

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

Кафедра «Менеджмент»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсового проекта  
по дисциплине «Логистика»  
для студентов дневной и заочной форм обучения  
на тему: «Оптимизация технологии физического перемещения  
материально-технических ресурсов»

М и н с к 2 0 0 4

УДК 658.7

В методических указаниях к выполнению курсового проекта по дисциплине «Логистика» изложены теоретические основы логистики; даны алгоритмы решения экономических и управленческих задач, используемых студентами при выполнении курсового проекта.

Составители:

Н.Д. Горина, А.Б. Кузьменко

Рецензенты:

А.А. Смирнова, Н.Н. Пилипук

© Горина Н.Д., Кузьменко А.Б.,  
составление, 2004

## **В в е д е н и е**

Термин «логистика» происходит от греческого слова «Logistike», что означает искусство вычислять, рассуждать. История возникновения и развития практической логистики уходит далеко в прошлое.

В предпринимательской деятельности, экономической и научной литературе зарубежные специалисты выделяют два принципиальных направления в определении логистики. Одно из них связано с функциональным подходом к товародвижению, т.е. с управлением всеми физическими операциями, которые необходимо выполнять при доставке товаров от поставщика к потребителю. Другое направление характеризуется более широким подходом: кроме управления товародвиженческими операциями оно включает анализ рынка поставщиков и потребителей, координацию спроса и предложения на рынке товаров и услуг, а также осуществляет гармонизацию интересов участников процесса товародвижения.

Для закрепления полученных знаний при изучении дисциплины студенты должны выполнить курсовой проект, который включает основные направления логистики.

Обобщая вышеизложенные определения логистики, ее можно охарактеризовать как науку управления материальными потоками от первичного источника до конечного потребителя с минимальными издержками, связанными с товародвижением и относящимся к нему потоком информации.

### **1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Курсовой проект охватывает все этапы снижения транспортных затрат при перемещении материально-технических ресурсов. Получив задание на курсовой проект, студент должен решить 3 задачи по оптимизации логистических операций материального потока.

## Задача 1

Требуется провести оптимизацию размещения материально-технических ресурсов на складах. Задача на минимизацию стоимости доставки грузов, товаров на склады решается с помощью алгоритма решения задачи в подразделе 3.4.

Используя экономико-математические методы линейного программирования, находят оптимальный вариант закрепления поставщиков продукции за складами.

Например, имеется 3 производителя однородной продукции, 4 склада (распределительных центра – РЦ) для этой продукции и 5 потребителей продукции (см. задание).

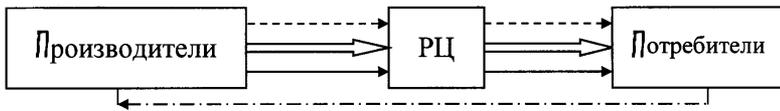
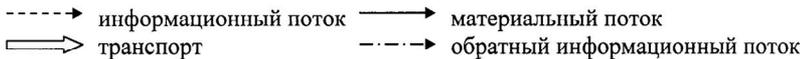


Рис. 1.1. Участники логистического процесса:



Для решения задачи требуется:

1. Составить по исходным данным матрицу и решить ее распределительным методом линейного программирования.
2. Закрепить поставщиков однородной продукции за распределительными центрами (РЦ).
3. Произвести расчет стоимости доставки и объемов поставок продукции на РЦ.
4. Произвести расчет средней стоимости доставки груза для участников логистической цепочки по следующей методике:

$$Q = Q \cdot S;$$

где  $C$  – стоимость доставки в у.е.;

$Q$  – объем продукции определенного поставщика в тоннах;

$S$  – существующая стоимость доставки 1 тонны продукции для каждого поставщика.

$$\sum C = C_1 + C_2 + \dots + C_n, \text{ у.е.},$$

где  $\sum C$  – общая стоимость доставки  $Q_m$  продукции;

$$C_{cp} = \frac{\sum C}{\sum Q}, \text{ у.е.};$$

где  $C_{cp}$  – средняя стоимость доставки 1 т продукции.

5. Вычертить логистическую цепочку между распределительными центрами и поставщиками продукции, исходя из оптимального варианта решенной задачи.

## З а д а ч а 2

Необходимо оптимизировать технологию перемещения материально технических ресурсов.

Для решения задачи требуется:

1. По исходным данным составить матрицу размером по количеству поставщиков и потребителей однородной продукции.
2. Получить оптимальный вариант.
3. Разработать маршруты материальных потоков (см. подраздел 3.4).
4. Рассчитать маршруты (см. подраздел 3.3) по следующей методике:
  - 1) определить время работы подвижного состава (ПС) на маршруте  $T_m$ , ч:

$$T_m = T_n - \frac{\sum l_0}{V_m}, \text{ ч},$$

где  $T_n$  – время работы ПС, ч;

$\sum l_0$  – суммарный нулевой пробег ПС, км;

$V_m$  – техническая скорость ПС, км/ч;

2) рассчитать время движения ПС  $t_{дв}$ , ч:

$$t_{дв} = \frac{L_m}{V_m}, \text{ ч},$$

где  $L_m$  – длина маршрута материального потока, км;

3) рассчитать время одного маршрута, ч:

$$t_m = t_{об} + t_{n-p} \cdot n, \text{ ч},$$

где  $t_{n-p}$  – время на погрузочно-разгрузочные операции, ч;

$n$  – количество погрузок-разгрузок (заездов) на маршруте;

4) рассчитать количество маршрутов за смену (т.е. за время работы на маршруте):

$$Z = \frac{T_m}{t_m},$$

где  $T_m$  – время работы на маршруте, ч;

$t_m$  – время работы на одном маршруте, ч.

