



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)**

Факультет Дорожно-транспортный

Кафедра Организация перевозок и дорожного движения

Зав. кафедрой «_____»

_____ д.т.н., проф.
Зырянов В.В.
(подпись)

«___» _____ 2022 г.

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине
Моделирование транспортно-логистических процессов

для магистров всех форм обучения

Направление 23.04.01 «Технология транспортных процессов»

Ростов-на-Дону

2022

ПРЕДИСЛОВИЕ

Целью лабораторных работ является закрепление лекционного курса приобретение практических навыков по рациональному управлению процессом автомобильных перевозок.

Объем лабораторных и практических занятий соответствует учебному плану. Цикл занятий состоит из шести разделов дисциплины.

1. Роль математического моделирования в принятии эффективных управленческих решений производственных задач автомобильного транспорта.

2. Модели транспортных сетей региона.

3. Формирование системы оптимальных грузопотоков с помощью модели транспортной задачи линейного программирования.

4. Модели кольцевой маршрутизации перевозок грузов помашинными отправлениями .

5. Маршрутизация перевозок грузов помашинными отправлениями с учетом подачи и возврата подвижного состава .

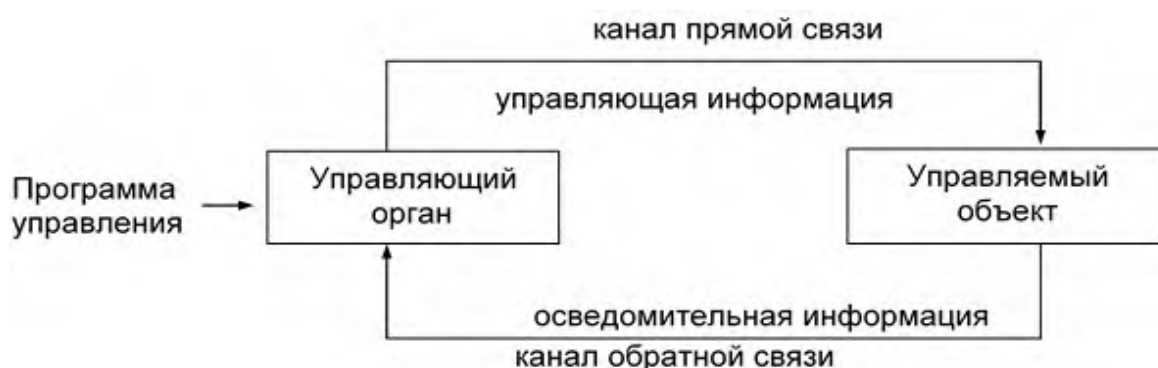
6. Формирование сменно-суточного плана маршрутизации перевозок грузов помашинными отправлениями.

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы следующие компетенции и достигнуты результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

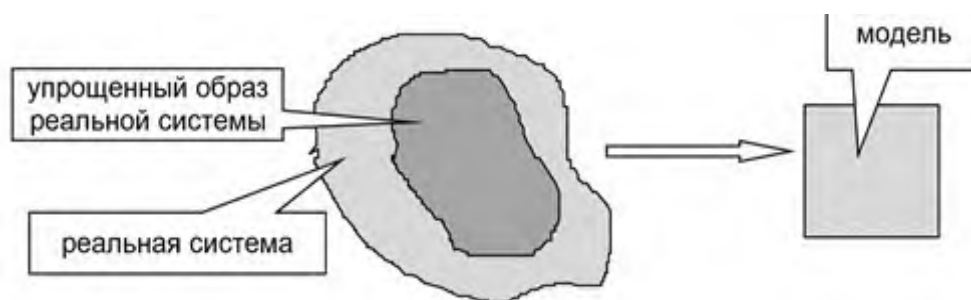
Код	Результаты освоения ОП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-9	Способность определять параметры оптимизации логистических транспортных цепей и звеньев с учетом критериев оптимальности	Знать: основные параметры оптимизации маршрутной транспортной сети. Уметь: ранжировать по уровню значимости параметры логистических транспортных цепей и критерии оптимизации. Владеть: основными методиками оптимизации логистических транспортных цепей в зависимости от поставленных критериев оптимизации
ПК-17	Способность выявлять приоритеты решения транспортных задач с учетом показателей экономической эффективности и экологической безопасности	Знать: основные модели транспортных задач и критерии оптимизации. Уметь: идентифицировать исследуемому транспортному процессу адекватную модель задачи в транспортной постановке с учетом показателей экономической эффективности. Владеть: основными методиками оптимизации маршрутов движения транспортных средств

1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В РЕШЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАЧ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА (ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1)

Математическое моделирование – основной метод кибернетики.
Принципиальная схема процесса управления.



Детерминированные и стохастические системы. Структура систем. Большие, сложные, простые и динамические системы. Вещественные, энергетические и информационные каналы. Локальный и системный подход изучения явлений и процессов в системах. Системный анализ. Понятие модели.



Виды моделей. Геометрическая, физическая, предметно-математическая, логико-математическая модель. Переход от системы-оригинала к модели. Математические, имитационные и эвристические модели. Информационное обеспечение моделей.

Вычислительные аспекты и этапы в исследовании операций (ИО):

- 1) идентификация проблемы;
- 2) построение модели;
- 3) решение задачи с помощью модели;
- 4) проверка адекватности модели;

5) реализация результатов исследования.

Этап 1. Идентификация проблемы:

- формулировка задачи и цели исследования;
- выявление возможных альтернатив решения применительно к проблемной ситуации;
- определение требований, условий и ограничений.

Этап 2. Построение модели.

Выбирается модель, наиболее подходящая для адекватного описания системы. Устанавливаются количественные соотношения для выражения целевой функции и ограничений в виде функций от управляемых переменных. Модель может соответствовать общему классу математических моделей ИО (например, модель линейного программирования). Если соотношения в модели слишком сложные и не позволяют получить аналитического решения, применяют имитационные модели. Иногда используют совместно математические, имитационные и эвристические модели.

Этап 3. Решение сформулированной задачи.

При использовании математической модели задача решается с помощью апробированных оптимизационных методов. Если модель эвристическая или имитационная, то получают приближенное решение. На этом этапе осуществляют анализ модели на чувствительность, т.е. как меняется решение при изменении параметров системы.

Этап 4. Проверка адекватности модели.

Модель считается адекватной, если она способна обеспечить достаточно надежное предсказание поведения системы. Общий метод проверки адекватности состоит в сопоставлении полученных результатов с характеристиками системы, которые при тех же исходных условиях имели место в прошлом. Если система новая, то такой способ проверки невозможен.

Этап 5. Реализация результатов исследования.

Конечные результаты оформляются в виде инструкций по эксплуатации для лиц, обеспечивающих управление системой. Учитываются замечания обслуживающего персонала.

2. МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ РЕГИОНА

2.1. Построение модели транспортной сети (МТС). Кодирование МТС для формирования базы данных. Расчет матрицы кратчайших расстояний с использованием прикладного программного обеспечения (ПО) (лабораторная работа № 2)

Цели работы:

- 1) приобретение практических навыков построения агрегатированных и детализированных моделей транспортных сетей;
- 2) использование средств вычислительной техники в расчете кратчайших расстояний и путей проезда.

Задание: разработать агрегатированную модель транспортной сети и рассчитать матрицу кратчайших расстояний с использованием прикладного программного обеспечения для формирования сменного суточного плана маршрутизации перевозок ().

Исходные данные:

- 1) масштабная схема района перевозок;
- 2) схема организации дорожного движения;
- 3) прикладное программное обеспечение.

