере с использованием надстройки Excel «Поиск решения».

Задание на выполнение следующей работы выдается после сдачи предыдущей.

Лабораторная работа 2. Построение модели транспортной сети (МТС). Кодировка МТС для формирования базы данных. Расчет матрицы кратчайших расстояний и кратчайших путей проезда с использованием прикладного программного обеспечения.

Цель работы:

1. Приобретение практических навыков построения агрегированных и детализированных моделей транспортных сетей.
2. Изучение существующих методов расчета кратчайших расстояний и путей проезда.
3. Использование средств вычислительной техники.

Задание: разработать агрегированную модель транспортной сети для формирования сменно-суточного плана маршрутизации перевозок.

Исходные данные:

1. масштабная схема района перевозок;
2. схема организации дорожного движения.

Моделирование транспортных сетей

На практике используют агрегированные и детализированные модели транспортных сетей. Агрегированные модели строятся на основе микрорайонирования. Границы микрорайонов наносятся по следующим правилам:

- 1) естественные и искусственные преграды выступают в качестве границы и не препятствуют проезду транспорта в любую часть микрорайона без выезда с его территории;
- 2) по улицам микрорайона имеется возможность беспрепятственного проезда;
- 3) конфигурация микрорайонов произвольная;
- 4) площадь микрорайонов выбирается в зависимости от предполагаемого размера модели транспортной сети.

Центр микрорайона определяется:

1) месторасположением единственного поставщика или потребителя в микрорайоне;

2) географическим центром при наличии нескольких поставщиков или (и) потребителей.

Микрорайону ставится в соответствие вершина, расположенная в его центре. Вершины в смежных микрорайонах соединяются дугами (звеньями). Длина звена определяется наименьшим значением расстояния, полученного из результатов промеров всех возможных комбинаций проезда с учетом масштаба и организации дорожного движения. Пример микрорайонирования с нанесением центров показан на Рис. 2.1. Соответствующая агрегированная модель приведена на Рис. 2.2. Модели данного типа обычно используются при решении задач маршрутизации перевозок помашинными отправлениями.

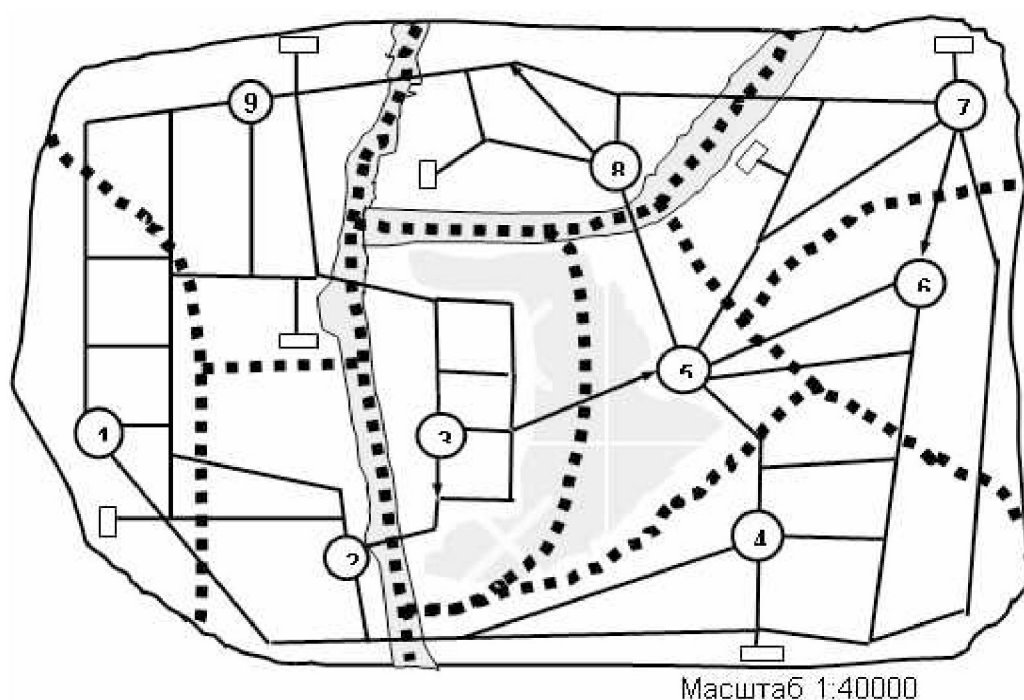


Рис. Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..1. Пример построения границ

