

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТРАНСПОРТА»**

Кафедра «Общественные транспортные проблемы»

С. В. СКИРКОВСКИЙ

ОПТИМИЗАЦИЯ ГРУЗОВЫХ ПОТОКОВ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

**Учебно-методическое пособие
по курсовому и дипломному проектированию**



Гомель 2007

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Общетранспортные проблемы»

С. В. СКИРКОВСКИЙ

ОПТИМИЗАЦИЯ ГРУЗОВЫХ ПОТОКОВ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Учебно-методическое пособие
по курсовому и дипломному проектированию

*Одобрено методическими комиссиями факультета
"Управление процессами перевозок" и ФБО*

Гомель 2007

УДК 656.078.11 (075.8)
ББК 39.38
С42

Рецензент – директор ОАО «ГомельАТЭП» С. Б. Никитин (г. Гомель)

Скирковский, С. В.

С42 Оптимизация грузовых потоков на автомобильном транспорте: учеб. метод. пособие по курсовому и дипломному проектированию / С.В. Скирковский; – М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2007. – 44 с.
ISBN 985-468-214-5

Приведены основные сведения о содержании и объеме курсового проекта, рекомендации по выполнению каждого из его разделов. Тематика курсового проекта связана с организацией перевозок массовых грузов, поэтому основное внимание уделено задачам оптимизации грузовых потоков.

Предназначено для студентов дневной и безотрывной форм обучения по специальности 1 44 01 01 "Организация перевозки и управление на автомобильном транспорте".

УДК 656.078.11 (075.8)
ББК 39.38

ISBN 985-468-214-5

© С. В. Скирковский, 2007
© Оформление УО "БелГУТ", 2007

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1 Общие указания по выполнению курсового проекта.....	5
1.1 Цель и задачи проектирования.....	5
1.2 Характеристики заданий и исходных данных.....	5
1.3 Требования, предъявляемые к содержанию, объему и оформлению пояснительной записки.....	6
2 Анализ транспортной сети и объема перевозок.....	6
3 Методика определения кратчайших расстояний между пунктами транспортной сети.....	7
3.1 Постановка задачи определения кратчайших расстояний.....	7
3.2 Определение кратчайших расстояний с использованием метода потенциалов.....	9
3.3 Определение кратчайших расстояний с использованием табличного метода.....	12
3.4 Определение кратчайших расстояний на ЭВМ.....	14
4 Оптимизация закрепления потребителей за поставщиками.....	17
4.1 Математическая модель и особенности транспортной задачи.....	17
4.2 Решение задачи закрепления потребителей за поставщиками.....	18
4.3 Построение картограммы грузовых потоков.....	27
Список литературы.....	28
Приложение А Образец оформления титульного листа.....	29
Приложение Б Исходные данные для выполнения курсового проекта.....	30
Приложение В Пример оформления исходных данных к курсовому проекту.....	34
Приложение Г Пример оформления задания.....	37
Приложение Д Рабочая программа курса.....	38

ВВЕДЕНИЕ

Транспорт традиционно входит в ряд приоритетных по социальной значимости отраслей, успешное функционирование которых обеспечивает в определенной степени общественное благополучие в стране.

Среди всех видов транспорта особое место принадлежит автомобильному, способному с наибольшей эффективностью удовлетворять потребности внешнеторговых фирм в перевозках грузов.

Основными задачами развития автомобильного транспорта общего пользования является дальнейший рост грузо- и пассажирских перевозок за счет повышения производительности труда и интенсивности использования подвижного состава .

В целях успешной работы автомобильный транспорт должен совершенствовать организацию перевозочного процесса и управление им.

В данном учебно-методическом пособии рассмотрены теоретические аспекты технологии и организации транспортного процесса, в частности, вопросы определения кратчайших расстояний между пунктами транспортной сети, оптимизации грузовых потоков.

Для студентов безотрывной формы обучения, изучающих дисциплину практически самостоятельно, очень важно понять предмет и логику дисциплины, ее содержание, основные понятия и определения, чтобы на этой базе совершенствовать свои знания и научиться применять их на практике в процессе своей производственной деятельности.

Цель данного пособия – оказать методическую помощь студентам, обучающимся по специальности 1 44 01 01 "Организация перевозки и управление на автомобильном транспорте" при выполнении ими курсового проекта по дисциплине "Автомобильные перевозки грузов и пассажиров", а также технологической части дипломных проектов.

1 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1.1 Цель и задачи проектирования

Курсовой проект «Организация перевозок массовых грузов» является самостоятельной работой студентов, выполняемой под руководством преподавателя кафедры.

Цель курсового проекта – закрепление знаний, полученных в период изучения курса " Автомобильные перевозки грузов и пассажиров", формирование навыков, необходимых для успешной деятельности в сфере перевозок грузов автомобильным транспортом.

В процессе выполнения работы студенту необходимо решить ряд задач, связанных с организацией процесса перевозок.

1.2 Характеристики заданий и исходных данных

Задание выдается на специальном бланке, в котором указывается тема курсового проекта, шифр для выбора исходных данных, содержание, объем пояснительной записки и графической части, а также сроки выполнения работы. Задание подшивается в начале пояснительной записки вслед за титульным листом (приложение А).

Исходными данными для выполнения проекта являются:

- схема транспортной сети с указанием дорожных условий;
- расстояния между смежными пунктами транспортной сети;
- суточные объемы производства грузов в грузообразующих пунктах;
- суточные объемы потребления грузов в грузопоглощающих пунктах;
- пункты размещения АТП.

Варианты исходной информации выбираются студентом в соответствии с номером зачетной книжки из приложения Б пособия следующим образом:

– из схемы транспортной сети (рисунок Б.1) исключается одна ее вершина и выходящие из нее звенья. Номер вершины определяется суммой *последней* и *предпоследней* цифр номера зачетной книжки;

– вариант задания для выбора расстояний между смежными пунктами транспортной сети (таблица Б.1) устанавливается по *последней* цифре номера зачетной книжки;

– вариант задания для выбора пунктов размещения АТП (таблица Б.2) устанавливается по *последней* цифре номера зачетной книжки;

– вариант задания для выбора суточных объемов производства грузов в грузообразующих пунктах (таблица Б.3) устанавливается по *последней цифре суммы последней и предпоследней* цифр номера зачетной книжки;

– вариант задания для выбора суточных объемов потребления грузов в грузопоглощающих пунктах (таблица Б.4) устанавливается по *последней цифре суммы последней и предпоследней* цифр номера зачетной книжки.

Таким образом формируется учебный шифр, состоящий из пяти цифр. Исходные данные оформляются на листах писчей бумаги формата А4 по образцу, представленному в приложении В, и утверждаются руководителем курсового проектирования.

1.3 Требования, предъявляемые к структуре, объему и оформлению пояснительной записки

Курсовой проект должен состоять из пояснительной записки и графической части. *Пояснительная записка* состоит из сплошного текста (описание и расчеты) и текста, разбитого на графы (таблицы, ведомости и т. п.). Оформляется работа на листах писчей бумаги формата А4. В ней должны быть приведены все необходимые графики, схемы и рисунки, выполненные в соответствии с требованиями ЕСКД [9].

Пояснительная записка формируется в следующем порядке:

- титульный лист, образец которого представлен в приложении Е;
- задание на курсовое проектирование;
- приложения к заданию (исходные данные к проекту);
- содержание;
- основная часть пояснительной записки;
- заключение;
- список литературы;
- приложения.

Графическая часть курсового проекта должна быть выполнена на двух листах чертежной бумаги формата А1 (594х841 мм) и содержать следующую информацию: картограмма оптимальных грузопотоков с приведением таблиц оптимальных планов закрепления потребителей за поставщиками, схемы маршрутов перевозки грузов с приведением таблицы совмещенных планов, графики движения автомобилей и таблица экономических показателей на двух детально рассчитываемых маршрутах.

2 АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ И ОБЪЕМА ПЕРЕВОЗОК

Данный раздел курсового проекта должен содержать краткую характеристику транспортной сети (число пунктов, общая протяженность автомобильных дорог, тип дорожного покрытия и средние скорости движения автомобилей по дорогам различных типов); объемы производства и потребления по видам грузов с указанием расположения пунктов производства и потребления; количество и месторасположение автотранспортных предпри-

ятий, выполняющих перевозку грузов.

Пример. Для анализа транспортной сети и объема перевозок приняты исходные данные из приложения Б данного пособия по принятому на основании номера зачетной книжки учебному шифру 59321.

Рассматриваемая транспортная сеть состоит из 18 пунктов. Общая длина транспортной сети составляет 415 км, из них дорог со щебеночным покрытием – 49 км, а с асфальтобетонным – 366 км.

На транспортной сети осуществляется перевозка щебня и керамзита. Щебень является грузом I класса с коэффициентом использования грузоподъемности $\gamma_c = 1,0$; керамзит – груз III класса с коэффициентом использования грузоподъемности $\gamma_c = 0,6$. Объем производства грузов в грузообразующих пунктах составил:

- щебень – 1000 т: A_2 – 300 т; A_{10} – 220 т; A_{17} – 200 т; A_{18} – 280 т;
- керамзит – 400 т: A_4 – 250 т; A_9 – 150 т.

Объем потребления грузов в грузопоглощающих пунктах составил:

- щебень – 720 т: B_0 – 100 т; B_8 – 150 т; B_{13} – 200 т; B_{15} – 120 т; B_{16} – 150 т;
- керамзит – 400 т: B_6 – 100 т; B_7 – 50 т; B_{14} – 150 т; B_{15} – 50 т; B_{17} – 50 т.

Перевозкой данных грузов занимаются три автотранспортных предприятия, расположенных в пунктах C_4 , C_9 , C_{13} .

Техническая скорость автомобиля при движении по дороге с асфальтобетонным покрытием составляет 45 км/ч, а при движении по дороге со щебеночным покрытием – 35 км/ч.

3 МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРАТЧАЙШИХ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ПУНКТАМИ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

3.1 Постановка задачи определения кратчайших расстояний

В настоящее время в условиях значительного роста объемов перевозок грузов в городах для обеспечения наиболее рационального использования подвижного состава и сокращения транспортных затрат большое значение имеет определение кратчайших расстояний между пунктами транспортной сети.

Транспортная сеть представляет собой систему дорог (улиц города), которые пригодны по качеству дорожного покрытия, ширине проезжей части и открыты для движения подвижного состава.

Транспортная сеть состоит из отдельных элементов. Элементами транспортной сети являются вершины (пункты) и звенья сети. *Вершины*

транспортной сети представляют собой точки на карте города или местности (перекрестки, площади, крупные грузообразующие и грузопоглощающие пункты), наиболее важные для определения расстояний или маршрутов движения автомобилей. Каждой вершине присваивается порядковый номер или другое условное обозначение. Две соседние вершины (два соседних пункта) можно соединить линией, по которой осуществляется непосредственная связь между этими вершинами с указанием расстояния между ними. Эти линии называются *звеньями сети*. Совокупность всех вершин и звеньев называется сетью.

Транспортная сеть считается заданной, если определены вершины сети, звенья и их длина.

Определение кратчайших расстояний между пунктами транспортной сети является важной практической задачей организации перевозок, так как дает возможность снизить транспортные издержки на перевозку грузов за счет минимизации общего пробега подвижного состава и сокращения времени доставки грузов.