2.1.1. Моделирование транспортных сетей

На практике используют агрегатированные и детализированные модели транспортных сетей. Агрегатированные 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:

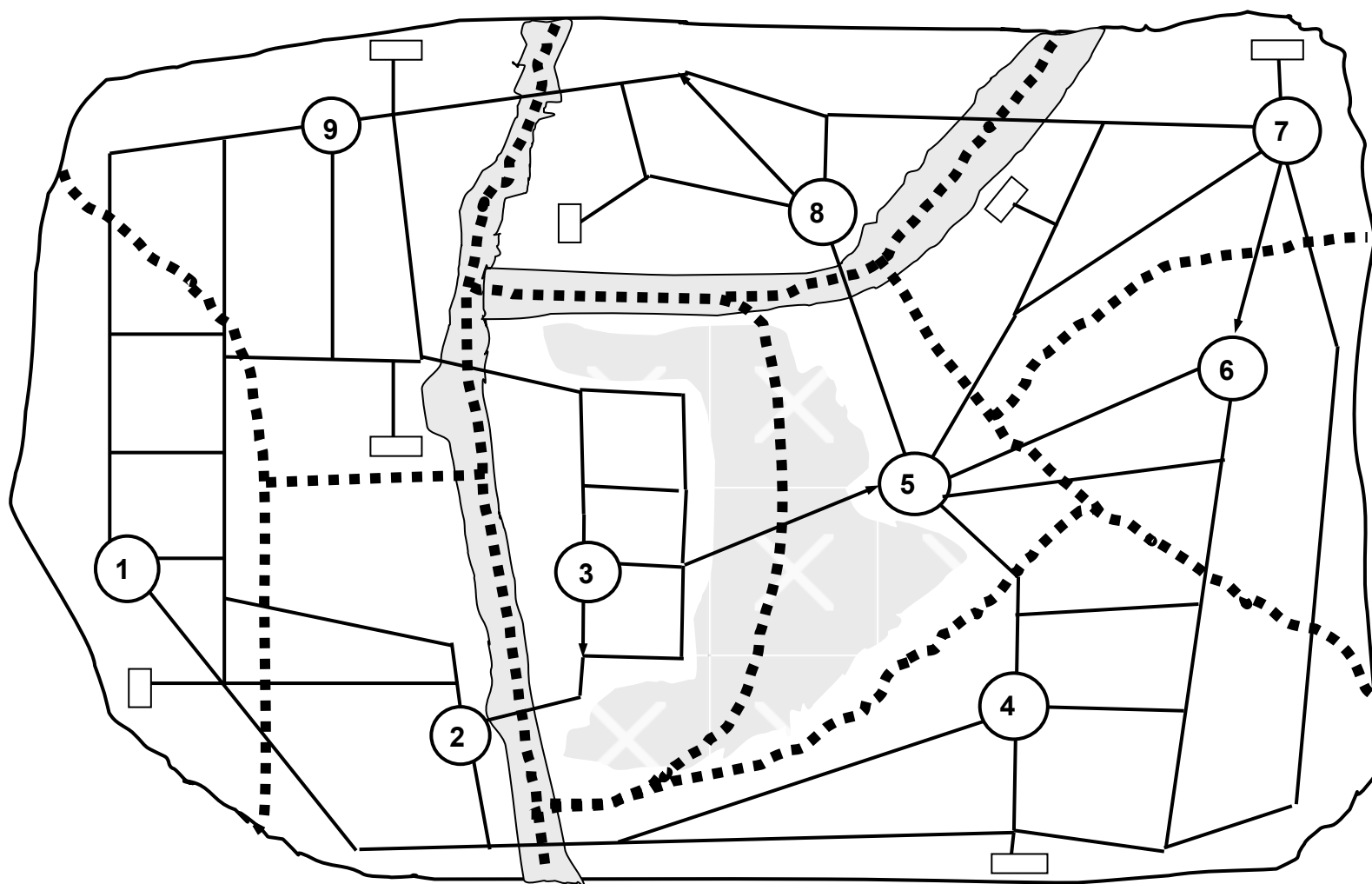
- 1) месторасположением единственного поставщика или потребителя в микрорайоне;
- 2) географическим центром при наличии нескольких поставщиков или (и) потребителей.

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

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. Примеры моделирования пересечений представлены на рис. 2.3.

2.1.2. Кодирование транспортной сети для проведения расчетов на компьютере

Информация по сети записывается в виде массивов номеров вершин, связей и протяженностей. Кодирование модели на рис. 2.2 дано в табл. 2.1, где в скобках записаны длины однозвенных связей. Первая строка таблицы показывает, что с вершиной 1 связаны вершины 2 и 9, длины соответствующих однозвенных связей равны 3 и 5 км.



Масштаб 1:40000

Рис. 2.1. Пример построения границ микрорайонов:

—→ — направление одностороннего движения

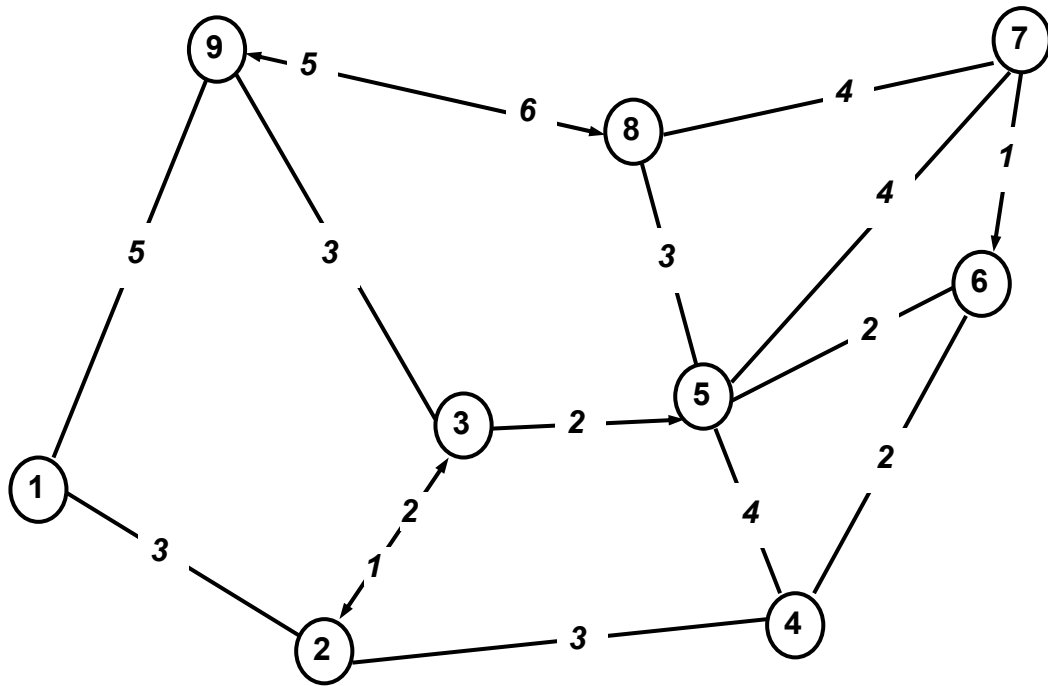


Рис. 2.2. Пример агрегированной модели транспортной сети

Таблица 2.1

Кодирование 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)