5. Рассчитать коэффициент использования пробега ПС за смену и за один маршрут  $\beta_{см}$ ,  $\beta_m$ :

$$\beta_{см} = \frac{\sum l_{zp}}{l_0 + l_{zp} + l_x},$$

где  $\sum l_{zp}$  – суммарный груженный пробег ПС за смену, км;

$l_0$  – нулевой пробег автомобиля, км;

$l_{zp}$  – груженный пробег автомобиля за смену, км;

$l_x$  – пробег автомобиля без груза за смену, км;

$$\beta_m = \frac{l_{zp}}{l_{zp} + l_x},$$

где  $l_{zp}$  – груженный пробег автомобиля за один маршрут, км;

$l_x$  – пробег автомобиля без груза за один маршрут, км.

6. Рассчитать потребное количество ПС (автомобилей) для выполнения заданного объема перевозок  $A$ :

$$A = \frac{\sum Q}{P_Q},$$

где  $\sum Q$  – суммарный объем перевозок по одному маршруту за смену, т;  
 $P_Q$  – производительность ПС, т,

$$P_Q = Z \cdot n \cdot \gamma_c \cdot q_n,$$

где  $Z$  – число маршрутов за смену;

$n$  – число заездов на маршруте;

$\gamma_c$  – коэффициент использования грузоподъемности ПС (берется по прейскуранту в зависимости от класса перевозимого груза);

$q_n$  – номинальная грузоподъемность ПС (берется по технической характеристике ПС), т.

7. Определить суммарное количество ПС для заданного объема перевозок:

$$A = A_1 + A_2 + \dots + A_n,$$

где  $A_1$  – количество ПС по первому маршруту и т.д.

### З а д а ч а 3

Требуется решить задачу о назначениях. Имеется  $n$  поставщиков и  $n$  потребителей. Необходимо с максимальной производительностью в минимальные сроки выполнить доставку груза. Известно, что 1-й поставщик, закрепленный за  $j$ -м потребителем, будет приносить доход  $C_{ij}$ . Требуется так осуществить доставку продукции, чтобы максимизировать суммарный доход.

Задача решается венгерским методом (алгоритм этого метода см. в подразделе 3.5.3). Итогом решения является оптимальный вариант назначений.

Для решения поставленных задач необходимо использовать логистический подход в управлении материальным потоком, т.е. интегрировать отдельные участки логистического процесса в единую систему, способную быстро и экономично доставить необходимый товар (груз, продукт) в нужное место.

Сложность заключается в том, что в рамках единой системы необходимо объединить различных собственников (в нашем случае – производителя, транспорт, склады и потребителя), т.е. субъектов с различными экономическими интересами. Для этого следует заинтересовать всех участников логистического процесса путем постановки ряда задач, результатом решения которых является общая прибыль без каких-либо дополнительных вложений. Логистическая оптимизация материального потока позволяет снизить совокупные затраты на товародвижение.

Результат достигается за счет решения вышеперечисленных задач. Логистическая оптимизация процесса доведения материально-технических ресурсов до конечного потребителя предполагает наличие тесных партнерских связей между всеми участниками логистического процесса, т.е. работу на общий результат. В результате регулирования механизма экономических взаимоотношений участников возникает интегрированный совокупный сквозной материальный поток, для оптимизации которого необходимо решить экономическую, математическую и технологическую задачи.

В нашем случае участниками логистического процесса являются поставщики продукции (производители), транспорт, склады и потребители этой продукции (см. рис. 1.1). В процессе оптимизации материального потока решаются следующие задачи:

- 1) задача на минимальную стоимость доставки продукции;
- 2) задача на минимум затрат при планировании технологии перевозок;
- 3) задача на минимум времени выполнения заказа при максимальной производительности.

При решении 1-й задачи оптимизация достигается за счет оптимального закрепления производителей продукции за складами, что дает снижение средней стоимости доставки готовой продукции на склады, и каждый участник логистической цепочки получает дополнительный процент прибыли.

Решение 2-й, технологической, задачи оптимизации траектории движения материального потока снижает транспортные затраты за счет сокращения непроизводительных пробегов подвижного состава.

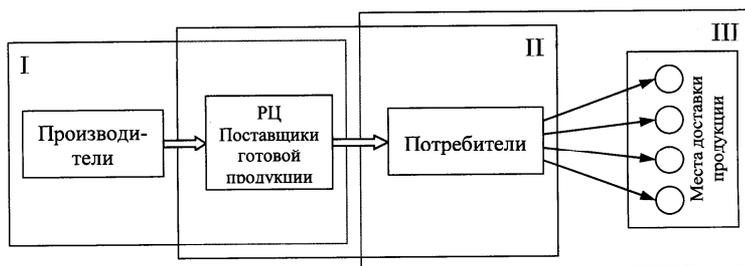


Рис. 1.2. Участники логистической цепочки и задачи, решаемые в процессе оптимизации материального потока

3-я задача оптимизации дает возможность добиться максимальной производительности при минимальных затратах времени за счет оптимизации подачи ПС от складов в пункты потребления продукции.

Дополнительная прибыль при снижении совокупных транспортных затрат в данном случае происходит за счет 3-х факторов:

- 1) снижение средней стоимости доставки продукции от производителя на склады;
- 2) снижение непроизводительных пробегов транспорта;
- 3) сокращение времени выполнения заказа.

## 2. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ МАТЕРИАЛЬНОГО ПОТОКА

### Задача 1

Имеются три производителя продукции (обозначаются буквой  $П$  с соответствующим индексом –  $П_1, П_2, П_3$ ), четыре склада (обозначены буквой  $A$  с соответствующим индексом –  $A_1, A_2, A_3, A_4$ ; в дальнейшем они будут выступать в роли поставщиков продукции), пять потребителей готовой продукции (соответственно  $B_1, B_2, B_3, B_4, B_5$ ). Имеются объемы продукции, расстояния между участниками логистической цепочки и стоимости доставки продукции.