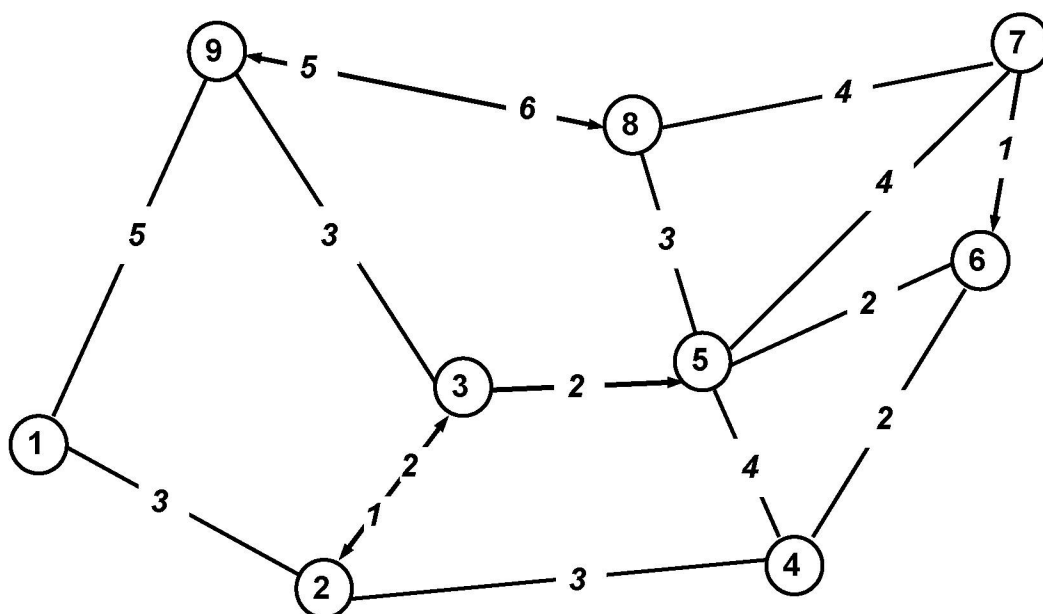


Рис. Ошибка! Текст указанного стиля в документе

Детализированные модели строятся, как правило, с точностью до перекрестка с учетом разрешенных направлений движения, наличия разделительной полосы на перегоне и одностороннего движения. В данных моделях в качестве вершин выступают перегоны между перекрестками. Вершины сети нумеруются. Длины звеньев определяются либо между серединами перегонов, либо между выделенными на них точками. На дугах модели сети проставляются их протяженности и дорожно-транспортные ограничения на организацию движения, например, допустимая нагрузка на ось, допустимая масса транспортного средства, габаритные размеры, наличие одностороннего движения и другие.

Программное обеспечение расчета кратчайших расстояний

Программа **nakra.exe** в свободном доступе на интернет-сайте [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Подробная инструкция по работе с программой находится в папке «Help» архива. Программа предназначена для решения задачи нахождения кратчайших расстояний между вершинами ориентированных и неориентированных графов МТС. При расчете используются сетевой и табличный методы. Максимальное количество пунктов графа – 200.

Информация по сети записывается в виде массивов номеров вершин, связей (ребер, дуг) и их протяженностей. Цифровое отображение модели транспортной сети в виде ориентированного графа на **Ошибка! Источник ссылки не найден.** представлено в Таблица **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..1**, где в скобках записаны длины ребер (дуг) смежных вершин. Первая строка таблицы показывает, что с вершиной 1 связаны вершины 2 и 9, соответствующие длины ребер равны 3 и 5 км. Смежными с вершиной 2 (строка 2 Таблица **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..1**) являются вершины 1 и 4 с длинами ребер по 3 км, а также вершина 3 с длиной дуги в 2 км.

Таблица **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..1**

Кодировка модели транспортной сети

№ п/п	Номер вершины	Вершина с однозвенной связью (длина связи)
1	1	2(3) 9(5)
2	2	1(3) 3(2) 4(3)
3	3	2(1) 5(2) 9(3)
4	4	2(3) 5(4) 6(2)
5	5	4(4) 6(2) 7(4) 8(3)
6	6	4(2) 5(2)
7	7	5(4) 6(1) 8(4)
8	8	5(3) 7(4) 9(5)
9	9	1(5) 3(3) 8(6)

На начальном этапе (Рис. 2.4) в зависимости от ориентации графа МТС при активной вкладке «Ввод данных» проводят набивку кодировки из Таблица **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..1**. Информация сохраняется нажатием клавиши «Запись».

Далее при активной вкладке «Ответ» снимают галочку «Показывать промежуточные пункты» и производят расчет нажатием клавиши «Расчет» (Рис. 2.5). Итоговая матрица кратчайших расстояний (МКР) в формате «txt» сохраняется под именем «otvet» в папке

расположения программы и файла кодировки графа МТС (Рис. 2.6) при выполнении команды «Записать в файл». Для дальнейшего использования рекомендуется текстовую матрицу преобразовать в формат Excel.