Расстояния между вершинами или отдельными пунктами транспортной сети можно определить следующими способами, широко распространенными на практике:

1) замер расстояний от каждого пункта до всех остальных с помощью курвиметра по масштабным картам (плану) местности или города. Этот способ достаточно прост. Однако показания курвиметра необходимо корректировать в зависимости от конкретных реальных условий, т. е. учитывать профиль дорог, качество дорожного покрытия и т. д.;

2) непосредственный замер расстояний на местности по показаниям спидометра при движении автомобиля по маршруту. Такой способ замера дает возможность определить расстояние между двумя пунктами с большой точностью, «от ворот до ворот», но он связан со значительными материальными и трудовыми затратами.

Если замеры производятся между несоседними, удаленными друг от друга пунктами, то в таком случае от одного пункта к другому может быть несколько путей следования, т. е. имеют место различные варианты движения.

При использовании этих способов определения расстояний нельзя быть уверенным в том, что выбранное расстояние между двумя пунктами является кратчайшим. Этот недостаток особенно существен при определении расстояний между значительно удаленными точками в условиях густо разветвленной транспортной сети, т. е. в крупных городах и экономически развитых районах.

Таким образом, задача определения кратчайших расстояний между пунктами транспортной сети является задачей многовариантной, которая имеет множество допустимых решений. Для нахождения оптимального ре-

шения задачи применяются математические методы, позволяющие осуществить решение как вручную, так и с использованием современных ЭВМ.

В настоящее время задача определения кратчайших расстояний (выбора кратчайшего пути) является уже классической задачей исследования операций. Она относится к классу экстремальных задач.

В отечественной и зарубежной литературе рекомендуются различные методы решения данной задачи, использующие принципы линейного и динамического программирования, а также ряд других методов.

Ниже рассматривается два метода решения задачи определения кратчайших расстояний между пунктами транспортной сети, наиболее типичные и распространенные в практике планирования перевозок грузов автомобильным транспортом.

3.2 Определение кратчайших расстояний с использованием метода потенциалов

Задана транспортная сеть (рисунок 3.1). Пункты транспортной сети представляют собой вершины, обозначенные буквами от А до Л. Заданы расстояния между пунктами, т. е. определены звенья сети и их длина.

Задача решается следующим образом.

Шаг I. Вершина, от которой требуется определить кратчайшие расстояния, называется начальной. Начальной вершине присваивается нулевой потенциал $U_i = 0$.

Шаг II. Просматриваются все звенья, начальные вершины i которых имеют потенциалы U_i , а конечные j – не имеют. Определяется значение потенциалов конечных вершин U_j по следующей формуле:

$$U_j = U_i + C_{ij}, \quad (3.1)$$

где C_{ij} — длина звена $(i - j)$, т. е. расстояние между вершинами i и j .

Из всех полученных потенциалов выбирается наименьший (поскольку определяются кратчайшие расстояния), и его значение присваивается соответствующей конечной вершине. Звено $(i - j)$ отмечается стрелкой.

Шаг II повторяется до тех пор, пока всем вершинам данной сети не будут присвоены потенциалы.

Величина потенциалов у соответствующих вершин показывает кратчайшее расстояние от выбранного начального пункта до данного пункта. Звенья со стрелками образуют кратчайший маршрут движения от начального пункта до

всех остальных.

Принимая за начало сети последовательно каждый ее пункт (вершину) и выполняя расчеты по описанному методу, можно получить таблицу кратчайших расстояний между всеми пунктами сети.

Пример. Предположим, необходимо определить кратчайшие расстояния от вершины А до всех остальных вершин (пунктов) сети (рисунок. 3.1).

Шаг 1. Принимается: $U_A = 0$.

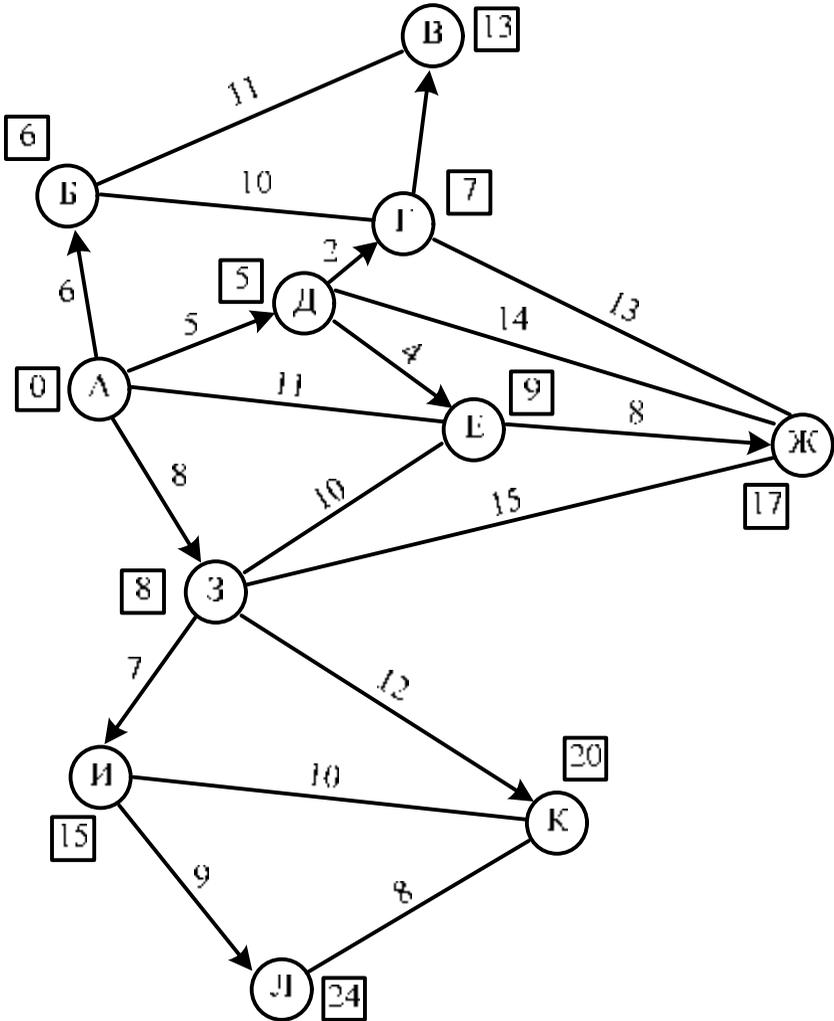


Рисунок 3.1 – Определение кратчайших расстояний методом потенциалов

Шаг II: 1) определяются звенья, для которых вершина А является начальной. На рисунке 3.1 – это звенья АБ, АД, АЕ и АЗ. Вычисляются потенциалы конечных вершин этих звеньев по формуле (3.1):

$$U_B = U_A + C_{AB} = 0 + 6 = 6;$$

$$U_D = U_A + C_{AD} = 0 + 5 = 5;$$

$$U_E = U_A + C_{AE} = 0 + 11 = 11;$$

$$U_3 = U_A + C_{A3} = 0 + 8 = 8;$$

2) выбирается наименьшее значение этих потенциалов;

3) звено АД отмечается стрелкой. Вершине Д присваивается значение потенциала, равное 5.

Потенциалы проставляются в квадратах на рисунке 3.1 около соответствующих вершин.

Вновь повторяется шаг II, но за начальную вершину принимается вершина Д, потенциал которой определен. Теперь можно получить значения потенциалов для вершин Г, Е, Ж:

$$U_G = U_D + C_{DG} = 5 + 2 = 7;$$

$$U_E = U_D + C_{DE} = 5 + 4 = 9;$$

$$U_Ж = U_D + C_{DЖ} = 5 + 14 = 19.$$

Из всех полученных сейчас и на первом этапе расчета значений потенциалов выбирается наименьшее – $U_B = 6$. Это значение проставляется в квадратной рамке у вершины Б. Звено АБ отмечается стрелкой. Теперь в качестве начальной вершины используется вершина Б. Она связана с вершинами В и Г звеньями БВ и БГ. Определяются значения потенциалов для этих вершин.

Продолжая расчеты указанным методом, определяют потенциалы для всех вершин сети. Значения этих потенциалов, проставленные в квадратах, показывают, чему равно кратчайшее расстояние от этих вершин до вершины А, а звенья, отмеченные стрелками, соответствуют маршруту движения между ними по кратчайшему пути.

Для того чтобы определить кратчайшие расстояния до всех вершин сети от другой вершины, например В, необходимо проделать заново все расчеты рассмотренным методом, приняв за начало сети выбранную вершину и присвоив ей потенциал, равный 0.

На основании проведенных расчетов может быть составлена таблица кратчайших расстояний между пунктами транспортной сети (таблица 3.1).

Рассмотренный метод весьма прост и используется для составления таблиц кратчайших расстояний между пунктами сети вручную.

Таблица 3.1 – Кратчайшие расстояния между пунктами транспортной сети

Вершины (пункты) сети	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л
А	–	6	13	7	5	9	17	8	15	20	24
Б	6	–	11	10	11	15	23	14	21	26	30
В	13	11	–	6	8	12	19	21	28	33	37
Г	7	10	6	–	2	6	13	15	22	27	31
Д	5	11	8	2	–	4	12	13	20	25	29
Е	9	15	12	6	4	–	8	10	17	22	26
Ж	17	23	19	13	12	8	–	15	22	27	31
З	8	14	21	15	13	10	15	–	7	12	16
И	15	21	28	22	20	17	22	7	–	10	9
К	20	26	33	27	25	22	27	12	10	–	8
Л	24	30	37	31	29	26	31	16	9	8	–

3.3 Определение кратчайших расстояний с использованием табличного метода

Для определения кратчайших расстояний между пунктами транспортной сети табличным методом составляется матрица, в которую заносится длина всех звеньев транспортной сети.

Далее руководствуются следующими правилами:

- пункту, от которого измеряется расстояние, присваивается число $l_j = 0$. Соответственно в верхней строке проставляется значение $l_i = 0$;

- начиная с $I = 1$ рассматриваются клетки I -го столбца с заполненными расстояниями, и если для некоторой клетки l_j уже определено, а l_j нет, то, полагается $l_j = l_i + l_{ij}$ и вносится в клетку с номером j левого столбца и верхней строке таблицы.

Если в j -й строке имеется несколько l_{ij} и при этом соответствующие l_i уже найдены, то находят l_j , определяемое наименьшей суммой значений для всех возможных l_i : $l_j = \min(l_i + l_{ij})$;

- проверяются заполненные клетки таблицы на соблюдение неравенства $l_j - l_i \leq l_{ij}$. Если оно соблюдается, то l_i и l_j остаются без изменения. Если $l_j - l_i > l_{ij}$, тогда записываем $l_j = l_i + l_{ij}$. Затем исправляется l_i в соответствующем столбце.