Требуется провести оптимизацию совокупного материального потока для получения дополнительной прибыли за счет снижения затрат на каждом участке движения материального потока по логистической цепочке.

В первую очередь, необходимо закрепить производителей за распределительными центрами РЦ (складами), что даст оптимальный вариант доставки продукции, т.е. минимальную стоимость.

Существующая схема доставки продукции следующая: производитель  $P_1$  доставляет продукцию на склад  $A_1$  в объеме 150 т; производитель  $P_2$  – на склад  $A_3$  в объеме 80 т, на склад  $A_2$  – в объеме 120 т; производитель  $P_3$  – на склад  $A_4$  в объеме 100 т. Общий объем материального потока составляет 450 т. Имеются стоимости доставки продукции до каждого склада.

Для оптимизации поставленной задачи необходимо составить матрицу и решить ее с помощью математического метода линейного программирования.

В табл. 2.1 представлен оптимальный вариант закрепления производителей за РЦ.

Т а б л и ц а 2.1

Матрица оптимизации материального потока

РЦ	Производители						$\Sigma A_i$
		$P_1$	$P_2$	$P_3$			
		3	4	6			
$A_1$	0	5	4	6	150		
			130	20			
$A_2$	0	3	7	8	120		
		120					
$A_3$	-2	6	9	4	80		
				80			
$A_4$	2	5	6	12	100		
		30	70				
$\Sigma P_j$		150	200	100	450		

Для решения задачи требуется:

1. Рассчитать первоначальную (существующую) стоимость доставки продукции на склады:

10

$$C_{\text{сущ}} = 150 \cdot 5 + 120 \cdot 7 + 80 \cdot 9 + 100 \cdot 12 = 3510 \text{ у.е.};$$

$$C_{\text{ср}} = \frac{C_{\text{сущ}}}{Q} = \frac{3510}{450} = 7,8 \text{ у.е.}$$

2. Рассчитать оптимизированную стоимость доставки продукции:

$$C_{\text{опт}} = 130 \cdot 4 + 20 \cdot 6 + 180 \cdot 3 + 80 \cdot 4 + 30 \cdot 5 + 70 \cdot 6 = 2070 \text{ у.е.};$$

$$C_{\text{ср опт}} = \frac{2070}{450} = 4,6 \text{ у.е.}$$

Из расчета видно, что затраты доставки продукции на склады снизились на 1440 у.е., т.е. каждый производитель вместо 7,8 у.е. заплатит за 1 т 4,6 у.е.

Схематически это будет выглядеть следующим образом (рис. 2.1, 2.2).

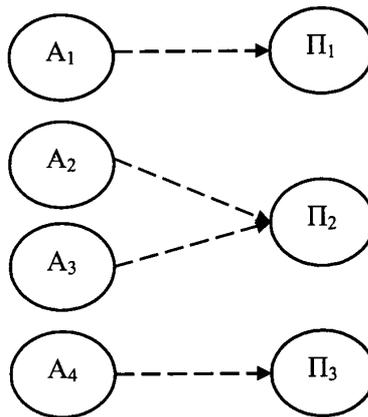


Рис. 2.1. Существующая схема доставки продукции

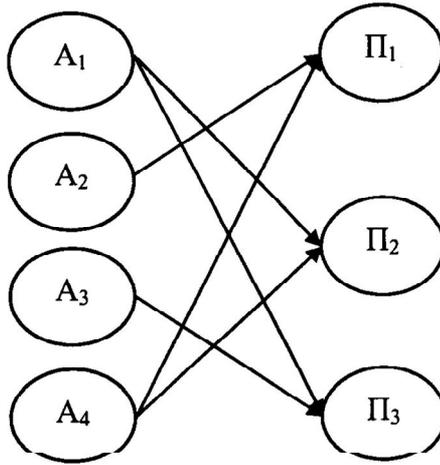


Рис. 2.2. Оптимизированная схема доставки продукции

$$C_{\text{суц}} = 3\,510 \text{ у.е.};$$

$$C_{\text{онм}} = 2\,070 \text{ у.е.};$$

$$C_{\text{ср}} = 7,8 \text{ у.е. за тонну груза};$$

$$C_{\text{ср онм}} = 4,6 \text{ у.е. за тонну груза};$$

$$\Delta C = C_{\text{суц}} - C_{\text{онм}} = 1440 \text{ у.е.}$$

### Задача 2

Необходимо со складов (теперь они уже являются поставщиками) отправить продукцию потребителям таким образом, чтобы оптимизировать суммарные транспортные расходы.

Есть 4 поставщика продукции и 5 потребителей; имеются объемы поставок, объем потребности в продукции, расстояния между поставщиками и потребителями.

Составить транспортную задачу при условии, что поставщик  $A_1$  должен отправить груз потребителю  $B_4$  в размере 100 т и потребителю  $B_2$  – 150 т;  $A_2$  – потребителю  $B_1$  – 120 т;  $A_3$  – потребителю  $B_3$  – 80 т;  $A_4$  – потребителю  $B_5$  – 100 т.

Необходимо составить матрицу и получить оптимальный вариант.

Т а б л и ц а 2.2

Матрица оптимального варианта материального потока

Потребители	Поставщики								$\Sigma A_i$
	A <sub>1</sub>		A <sub>2</sub>		A <sub>3</sub>		A <sub>4</sub>		
B <sub>1</sub>	90	12		19		14	30	10	120
B <sub>2</sub>		21		13	50	10		12	50
B <sub>3</sub>		9	80	8		25		11	80
B <sub>4</sub>		20		13	30	10	70	8	100
B <sub>5</sub>	60	8	40	9		11		21	100
$\Sigma B_j$	150		120		80		100		450

Для решения задачи требуется:

1. Рассчитать непроизводительный пробег автомобиля до оптимизации:

$$l_{\text{сущ}} = \frac{W}{Q};$$

$$l_{\text{сущ}} = \frac{100 \cdot 20 + 50 \cdot 21 + 120 \cdot 12 + 80 \cdot 25 + 100 \cdot 21}{450} =$$

$$= \frac{8590}{450} = 19 \text{ км,}$$

где  $l_{\text{сущ}}$  – существующий непроизводительный пробег одного автомобиля;

$W$  – транспортная работа в т.км (фиктивная);

$Q$  – объем перевозок в тоннах.