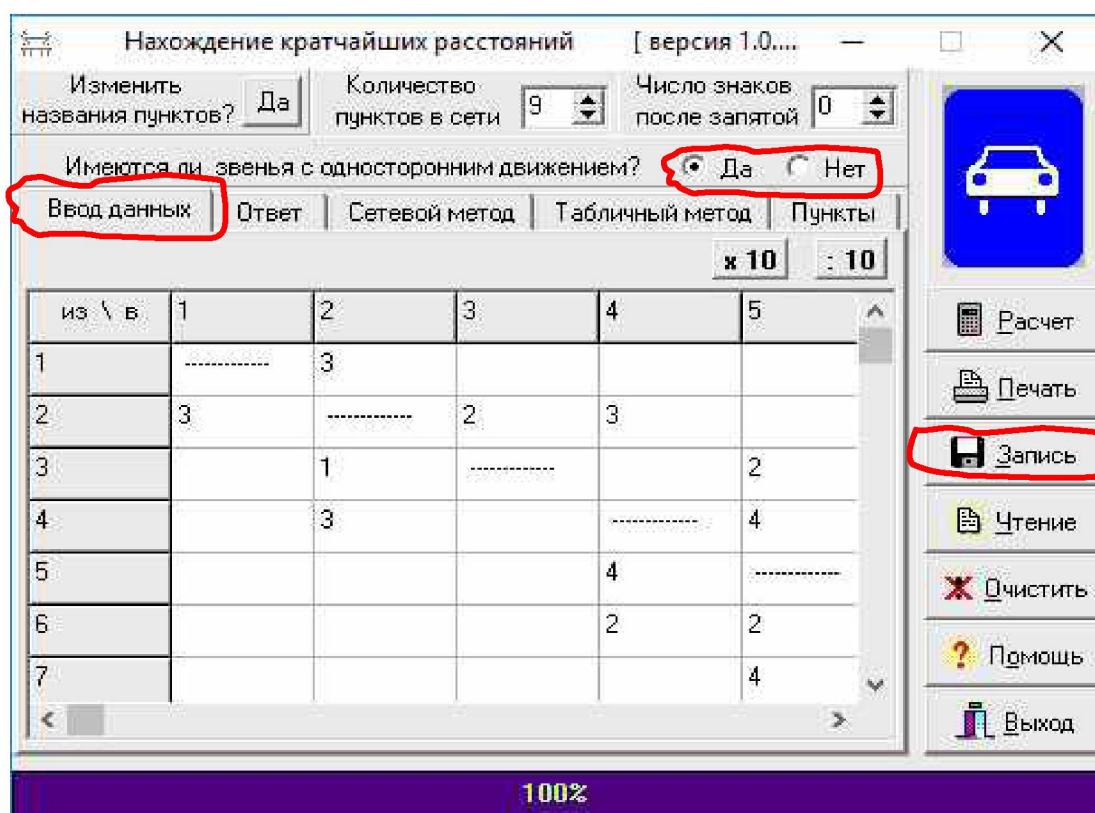


Рис. Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует. 1. Ввод данных и сохранение кодировки программы

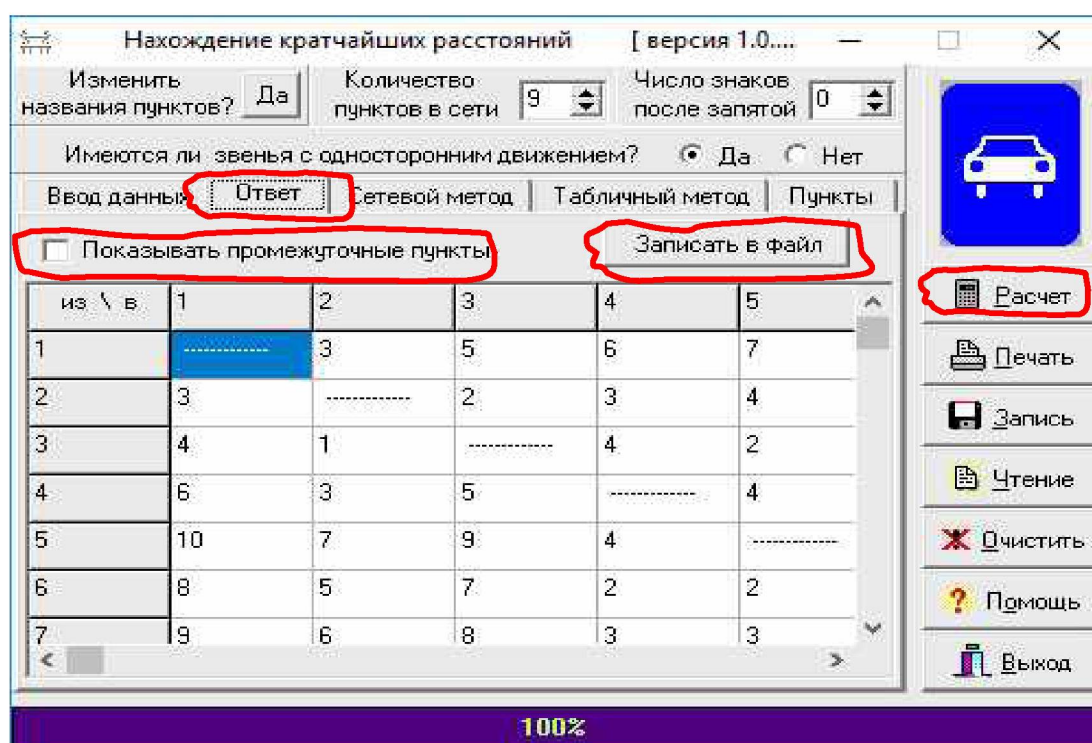


Рис. Ошибка! Текст указанного стиля в документе

из/в	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	----	3	5	6	7	8	11	10	5
2	3	----	2	3	4	5	8	7	5
3	4	1	----	4	2	4	6	5	3
4	6	3	5	----	4	2	8	7	8
5	10	7	9	4	----	2	4	3	8
6	8	5	7	2	2	----	6	5	10
7	9	6	8	3	3	1	----	4	9
8	10	9	8	7	3	5	4	----	5
9	5	4	3	7	5	7	9	6	----