Приведем пример расчета кратчайших расстояний табличным методом от пункта 0 до всех остальных пунктов транспортной сети (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Расчет кратчайших расстояний табличным методом

Пункты P_j	Расстояния l_j , км	Пункты P_i																	
		P_0	P_1	P_2	P_3	P_4	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	P_{15}	P_{16}	P_{17}	P_{18}
		Расстояния l_i , км																	
	0	15	20	28	50	73	62	62	54	36	24	35	23	28	55	48	58	64	
P_0	0	–	15								24								
P_1	15	15	–	5									8						
P_2	20		5	–	8									8					
P_3	28			8	–	22								8		20			
P_4	50				22	–												14	
P_6	73						–	18										15	
P_7	62						18	–	16							14	14		
P_8	62							16	–	8									
P_9	54								8	–	18		26						
P_{10}	36									18	–	12							
P_{11}	24	24									12	–	20						
P_{12}	35									26		20	–	12	16	20			
P_{13}	23		8										12	–					
P_{14}	28			8	8									16	–		22		
P_{15}	55							14						20		–	16		
P_{16}	48				20			14							22	16	–	10	16
P_{17}	58						15										10	–	
P_{18}	64					14											16		–

Рассчитаем l_j и внесем в клетку с номером j левого столбца и верхней строки таблицы:

$$\begin{aligned}
 l_0 &= 0; & l_3 &= 20 + 8 = 28; & l_{18} &= 50 + 14 = 64; & l_1 &= 0 + 15 = 15; \\
 l_8 &= 54 + 8 = 62; & l_{11} &= 0 + 24 = 24; & l_{14} &= 20 + 8 = 28; & l_{17} &= 48 + 10 = 58; \\
 l_{12} &= 23 + 12 = 35; & l_{15} &= 35 + 20 = 55; & l_{13} &= 15 + 8 = 23; & l_{16} &= 28 + 20 = 48; \\
 l_{10} &= 24 + 12 = 36; & l_9 &= 36 + 18 = 54; & l_4 &= 28 + 22 = 50; & l_7 &= 48 + 14 = 62. \\
 l_2 &= 15 + 5 = 20; & l_6 &= 58 + 15 = 73;
 \end{aligned}$$

Проведем проверку:

$$\begin{aligned}
 l_1 - l_0 &= 15 - 0 = 15 \quad (15 = 15); & l_{16} - l_{14} &= 48 - 28 = 20 \quad (20 < 22); \\
 l_2 - l_1 &= 20 - 15 = 5 \quad (5 = 5); & l_3 - l_{14} &= 28 - 28 = 0 \quad (0 < 8); \\
 l_3 - l_2 &= 28 - 20 = 8 \quad (8 = 8); & l_{14} - l_{12} &= 35 - 28 = 7 \quad (7 < 16); \\
 l_4 - l_3 &= 50 - 28 = 22 \quad (22 = 22); & l_{15} - l_{12} &= 55 - 35 = 20 \quad (20 = 20); \\
 l_{16} - l_3 &= 48 - 28 = 20 \quad (20 = 20); & l_{11} - l_0 &= 24 - 0 = 24 \quad (24 = 24); \\
 l_9 - l_{10} &= 54 - 36 = 18 \quad (18 = 18); & l_{16} - l_{15} &= 55 - 48 = 7 \quad (7 < 16); \\
 l_6 - l_{17} &= 73 - 58 = 16 \quad (16 = 16); & l_{17} - l_{16} &= 58 - 48 = 10 \quad (10 = 10); \\
 l_9 - l_{12} &= 54 - 35 = 19 \quad (19 < 26); & l_{12} - l_{13} &= 35 - 23 = 12 \quad (12 = 12); \\
 l_{18} - l_4 &= 64 - 50 = 14 \quad (14 = 14); & l_{12} - l_{11} &= 35 - 24 = 11 \quad (11 < 20); \\
 l_{18} - l_{16} &= 64 - 48 = 16 \quad (16 = 16); & l_{14} - l_2 &= 28 - 20 = 8 \quad (8 = 8);
 \end{aligned}$$

$$l_{13} - l_1 = 23 - 20 = 3 (3 < 8); \quad l_{12} - l_{13} = 35 - 23 = 12 (12 < 12).$$

Так как нарушений условия $l_j - l_i \leq l_{ij}$ нет, т. е. все клетки удовлетворяют неравенству, то значения l_j и l_i остаются без изменений.

Аналогично рассчитываются значения l_j и l_i для всех остальных точек.

3.4 Определение кратчайших расстояний на ЭВМ

Определение кратчайших расстояний между пунктами транспортной сети на ЭВМ производится с помощью программы, созданной коллективом кафедры «ОАПДД» БНТУ. Для запуска программы необходимо открыть (установить курсор и нажать «Enter») файл «krtrsto.exe» в папке «BGPA». После запуска программы на экране монитора появляется сообщение следующего содержания: «Задача krtrst; Кафедра *БГПА* ОАПДД; расчет кратчайших расстояний между пунктами транспортной сети». Для продолжения работы необходимо нажать любую клавишу.

Работа с программой происходит в диалоговом режиме. Студент дает ответы на запросы программы следующим образом:

1) «расчет произведен, да – введите 1, нет – 0?» – нужно ввести цифру 0, после чего нажать «Enter»;

2) «введены ли исходные данные, да –1, нет – 0?» – нужно ввести цифру 0, после чего нажать «Enter»;

3) «введите исходные данные число пунктов (вершин)?» – нужно ввести цифру 18 после чего нажать «Enter»;

4) «последовательно сокращенные наименования (коды) пунктов 1-го?» – здесь последовательно вводят номера пунктов транспортной сети, кроме пункта, исключенного по заданию;

5) «имеются ли дороги с односторонним движением, да –1, нет – 0?» – нужно ввести цифру 0, после чего нажать «Enter»;

6) «введите длины звеньев транспортной сети. Если звено отсутствует, то вводите (-) $S(i,j)$?» – вводится длина звеньев, указанных в скобках, по окончании ввода каждого значения нужно нажать «Enter»;

7) «корректировать ли исходные данные, да –1, нет – 0?» – если в процессе ввода исходных данных студентом были допущены ошибки, то есть возможность исправить их, нажав цифру 1;

8) «введите спецификацию файла исходных данных?» – вводится имя, присваиваемое файлу исходных данных, состоящее из латинских букв и цифр, длина имени не должна превышать восьми символов, по окончании ввода нужно нажать «Enter»;

9) «сохранить результаты расчета, да –1, нет – 0?» – нужно ввести цифру 1, после чего нажать «Enter»;

10) «введите спецификацию файла для результатов расчета?» – вводится

имя, присваиваемое файлу, в котором хранятся результаты расчета, состоящее из латинских букв и цифр. Длина имени не должна превышать восьми символов и отличаться от имени файла исходных данных, по окончании ввода нужно нажать «Enter»;

Результаты расчетов в удобной для печати форме сохраняются в каталоге «Bgra» в файле «Rrrs». Для вывода на печать результатов расчета необходимо войти в оболочку «Norton commander» или «Dos navigator», переместить курсор на файл «Rrrs» и нажать клавишу F4, после чего на экране появятся результаты расчета. Для вывода на печать надо нажать клавишу F8. Можно также открыть файл «Rrrs» в текстовом редакторе «Microsoft Word», как «кодированный текст» с кодировкой «MS-DOS». Для этого в меню «Сервис» – «Параметры» на вкладке «Общие» включить опцию «подтверждать преобразование при открытии».

Результаты расчета кратчайших расстояний, км, между пунктами транспортной сети с помощью ЭВМ представлены в таблицах 3.3 и 3.4.

Таблица 3.3 – Длина звеньев транспортной сети

Начальный пункт	Номера конечных пунктов транспортной сети																		
	0	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
0	–																		
1	15	–																	
2	–	5	–																
3	–	–	8	–															
4	–	–	–	22	–														
6	–	–	–	–	–	–													
7	–	–	–	–	–	18	–												
8	–	–	–	–	–	–	16	–											
9	–	–	–	–	–	–	–	8	–										
10	–	–	–	–	–	–	–	–	18	–									
11	24	–	–	–	–	–	–	–	–	12	–								
12	–	–	–	–	–	–	–	–	26	–	20	–							
13	–	8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	12	–						
14	–	–	8	8	–	–	–	–	–	–	–	16	–	–					
15	–	–	–	–	–	–	14	–	–	–	–	20	–	–	–				
16	–	–	–	20	–	–	14	–	–	–	–	–	–	22	16	–			
17	–	–	–	–	–	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	10	–		
18	–	–	–	–	14	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	16	–	–	

Таблица 3.4 – Кратчайшие расстояния между пунктами транспортной сети

Начальный пункт	Конечный пункт								
	0	1	2	3	4	6	7	8	9
0	–	15	20	28	50	73	62	62	54
1	15	–	5	13	35	58	47	54	46
2	20	5	–	8	30	53	42	58	50
3	28	13	8	–	22	45	34	50	50
4	50	35	30	22	–	55	44	60	68
6	73	58	53	45	55	–	18	34	42
7	62	47	42	34	44	18	–	16	24
8	62	54	58	50	60	34	16	–	8
9	54	46	50	50	68	42	24	8	–
10	36	51	56	56	78	60	42	26	18
11	24	39	44	44	66	72	54	38	30
12	35	20	24	24	46	52	34	34	26
13	23	8	13	21	43	64	46	46	38
14	28	13	8	8	30	47	36	50	42
15	55	40	44	36	46	32	14	30	38
16	48	33	28	20	30	25	14	30	38
17	58	43	38	30	40	15	24	40	48
18	64	49	44	36	14	41	30	46	54

Продолжение таблицы 3.4

Начальный пункт	Конечный пункт								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	36	24	35	23	28	55	48	58	64
1	51	39	20	8	13	40	33	43	49
2	56	44	24	13	8	44	28	38	44
3	56	44	24	21	8	36	20	30	36
4	78	66	46	43	30	46	30	40	14
6	60	72	52	64	47	32	25	15	41
7	42	54	34	46	36	14	14	24	30
8	26	38	34	46	50	30	30	40	46
9	18	30	26	38	42	38	38	48	54
10	–	12	32	44	48	52	56	66	72
11	12	–	20	32	36	40	56	66	72
12	32	20	–	12	16	20	36	46	52
13	44	32	12	–	21	32	41	51	57
14	48	36	16	21	–	36	22	32	38
15	52	40	20	32	36	–	16	26	32
16	56	56	36	41	22	16	–	10	16
17	66	66	46	51	32	26	10	–	26
18	72	72	52	57	38	32	16	26	–

4 ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЗА ПОСТАВЩИКАМИ

4.1 Математическая модель и особенности транспортной задачи

Транспортная задача формулируется следующим образом. В m пунктах отправления A_1, \dots, A_m сосредоточен однородный груз в количествах соответственно a_1, \dots, a_m единиц. Имеющийся груз необходимо доставить n потребителям B_1, \dots, B_n , спрос которых выражается величинами b_1, \dots, b_n единиц. Известна стоимость c_{ij} (величины c_{ij} могут иметь различный смысл, в зависимости от конкретной задачи они могут означать стоимость, расстояние, время, производительность и т. д.) перевозки единицы груза из i -го ($i = 1, \dots, m$) пункта отправления в j -й ($j = 1, \dots, n$) пункт назначения. Требуется составить план перевозок, который полностью удовлетворяет спрос потребителей в грузе, и при этом суммарные транспортные издержки минимизируются.