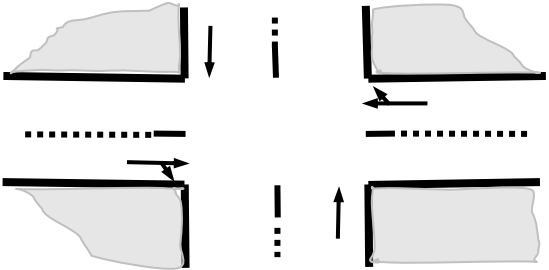
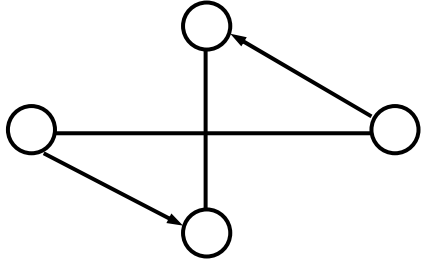
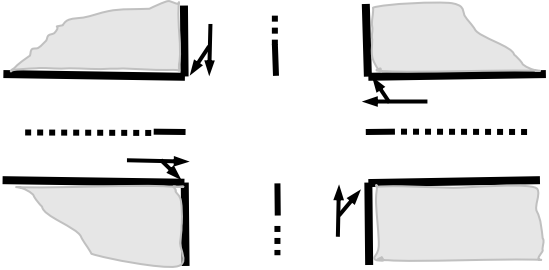
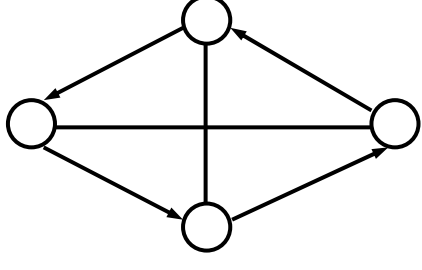
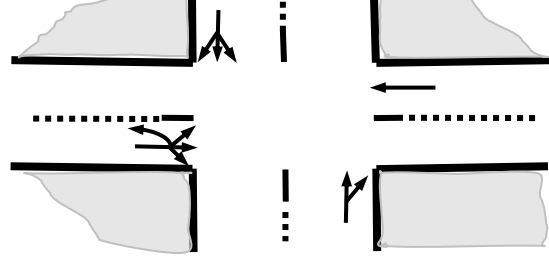
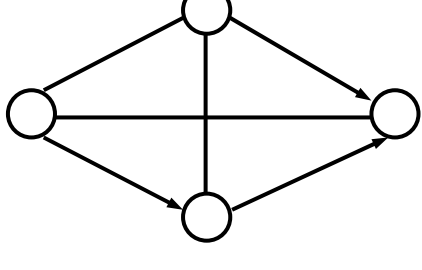
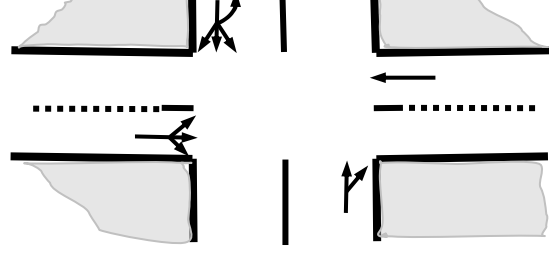
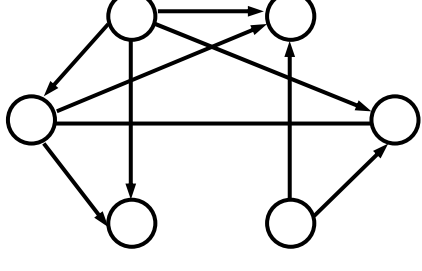
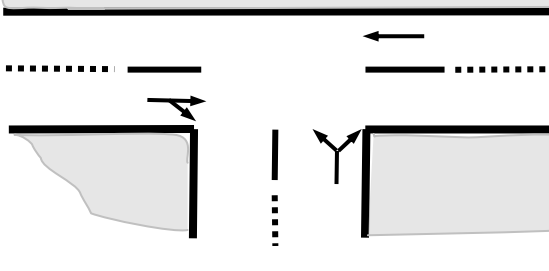
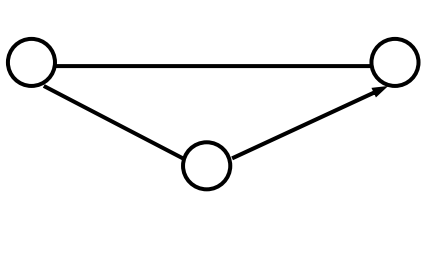
Вид перекрестка с разрешенными направлениями движения	Графическое изображение на модели транспортной сети
	
	
	
	
	

Рис. 2.3. Примеры моделирования пересечений

2.2. Моделирование транспортных сетей. Алгоритм метода Дейкстры (потенциалов) расчета кратчайших расстояний и кратчайших путей проезда. Расчёт расстояний с использованием современных информационных технологий (ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3)

Цель работы:

- 1) приобретение практических навыков работы с агрегированными и детализированными моделями транспортных сетей;
- 2) изучение существующих методов расчета кратчайших расстояний и путей проезда;
- 3) использование средств вычислительной техники и информационных технологий.

Задание: по агрегированной МТС рассчитать фрагмент матрицы кратчайших расстояний и путей проезда от четырех вершин методом Дейкстры (потенциалов). Определить кратчайшие траектории проезда по интернет ресурсу «Яндекс. Карты Пробки».

Исходные данные:

- 1) агрегированная модель транспортной сети (МТС);
- 2) доступ к интернет ресурсу «Яндекс. Карты Пробки».

2.2.1. Метод потенциалов расчета кратчайших расстояний и путей проезда

Вершине, от которой требуется определить кратчайшее расстояние, присваивается потенциал, равный нулю.

Шаг 1. Отыскиваются звенья, в которых начальные вершины i имеют потенциалы v_i , а конечные j не имеют. Значения потенциалов конечных вершин v_j определяются по формуле:

$$v_j = v_i + c_{ij},$$

где c_{ij} – длина звена (i,j) .

Шаг 2. Если потенциал вершины j определен неоднозначно, в расчетах оставляют наименьшее значение v_j . Из всех полученных от начала расчетов и не присвоенных вершинам потенциалов выбирается наименьший. Его значение присваивается конечной вершине.

Шаг 3. Звено (i,j) отмечается стрелкой.

Действия повторяются, начиная с шага 1, до присвоения потенциалов всем вершинам. Величина потенциала у соответствующей вершины показывает кратчайшее расстояние до данного пункта. Звенья со стрелками образуют кратчайший маршрут движения от исходной вершины до всех остальных.

Принимая за начало последовательно каждый пункт сети и выполняя расчеты по приведенному алгоритму, получают матрицу кратчайших расстояний. Одна строка матрицы соответствует кратчайшим расстояниям от одной вершины до всех остальных. Строке расстояний соответствует один экземпляр модели транспортной сети с нанесенными стрелками, отображающими кратчайшие пути проезда.

Пример. Определить кратчайшие расстояния и кратчайшие пути проезда от вершины 1 до всех остальных (рис. 2.2).

Этап 1. $v_1 = 0$.

Этап 2:

1) определение потенциалов вершин, являющихся конечными по отношению к вершине 1:

$$v_2 = v_1 + c_{12} = 0 + 3 = 3,$$

$$v_9 = v_1 + c_{19} = 0 + 5 = 5;$$

2) выбор наименьшего значения из не присвоенных потенциалов:

$$\min (v_2, v_9) = v_2 = 3;$$

3) звено $(1,2)$ отмечается стрелкой (рис. 2.5). Вершине 2 присваивается значение кратчайшего расстояния, равное 3 (присвоенные значения записываются на модели транспортной сети у соответствующих вершин).

Этап 3. За начальную принимается вершина 2:

$$v_3 = v_2 + c_{23} = 3 + 2 = 5,$$

$$v_4 = v_2 + c_{24} = 3 + 3 = 6.$$

Дважды определенных потенциалов на этапах 2 и 3 нет, поэтому отыскивается наименьший из имеющихся рассчитанных и не присвоенных значений (при равенстве выбирается любой из них):

$$\min (v_9, v_3, v_4) = v_9 \text{ или } v_3 = v_9 = 5.$$

Звено (1,9) отмечается стрелкой (рис. 2.5). Вершине 9 присваивается значение кратчайшего расстояния, равное 5.

Этап 4. За начальную принимается вершина 9:

$$v_3 = v_9 + c_{93} = 5 + 3 = 8,$$

$$v_8 = v_9 + c_{98} = 5 + 6 = 11.$$

Потенциал вершины 3 определен дважды, в расчетах оставляют наименьший (при равных любой): $v_3 = 5$. Значение v_3 , полученное на этапе 4, вычеркивается:

$$\min(v_3, v_4, v_8) = v_3 = 5.$$

Звено (2,3) отмечается стрелкой (рис. 2.5). Вершине 3 присваивается значение потенциала, равное 5.