Рис. Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует. 3. Матрица кратчайших расстояний (МКР) в

Оформление работы

Лабораторная работа оформляется в тетради для лабораторных работ в виде пояснительной записки и графического материала, включая:

- 1) исходные данные (задаются преподавателем);
- 2) агрегированную модель транспортной сети;
- 3) кодировку исходной информации по разработанным моделям транспортных сетей;
- 4) полученную в результате расчетов на компьютере с использованием программного обеспечения матрицу кратчайших расстояний и ее редакцию в формате Excel.

Задание на выполнение следующей работы выдается после сдачи предыдущей.

Лабораторная работа 3. Решение задачи о раскрое в транспортной постановке с использованием прикладного ПО и надстройки «Поиск решения» программы обработки электронных таблиц Excel на компьютере.

Цель работы:

1. Построение математических моделей по словесной формулировке задач.
2. Решение задач линейного программирования (ЛП) на максимум и минимум целевой функции с использованием программы обработки электронных таблиц MS Excel.

Задание:

Для заданного примера построить математическую модель и решить задачу ЛП симплекс-методом.

Исходные данные:

- 1) модель транспортной сети и матрица кратчайших расстояний;
- 2) дислокация поставщика (ГОП), потребителей (ГПП) груза и автотранспортного предприятия (АТП) на модели транспортной сети;
- 3) режим работы водителей;
- 4) время на совершение подготовительно-заключительных операций; погрузочно-разгрузочных работ; груженых, холостых и нулевых пробегов;
- 5) количество ездов к потребителям груза;
- 6) справочные и нормативные материалы.

Модель задачи о раскрое в транспортной постановке

Из одного ГОП автомобилями-самосвалами грузоподъемностью $q_H=10$ т доставляется груз первого класса ($\gamma_c=1$) в три ГПП с объемами завоза в сутки соответственно $Q_1=1000$ т, $Q_2=1500$ т, $Q_3=2000$ т. Время в наряде $T_H=8,0$ ч (480 мин). Время подготовительно-заключительных операций $t_{п-з}=0,3$ ч (18 мин). Время погрузки $t_n=20$ мин, время разгрузки $t_p=10$ мин. Техническая скорость $V_m=20$ км/ч. Величины груженого I_z , холостого I_x , начального нулевого I_H^H и конечного нулевого

I_n^k пробегаются по матрице кратчайших расстояний. Времена оборота $t_{об}$ показаны на Рис. 3.1.

Допускается, что фактическое время работы водителя $T_{ф}$ меньше времени в наряде T_n не более, чем на 20 мин (недоработанное время). В конце смены обязательно посещение ГОП. Строгого закрепления автомобилей за конкретными ГПП нет.

Требуется сформировать сменно-суточные задания, используя:

- минимальное количество автомобилей;
- максимальное количество автомобилей;
- минимальное суммарное недоработанное время.

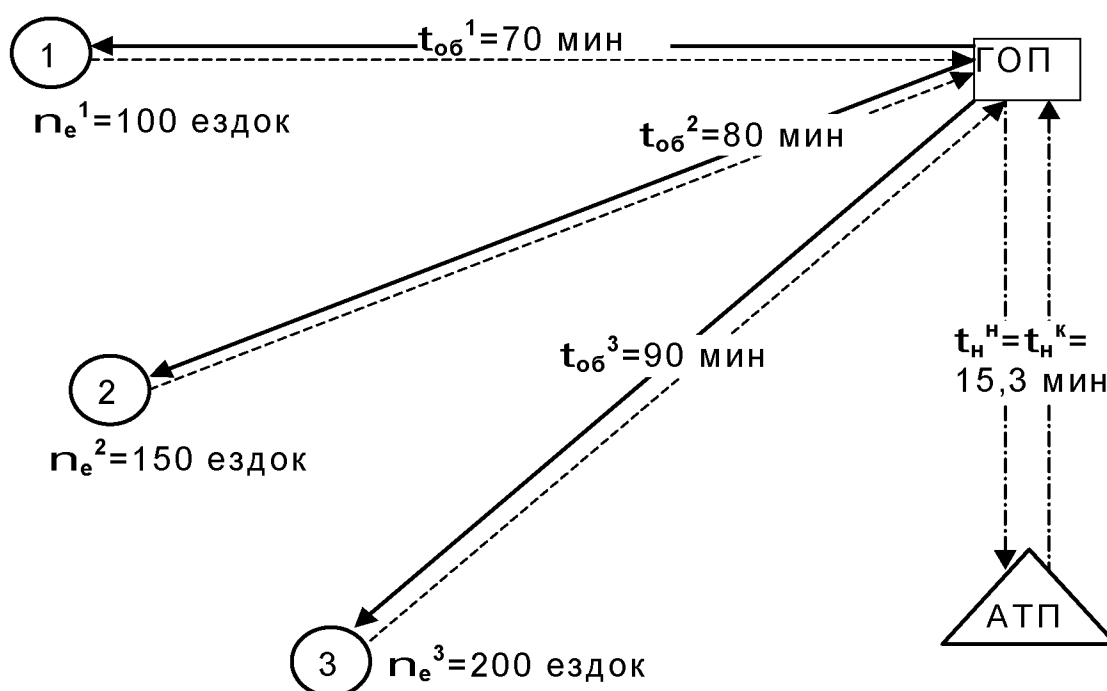


Рис. Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует. 3. Схема организации перевозок