Для построения математической модели транспортной задачи рассмотрим матрицу:

$$X = \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,n} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \dots & x_{2,n} \\ \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{M} \\ x_{m,1} & x_{m,2} & \dots & x_{m,n} \end{bmatrix}, \quad (4.1)$$

где x_{ij} ($i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$) – количество единиц груза, которое необходимо доставить из i -го пункта отправления в j -й пункт назначения.

Математическая модель транспортной задачи должна отражать все условия и цель задачи в математической форме. Так, переменные x_{ij} ($i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$) должны удовлетворять ограничениям по запасам, потребностям и условиям неотрицательности. В математической форме эти условия можно записать так:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, (i = 1, \dots, m) \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, (j = 1, \dots, n) \\ x_{ij} \geq 0, (i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n). \end{cases} \quad (4.2)$$

Цель транспортной задачи – минимизировать общие затраты на реализацию плана перевозок, которые можно представить функцией

$$A = c_{1,1}x_{1,1} + c_{1,2}x_{1,1} + \dots + c_{m,n}x_{m,n} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{i,j}x_{i,j} \rightarrow \min. \quad (4.3)$$

Итак, математически транспортная задача ставится так. Даны система ограничений (4.2) и линейная функция (4.3). Требуется среди множества решений системы (4.2) найти такое неотрицательное решение, при котором линейная функция (4.3) принимает минимальное значение (минимизируется). Будем называть план перевозок $X = [x_{ij}]_{\min}$ допустимым, если он удовлетворяет ограничениям (4.2). Допустимый план перевозок, при котором целевая функция (4.3) минимальна, называется оптимальным.

4.2 Решение задачи закрепления потребителей за поставщиками

Транспортная задача, в которой суммарные запасы и потребности совпадают, т. е. выполняется условие

$$\sum_{j=1}^n b_j = \sum_{i=1}^m a_i, \quad (4.4)$$

называется закрытой моделью, в противном случае – открытой. Для открытой модели может быть два случая:

а) суммарные запасы превышают суммарные потребности:

$$\sum_{j=1}^n b_j < \sum_{i=1}^m a_i; \quad (4.5)$$

б) суммарные потребности превышают суммарные запасы:

$$\sum_{j=1}^n b_j > \sum_{i=1}^m a_i. \quad (4.6)$$

Линейная функция одинакова в обоих случаях, изменяется только вид системы ограничений.

Открытая модель решается приведением к закрытой модели. В случае а), когда суммарные запасы превышают суммарные потребности, вводится фиктивный потребитель B_{n+1} , потребности которого равны избытку груза.

В случае б), когда суммарные потребности превышают суммарные запасы, вводится фиктивный поставщик A_{m+1} , запасы которого равны недостатку груза.

Стоимость перевозки единицы груза как до фиктивного потребителя, так и стоимость перевозки единицы груза от фиктивного поставщика полагают равными нулю, так как груз в обоих случаях не перевозится. После преобразований задача принимает вид закрытой модели и решается обычным способом. При равных стоимостях перевозки единицы груза от поставщиков к фиктивному потребителю затраты на перевозку груза реальным потребителям минимальны, а фиктивному потребителю будет направлен груз от наименее выгодных поставщиков. То же самое получаем и в отношении фиктивного поставщика.

Далее строится опорный план закрепления потребителей за поставщиками. Опорность плана при записи условий транспортной задачи в виде таблицы заключается в его ацикличности, т. е. в таблице нельзя построить замкнутый цикл, все вершины которого лежат в занятых клетках.

Циклом называется набор клеток вида $(i, k), (j, k), (j, t), \dots, (h, i)$, в котором две и только две соседние клетки расположены в одном столбце или одной строке таблицы, причем последняя клетка находится в той же строке или столбце, что и первая. Построение циклов начинают с какой-либо занятой клетки и переходят по столбцу (строке) к другой занятой клетке, в которой делают поворот под прямым углом и движутся по строке (столбцу) к следующей занятой клетке и т. д., пытаясь возвратиться к первоначальной клетке. Если такой возврат возможен, то получен цикл и план не является опорным. Клетки, в которых происходит поворот под прямым углом, определяют вершины цикла. В противном случае план является опорным.

Рассмотрим систему ограничений (4.2) транспортной задачи. Она содержит $m \cdot n$ неизвестных и $m + n$ уравнений, связанных соотношением (4.4). Если сложить почленно уравнения отдельно первой и второй подсистем системы (4.2), то получим два одинаковых уравнения. Наличие в системе ограничений двух одинаковых уравнений говорит о ее линейной зависимости. Если одно из этих уравнений отбросить, то в общем случае система ограничений должна содержать $m + n - 1$ линейно независимых уравнений, следовательно, невырожденный опорный план транспортной задачи содержит $m + n - 1$ положительных компонент или перевозок. Если условия транспортной задачи и ее опорный план записаны в виде таблицы, то клетки, в которых находятся отличные от нуля перевозки, называются занятыми, а остальные – незанятыми.

Однако часто бывает так, что число занятых клеток меньше $m + n - 1$. Так бывает, когда полностью исчерпывается запас груза и полностью удовлетворяется спрос (вырожденный опорный план). В этом случае в свободные клетки надо записать число «0» – «нуль-загрузка», условно считая такие клетки занятыми. Однако число «0» записывается в те свободные клетки, которые не образуют циклов с ранее занятыми клетками. Число клеток с «нуль-загрузкой» должно быть таким, чтобы в сумме с числом занятых клеток получалось число $m + n - 1$.

В случае больших размерностей эффективен способ определения первоначального опорного плана с помощью метода двойного предпочтения.

В каждом столбце отмечают знаком клетку с наименьшей стоимостью. Затем то же проделывают в каждой строке. В результате некоторые клетки имеют двойную отметку. В них находится минимальная стоимость как по столбцу, так и по строке. В эти клетки помещают максимально возможные объемы перевозок, каждый раз исключая из рассмотрения строку, соответствующую поставщику, запасы которого полностью израсходованы, или столбец, соответствующий потребителю, спрос которого полностью удовлетворен. Затем распределяют перевозки по клеткам с единичной отметкой. Остальные перевозки распределяют по наименьшей стоимости. Процесс распределения заканчивается, когда все запасы поставщиков исчерпаны, а спрос потребителей полностью удовлетворен.

План транспортной задачи является оптимальным только в том случае, когда ему соответствует система из $m + n$ чисел, удовлетворяющих условию

$$\begin{cases} u_i + v_j = c_{ij}; x_{ij} > 0, (i = 1, \mathbf{K}, m, j = 1, \mathbf{K}, n) \\ u_i + v_j \leq c_{ij}; x_{ij} = 0, (i = 1, \mathbf{K}, m, j = 1, \mathbf{K}, n). \end{cases} \quad (4.7)$$

Числа u_i, v_j называются потенциалами соответственно i -го поставщика и j -го потребителя.

Так как всех занятых клеток должно быть $m + n - 1$, т. е. на единицу меньше числа потенциалов, то для определения чисел u_i, v_j необходимо решить систему из $m + n - 1$ уравнений $u_i + v_j = c_{ij}$ с $m + n$ неизвестными. Система неопределенная, и, чтобы найти частные решения, одному из потенциалов придается произвольное числовое значение, тогда остальные потенциалы определяются однозначно. Для облегчения расчетов одному из потенциалов придают обычно значение, равное нулю.

Если условие (4.7) не выполняется в занятой клетке, то потенциалы найдены неверно, если в свободной клетке – то опорный план не является оптимальным, его можно улучшить за счет загрузки этой клетки. Если таких клеток несколько, то наиболее перспективной для загрузки является клетка, для которой разность между тарифом клетки c_{ij} и суммой потенциалов ($u_i + v_j$) является наименьшей. Для наиболее перспективной свободной клетки строится замкнутый цикл с вершинами в загруженных клетках. Вершинам этого цикла условно приписываются знаки: свободной клетке – плюс, следующей по часовой или против часовой стрелки занятой клетке – минус, следующей – снова плюс и т. д. Из поставок в клетках цикла с “отрицательными” вершинами выбирается наименьшее количество x_{\min} груза, которое и перемещается по клеткам этого цикла: прибавляется к поставкам в положительных вершинах и вычитается из поставок в отрицательных

вершинах, в результате чего баланс цикла не нарушится. В общем случае цикл представляет собой замкнутую ломаную линию, состоящую из звеньев, пересекающихся под прямым углом. Каждое звено соединяет две клетки строки (столбца). Цикл включает одну свободную клетку, остальные клетки цикла заняты. В цикле всегда четное число клеток. Для свободной клетки всегда можно построить единственный цикл.

Алгоритм решения транспортной задачи можно представить в виде блок-схемы, представленной на рисунке 4.1.

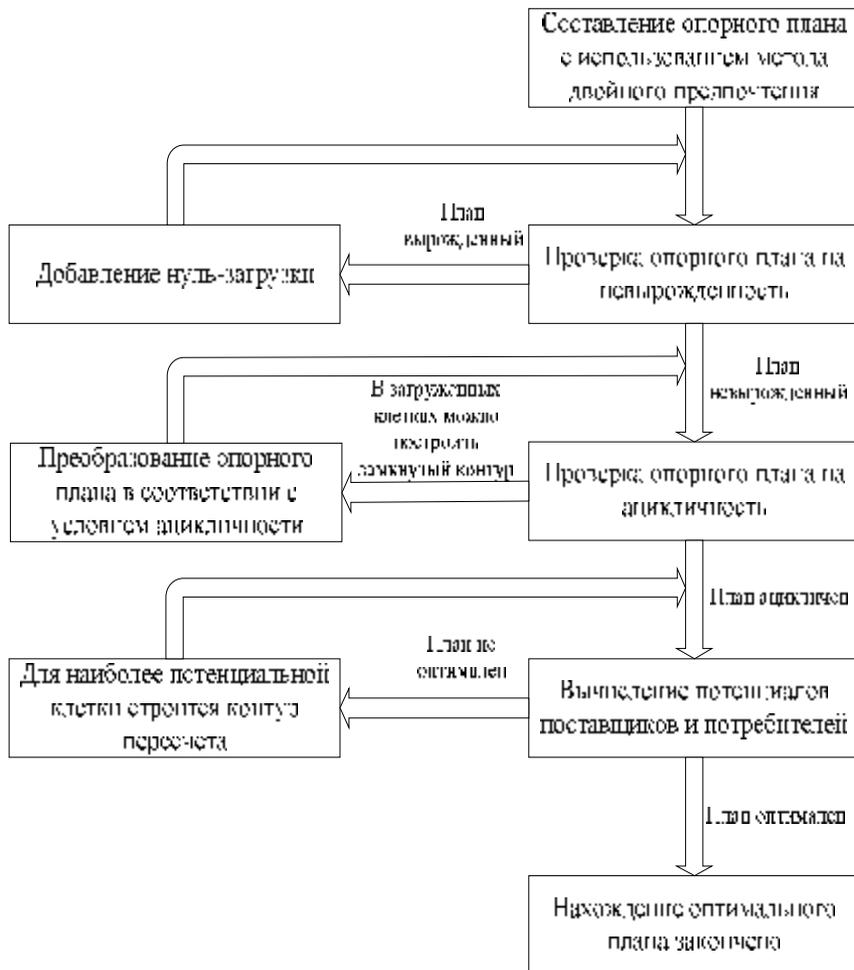


Рисунок 4.1 – Алгоритм решения транспортной задачи

Пример

Исходные данные:

1) пункты и объемы производства груза:

щебень: $A_2 - 300$ т;
 $A_{10} - 220$ т;
 $A_{17} - 200$ т;
 $A_{18} - 280$ т;

керамзит: $A_4 - 250$ т;
 $A_9 - 150$ т;

2) пункты и объемы потребления груза:

щебень: $B_0 - 100$ т;
 $B_8 - 150$ т;
 $B_{13} - 200$ т;
 $B_{15} - 120$ т;
 $B_{16} - 150$ т;

керамзит: $B_6 - 100$ т;
 $B_7 - 50$ т;
 $B_{14} - 150$ т;
 $B_{15} - 50$ т;
 $B_{17} - 50$ т.