2. Рассчитать непроизводительный пробег автомобиля после оптимизации:

$$l_{\text{онм}} = \frac{90 \cdot 12 + 30 \cdot 10 + 50 \cdot 10 + 80 \cdot 8 + 30 \cdot 10 + 70 \cdot 8 + 60 \cdot 8 + 40 \cdot 9}{450} =$$
$$= \frac{4220}{450} = 9,3 \text{ км};$$

$$\Delta l = l_{\text{сущ}} - l_{\text{онм}};$$

$$\Delta l = 19 - 9,3 = 9,7 \text{ км.}$$

3. Рассчитать сокращение непроизводительного пробега всех автомобилей на заданный объем материального потока:

$$\sum l_{\text{онм}} = Q \cdot l_{\text{онм}};$$

$$\sum l_{\text{онм}} = 450 \cdot 9,7 = 4365 \text{ км.}$$

Если принять стоимость пробега 1 км  $S = 0,35$  у.е., то общая экономия составит

$$\Theta = S \cdot \sum l_{\text{онм}};$$

$$\Theta = 0,35 \cdot 4365 = 1527,75 \text{ у.е.}$$

4. Разработать технологию движения автомобилей с помощью метода совмещенных планов. Произвести расчет всех маршрутов (см. подраздел 3.4).

### Задача 3

Задача оптимизации движения сквозного материального потока направлена на сокращение времени выполнения объема перевозок, т.е. сокращение времени выполнения заказов при максимальной производительности транспортных средств.

Задача решается венгерским методом о назначениях (см. подраздел 3.5.3).

Если существующая производительность ПС составляет 32 т, а время выполнения заказа – 28 часов, то, решив задачу о назначениях, получаем значительное сокращение времени доставки и увеличение производительности ПС.

### **3. ОПТИМАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И ЭКОНОМИКО–МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПЛАНОВЫХ ЗАДАЧ**

#### **3.1. Цели применения экономико-математических методов в планировании**

Чтобы выбрать оптимальный вариант плана, надо определить такие значения искомым плановых величин (назовем их переменными), при которых наилучшим образом достигалась бы заранее заданная цель. Такой целью могут быть, например, наименьшие транспортные издержки при передвижении материального потока, максимальная производительность подвижного состава при выполнении этих перевозок и т.п. Степень достижения цели решения плановой задачи определяется с помощью критерия, который должен быть вполне определенным количественным показателем, т.е. выражен числом. План будет оптимальным в том случае, если численные значения переменных будут удовлетворять всем заданным условиям, и при этом критерий оптимальности примет максимальное (при решении задачи на максимум) или минимальное (при решении задачи на минимум) значение.

В математической форме задача оптимального планирования может быть сформулирована следующим образом. Существует система величин, которые могут принимать различные значения в заданных пределах. Требуется найти такие значения этих величин, которые оптимизируют выбранный критерий, являющийся их функцией.

Принцип определения оптимума лучше всего пояснить следующей простейшей условной задачей: требуется определить оптимальное значение некоторой величины  $X$ , от которой зависит определенный хозяйственный результат, причем известен характер этой зависимости: например, затраты растут при почасовой оплате пропорционально времени доставки продукции, что отражает линия  $S_1$  на рис. 3.1.

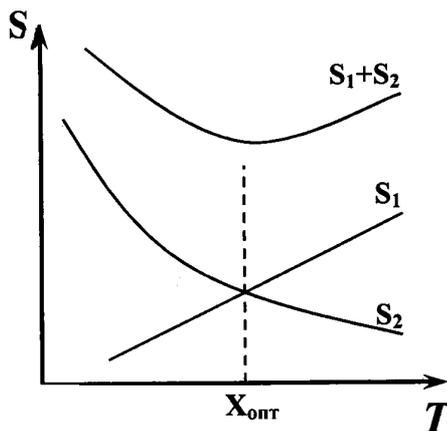


Рис. 3.1. Условный график определения оптимального срока доставки продукции:  
 $S$  – затраты;  $T$  – время работы

Линия  $S_2$  на рисунке показывает, что с увеличением объема продукции удельная стоимость доставки 1 т груза в единицу времени будет уменьшаться. Суммарные удельные затраты на доставку продукции показаны линией  $S_1 + S_2$ . Оптимальному значению срока доставки продукции будет соответствовать точка на кривой линии суммарных издержек, где эти затраты минимальны. На рис. 3.1 такой точкой является точка  $X_{\text{опт}}$ .

В рассмотренной задаче определялось численное значение только одной переменной – срока доставки продукции. Хотя такие задачи встречаются в практике планирования работы предприятий, значительно чаще необходимо решать задачи, где требуется определить оптимум в гораздо более сложных условиях.

Рассмотрим поставку кирпича одной марки кирпичными заводами на строительные площадки. При наличии одного завода и одной стройки может быть только один вариант перевозок. Если есть два завода и две стройки, в задаче имеются 4 переменные, т. е. кирпич можно возить по 4 маршрутам.

Обозначим каждый маршрут буквой  $X$  с соответствующим индексом. Так, при перевозке кирпича от первого завода на первую стройку маршрут обозначим  $X_1$ , от первого завода на вторую стройку –  $X_2$  от второго завода на первую стройку –  $X_3$ , на вторую стройку –  $X_4$ .