Переменные x_i ($i = 1, 2, \dots$) идентифицируются как число автомобилей, работающих по i -му варианту организации транспортного процесса (Таблица Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.2).

Таблица **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..2**

Варианты организации транспортного процесса

ГПП	Время оборота, $t_{об}$, мин	Варианты организации					Кол-во ездок, n_e
		1(x_1)	2(x_2)	3(x_3)	4(x_4)	5(x_5)	
1	70	6	5	1	0	0	100
2	80	0	1	0	2	3	150
3	90	0	0	4	3	2	200
Остаток ($T_{пл}-T_{ф}$), мин		11	1	1	1	11	

Таблица **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..3**

Построенные модели

Критерий	Целевая функция	Ограничения
Максимальное число автомобилей	$\max Z = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5$	$6x_1 + 5x_2 + x_3 \leq 100$ $x_2 + 2x_4 + 3x_5 \leq 150$ $4x_3 + 3x_4 + 2x_5 \leq 200$ $x_1, \dots, x_5 \geq 0$
Минимальное число автомобилей	$\min Z = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5$	$6x_1 + 5x_2 + x_3 \geq 100$ $x_2 + 2x_4 + 3x_5 \geq 150$ $4x_3 + 3x_4 + 2x_5 \geq 200$ $x_1, \dots, x_5 \geq 0$
Минимальное суммарное недоработанное время до $T_{пл}$	$\min Z' = 11x_1 + 1x_2 + 1x_3 + 1x_4 + 11x_5$	$6x_1 + 5x_2 + x_3 \geq 100$ $x_2 + 2x_4 + 3x_5 \geq 150$ $4x_3 + 3x_4 + 2x_5 \geq 200$ $x_1, \dots, x_5 \geq 0$

Использование процедуры Поиск решения в MS Excel

Входим в программу MS Excel. На листе оформляются таблицы, иллюстрирующие модель задачи и позволяющие в удобной форме производить решение. В выделенные ячейки будут заноситься формулы, соответствующие системе ограничений и целевой функции, а также помещаться значения переменных (**изменяемые ячейки**). Невыделенные зоны будут содержать справочную информацию. В ячейку **D8** заносится формула Z , используя либо стандартные формулы Excel (меню **Вставка** ► **Функция** ► **Математические** ►

СУММПРОИЗВ(D6:M6;D7:M7), либо производя набор с клавиатуры (Рис. 3.2). в ячейках O12:O21 действия аналогичны для формул ограничений.

Входим в меню **Сервис (ДАННЫЕ) ► Поиск решения**. Для заполнения в диалоговом окне поля **«Установить целевую ячейку»** производим щелчок левой кнопкой мыши на рабочем листе в ячейке **D8**. Устанавливается переключатель в положение **«Минимальному значению»**. Поле **«Изменяя ячейки»** заполняется протаскиванием мыши при нажатой левой клавише по ячейкам **D7:M7** (Рис. 3.2).

E26															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5			Переменные	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10		
6			коэффициенты целевой функции		1	1	1	1	1						
7			изменяемые ячейки(решение)												
8			значение целевой функции												
9															
10															
11			Ограничения	коэффициенты при переменных										Объем	Формула
12			1	6	5	1								100	0
13			2		1		2	3						150	0
14			3			4	3	2						200	0
15			4												0
16			5												0
17			6												0
18			7												0
19			8												0
20			9												0
21			10												0
22															

Рис. Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..4. Пример записи формул в
преобразователи соответствующих ячеек