3) кратчайшие расстояния между пунктами производства и потребления (определяются по методике, изложенной в разд. 3 данного пособия).

Требуется найти оптимальный план закрепления потребителей за поставщиками, при котором транспортная работа, выполняемая автомобилями при перевозке груза, будет минимальна.

Решение. Задача решается отдельно по каждому виду груза. Далее рассмотрен пример решения задачи закрепления потребителей за поставщиками для щебня.

Задача открытого типа, так как объем производства щебня превышает объем потребления на 280 т. Для того чтобы привести ее к закрытой модели, вводится фиктивный потребитель B_{Φ} с объемом потребления, равным 280 т. Расстояние от всех поставщиков до фиктивного потребителя принимают равным 100 км.

Исходные данные для построения оптимального плана закрепления поставщиков за потребителями сводятся в таблицу 4.1.

Находится опорный план методом двойного предпочтения. Для этого просматриваются столбцы и строки и расставляются знаки «+» по строкам и столбцам в клетках, имеющих минимальную стоимость.

Таблица 4.1 – Исходные данные для построения оптимального плана

Грузоотправитель	Грузополучатели						Вывоз, т
	Б ₀	Б ₈	Б ₁₃	Б ₁₅	Б ₁₆	Б _φ	
A ₂	20	58	13	44	28	100	300
A ₁₀	36	26	44	52	56	100	220
A ₁₇	58	40	51	26	10	100	200
A ₁₈	64	46	57	32	16	100	280
Завоз, т	100	150	200	120	150	280	1000 1000

В первую очередь заполняются клетки с двумя знаками «+», далее – с одним знаком, затем – остальные клетки согласно методике, описанной выше.

Опорный план представлен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Опорный план перевозок щебня

Грузоотправитель	Грузополучатели						Вывоз, т
	Б ₀	Б ₈	Б ₁₃	Б ₁₅	Б ₁₆	Б _φ	
A ₂	+ 20 100	58	++ 13 200	44	28	100	300
A ₁₀	36	++ 26 150	44	52	56	+ 100 70	220
A ₁₇	58	40	51	+ 26 50	++ 10 150	100	200
A ₁₈	64	46	57	32 70	+ 16	100 210	280
Завоз, т	100	150	200	120	150	280	1000 1000

Проверим план на вырожденность: $m + n - 1 = 4 + 6 - 1 = 9$, а в опорном плане 8 клеток, следовательно, план является вырожденным. Поместим базисную нулевую перевозку в клетку (2;16). План ациклический (нельзя построить замкнутый цикл).

Присвоим поставщику A₂ потенциал $u_2 = 0$.

Далее находятся потенциалы согласно условию (4.7):

$$v_0 = c_{2,0} - u_2 = 20 - 0 = 20;$$

$$v_{13} = c_{2,13} - u_2 = 13 - 0 = 13;$$

$$v_{16} = c_{2,16} - u_2 = 28 - 0 = 28;$$

$$\begin{aligned}
 u_{17} &= c_{17;16} - v_{16} = 10 - 28 = -18; \\
 v_{15} &= c_{17;15} - u_{17} = 26 - (-18) = 44; \\
 u_{18} &= c_{18;15} - v_{15} = 32 - 44 = -12; \\
 v_{\phi} &= c_{18;\phi} - u_{18} = 100 - (-12) = 112; \\
 u_{10} &= c_{10;\phi} - v_{\phi} = 100 - 112 = -12; \\
 v_8 &= c_{10;8} - u_{10} = 26 - (-12) = 38.
 \end{aligned}$$

Полученные потенциалы заносятся в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Нахождение потенциалов

Грузоот- правитель		Грузополучатели						Вывоз, т
		Б ₀	Б ₈	Б ₁₃	Б ₁₅	Б ₁₆	Б _φ	
		v ₀ = 20	v ₈ = 38	v ₁₃ = 13	v ₁₅ = 44	v ₁₆ = 28	v _φ = 112	
A ₂	u ₂ = 0	20	58	13	44	28	100	300
		100		200		⊖ 0	⊕	
A ₁₀	u ₁₀ = -12	36	26	44	52	56	100	220
			150				70	
A ₁₇	u ₁₇ = -18	58	40	51	26	10	100	200
					⊖ 50	⊕ 150		
A ₁₈	u ₁₈ = -12	64	46	57	32	16	100	280
					⊕ 70		⊖ 210	
Завоз, т		100	150	200	120	150	280	1000 1000

Далее опорный план проверяется на оптимальность согласно условию (4.7):

$$\begin{aligned}
 u_2 + v_0 &= 0 + 20 = 20 = c_{2;0} = 20; \\
 u_2 + v_8 &= 0 + 38 = 38 < c_{2;8} = 58; \\
 u_2 + v_{13} &= 0 + 13 = 13 = c_{2;13} = 13; \\
 u_2 + v_{15} &= 0 + 44 = 44 = c_{2;15} = 44; \\
 u_2 + v_{16} &= 0 + 28 = 28 = c_{2;16} = 28; \\
 u_2 + v_{\phi} &= 0 + 112 = 112 > c_{2;\phi} = 100 - \text{условие (4.7) нарушено}; \\
 u_{10} + v_0 &= -12 + 20 = 8 < c_{10;0} = 36; \\
 u_{10} + v_8 &= -12 + 38 = 26 = c_{10;8} = 26; \\
 u_{10} + v_{13} &= -12 + 13 = 1 < c_{10;13} = 44; \\
 u_{10} + v_{15} &= -12 + 44 = 32 < c_{10;15} = 52; \\
 u_{10} + v_{16} &= -12 + 28 = 16 < c_{10;16} = 56; \\
 u_{10} + v_{\phi} &= -12 + 112 = 100 = c_{10;\phi} = 100; \\
 u_{17} + v_0 &= -18 + 20 = 2 < c_{17;0} = 58; \\
 u_{17} + v_8 &= -18 + 38 = 20 < c_{17;8} = 40; \\
 u_{17} + v_{13} &= -18 + 13 = -5 < c_{17;13} = 51;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
u_{17} + v_{15} &= -18 + 44 = 26 = c_{17;15} = 26; \\
u_{17} + v_{16} &= -18 + 28 = 10 = c_{17;16} = 10; \\
u_{17} + v_{\phi} &= -18 + 112 = 94 < c_{17;\phi} = 100; \\
u_{18} + v_0 &= -12 + 20 = 8 < c_{18;0} = 64; \\
u_{18} + v_8 &= -12 + 38 = 26 < c_{18;8} = 46; \\
u_{18} + v_{13} &= -12 + 13 = 1 < c_{18;13} = 57; \\
u_{18} + v_{15} &= -12 + 44 = 32 = c_{18;15} = 32; \\
u_{18} + v_{16} &= -12 + 28 = 16 = c_{18;16} = 16; \\
u_{18} + v_{\phi} &= -12 + 112 = 100 = c_{18;\phi} = 100.
\end{aligned}$$

Условие (4.7) нарушено в ячейке (2;φ), следовательно, необходима корректировка опорного плана. В опорном плане строится замкнутый контур (2;φ) – (2;16) – (17;16) – (17;15) – (18;15) – (18;φ). Минимальный объем в построенном контуре находится в ячейке со знаком «-» (2;16) – $x_{\min} = 0$ т. В клетках, в которых стоит знак «-», от объемов $x_{i,j}$ отнимается величина x_{\min} , а в клетках со знаком «+» объем $x_{i,j}$ увеличивается на величину x_{\min} . Полученный промежуточный план записывается в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 – Нахождение потенциалов

Грузоот- правитель		Грузополучатели						Вывоз, т
		Б ₀	Б ₈	Б ₁₃	Б ₁₅	Б ₁₆	Б _φ	
		$v_0 = 20$	$v_8 = 26$	$v_{13} = 13$	$v_{15} = 32$	$v_{16} = 16$	$v_{\phi} = 100$	
A ₂	$u_2 = 0$	20 100	58	13 200	44	28	100 0	300
A ₁₀	$u_{10} = 0$	36	26 150	44	52	56	100 70	220
A ₁₇	$u_{17} = -6$	58	40	51	26 50	10 150	100	200
A ₁₈	$u_{18} = 0$	64	46	57	32 70	16	100 210	280
Завоз, т		100	150	200	120	150	280	1000 1000

Находятся потенциалы:

$$\begin{aligned}
u_2 &= 0; \\
v_0 &= c_{2;0} - u_2 = 20 - 0 = 20; \\
v_{13} &= c_{2;13} - u_2 = 13 - 0 = 13; \\
v_{\phi} &= c_{2;\phi} - u_2 = 100 - 0 = 100; \\
u_{10} &= c_{10;\phi} - v_{\phi} = 100 - 100 = 0; \\
v_8 &= c_{10;8} - u_{10} = 26 - 0 = 26; \\
u_{18} &= c_{18;\phi} - v_{\phi} = 100 - 100 = 0; \\
v_{15} &= c_{18;15} - u_{18} = 32 - 0 = 32; \\
u_{17} &= c_{17;15} - v_{15} = 26 - 32 = -6;
\end{aligned}$$

$$v_{16} = c_{17;16} - u_{17} = 10 - (-6) = 16.$$

Далее опорный план проверяется на оптимальность согласно условию (4.7):

$$u_2 + v_0 = 0 + 20 = 20 = c_{2;0} = 20;$$

$$u_2 + v_8 = 0 + 26 = 26 < c_{2;8} = 58;$$

$$u_2 + v_{13} = 0 + 13 = 13 = c_{2;13} = 13;$$

$$u_2 + v_{15} = 0 + 32 = 32 < c_{2;15} = 44;$$

$$u_2 + v_{16} = 0 + 16 = 16 < c_{2;16} = 28;$$

$$u_2 + v_{\phi} = 0 + 100 = 100 = c_{2;\phi} = 100;$$

$$u_{10} + v_0 = 0 + 20 = 20 < c_{10;0} = 36;$$

$$u_{10} + v_8 = 0 + 26 = 26 = c_{10;8} = 26;$$

$$u_{10} + v_{13} = 0 + 13 = 13 < c_{10;13} = 44;$$

$$u_{10} + v_{15} = 0 + 32 = 32 < c_{10;15} = 52;$$

$$u_{10} + v_{16} = 0 + 16 = 16 < c_{10;16} = 56;$$

$$u_{10} + v_{\phi} = 0 + 100 = 100 = c_{10;\phi} = 100;$$

$$u_{17} + v_0 = -6 + 20 = 14 < c_{17;0} = 58;$$

$$u_{17} + v_8 = -6 + 26 = 20 < c_{17;8} = 40;$$

$$u_{17} + v_{13} = -6 + 13 = 7 < c_{17;13} = 51;$$

$$u_{17} + v_{15} = -6 + 32 = 26 = c_{17;15} = 26;$$

$$u_{17} + v_{16} = -6 + 16 = 10 = c_{17;16} = 10;$$

$$u_{17} + v_{\phi} = -6 + 100 = 94 < c_{17;\phi} = 100;$$

$$u_{18} + v_0 = 0 + 20 = 20 < c_{18;0} = 64;$$

$$u_{18} + v_8 = 0 + 26 = 26 < c_{18;8} = 46;$$

$$u_{18} + v_{13} = 0 + 13 = 13 < c_{18;13} = 57;$$

$$u_{18} + v_{15} = 0 + 32 = 32 = c_{18;15} = 32;$$

$$u_{18} + v_{16} = 0 + 16 = 16 = c_{18;16} = 16;$$

$$u_{18} + v_{\phi} = 0 + 100 = 100 = c_{18;\phi} = 100.$$

Условие оптимальности (4.7) не нарушено, следовательно, промежуточный план, полученный в таблице 4.4, является оптимальным. Фиктивные поставщики и потребители из дальнейшего решения исключаются.