При этом может быть 6 различных вариантов организации этих перевозок: 1-й вариант – осуществлять перевозки по маршрутам  $X_1$  и  $X_2$ ; 2-й вариант – по маршрутам  $X_1$  и  $X_4$ ; 3-й вариант – по маршрутам  $X_3$  и  $X_4$ ; 4-й вариант – по маршрутам  $X_2$  и  $X_3$ ; 5-й вариант – по маршрутам  $X_1$ ,  $X_3$  и  $X_4$ ; 6-й вариант – по маршрутам  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_4$ . При увеличении числа заводов и строек количество переменных и возможных вариантов стремительно растет. При 3 заводах и 3 стройках будет соответственно 9 переменных и 90 вариантов решения, при 4 заводах и 4 стройках будет соответственно 16 переменных и 6256 вариантов решения.\*

Так как на практике количество отправителей и потребителей бывает значительно большим, то и число переменных в каждой задаче планирования может быть велико, а количество вариантов решения будет выражаться огромным числом.

В настоящее время разработаны методы получения оптимальных планов при решении следующих задач планирования:

1) закрепление потребителей за поставщиками однородной продукции с целью минимизации транспортных затрат;

2) планирование нулевых пробегов, т.е. пробегов ПС от автотранспортного предприятия к первому пункту погрузки и от последнего пункта разгрузки до автотранспортного предприятия (разновидностью этой задачи является задача размещения различных типов и марок автомобилей по автотранспортным предприятиям; целью решения таких задач является минимизация суммарных нулевых пробегов ПС);

3) маршрутизация перевозок массовых грузов увязка ездки для обеспечения минимального порожнего пробега автомобилей;

4) планирование развозных и сборных маршрутов при перевозке мелких партий грузов, обеспечивающее минимальный пробег автомобилей при объезде пунктов получения (или отправления) груза;

5) распределение ПС и погрузочно-разгрузочных средств по маршрутам с целью максимального использования рабочего времени.

---

\* Количество возможных вариантов решения подсчитано в сб.: «Применение математики в экономических исследованиях» – М.: Соцэкгиз, 1959. – С 282.

### 3.2. Принципы построения экономико-математических моделей

В основе применения математических методов при планировании лежит создание моделей планово-экономических задач и разработка методов их оптимального решения. Экономико-математические модели являются записью планово-экономических задач в математическом виде. Построение таких моделей есть не что иное, как вполне соответствующий перевод (кодирование) задачи с языка экономики на язык математики.

Покажем это на примере. На каждую автоколонну из 100 автомобилей, направляемых для перевозки груза из района А, выделяются 1 передвижная мастерская, 2 автомобиля технической помощи и 2 мотоцикла для разъездных механиков, а из района Б на такую же автоколонну – 2 передвижные мастерские, 1 автомобиль технической помощи, а мотоциклы не выделяются. Ежедневно 1 автоколонна из пункта А вывозит 3 тыс. т груза, а из района Б – 2,5 тыс. т. Необходимо определить, какое количество автоколонн следует направить в каждый район, если имеется 1000 районов, 16 авторемонтных мастерских, 16 автомобилей технической помощи и 14 мотоциклов, чтобы обеспечить максимальный вывоз груза. Эти данные сведены в табл. 3.1.

Т а б л и ц а 3.1

Показатели	Районы		Общее количество
	А	Б	
Количество ПС в одной автоколонне, ед.			
Автомобили	100	100	1000
Передвижные мастерские	1	2	16
Автомобили тех. помощи	2	1	16
Мотоциклы	2	–	14
Производительность одной автоколонны, тыс. т	3,0	2,5	

Сформулируем эту задачу в математическом виде. Для этого обозначим количество автоколонн, направляемых в район А, –  $X_1$ , а в район Б –  $X_2$ .

Теперь можно записать следующие неравенства:

$$\left\{ \begin{array}{l} 100 \cdot X_1 + 100 \cdot X_2 \leq 1000; \\ 1 \cdot X_1 + 2 \cdot X_2 \leq 16; \\ 2 \cdot X_1 + 1 \cdot X_2 \leq 16; \\ 2 \cdot X_1 \leq 14. \end{array} \right. \quad (3.1)$$

Эти неравенства показывают ограничения по возможности использования имеющихся ресурсов. Такими ресурсами являются автомобили, которые можно использовать в количестве не более 1000 ед., мастерские – 16, автомобили технической помощи – 16 и мотоциклы – 14. Каждое неравенство соответствует одному из используемых ресурсов, – например, первое неравенство соответствует автомобилям, второе – мастерским и т.д.

В данных неравенствах видна система взаимосвязанных факторов. Так, при решении необходимо выдержать определенные соотношения: на каждые 100 автомобилей, направляемых в район А, надо иметь 1 передвижную мастерскую, 2 автомобиля технической помощи и 2 мотоцикла; в район Б – соответственно на каждые 100 автомобилей – 2 передвижные мастерские и 1 автомобиль технической помощи. Все эти соотношения можно увидеть, если рассматривать коэффициенты при неизвестных  $X_1$  и  $X_2$ .

Необходимо решить эту задачу таким образом, чтобы обеспечить максимальный вывоз груза, т.е. нужно максимизировать функцию  $C_{max} = 3,0 \cdot X_1 + 2,5 \cdot X_2$ . Эта функция является критерием решения задачи.

Таким образом, рассматриваемый пример можно сформулировать следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} 100 \cdot X_1 + 100 \cdot X_2 \leq 1000; \\ 1 \cdot X_1 + 2 \cdot X_2 \leq 16; \\ 2 \cdot X_1 + 1 \cdot X_2 \leq 16; \\ 2 \cdot X_1 \leq 14; \end{array} \right. \quad (3.2)$$

$$C_{max} = 3,0 \cdot X_1 + 2,5 \cdot X_2; \quad (3.3)$$

$$X_1 \geq 0; X_2 \geq 0. \quad (3.4)$$

Система (3.2) показывает условия (ограничения) использования имеющихся ресурсов – автомобилей, передвижных мастерских, автомобилей технической помощи, мотоциклов; функция (3.3) определяет цель (критерий) оптимального решения данной задачи; условие (3.4) – необходимость получения неотрицательных значений переменных (неизвестных). Такая математическая запись рассматриваемой задачи и является ее экономико-математической моделью.