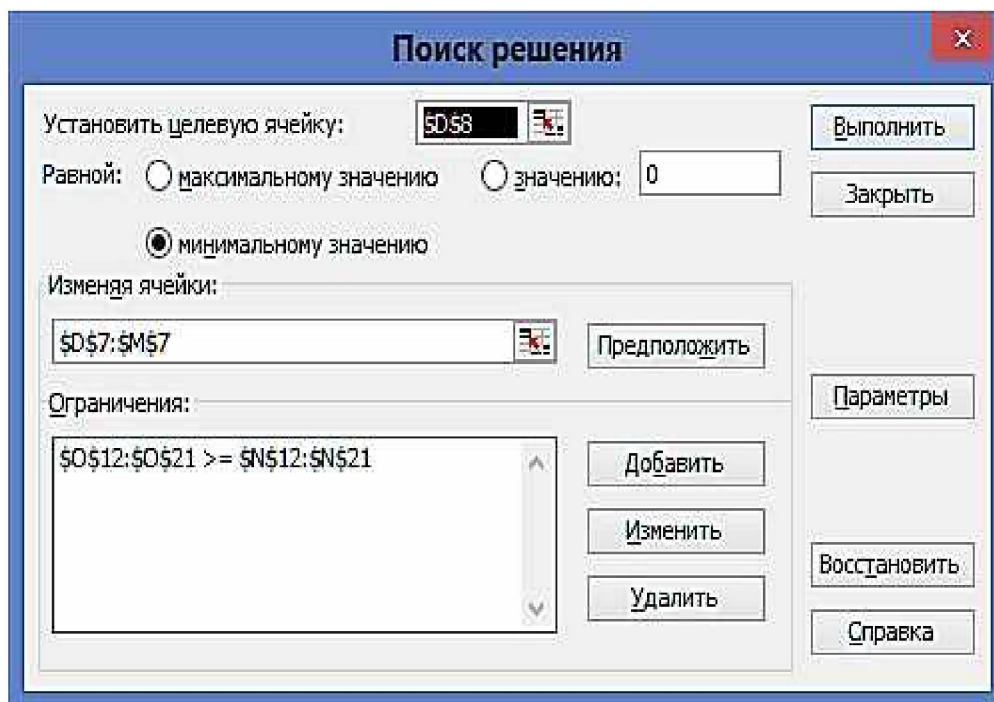


Рис. Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует 5 Действия в поле «Поиск решения»

Решение модели на минимум числа автомобилей представлен на Рис. 3.4.

J24															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5			Переменные	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10		
6			коэффициенты												
			целевой												
			функции	1	1	1	1	1							
7			изменяемые												
			ячейки(решение)	0	19,8	1,2	65,1	0	0	0	0	0	0		
8			значение	86,04651163											
9			целевой												
10			функции												
11			Ограничения	коэффициенты при переменных										Объем	Формула
12			1	6	5	1								100	100
13			2		1		2	3						150	150
14			3			4	3	2						200	200
15			4											0	0
16			5											0	0
17			6											0	0
18			7											0	0
19			8											0	0
20			9											0	0
21			10											0	0

Рис. Ошибка! Текст указанного стиля в

Оформление работы

Лабораторная работа оформляется в тетради для лабораторных работ в виде пояснительной записки, включая:

- 1) исходные данные (задаются преподавателем);
- 2) математические модели задачи о раскрое в транспортной постановке, включающие выражения целевой функции и системы ограничений;
- 3) решение модели на минимум целевой функции с помощью надстройки «Поиск решения» программы обработки электронных таблиц Excel на компьютере.

Задание на выполнение следующей работы выдается после сдачи предыдущей.

Лабораторная работа 4. Целочисленное программирование.

Решение задачи о загрузке методом лексикографического перебора с использованием прикладного ПО.

Цель работы:

1. Изучение целочисленного комбинаторного метода лексикографического перебора.
2. Приобретение навыков использования алгоритма задачи о загрузке в планировании сменно-суточных заданий при работе автомобилей на маятниковых маршрутах.
3. Использование средств вычислительной техники.

Задание:

Сформировать сменно-суточные задания на перевозку грузов со склада множеству потребителей наименьшим числом автомобилей за фиксированное время.

Исходные данные:

- 1) дислокация склада (ГОП) и грузопоглощающих пунктов (ГПП) на модели транспортной сети;
- 2) режим работы водителей;
- 3) время на совершение погрузочно-разгрузочных работ, груженого и холостого пробега по каждому маятниковому маршруту;
- 4) количество ездов к каждому потребителю груза.

Постановка задачи о загрузке

Рассматривается задача составления плана перевозок груза из одного ГОП потребителям однотипным подвижным составом.

Обозначения:

n – количество потребителей;

b_j – количество ездов к потребителю j ($j = 1, 2, \dots, n$);

$t_j^{об}$ – время одного оборота при доставке груза потребителю j (сумма времени на погрузочно-разгрузочные операции, груженный и холостой пробеги);

$T_{пл}$ – планируемое время работы автомобиля на линии.

Необходимо построить оптимальную (по критерию минимума числа автомобилей) систему сменно-суточных заданий, обеспечивающую выполнение заданного объема перевозок.

Представленная задача по математической постановке эквивалентна так называемой задаче о разбиении множества на минимальное количество подмножеств с ограничениями на их характеристики. В литературе известна задача о загрузке в постановке:

Имеется m грузов с массами Q_i ($i = 1, 2, \dots, m$). Требуется погрузить их на минимум автомобилей грузоподъемностью q_n .

Задача планирования работы по маятниковым маршрутам, исходящим из одного поставщика, аналогична задаче о загрузке. В этом случае под количеством грузов понимается число маятниковых маршрутов $\sum b_j$, под грузоподъемностью автомобиля – планируемое время работы автомобиля на линии, под массой груза – время одного оборота $t^{об}_j$. Требуется так разбить потребителей на группы, чтобы суммарное время обслуживания каждой группы потребителей не превосходило $T_{пл}$ и количество групп было минимальным.