Этап 5. За начальную принимается вершина 3:

$$v_5 = v_3 + c_{35} = 5 + 2 = 7.$$

$$\min(v_4, v_8, v_5) = v_4 = 6.$$

Звено (2,4) отмечается стрелкой. Кратчайшее расстояние до вершины 4 равно 6. Далее процедура повторяется до присвоения кратчайших расстояний всем вершинам.

Удобно проводить расчеты в табличном виде (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Табличная запись процесса расчета

От вершины	Потенциал вершины с однозвенной связью
—	$v_1=0$
1	$v_2=v_1+c_{12}=0+3=3$ $v_9=v_1+c_{19}=0+5=5$
2	$v_3=v_2+c_{23}=3+2=5$ $v_4=v_2+c_{24}=3+3=6$
9	$v_3=v_9+c_{93}=5+3=8$ $v_8=v_9+c_{98}=5+6=11$
3	$v_5=v_3+c_{35}=5+2=7$
4	$v_6=v_4+c_{46}=6+4=10$ $v_6=v_4+c_{46}=6+2=8$
...	...
...	...

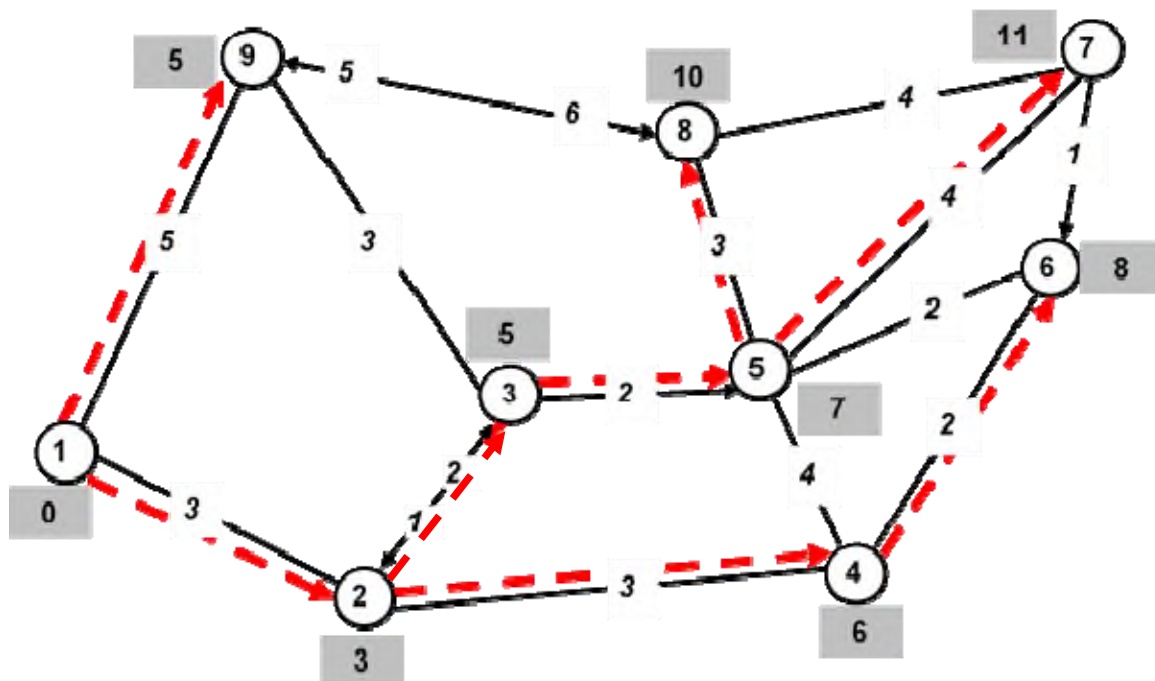


Рис. 2.5. Графическое отображение кратчайших расстояний и путей проезда

Запись кратчайших путей проезда от вершины 1 в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Кратчайшие пути проезда от вершины 1

№ строк (от вершины)	№ столбцов (до вершины)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	–	1	2	2	3	4	5	5	1

При определении кратчайших расстояний и путей проезда от других вершин процедура расчета аналогична вышеизложенной. Полностью матрица для сети, изображенной на рис. 2.2, в табл. 2.4.

2.2.2. Расчёт расстояний с использованием современных информационных технологий

Пример определения кратчайших траекторий проезда и расстояний при условии затрудненного движения по улично-дорожной сети (УДС) с помощью интернет ресурса «Яндекс. Карты Пробки» представлен на рис. 2.6.

Таблица 2.4

Матрица кратчайших расстояний и кратчайших путей проезда

№ строк (от вершины)	№ столбцов (до вершины)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	1 3	2 5	2 6	3 7	4 8	5 11	5 10	1 5
2	2 3	0	2 2	2 3	3 4	4 5	5 8	5 7	3 5
3	2 4	3 1	0	2 4	3 2	5 4	5 6	5 5	3 3
4	2 6	4 3	2 5	0	4 4	4 2	5 8	5 7	3 8
5	2 10	4 7	2 9	5 4	0	5 2	5 4	5 3	8 8
6	2 8	4 5	2 7	6 2	6 2	0	5 6	5 5	3 10
7	2 9	4 6	2 8	6 3	6 3	7 1	0	7 4	8 9
8	9 10	3 9	9 8	6 7	8 3	7 5	8 4	0	8 5
9	9 5	3 4	9 3	2 7	3 5	5 7	5 9	9 6	0

2.2.3. Оформление работы

Результаты практического занятия оформляются в виде пояснительной записки и графического материала, включая:

- 1) исходные данные (задаются преподавателем);
- 2) расчеты по определению кратчайших расстояний и путей проезда методом Дейкстры от четырех вершин до всех остальных (по заданию преподавателя);
- 3) скриншот интернет-ресурса «Яндекс. Карты Пробки».

Задание на выполнение следующей работы выдается после сдачи предыдущей.