### 3.3. Решение транспортной задачи

Для решения транспортной задачи проводится разработка и расчет маршрутов с помощью математического метода линейного программирования.

Изучается выданное задание: схема дорожной сети, класс дорог, номенклатура грузов. Из перечня грузов выбираются те, которые перевозятся в одно и то же время (смена, день), не требуют специальных условий перевозки и перевозятся на одном типе подвижного состава (бортовой, самосвальный, специализированный).

Выбранный объем перевозок помещают в специальную таблицу – матрицу (табл. 3.2).

Т а б л и ц а 3.2

Матрица транспортной задачи

Грузополучатель	Грузоотправитель					
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	...	A <sub>n</sub>	ΣA
B <sub>1</sub>	$C_{11}$ X <sub>11</sub>	$C_{12}$ X <sub>12</sub>	$C_{13}$ X <sub>13</sub>	...	$C_{1n}$ X <sub>1n</sub>	B <sub>1</sub>
B <sub>2</sub>	$C_{21}$ X <sub>21</sub>	$C_{22}$ X <sub>22</sub>	$C_{23}$ X <sub>23</sub>	...	$C_{2n}$ X <sub>2n</sub>	B <sub>2</sub>
B <sub>3</sub>	$C_{31}$ X <sub>31</sub>	$C_{32}$ X <sub>32</sub>	$C_{33}$ X <sub>33</sub>	...	$C_{3n}$ X <sub>3n</sub>	B <sub>3</sub>
...	...	...	...	...	...	...
B <sub>n</sub>	$C_{m1}$ X <sub>m1</sub>	$C_{m2}$ X <sub>m2</sub>	$C_{m3}$ X <sub>m3</sub>	...	$C_{mn}$ X <sub>mn</sub>	B <sub>4</sub>
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	...	A <sub>n</sub>	

Здесь  $C$  – расстояние между отправителями и грузополучателями;  
 $B$  – количество груза, необходимое грузополучателю;  
 $A$  – количество груза, находящегося в наличии у грузовладельцев;  
 $X$  – количество груза.

Сумма  $X$  по строке должна быть равна  $B$  с соответствующим индексом, например:

$$X_{11} + X_{12} + \dots + X_{1n} = B_1 \text{ (по каждой строке).}$$

То же производится и по столбцам. Например:

$$X_{11} + X_{21} + \dots + X_{b} = A_i,$$

где  $A$  – грузоотправители (индекс соответствует номеру грузоотправителя);

$B$  – грузополучатели (индекс соответствует номеру грузополучателя).

Необходимо помнить условие, что  $\sum_1^n A = \sum_1^m B$ . Если это условие

соблюдено, можно приступать **к решению транспортной задачи**:

1. Матрица решается распределительным методом линейного программирования. Эта задача носит название «маршрутизация перевозок» и решается на минимум холостого пробега.

2. Каждый ход решения производится на отдельно вычерченной матрице, причем после каждого хода подсчитывается суммарный холостой пробег автомобилей по уравнению

$$C_{11} \cdot X_{11} + C_{12} \cdot X_{12} + \dots + C_{1n} \cdot X_{1n} + C_{21} \cdot X_{21} + C_{22} \cdot X_{22} + \\ + \dots + C_{m1} \cdot X_{m1} + \dots + C_{mn} \cdot X_{mn} = C_{\text{опт}}.$$

3. После получения оптимального варианта решения приступают к разработке маршрутов методом совмещенных планов. В результате получают рациональные кольцевые и маятниковые маршруты.

4. Выбирается автохозяйство в любом пункте транспортной сети задания, но с учетом минимального нулевого маршрута для пробегов.

5. На листе бумаги вычерчивается схема полученных маршрутов (формат А1).

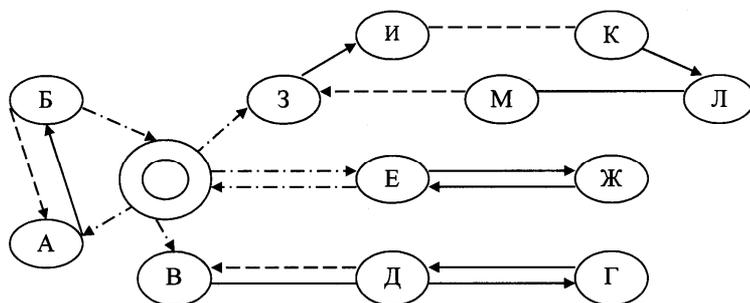


Рис. 3.2. Матрица транспортной задачи

6. Производится расчет кольцевых и маятниковых маршрутов. Для того, чтобы приступить к расчету маршрутов, необходимо самим выбрать тип и марку автомобиля, соответствующие требованиям при перевозке данного груза, и далее на основании выданного в задании класса дорог рассчитать среднюю техническую скорость работы автомобилей в данных эксплуатационных условиях.

Руководствуясь «Условиями оплаты труда работников автомобильного транспорта и шоссейных дорог», определяют скорости движения в соответствии с категорией дорог и грузоподъемностью автомобиля выбранной марки.

Для определения норм времени простоя автомобилей под погрузкой и разгрузкой в пунктах отправления и получения грузов изучаются (по выбору) средства механизации погрузочно-разгрузочных процессов у клиентов и на основании выбранных механизмов по нормативам определяются простои подвижного состава.

Время работы подвижного состава  $T_n$  принимается для всех расчетов равным 10 часам.

Определив все необходимые для расчета маршрутов данные (грузоподъемность автомобиля  $q_n$ , время работы  $T_m$ , норму времени на погрузку-разгрузку  $t_{np}$ , среднюю техническую скорость  $V_T$ ), можно приступить к расчетам маршрутов.