Алгоритм метода лексикографического перебора

Алгоритм решения разберем на примере. Со склада необходимо доставить груз четырем потребителям. Количество ездов и время оборота представлены в Таблица **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.** 4, планируемое время работы автомобиля на линии 480 мин.

Таблица **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.** 4

Исходная информация				
Показатели	Потребители			
	1	2	3	4
Количество ездов b_j	2	2	2	4
Время оборота $t^{об}_j$	120	222	240	180

Решим поставленную задачу, используя термины задачи о загрузке: имеется 10 грузов массой 120, 120, 222, 222, 240, 240, 180, 180, 180, 180 единиц, грузоподъемность автомобилей 480 единиц.

Вначале определяются нижняя Z' и верхняя Z'' границы числа автомобилей. Нижняя – это округленная до целого числа в большую сторону величина частного от деления суммарной массы груза на грузоподъемность автомобиля. В нашем примере $Z' = 1884/480 = 4$. Верхнюю границу можно установить путем однопроходной процедуры размещения грузов на автомобилях. Например, на первый автомобиль помещается первый, второй и третий груз, на второй – четвертый и пятый и т.д. Решение начинают с числа автомобилей Z , определяемого как целая часть частного от деления:

$$Z = \text{entier} [(Z' + Z'') / 2]$$

Если для Z допустимого распределения нет, то Z' повышается до $Z+1$, в противном случае Z'' снижается до Z . Если после этого $Z' \neq Z''$, то выбирается новое Z и проводится очередное распределение груза. Для рассматриваемого примера $Z = 4$.

Правила перебора в лексикографической последовательности представлены в Таблица **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**..5.

Опишем отдельную итерацию. Итерация состоит из последовательности шагов. Выполнение одного шага относится к некоторому автомобилю и определяет переход к следующему или предыдущему автомобилю.

Всего имеется Z автомобилей. К началу каждого шага определен список свободного груза и неотрицательный запас. Допустим, что сделано несколько шагов, последний из которых определил переход к автомобилю k . Это значит, что для $k-1$ автомобилей выбраны допустимые загрузки. Если остался один автомобиль ($k = Z$), то неотрицательный запас гарантирует существование для этого автомобиля допустимой загрузки. При этом итерация заканчивается получением допустимого распределения груза. Если осталось более одного автомобиля ($k < Z$), то определяется очередная допустимая загрузка k -го автомобиля. При обнаружении таковой очередной шаг заканчивается. Новый шаг будет относиться к следующему автомобилю.

Если очередной допустимой загрузки не существует, т.е. все допустимые загрузки уже испытаны, то шаг также заканчивается, а последующий шаг будет относиться к предыдущему автомобилю.

Когда выясняется, что испытаны все допустимые загрузки для первого автомобиля, итерация заканчивается установлением факта, что для Z автомобилей допустимого распределения груза не существует. Определяется новое значение Z и расчеты повторяются.

Результаты расчетов сводятся в Таблица **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**6. Исходное состояние: $Z = 4$, запас составляет $(4 \times 480) - (2 \times 120 + 2 \times 222 + 2 \times 240 + 4 \times 180) = 36$.

Решение имеет следующий вид. Для перевозок достаточно использовать 4 автомобиля. Первый автомобиль делает езду к первому потребителю и две ездки к четвертому. Тот же план дается второму автомобилю. Время работы 480 мин. Третий автомобиль дважды посещает второго потребителя, затрачивая 444 мин. Четвертый делает две ездки к четвертому потребителю за 480 мин. Расчеты могут быть выполнены с использованием прикладной программы "LEKS", разработанной на кафедре "Автомобильные перевозки" МАДИ.

Таблица **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..5**

Правила перебора

Правила	Определения
1	2
1. Если суммарная масса груза, предназначенного к погрузке, превосходит грузоподъемность, то загрузка недопустима, в противном случае допустима	Загрузка - это набор, состоящий из номеров грузов, предназначенных к погрузке на данный автомобиль: 1,1,7; 3,8; 5,8,10
2. Недопустимо, если груз с бóльшим номером включен в загрузку раньше, чем груз с меньшим номером	Эквивалентные загрузки , например, (1,3,2), (1,2,3), (2,1,3)
3. Недопустимо на автомобиль с большим порядковым номером производить загрузку, предшествующую загрузке автомобиля с меньшим номером	Упорядочение загрузок. Одна загрузка предшествует другой, если число, составленное из номеров грузов, в первом случае меньше, чем во втором. При неодинаковом числе разрядов дописываются нули. Например, (1,2) предшествует (1,3); а (1,3,4) предшествует (1,4), так как $134 < 140$
4. Если загрузка имеет первой компонентой число s , и в списке свободных грузов есть груз с номером меньшим, чем s , то он не может быть включен ни в данную, ни в последующие загрузки	Свободным называется груз, не включенный ни в одну из загрузок
5. Неполные загрузки считаются недопустимыми	Полная – это загрузка, в которую нельзя включить ни один из свободных грузов
6. Если недогруз превышает запас, то загрузка недопустима	Запас грузоподъемности: $q_{нз} - \sum Q_i$
7. Грузам одинаковой массы целесообразно присваивать один и тот же номер	