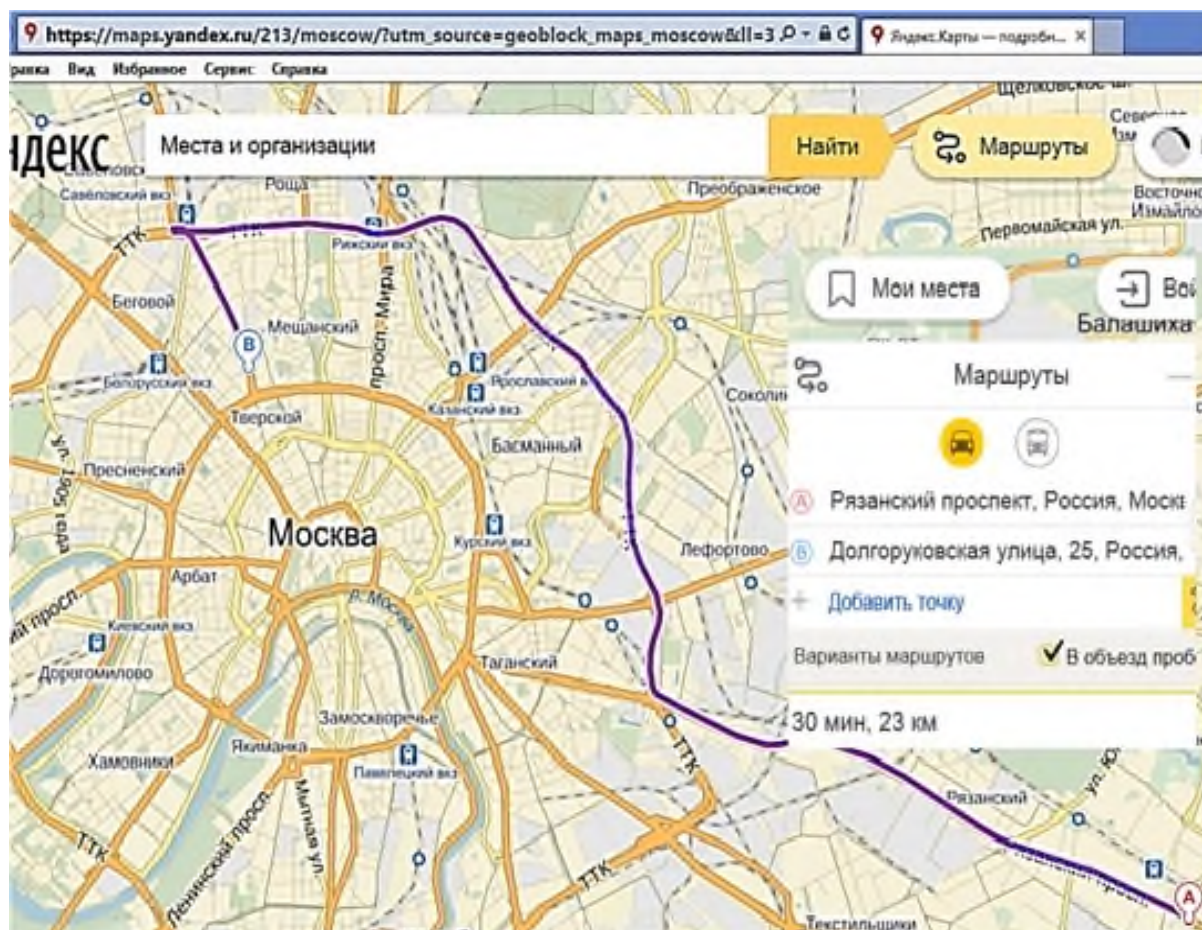


Рис. 2.6. Использование интернет ресурса «Яндекс. Карты Пробки»

3. ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОПТИМАЛЬНЫХ ГРУЗОПОТОКОВ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

3.1. Решение транспортной задачи линейного программирования распределительным методом МОДИ (ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3)

Цели работы:

- 1) изучение математической модели транспортной задачи линейного программирования;
- 2) приобретение навыков в построении первоначального опорного плана при решении транспортной задачи;
- 3) решение задачи оптимизации грузопотоков модифицированным распределительным методом МОДИ.

Задание: сформировать систему оптимальных (по критерию минимума транспортной работы) грузопотоков 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 объемами производства и потребления.

3.1.1. Постановка транспортной задачи, математическая модель

Однородный продукт, сосредоточенный у m поставщиков A_i в количестве a_i ($i = 1, 2, \dots, m$) единиц соответственно, необходимо доставить n потребителям B_j в количестве b_j ($j = 1, 2, \dots, n$) единиц. Известна стоимость c_{ij} перевозки единицы груза от i -го поставщика j -му потребителю. Необходимо составить план перевозок, позволяющий вывезти все грузы, полностью удовлетворить потребности и имеющий минимальную стоимость.

Обозначив через x_{ij} количество единиц груза, запланированного к перевозке от i -го поставщика к j -му потребителю, записывается математическая модель задачи: найти наименьшее значение целевой функции

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij},$$

при ограничениях:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad (i = 1, 2, \dots, m);$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad (j = 1, 2, \dots, n);$$

$$x_{ij} \geq 0;$$

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j.$$

3.1.2. Построение первоначального опорного плана

Исходную информацию сводят в табл. 3.1. Существует несколько схем построения первоначального решения: метод северо-западного угла, минимальной стоимости, двойного предпочтения, Фогеля и др.

Метод северо-западного угла. Не учитывая стоимости перевозки, удовлетворяется потребность первого потребителя B_1 за счет запаса поставщика A_1 . Сравниваются величины a_1 и b_1 . Меньший из объемов записывается в клетку A_1B_1 . Если $a_1 < b_1$, то запасы поставщика A_1 израсходованы, строка A_1 вычеркивается и следующей заполняется клетка A_2B_1 . Если $a_1 > b_1$, то зачеркивается столбец B_1 и следующей заполняется клетка A_1B_2 . Процедура повторяется до загрузки клетки A_mB_n . При использовании данного метода стоимость перевозки не учитывается, поэтому план далек от оптимального.

Таблица 3.1

Матрица закрепления поставщиков за потребителями

Постав- щики (ГОП)	Потен- циалы строк α_i	Потребители (ГПП)						Объе- мы произ- водства
		B_1	B_2	...	B_j	...	B_n	
		Потенциалы столбцов, β_j						
A_1		c_{11}	c_{12}		c_{1i}		c_{1n}	a_1
A_2		c_{21}	c_{22}		c_{2i}		c_{2n}	a_2
...								...
A_i		c_{i1}	c_{i2}		c_{ij}		c_{in}	a_i
...								...
A_m		c_{m1}	c_{m2}		c_{mj}		c_{mn}	a_m
Объемы потребления		b_1	b_2	...	b_j	...	b_n	

Метод минимальной стоимости. Выбирается клетка с наименьшей стоимостной оценкой c_{ij} и производится ее загрузка наименьшим из объемов a_i и b_j . Из рассмотрения исключается строка A_i , если $a_i < b_j$, или столбец B_j , если $a_i > b_j$. В случае $a_i = b_j$ вычеркивается строка A_i и столбец B_j .

Из оставшейся части матрицы вновь выбирается клетка с наименьшей стоимостной оценкой, и процедура повторяется до распределения всех объемов производства и потребления.

Метод двойного предпочтения. В столбцах отмечают клетки с наименьшей стоимостью. То же самое производят в строках. В результате некоторые клетки имеют двойную отметку. Их загружают максимально возможными объемами перевозок и проводят исключение из матрицы соответствующих строк и столбцов в зависимости от величин a_i и b_j . Затем распределяют объемы по клеткам с одной отметкой. В оставшейся части матрицы распределение по наименьшей стоимости.

3.1.3. Модифицированный распределительный метод (МОДИ)

Этап 1. Определение необходимого числа загруженных клеток $m + n - 1$. Возможны три варианта.

1) Число фактически загруженных клеток в первоначальном плане больше, чем $m + n - 1$. В матрице отыскивается замкнутый контур. Он может быть четырех-, шести-, восьми- и т.д. угольным. Основное условие построения контура – все его вершины должны располагаться в загруженных клетках. В контуре клетку с наименьшей загрузкой отмечают знаком минус и, проходя по контуру, знак чередуется. Величина наименьшей загрузки прибавляется в контуре к объемам в клетках со знаком плюс и вычитается из объемов со знаком минус. После этой операции количество загруженных клеток матрицы сокращается как минимум на одну.

2) Число фактически загруженных клеток равно $m + n - 1$. Переходят к этапу 2.

3) Число фактически загруженных клеток меньше $m + n - 1$. Начинают выполнение этапа 2 при наличии возможности расстановки потенциалов. Если таковой не имеется, клетку с одним известным потенциалом и наименьшей стоимостной оценкой загружают нулевым объемом перевозок.

Этап 2. Расстановка потенциалов. Первой строке матрицы присваивают нулевой потенциал ($\alpha_1 = 0$). Для определения потенциалов всех строк и столбцов используют условие для **загруженных** клеток:

$$\alpha_i + \beta_j = c_{ij},$$

где α_i – потенциал i -й строки; β_j – потенциал j -го столбца; c_{ij} – стоимостная оценка в **загруженной** клетке.

Этап 3. Проверка решения на оптимальность. Если в **незагруженной** клетке матрицы выполняется условие $c_{ij} < \alpha_i + \beta_j$, то решение не является оптимальным. Указанные клетки называются **потенциальными**. Для них отыскивается величина $[(\alpha_i + \beta_j) - c_{ij}]$, и там, где данное значение максимальное, начинается выполнение этапа 4.

Этап 4. Построение контуров перераспределения. С выбранной потенциальной клеткой строится контур, все вершины которого расположены в загруженных клетках, а только **одна** в потенциальной. Контуров могут быть четырех-, шести-, восьми- и т.д. угольными (рис. 3.1).