## Форма расчета маршрута

Маршрут		Наименование груза и количество тонн, перевозимое по маршруту	Пробег автомашин за оборот, км		Количество ездов автомашин за смену		Пробег машин за смену		Коэффициент использования пробега	Количество машин	Примечание
Откуда	Куда		с грузом	без груза	с грузом	без груза	с грузом	без груза			

### 3.4. Маршрутизация перевозок с помощью метода совмещенных планов

Метод совмещенных планов заключается в том, что в матрицу с полученным оптимальным планом движения подвижного состава без груза из пунктов разгрузки в пункты погрузки карандашом другого цвета заносят план перевозок (откуда, куда и сколько требуется перевезти груза в тоннах или в автомобиле-ездах). Маршруты записывают непосредственно в матрицы.

Покажем это на примере. В табл.3.4 дана матрица с совмещенными планами. Обычным шрифтом обозначен оптимальный план движения ПС без груза, а жирным – план перевозок. В этой матрице и во всех последующих пункты разгрузки (потребители) обозначаются буквой В с индексом, показывающим номер микрорайона города, в котором размещены данный потребитель или группа потребителей. Если в одной клетке матрицы стоят два числа разного цвета, это означает, что имеет место маятниковый маршрут. Количество перевозимого по маршруту груза определяется меньшим числом.

В табл. 3.4 (первый шаг решения) в клетке  $A_4B_6$  стоят 2 числа. Они показывают, что из пункта  $A_4$  в пункт  $B_6$  должно быть перевезено 80 т груза, а из пункта  $B_6$  в пункт  $A_4$  должны проследовать автомобили без груза общей грузоподъемностью в 80 т. Таким образом, имеется маятниковый маршрут  $A_4-B_6-A_4$ , по которому необходимо перевезти 80 т груза (маршрут № 1).

Т а б л и ц а 3.4

Матрица оптимального плана подвижного состава

№ микро-района	Вспомогательные	Пункты погрузки				Потребность в грузе, т
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	
	строка столбец	8	3	10	15	
B <sub>1</sub>	0	8 <b>140</b>	3 <b>140</b>	15	16	140
B <sub>2</sub>	-6	20 <b>80</b>	11	4 200	12 <b>120</b>	200
B <sub>3</sub>	-3	5 180	8	15 <b>220</b>	12 40	220
B <sub>4</sub>	-11	13 <b>60</b>	11	9	4 60	60
B <sub>5</sub>	0	16 <b>40</b>	6	10 20	15 20	40
B <sub>6</sub>	-4	9	14	17	11 <b>80</b>	80
Наличие груза, т		180	140	220	200	

Записав маршрут, из матрицы убирают (стирают) значения плана перевозок и оптимального плана движения подвижного состава без груза, взятые на этот маршрут.

Для нахождения кольцевого маршрута в матрице необходимо построить замкнутый контур, соблюдая следующие условия:

1) контур должен состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков прямой;

2) все вершины контура должны лежать в загруженных клетках, причем у вершин контура должны попеременно стоять значения плана перевозок груза и значения оптимального плана движения порожнего подвижного состава.

В табл.3.5 (второй шаг решения) построен такой замкнутый контур. Он определяет маршрут A<sub>1</sub>-B<sub>5</sub>-A<sub>3</sub>-B<sub>3</sub>-A<sub>1</sub>. Так как наименьшая загрузка клеток, входящих в контур, равна 20, то на звеньях маршрута (A<sub>1</sub>-B<sub>5</sub> и A<sub>3</sub>-B<sub>3</sub>) можно перевезти по 20 т груза. Всего на кольцевом маршруте (маршрут № 2) будет перевезено 40 т груза, так как маршрут имеет два звена. Записав маршрут, величину 20 вычитают из загрузок клеток, входящих в контур (клетки A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>, A<sub>1</sub>B<sub>5</sub>, A<sub>3</sub>B<sub>3</sub> и A<sub>3</sub>B<sub>5</sub>).

Т а б л и ц а 3.5

№ микрорайонов	Пункты погрузки			
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
B <sub>1</sub>	8 <b>140</b>	3 140	15	16
B <sub>2</sub>	20	11 <b>80</b>	4 200	12 <b>120</b>
B <sub>3</sub>	5 180	8	15 <b>220</b>	12 40
B <sub>4</sub>	13	11 <b>60</b>	9	4 60
B <sub>5</sub>	16 <b>40</b>	6	10 20	15 20
B <sub>6</sub>	9	14	17	11

В табл.3.6 (третий шаг решения) замкнутый контур определяет маршрут A<sub>3</sub>-B<sub>3</sub>-A<sub>4</sub>-B<sub>2</sub>-A<sub>3</sub>. Наименьшее значение загрузки клеток, входящих в контур, равно 40. На звеньях маршрута (A<sub>3</sub>-B<sub>3</sub> и A<sub>4</sub>-B<sub>2</sub>) можно перевезти по 40 т груза. Всего на маршруте (маршрут № 3) будет перевезено 80 т груза. Записав маршрут, загрузку соответствующих клеток уменьшают на 40.

Т а б л и ц а 3.6

№ микрорайонов	Пункты погрузки			
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
1	2	3	4	5
B <sub>1</sub>	8 <b>140</b>	3 140	15	16
B <sub>2</sub>	20	11 <b>80</b>	4 200	12 <b>120</b>
B <sub>3</sub>	5 180	8	15 <b>220</b>	12 40

1	2	3	4	5
$B_4$	13	11	9	4
		<b>60</b>		<b>60</b>
$B_5$	16	6	10	15
	<b>40</b>		20	20
$B_6$	9	14	17	11

В табл. 3.7 (четвертый шаг решения) дается маршрут  $A_1-B_1-A_2-B_2-A_3-B_3-A_1$ . На звеньях этого маршрута ( $A_1-B_1$ ,  $A_2-B_2$  и  $A_3-B_3$ ) можно перевезти по 80 т груза. Всего на маршруте № 4 будет перевезено 240 т груза, так как маршрут имеет три звена.