8. Если для ($k - 1$)-го автомобиля получена допустимая загрузка, то при возможности на k -ый автомобиль производят аналогичную загрузку	
9. Целесообразно располагать грузы по убыванию их массы	

Таблица **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..6**

Распределение грузов по автомобилям

Запас, ед.	№ а/м	Свободные грузы, ед.				За- груз- ка	Объем загрузки , ед.	Не- до- груз	Примечани я
		1	2	3	4				
		120	222	240	180				
36	1	2	2	2	4	1 1, 1 1, 1, 2	120 120+120 240+222	18	Правило 5 - " - Приним.
18	2	-	1	2	4	2 2, 3	222 222+240	18	Правило 5 Приним.
0	3	-	-	1	4	3, 4 4	240+180 180	60	Правило 6 Правило 4
18	2	-	1	2	4	2, 4 3	222+180 240	78	Правило 6 Правило 4
36	1	2	2	2	4	1, 1, 3	240+240	0	Приним.
36	2	-	2	1	4	2, 2	222+222	36	Приним.
0	3	-	-	1	4	3, 4 4	240+180 180	60	Правило 6 Правило 4
36	2	-	2	1	4	2, 3	222+240	18	Приним.
18	3	-	1	-	4	2, 4	222+180	78	Правило 6
36	2	-	2	1	4	2, 4	222+180	78	Правило 6

36	1	2	2	2	4	1, 1, 4 1, 2 1, 3 1, 4 1, 4, 4	420 120+222 120+240 120+180 480	60 0	Правило 6 Правило 5 - “ - - “ - Приним.
36	2	1	2	2	2	1, 4, 4	480	0	Приним.
36	3	-	2	2	-	2, 2	444	36	Приним.
0	4	-	-	2	-	3, 3	480	0	Приним.

Оформление работы

Лабораторная работа оформляется в тетради для лабораторных работ в виде пояснительной записки, включая:

- 1) таблицу исходных данных (задается преподавателем);
- 2) расчет оптимальной (по критерию минимума числа автомобилей) системы сменно-суточных заданий, обеспечивающей выполнение заданного объема перевозок;
- 3) решение задачи с помощью программы «LEKS» на компьютере.

Задание на выполнение следующей работы выдается после сдачи предыдущей.

Список использованных источников

1. Просов С.Н. Моделирование транспортных сетей и оптимизация грузопотоков : методические указания к курсовому проектированию по дисциплине "Моделирование транспортных процессов" / С.Н. Просов ; МАДИ .— М. : МАДИ, 2021 .— 24 с. : ил. — Автор - преподаватель МАДИ .— Библиогр.: с. 18-19.
2. Просов С.Н. Моделирование перевозок грузов по маятниковым маршрутам : лабораторный практикум и методические указания для практических занятий по дисциплине "Моделирование транспортных процессов" / С.Н. Просов ; МАДИ .— М. : МАДИ, 2022 .— 47 с. : ил. — Автор - преподаватель МАДИ .— Библиогр.: с. 45-46.
3. Лычкина Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов : учебное пособие / Н.Н. Лычкина. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 254 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/724.
4. Просов С.Н. Проектирование развозочных автотранспортных систем доставки тарно-штучных грузов в условиях крупного города: методические указания к курсовому проекту по дисциплине 'Методология проектирования транспортных систем' / С.Н. Просов, Н.А. Атрохов. - М.: МАДИ, 2018. - 40 с. : ил., табл .— Авторы-преподаватели МАДИ .— Библиогр.: с. 35-36.
5. Кундышева Е.С. Экономико-математическое моделирование [Электронный ресурс] : Учебник / Е. С. Кундышева; под науч. ред. проф. Б. А. Сулакова. — 4-е изд. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2012. — 424 с. - ISBN 978-5-394-01716-2
6. Просов С.Н. Эвристические модели маршрутизации перевозок грузов мелкопартионными отправлениями : Лабораторный практикум по курсу 'Моделирование транспортных систем' / МАДИ (ГТУ) .— М., 2008 .— 31 с. : ил. — Библиогр.: с. 29-30.
7. Просов С.Н. Модель кольцевой маршрутизации перевозок грузов помашинными отправлениями: лабораторный практикум и методические указания для практических занятий по курсу "Моделирование транспортных процессов" / С.Н. Просов ; Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ) .— М. : МАДИ, 2016 .— 48 с. : ил., табл .— Автор-преподаватель МАДИ .— Библиогр.: с. 46.
8. Балдин К.В. Математическое программирование : учебник / К.В. Балдин, Н.А. Брызгалов, А.В. Рукусов ; под общей редакцией К.В. Балдина. — 2-е изд. — Москва : Дашков и К, 2016. — 218 с. — ISBN 978-5-394-01457-4.
9. Просов С.Н. Проектирование автотранспортных систем доставки : учебное пособие / С.Н. Просов ; МАДИ .— М. : МАДИ, 2017 .— 100 с. : ил., табл., схемы .— Автор-преподаватель МАДИ .— Библиогр.: с. 97-100.