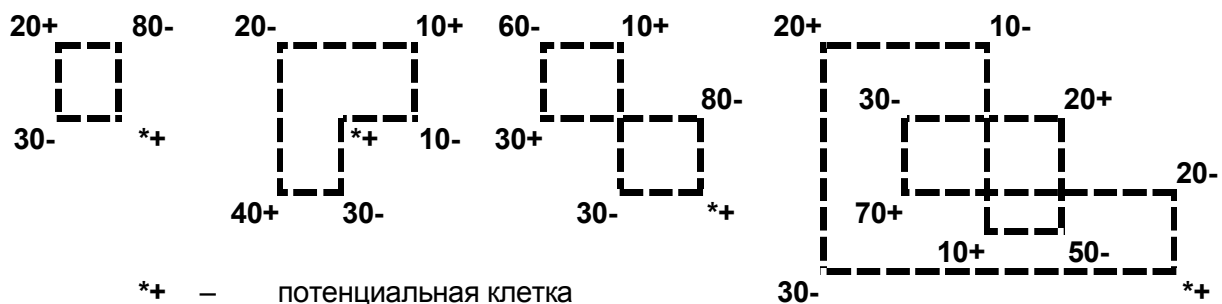


Рис. 3.1. Виды контуров метода МОДИ

Для выбранной потенциальной клетки возможно построение лишь одного контура, в котором вершина с потенциальной клеткой обозначается знаком плюс, и, проходя по контуру, знак чередуется. В вершинах со знаком минус определяется наименьший объем перевозки, который прибавляется к объемам в клетках со знаком плюс и вычитается из объемов со знаком минус. Далее процедура повторяется, начиная с этапа 2, до момента отсутствия в решении потенциальных клеток, т.е. получения оптимального распределения. Блок-схема метода МОДИ представлена на рис. 3.2.

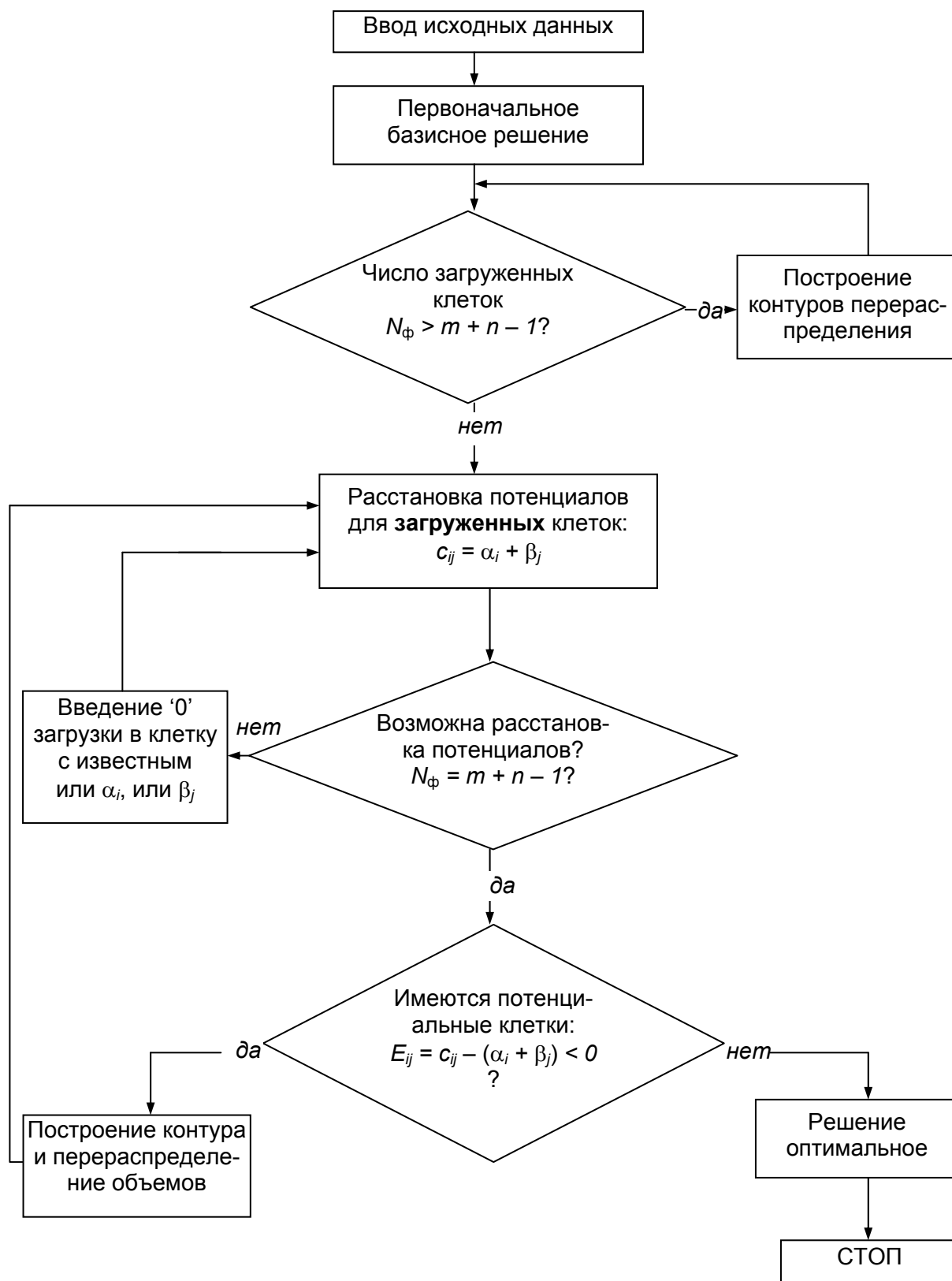


Рис. 3.2. Блок-схема метода МОДИ

3.1.4. Открытая модель транспортной задачи

Задача, в которой суммарные запасы производства и потребления совпадают, т.е. $\sum a_i = \sum b_j$, называется *закрытой моделью*, в противном случае – *открытой*. Открытая модель решается приведением к закрытой. Если $\sum a_i > \sum b_j$, вводится фиктивный потребитель – B_{ϕ} с объемом потребления $b_{\phi} = \sum a_i - \sum b_j$. Если $\sum a_i < \sum b_j$, вводится фиктивный поставщик – A_{ϕ} с объемом производства $a_{\phi} = \sum b_j - \sum a_i$. Стоимости перевозок единицы груза полагаются равными нулю. После преобразований задача принимает вид закрытой модели.

3.1.5. Словесная постановка примера задачи

Автотранспортное предприятие (АТП), расположенное в вершине 9 модели транспортной сети (рис. 2.2), осуществляет доставку следующих грузов.

1. Песка (класс груза 1, $\gamma_c = 1$) автосамосвалами грузоподъемностью (q_n) 10 т от поставщиков, расположенных в пунктах 1, 4, 7, потребителям в пункты 6, 8 и 9. Объемы производства (Q^p_i) 200 т, 400 т, 300 т; потребления (Q^p_j) 100 т, 500 т и 300 т.

2. Гравия (класс груза 1, $\gamma_c = 1$) автосамосвалами грузоподъемностью 10т от поставщиков в пунктах 1 и 5 потребителям в пункты 2, 3 и 9. Объемы производства (Q^p_i) 300 и 400 т, потребления (Q^p_j) 200, 100 и 400 т.

Время нахождения автомобилей в наряде (T_n) 8,0 ч, среднетехническая скорость (V_T) 20 км/ч, время на погрузку (t_n) 10 мин, разгрузку (t_p) 10 мин, подготовительно-заключительные операции ($t_{п-з}$) 0,4 ч (24 мин). Матрица кратчайших расстояний представлена в табл. 2.4.

Требуется:

- 1) составить систему рациональных маршрутов по критерию максимума коэффициента использования пробега;
- 2) определить количество автомобилей на маршрутах;
- 3) сформировать систему сменно-суточных заданий водителям.