Аналогичным образом находятся оптимальные планы по каждому виду груза, предъявленного к перевозке. Рассчитанный по приведенной выше методике оптимальный план для керамзита приведен в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Оптимальный план закрепления потребителей за поставщиками для керамзита

Грузоотправитель	Грузополучатели					Вывоз, т
	Б ₆	Б ₇	Б ₁₄	Б ₁₅	Б ₁₇	
А ₄	55	44	30	46	40	250
			150	50	50	
А ₉	42	24	42	38	48	150
	100	50				
Завоз, т	100	50	150	50	50	1000 1000

4.3 Построение картограммы грузовых потоков

По результатам полученного оптимального плана строится картограмма оптимальных грузовых потоков. Пример оформления картограммы приведен на рисунке 4.2.

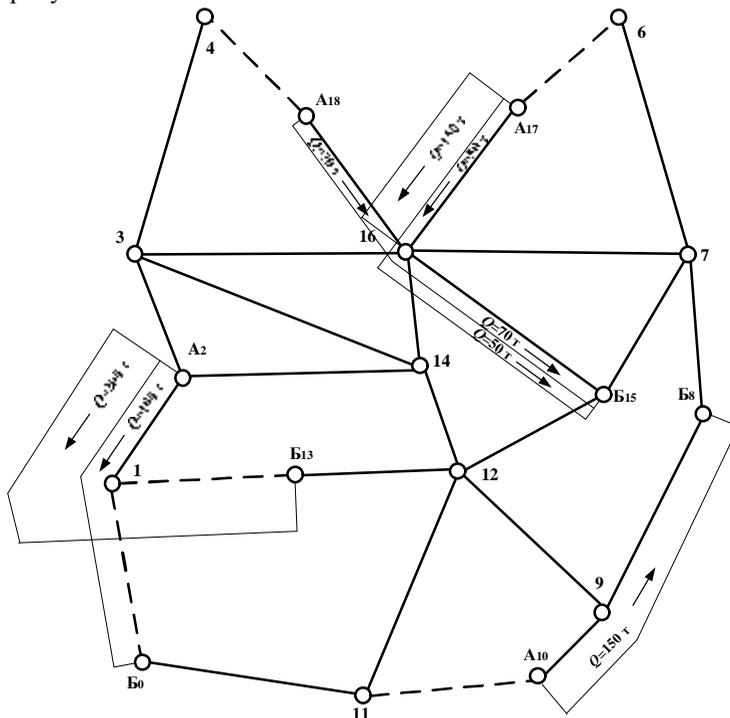


Рисунок 4.2 – Картограмма перевозки щебня:

A_i – грузоотправитель;

B_i – грузополучатель;

$Q = 50\text{т}$ → – объем и направление перевозки щебня

На транспортную сеть перевозки грузов наносятся отправители и получатели грузов. Объемы перевозок грузов откладываются справа от звена по направлению перемещения грузопотока в соответствии с полученным оптимальным планом по кратчайшему расстоянию. На картограмме совмещаются несколько видов грузов, каждый из которых выделяется цветом или штриховкой. Если все виды груза на одной картограмме разместить затруднительно, то ее необходимо разбить на отдельные рисунки.

Список литературы

- 1 **Ванчукевич, В.Ф.** Автомобильные перевозки. Учеб. пособие / В.Ф. Ванчукевич, В.Н. Седюкевич, В.С. Холупов. – Мн.: «ДизайнПро» 1999, – 272 с.
- 2 **Ванчукевич, В.Ф.** Грузовые автомобильные перевозки. / В.Ф. Ванчукевич, В.Н. Седюкевич, В.С. Холупов. – Мн.: «Высшая школа», 1989. – 272 с.
- 3 Организация и планирование грузовых автомобильных перевозок / Под ред. Л.А. Александрова. – М.: «Высшая школа», 1986. – 117 с.
- 4 **Кожин, А.П.** Математические методы в планировании и управлении автомобильными перевозками / А.П. Кожин. – М.: «Высшая школа», 1979. – 304 с.
- 5 Краткий автомобильный справочник. НИИАТ. – М.: «Транспорт», 1978. – 494 с.
- 6 **Терешко С.И.** Системный подход к повышению качества автомобильного транспортного процесса / С.И. Терешко. – Мн.: «Наука и техника», 1988. – 217 с.
- 7 **Чижонок, В.Д.** Выбор автотранспортных средств для перевозки грузов. / В.Д. Чижонок. – Гомель: УО «БелГУТ», 2002. – 51 с.
- 8 Об автомобильном транспорте и автомобильных перевозках: закон Респ. Беларусь от 21 июля 2001 г. № 50-3 с изменениями и дополнениями от 24 июля 2002 г. № 134-3 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2002. – № 87, 2/883. – С. 8 – 36.
- 9 **Бойкачев, М.А.** Оформление курсовых и дипломных проектов. Пособие для студентов специальности 44.01.01 «Организация перевозок и управление на автомобильном транспорте» / М.А. Бойкачев, Л.А. Гончарова, А.А. Михальченко. – Гомель: УО «БелГУТ», 2005. – 46 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)
Образец оформления титульного листа

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет транспорта»

Кафедра «Общетранспортные проблемы»

Курсовой проект

по дисциплине

«Автомобильные перевозки грузов и пассажиров»

по теме

«Организация перевозок массовых грузов»

Выполнил
студент группы (группа, уч. шифр)
(фамилия и инициалы студента)
Шифр – (шифр задания)

Принял
ученое звание (должность)
(фамилия и инициалы
преподавателя)

Гомель 2007

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Исходные данные для выполнения курсового проекта

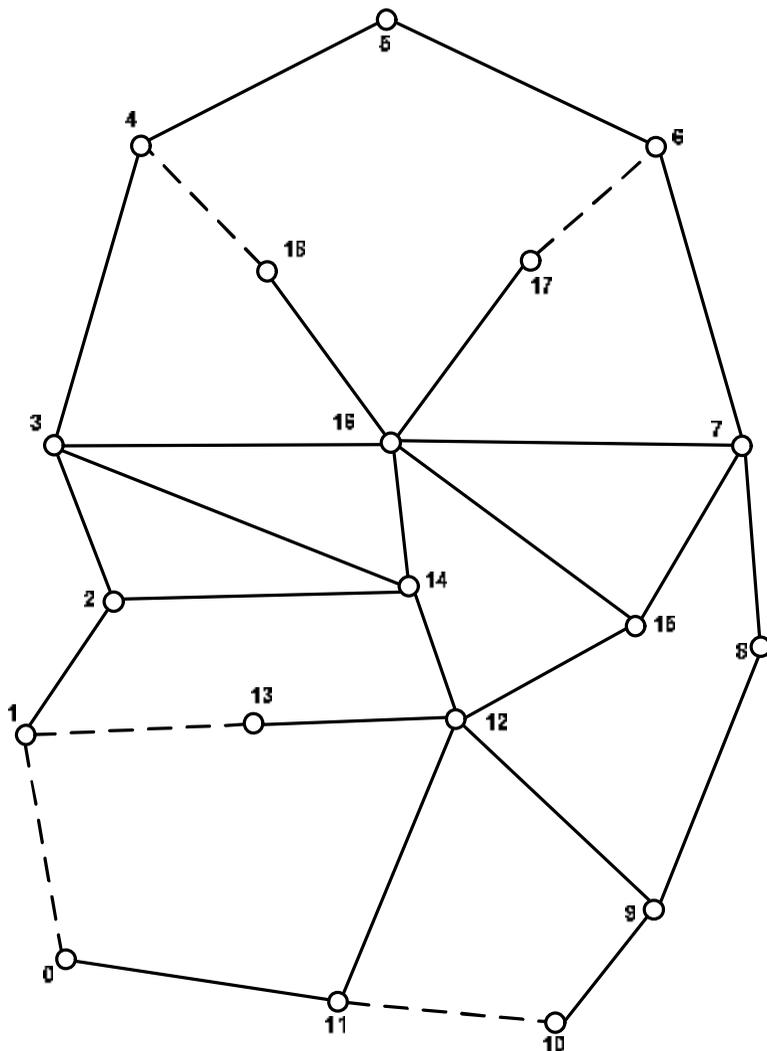


Таблица Б.1 – Расстояния между пунктами транспортной сети автомобильных дорог

Шифр звена	Расстояние между двумя смежными вершинами транспортной сети по вариантам (длина звеньев сети), км									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
0-1	24	15	16	20	8	40	10	30	15	24
0-11	15	30	24	40	10	20	8	15	24	16
1-2	5	6	6	20	15	20	15	6	5	6
1-13	10	4	6	14	16	18	9	8	8	8
2-3	8	10	10	5	14	5	14	10	8	10
2-14	8	6	6	10	12	10	12	6	8	6
3-4	22	24	24	30	30	30	30	24	22	24
3-14	8	8	6	10	21	10	21	6	8	6
3-16	20	24	24	20	24	25	24	24	20	24
4-5	20	20	20	22	16	24	18	28	25	30
4-18	16	20	22	18	18	16	15	12	14	10
5-6	25	28	30	24	18	22	16	20	20	20
6-7	18	16	15	18	28	18	28	16	18	15
6-17	10	15	10	15	15	10	18	10	15	16
7-8	12	8	10	9	20	15	14	16	16	14
7-15	14	20	18	12	18	12	18	20	14	18
7-16	14	12	12	18	22	18	22	12	14	12
8-9	12	16	14	15	14	9	20	8	8	10
9-10	12	20	20	16	16	9	20	10	18	12
9-12	26	28	30	32	25	32	25	28	26	30
10-11	18	10	12	9	20	16	16	20	12	20
11-12	20	25	24	22	15	22	15	25	20	24
12-13	10	8	6	18	9	14	16	4	12	4
12-14	16	14	12	14	10	14	10	14	16	12
12-15	20	16	18	26	20	26	20	16	20	18
14-16	22	20	22	12	15	18	15	20	22	22
15-16	16	14	12	18	20	18	20	14	16	12
16-17	15	10	16	10	15	15	12	15	10	10
16-18	14	12	10	18	12	20	15	20	16	22

Таблица Б.2 – Месторасположение автотранспортных предприятий

Вариант задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Шифр пункта расположения АТП	C4	C4	C0	C0	C2	C3	C1	C6	C4	C6
	C9	C9	C6	C2	C7	C5	C5	C11	C12	C12
	C13	C11	C11	C8	C12	C12	C9	C14	C16	C16

Таблица Б.3 – Суточный объем производства груза в грузообразующих пунктах

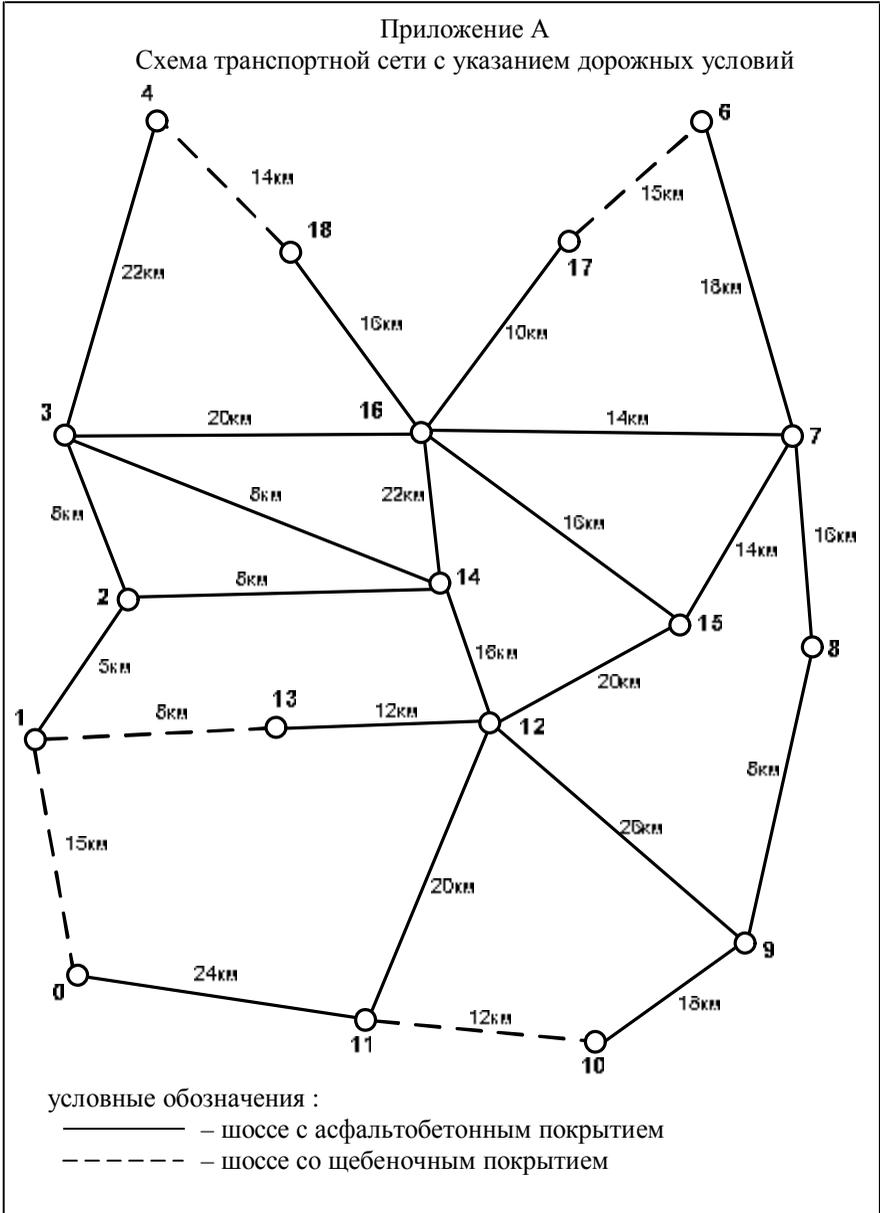
Вид груза	Шифр грузообразующего пункта	Объем производства по вариантам, т									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Щебень	A0					250	250	150			
	A1		220							300	
	A2	220		300							
	A3								160		300
	A4					350					
	A5				250				240		360
	A6									400	
	A7				250						
	A8						250			180	
	A9				200				150		
	A10	300	280	220		150					
	A11						150	150			
	A12				350						
	A13				150				280		
	A14							350			180
	A15						350			120	
	A16					250		350			
	A17	280	200	200					220		
A18	200	300	280							160	
Керамзит	A0									240	
	A1					50	150		300		
	A2										
	A3	200	300								
	A4			250							
	A5								100		
	A6							150			
	A7										160
	A8		100			350					
	A9			150							
	A10						250			160	
	A11				300						240
	A12	200									
	A13										
	A14										
	A15							250			
	A16										
	A17										
A18				100							

Таблица Б.4 – Суточный объем потребления груза в грузопоглощающих пунктах

Вид груза	Шифр грузообразующего пункта	Объем производства по вариантам, т									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Щебень	Б0	150	100								
	Б1			120	150				200		
	Б2						50	200	140	100	150
	Б3				140	140		300		100	
	Б4			180			200				200
	Б5	130	280	150							
	Б6				160	150		70			
	Б7			200			80		250	200	175
	Б8	200	150			240					175
	Б9				240		170		160		150
	Б10							180	100		
	Б11				150					100	
	Б12	150		200				200			
	Б13		200			160		50			
	Б14			150		160	300		150	200	
	Б15	150	120		160						
	Б16	220	150								
	Б17									300	150
Б18					150	200					
Керамзит	Б0							100	140		
	Б1				60					60	80
	Б2	100									
	Б3							50			
	Б4						100	50			
	Б5			80						80	
	Б6	50	100			80					
	Б7	50	50							90	
	Б8			100				160			
	Б9					60	120		50		80
	Б10			20	100						
	Б11					80					
	Б12				60				60		
	Б13						80		90	80	140
	Б14	100	150								
	Б15	100	50	100			50				60
	Б16			100	120	60					
	Б17		50	60	120	50			60		
Б18							40		90	40	

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Пример оформления исходных данных к курсовому проекту
(справочное)



Приложение Б
 Расстояния между пунктами транспортной сети автомобильных дорог

Шифр звена	Длина, км						
0-1	15	3-14	8	8-9	8	12-15	20
0-11	24	3-16	20	9-10	18	14-16	22
1-2	5	6-7	18	9-12	26	15-16	16
1-13	8	6-17	15	10-11	12	16-17	10
2-3	8	7-8	16	11-12	20	16-18	16
2-14	8	7-15	14	12-13	12	4-18	14
3-4	22	7-16	14	12-14	16	—	—

Приложение В
 Суточный объем производства груза в пунктах

Вид груза	Шифр грузообразующего пункта	Объем производства
Щебень	А2	300
	А 10	220
	А 17	200
	А 18	280
Керамзит	А4	250
	А9	150

Приложение Г
Суточный объем потребления груза в пунктах

Вид груза	Шифр грузоопглощающего пункта	Объем потребления
Щебень	Б0	100
	Б5	280
	Б8	150
	Б13	200
	Б15	120
	Б16	150
Керамзит	Б6	100
	Б7	50
	Б14	150
	Б15	50
	Б17	50

Приложение Д
Месторасположение автотранспортных предприятий

Вариант задания	8
Шифр пункта расположения АТП	С4
	С9
	С13

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(справочное)
Пример оформления задания

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет транспорта
Кафедра "Общественные транспортные проблемы"

З А Д А Н И Е
на разработку курсового проекта

Студенту _____ группы _____

- 1 Тема проекта: «Организация перевозок массовых грузов»
- 2 Срок сдачи студентом законченного проекта _____
- 3 Исходные данные к проекту
 - 1 Схема и дорожные условия транспортной сети (приложение А)
 - 2 Длина звеньев транспортной сети (приложение Б)
 - 3 Объем производства грузов в грузообразующих пунктах (приложение В)
 - 4 Объем потребления грузов в грузопоглощающих пунктах (приложение Г)
 - 5 Месторасположение АТП, занимающихся перевозкой заданных грузов (приложение Д)
 - 6 Режим работы подвижного состава на линии – двухсменный.
 - 7 Коэффициент выпуска подвижного состава на линию – $((100 - \text{сумма трех цифр зачетки})/100)$
- 4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Введение

 - 1 Анализ транспортной сети и объема перевозок.
 - 2 Определение кратчайших расстояний между пунктами транспортной сети.
 - 3 Оптимизация грузовых потоков и построение их картограммы.
 - 4 Маршрутизация перевозок грузов.
 - 5 Оптимальное закрепление маршрутов за АТП.
 - 6 Выбор транспортных средств для работы на маршрутах.
 - 7 Расчет количества транспортных средств для перевозки грузов и технико-эксплуатационных показателей их работы.
 - 8 Расчет затрат на перевозку грузов.

Заключение.
Литература.
- 5 Перечень графического материала
 - 1 Картограмма оптимальных грузовых потоков с приведением таблиц оптимальных планов закрепления потребителей за поставщиками.
 - 2 Схема маршрутов перевозки грузов с приведением таблиц совмещенных планов.
 - 3 Графики движения автомобилей на маршрутах.
 - 4 Экономические показатели работы автомобилей на маршрутах.
- 6 Календарный график работы над проектом на весь период проектирования
 - 1 Определение кратчайших расстояний –
 - 2 Оптимизация грузопотоков и построение их картограммы –
 - 3 Маршрутизация перевозок грузов. Оптимальное закрепление за АТП и выбор транспортных средств –
 - 4 Определение количества транспортных средств и расчет технико-эксплуатационных показателей –
 - 5 Расчет затрат на перевозку грузов –
 - 6 Оформление пояснительной записки и чертежей –

Руководитель проекта _____
Дата выдачи: _____
Задание принял к исполнению: _____

Задание рассмотрено и утверждено на заседании кафедры «Общественные транспортные проблемы» 26 сентября 2005 года, протокол №96.
Задание разработали ассистенты В.А. Марковцев и С.В. Скиркоцкий.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(справочное)
Рабочая программа курса

1 Цель и задачи преподавания дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Курс «Автомобильные перевозки грузов и пассажиров» является основной профилирующей дисциплиной при подготовке инженеров-менеджеров по организации перевозок и управлению на автомобильном и городском транспорте.

Целью преподавания дисциплины является формирование у студентов системы научных и профессиональных знаний и навыков в области рациональной организации транспортного процесса при перевозке грузов и пассажиров.

В процессе изучения данной дисциплины студент знакомится с организацией работы автомобильного и городского транспорта, играющего важную роль в решении задачи полного и своевременного удовлетворения потребностей предприятий и организаций государственной и частной форм собственности, а также населения в перевозках, в повышении эффективности и качества работы транспортного комплекса.

Дисциплина раскрывает роль, состояние, тенденции и перспективы развития автомобильных перевозок с учетом затрат трудовых, материальных и топливно-энергетических ресурсов, необходимости обеспечения экологичности транспорта и излагает основные направления научно-технического прогресса, а также опыт работы автомобильного транспорта в Беларуси и за рубежом.