Решение поставленных задач осуществляется поэтапно и рассмотрено в данной и последующих работах.

3.1.6. Формирование системы оптимальных грузопотоков

Используя модель транспортной задачи линейного программирования, по каждому виду груза методом МОДИ рассчитываются оптимальные грузопотоки по критерию минимума транспортной работы. Результаты представлены в табл. 3.2 и табл. 3.3.

Таблица 3.2

Матрица закрепления поставщиков песка за потребителями

Постав- щики (ГОП)	Потенциа- лы строк α_i	Потребители (ГПП)			Объемы производ- ства
		B_6	B_8	B_9	
		Потенциалы столбцов β_j			
		-1	4	5	
A_1	0	8 200	10 200	5 200	200
A_4	3	2 100	7 200	8 100	400
A_7	0	1 300	4 300	9 300	300
Объемы потребления		100	500	300	900

Таблица 3.3

Матрица закрепления поставщиков гравия за потребителями

Поставщи- ки (ГОП)	Потенциа- лы строк α_i	Потребители (ГПП)			Объемы про- изводства
		B_2	B_3	B_9	
		Потенциалы столбцов β_j			
		3	5	5	
A_1	0	3 200	5 100	5 0	300
A_5	3	7	9	8 400	400
Объемы потребления		200	100	400	700

Величина целевой функции (транспортной работы) в первом случае составляет 4 600 ткм, во втором – 4 300 ткм. Аналогичные направления и объемы оптимальных грузопотоков были бы получены, если решать задачу не в тоннах перевозимого груза, а в количестве совершаемых груженых ездов: $n_e = Q / (q_n \times \gamma_c)$. Величины целевых функций выражались бы в километрах груженого пробега и принимали численные значения, равные соответственно 460 и 430 км.

3.1.7. Оформление работы

Результаты практического занятия оформляются в виде пояснительной записки и графического материала, включая:

- 1) дислокацию на модели транспортной сети поставщиков и потребителей двух видов груза с указанием объемов производства и потребления (задаются преподавателем);
- 2) решение задач оптимизации грузопотоков по видам груза вручную методом МОДИ.

Задание на выполнение следующей работы выдается после сдачи предыдущей.

3.2. Оптимизация грузопотоков и холостых пробегов с использованием надстройки «Поиск решения» программы Excel на компьютере (лабораторная работа № 2)

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.

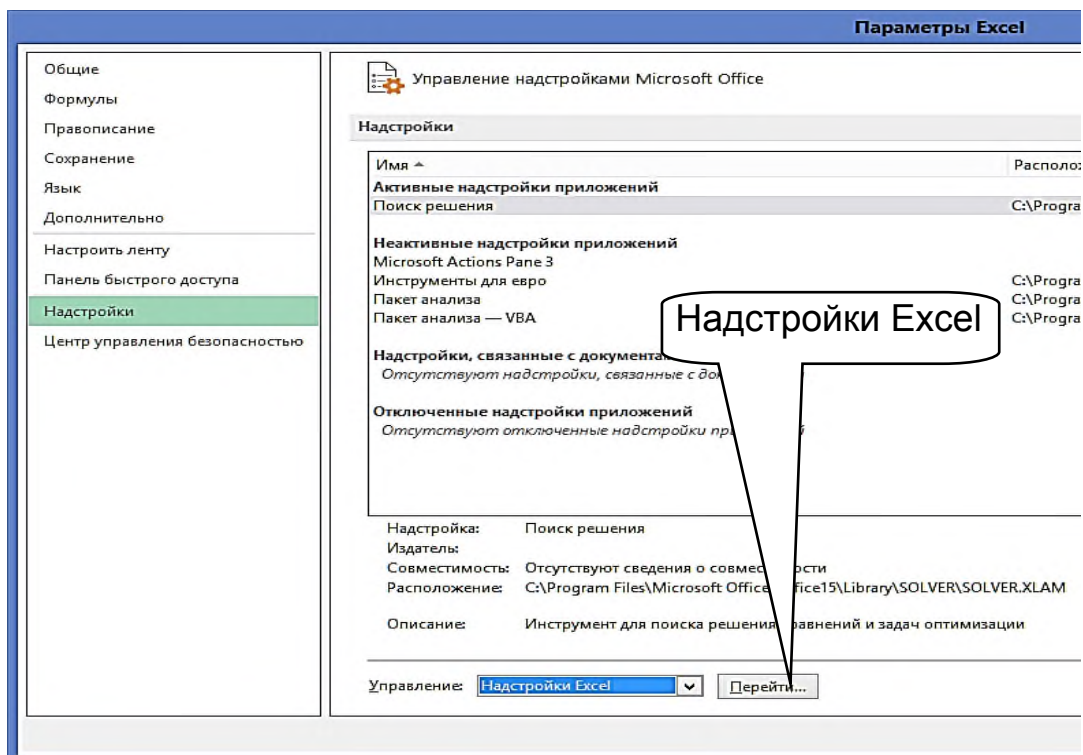
Задание: сформировать систему оптимальных по критерию минимума транспортной работы (холостых пробегов) грузопотоков и порожних ездов при заданных объемах производства и потребления грузов.

Исходные данные:

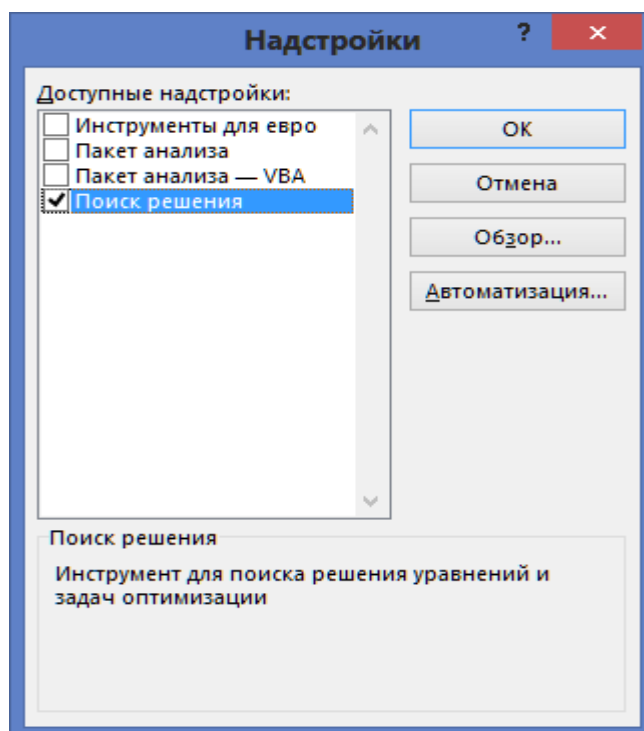
- 1) агрегированная модель транспортной сети;
- 2) матрица кратчайших расстояний;
- 3) дислокация поставщиков и получателей нескольких однородных видов груза с указанием объемов производства и потребления.