1.2 Задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины студенты должны знать передовые методы и технологические особенности организации автомобильных перевозок, типаж подвижного состава, методы проектирования, оптимизации функционирования и управления транспортно-технологическими системами транспорта.

На основе полученных знаний студенты должны уметь проводить расчеты и анализ эксплуатационных показателей для повышения качества транспортного обслуживания, эффективности использования подвижного состава и снижения транспортных издержек на перевозки.

2 Содержание дисциплины

2.1 Содержание лекционных занятий

2.1.1 Современное состояние и задачи автомобильного транспорта Республики Беларусь

Характеристика автомобильного транспорта Республики Беларусь.

Классификация автотранспортных предприятий. Специализация АТП. Паспорт АТП. Производственное значение и задачи автомобильного транспорта. Основные направления совершенствования транспортного процесса.

2.1.2 Грузовые автомобильные перевозки

Характеристика технологических схем перемещения грузов. Виды грузовых автомобильных перевозок. Критерии оценки эффективности грузовых автомобильных перевозок.

2.1.3 Основы грузозедения

Предмет грузозедения. Характеристика свойств грузов. Способы повышения грузоместимости подвижного состава. Тара, упаковка и маркировка грузов. Сфера применения тары-оборудования. Общие принципы обеспечения сохранности грузов. Факторы, определяющие допустимую скорость движения автомобилей. Совместимость грузов при хранении и перевозке.

2.1.4 Грузовые потоки

Массовость и партионность перевозок. Формирование и накопление партий груза. Показатели процесса накопления. Потоки требований на перевозки. Статистическое исследование партионности перевозок. Неравномерность перевозок. Определение и систематизация транспортных связей. Эпюры и картограмма грузовых перевозок. Показатели объема перевозочной работы и их расчет.

2.1.5 Транспортный процесс и производительность подвижного состава

Транспортный процесс и его элементы. Взаимосвязь операций с грузами и подвижным составом. Понятие о нулевом пробеге. Маршруты и циклы перевозки грузов. Транспортная работа цикла перевозок. Производительность автомобиля и определяющие ее факторы. Методика анализа влияния эксплуатационных факторов на показатели использования подвижного состава. Система показателей работы подвижного состава. Показатели численности подвижного состава и использования времени его пребывания в АТП для работы на линии. Расчет необходимого количества автомобилей для перевозки грузов.

2.1.6 Себестоимость грузовых автомобильных перевозок и тарифы

Затраты на перевозки грузов и себестоимость перевозок. Анализ зависимости себестоимости перевозок от эксплуатационных факторов. Нормирование и анализ эффективности использования автомобильного топлива. Факторный анализ эффективности использования парка подвижного состава. Тарифы на перевозки грузов.

2.1.7 Выбор подвижного состава. Формирование структуры автомобильного парка

Критерии и общие принципы выбора подвижного состава. Выбор подвижного состава по производительности. Выбор подвижного состава оптимальной грузоподъемности. Выбор автомобилей-тягачей для перевозки тяжелых грузов. Определение оптимальной по грузоподъемности струк-

туры парка автомобилей.

2.1.8 Маршрутизация перевозок и организация движения автомобилей

Общая постановка задачи маршрутизации перевозок. Методы определения кратчайших расстояний. Маршрутизация массовых крупнопартионных перевозок. Требования, предъявляемые к маршрутам. Закрепление маршрутов за АТП. Маршрутизация партионных перевозок. Методы нахождения рациональных развозочных маршрутов: с использованием кратчайшей связывающей сети; суммирования по столбцам; Кларка-Райта. Комплексное календарное планирование поставок. Организация движения автомобилей по расписанию и часовым графикам. Показатели использования подвижного состава на различных маршрутах.

2.1.9 Организация перевозок грузов

Правовые основы организации грузовых автомобильных перевозок. Правила приема, выдачи, переадресовки, погрузки и выгрузки грузов. Правила составления актов, предъявления и рассмотрения претензий. Документация на перевозки и правила ее оформления. Порядок расчетов за перевозки. Транспортно-экспедиционное обслуживание клиентуры.

2.1.10 Технология грузовых автомобильных перевозок

Технология перевозки навалочных и сыпучих грузов. Особенности перевозки крупногабаритных, длинномерных и строительных грузов. Обеспечение сохранности и технология перевозки продуктов сельского хозяйства. Меры противопожарной безопасности при перевозке грузов. Перевозка торговых и почтовых грузов. Перевозка грузов промышленных предприятий. Организация работы карьерного подвижного состава автомобильного транспорта. Расчет необходимого числа контейнеров. Передовые методы организации автомобильных перевозок грузов.

2.1.11 Управление грузовыми автомобильными перевозками

Структура управления грузовыми автотранспортными предприятиями. Структура и функции службы эксплуатации АТП. Оперативное управление перевозками. Функции диспетчерской группы.

2.1.12 Характеристика пассажирского транспорта

Основные задачи пассажирского автомобильного транспорта. Сравнительная характеристика различных видов городского пассажирского транспорта. Области рационального применения различных видов городского транспорта. Экономические аспекты неудовлетворительной работы пассажирского автомобильного транспорта. Факторы, влияющие на развитие пассажирских перевозок. Особенности развития пассажирских автомобильных перевозок за рубежом.

2.1.13 Транспортные системы городов и подвижность населения

Планировочные структуры городов и типовые схемы транспортных систем. Основные принципы проектирования транспортных систем. Показатели транспортной системы города.

Понятие транспортной подвижности населения. Понятие поездки и передвижения. Факторы, влияющие на транспортную подвижность населения в городах и сельской местности. Взаимосвязь между ростом национального дохода и транспортной подвижностью населения. Пассажирыские корреспонденции. Факторы, определяющие формирование корреспонденций.

2.1.14 Пассажиропотоки и методы их изучения

Цели и виды обследования пассажиропотоков. Классификация транспортных обследований населения. Понятие пассажиропотока. Неравномерность пассажиропотоков и ее учет в организации перевозок пассажиров. Методы изучения пассажиропотоков. Анализ конкретных методов получения информации о пассажиропотоках. Автоматизированные методы обследования. Пассажирообмен остановочных пунктов.

2.1.15 Подвижной состав пассажирского автомобильного транспорта и показатели его использования

Классификация пассажирских автомобилей, их характеристика и сравнительная оценка. Типаж автомобилей. Основные направления в развитии автомобилестроения. Классификация и характеристика условий эксплуатации автомобилей. Показатели эффективности использования пассажирских транспортных средств. Взаимосвязь между элементами конструкции автомобиля, эксплуатационными и техническими показателями транспортных средств. Показатели, характеризующие совершенство конструкции автобусов. Пассажировместимость и ее измерители. Требования к подвижному составу, используемому на городских и междугородных маршрутах. Удобство использования пассажирского подвижного состава.

2.1.16 Производительность пассажирского подвижного состава

Транспортный процесс и его элементы. Понятие цикла транспортного процесса. Общий пробег пассажирских автомобилей и его составные элементы. Количественные и качественные показатели использования автобусов. Расчет производительности автобусов и автомобилей-такси. Анализ влияния различных факторов на величину производительности. Показатели использования парка автомобилей.

2.1.17 Автовокзалы, автостанции и линейные сооружения

Классификация автовокзалов и автостанций. Техничко-экономические показатели проекта автовокзала и автостанции. Расположение и оборудование перронов посадки и высадки. Расчет количества посадочных постов. Технологический процесс работы автовокзала и автостанции. Генеральный план автовокзала. Основные помещения автовокзала и требования к их размещению. Основные функции автовокзала. Механизация и автоматизация производственных процессов на автовокзале. Линейные сооружения автомобильного пассажирского транспорта. Принципы расположения остановочных пунктов. Классификация остановочных пунктов.

2.1.18 *Автобусная маршрутная сеть*

Виды автобусных перевозок. Классификация и характеристика автобусных маршрутов. Понятие рейса. Маршрутная сеть. Показатели маршрутной сети. Порядок организации маршрутов, их закрытия и корректировки. Паспорт автобусного маршрута. Выбор рациональной автобусной маршрутной сети. Способы изменения маршрутной сети. Закрепление автобусных маршрутов за автотранспортными предприятиями, колоннами и бригадами, автозаправочными станциями.

2.1.19 *Организация движения автобусов на маршруте*

Общие принципы организации автобусных перевозок в городах, в пригородном и междугородном сообщении. Выбор видов и расчет числа автобусов для работы на маршруте. Распределение автобусов по маршрутам. Организация и эффективность резервирования автобусов на городском транспорте. Организация скоростного и экспрессного движения. Особенности организации движения автобусов в час пик. Формы организации труда водителей на городских и междугородных маршрутах. Выбор рациональных режимов труда водителей. Виды расписаний движения автобусов. Технология составления расписания. Методы разработки расписаний движения. Использование ЭВМ при составлении автобусных расписаний.

2.1.20 *Система управления качеством перевозок пассажиров автобусами*

Основные показатели качества перевозок. Затраты времени пассажира на передвижение. Наполнение автобусов пассажирами. Регулярность движения автобусов. Беспересадочность сообщения. Комфортабельность транспортного передвижения. Безопасность движения. Интегральная оценка качества обслуживания пассажиров.

2.1.21 *Особенности организации автобусных перевозок в городах и на внегородских маршрутах*

Нормирование скоростей движения автобусов. Факторы, влияющие на скорость движения. Определение числа автобусов по часам суток. Планирование времени выпуска автобусов на маршруты. Увязка продолжительности работы автобусов и водителей на линии. Координация работы различных видов городского пассажирского транспорта. Характеристика внегородских автобусных перевозок. Особенности пригородных автобусных перевозок. Требования к пунктам пересадки с пригородного на городские маршруты. Организация автобусных перевозок в сельской местности. Организация автобусных перевозок на междугородных маршрутах. Международные перевозки пассажиров.

2.1.22 *Диспетчерское руководство движением автобусов на маршрутах*

Нарушения в линейной работе городского пассажирского транспорта. Задачи диспетчерской службы. Организация системы диспетчерского управления движением автобусов. Организационная структура единой центральной диспетчерской службы городского пассажирского транспорта.

Автоматизация диспетчерского управления движением автобусов. Назначение и основные функции системы «Интервал».

2.1.23 Система образования доходов от пассажирских перевозок

Себестоимость пассажирских автомобильных перевозок. Назначение и методы определения расчетного тарифа. Договорные тарифы. Распределение доходов от перевозки пассажиров на городских маршрутах различными видами транспорта. Автоматизированная система бронирования и продажи билетов. Структура и задачи контрольно-ревизорской службы.

2.1.24 Организация перевозок пассажиров легковыми автомобилями

Роль и место таксомоторных перевозок в системе городского пассажирского транспорта. Требования к подвижному составу легковых таксомоторных перевозок. Общие сведения об организации перевозок пассажиров легковыми автомобилями-такси. Подвижность населения, обслуживаемого легковыми автомобилями-такси, и влияющие на нее факторы. Структура существующего спроса на таксомоторные перевозки. Организация приема и исполнения заказов населения на таксомоторное обслуживание. Определение и анализ показателей использования автомобилей-такси. Организация коммерческих автомобильных перевозок пассажиров.