3.2.1. Пошаговая инструкция выполнения работы

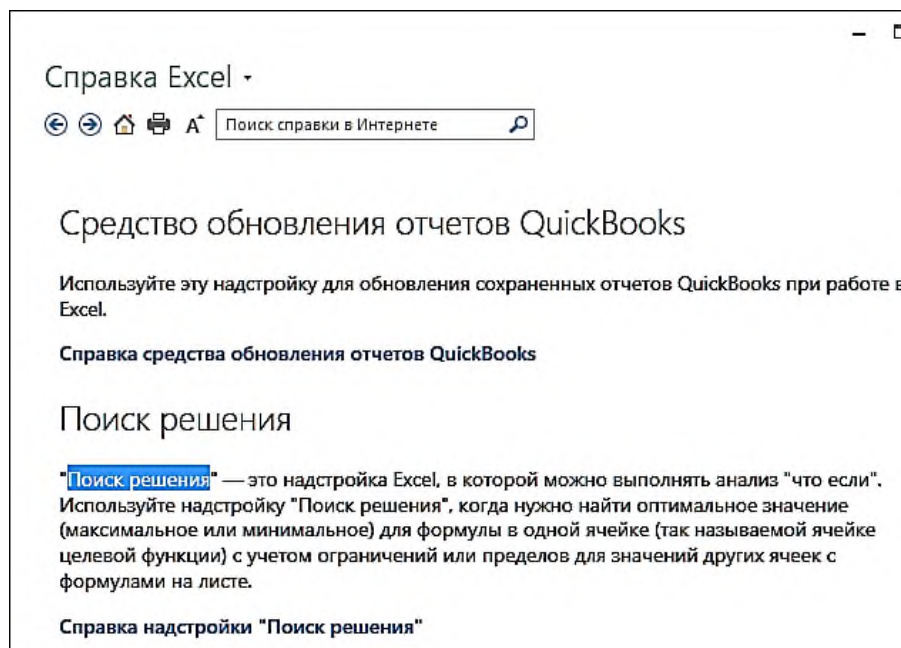
Шаг 1. В меню книги Excel «Файл» – команда «Параметры» – «Надстройки» – «Управление:» – «Надстройки Excel» – «Перейти...».



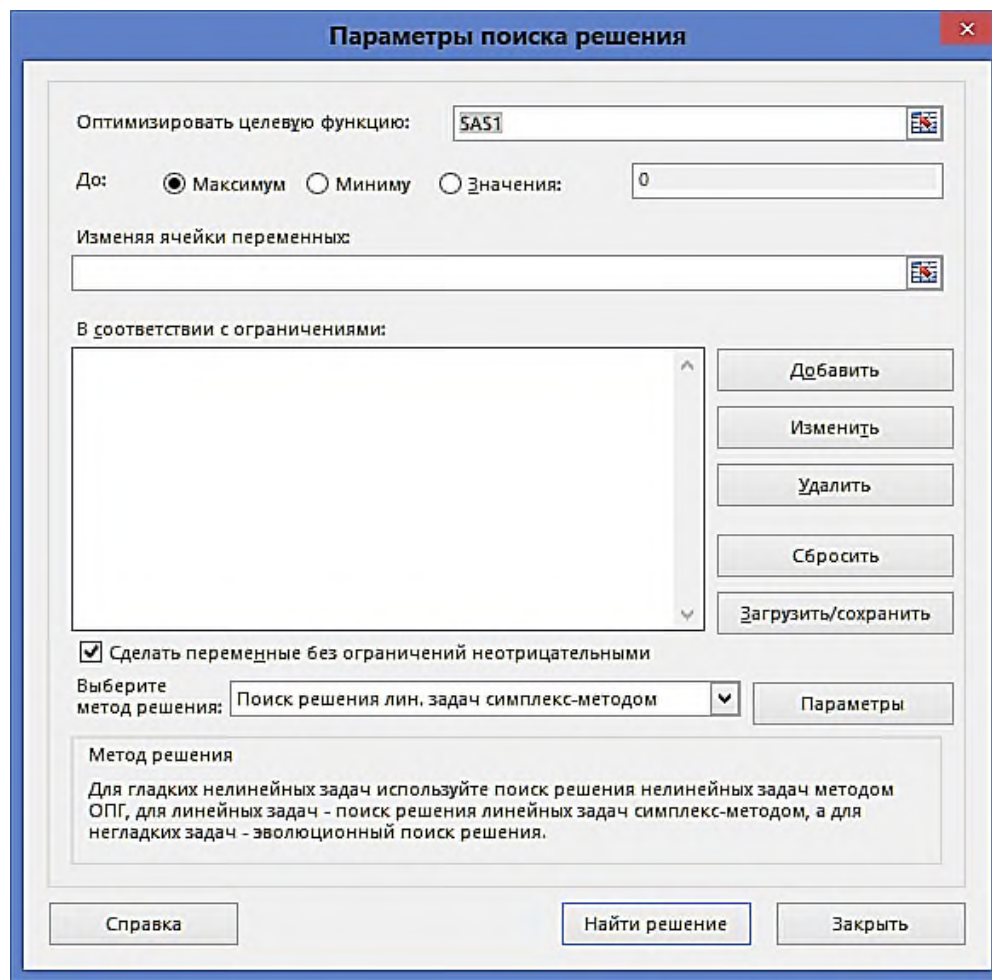
Шаг 2. Активизировать «Поиск решения».




Шаг 3. На вкладке «ДАННЫЕ» найти команду «Поиск решения» и ознакомиться со справкой «Поиск решения», информация в которой позволяет самостоятельно работать с надстройкой.




Шаг 4. Открыть окно «Параметры поиска решения» и произвести необходимые установки, если предполагается работать с собственным сценарием.



Параметры поиска решения

Оптимизировать целевую функцию: 


До: ☐ Максимум ☒ Минимум ☐ Значения:

Изменяя ячейки переменных:
 

В соответствии с ограничениями:

\$N\$9 = \$M\$9
\$N\$7 = \$M\$7
\$N\$5 = \$M\$5
\$L\$22 = \$L\$21
\$N\$19 = \$M\$19
\$N\$17 = \$M\$17
\$N\$15 = \$M\$15
\$N\$13 = \$M\$13
\$N\$11 = \$M\$11
\$K\$22 = \$K\$21
\$J\$22 = \$J\$21
\$I\$22 = \$I\$21
\$H\$22 = \$H\$21

☒ Сделать переменные без ограничений неотрицательными

Выберите метод решения: 

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
Закреть

Шаг 5. Если работа производится по уже разработанному сценарию, то в зависимости от размера решаемой задачи выбирается соответствующий лист книги Excel и по предлагаемой на листе «Инструкции пользователю» производят соответствующие операции.

Q	P	Q	R	S	T	U
<u>Инструкция пользователю</u>						
1. Начните работу с нажатия кнопки:						
<u>Начало</u>						
2. В графе "Поставщики A_i " и "Потребители B_j " наберите соответствующие номера вершин						
3. Введите объемы производства и объемы потребления в клетки без заливки						
4. Произведите набор стоимостных оценок (<i>расстояний</i>) в клетки без заливки центральной части таблицы						
5. Для работы с командой "ПОИСК РЕШЕНИЯ" нажмите кнопку:						
<u>Снять защиту</u>						
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:						
<u>Окончание</u>						

Пример решения задачи оптимизации грузопотоков представлен ниже.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1																			
2																			
3	Поставщики	Потребители B_j												Объем пр-		Инструкция пользователю			
4	A_i	B_6	B_8	B_9										ва					
5		8	10	5												1. Начните работу с нажатия кнопки:			
6	A_1			200										200	200				
7		2	7	8												2. В графе "Поставщики A_i " и "Потребители B_j " наберите соответствующие номера вершин			
8	A_4	100	200	100										400	400				
9		1	4	9												3. Введите объемы производства и объемы потребления в клетки без заливки			
10	A_7		300											300	300				
11																4. Произведите набор стоимостных оценок (<i>расстояний</i>) в клетки без заливки центральной части таблицы			
12																			
13																5. Для работы с командой "ПОИСК РЕШЕНИЯ" нажмите кнопку:			
14																			
15																6. Выберите в меню СЕРВИС команду ПОИСК РЕШЕНИЯ. В окне диалога нажмите кнопку ВЫПОЛНИТЬ, а в очередном диалоге кнопку ОК			
16																			
17																7. Закончите работу нажатием кнопки:			
18																			
19																Снять защиту			
20																			
21	Объем	100	500	300										900		6. Выберите в меню СЕРВИС команду ПОИСК РЕШЕНИЯ. В окне диалога нажмите кнопку ВЫПОЛНИТЬ, а в очередном диалоге кнопку ОК			
22	потребления	100	500	300										900					
23	Целевая f-ция =	4600														Окончание			
24																			

3.2.2. Оформление работы

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

1) дислокацию на модели транспортной сети (МТС) поставщиков и потребителей двух видов груза с объемами 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».