Т а б л и ц а 3.7

№ микрорайонов	Пункты погрузки			
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$
$B_1$	8 <del>140</del>	3 140	15	16
$B_2$	20	11 <del>80</del>	4 <del>160</del>	12 <b>80</b>
$B_3$	5 <del>160</del>	8 <del>160</del>	15	12
$B_4$	13	11 <b>60</b>	9	4 <b>60</b>
$B_5$	16	6	10	15
	<b>20</b>		20	20
$B_6$	9	14	17	11

Пятый шаг решения приведен в табл.3.8 Получен маршрут  $A_1-B_5-A_4-B_2-A_3-B_3-A_1$ , на трех звеньях которого можно перевезти по 20 т груза. Всего на маршруте будет перевезено 60 т груза.

Таблица 3.8

№ микрорайонов	Пункты погрузки			
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
B <sub>1</sub>	8 <b>60</b>	3 60	15	16
B <sub>2</sub>	20	11	4 80	12 80
B <sub>3</sub>	5 80	8	15 80	12
B <sub>4</sub>	13	11 <b>60</b>	9	4 60
B <sub>5</sub>	16 <b>20</b>	6	10	15 20
B <sub>6</sub>	9	14	17	11

В табл. 3.9 (шестой шаг решения) получился маршрут, состоящий из четырех звеньев: A<sub>1</sub>-B<sub>1</sub>-A<sub>2</sub>-B<sub>4</sub>-A<sub>4</sub>-B<sub>2</sub>-A<sub>3</sub>-B<sub>3</sub>-A<sub>1</sub>. На каждом звене маршрута можно перевезти по 60 т груза, а всего на маршруте – 240 т.

Таблица 3.9

№ микрорайонов	Пункты погрузки			
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
B <sub>1</sub>	8 <b>60</b>	3 60	15	16
B <sub>2</sub>	20	11	4 60	12 <b>60</b>
B <sub>3</sub>	5 60	8	15 <b>60</b>	12
B <sub>4</sub>	13	11 <b>60</b>	9	4 60
B <sub>5</sub>	16	6	10	15
B <sub>6</sub>	9	14	17	11

Из табл.3.9 видно, что после шестого шага решения все клетки матрицы использованы при определении маршрутов, и в ней не осталось загруженных клеток. Решение закончено, определены оптимальные маршруты.

Если в матрице остаются загруженные клетки, но замкнутого контура построить нельзя, это означает, что в ходе решения была допущена ошибка, и его необходимо повторить.

При практической разработке маршрутов перевозок нет необходимости использовать ряд таблиц. Все действия производятся на одной матрице, изготовленной из плотной бумаги. Маршруты последовательно записывают, а использованное на маршрутах количество тонн или автомобиле-ездок из матрицы исключают.

### 3.5. Расчет работы подвижного состава при физическом перемещении материально-технических ресурсов

#### 3.5.1. Расчет маятникового маршрута с обратным холостым пробегом

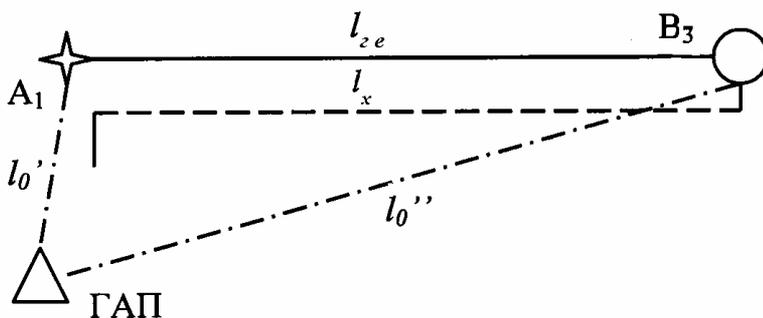


Рис. 3.3. Схема маятникового маршрута с обратным холостым пробегом

**Исходные данные к расчету:** нулевые пробеги:  $l_0 = 4$  км;  $l_0 = 3$  км; на маршруте перевозится груз первого класса ( $\gamma_c = \gamma_g = 1$ ); грузоподъемность автомобиля  $q_n = 6$  т; техническая скорость  $V_m = 25$  км/ч; время простоя под погрузкой-разгрузкой  $t_{np} = 0,8$ ; время в наряде  $T_n = 10$  ч.\*

\* Исходные данные даны для расчетов всех полученных маршрутов.

**Порядок расчета:**

1. Определяется время работы подвижного состава (ПС) на маршруте:

$$T_m = T_n - t_0 = T_n - \frac{I'_0 + I''_0}{V_m}, \text{ ч.} \quad (3.5)$$

2. Определяется время одного оборота ПС:

$$t_{об} = \frac{2 \cdot l_{ze}}{V_m} + t_{np}, \text{ ч;}$$
$$t_{\partial в} = \frac{2 \cdot l_{ze}}{V_m}, \text{ ч;} \quad (3.6)$$

$$t_{об} = t_{\partial в} + t_{np}, \text{ ч.}$$

3. Определяется число оборотов ПС за смену:

$$Z_{об} = \frac{T_m}{T_{об}}. \quad (3.7)$$

4. Определяется коэффициент использования пробега за смену и оборот:

$$\beta_{об} = \frac{\sum l_{ep}}{l_0 + l_{ep} + l_x};$$
$$\beta_{об} = \frac{l_{об ep}}{l_{ep} + l_x}. \quad (3.8)$$

5. Определяется производительность единицы подвижного состава в тоннах (т) и тонно-километрах (т · км):

$$P_q = q_n \cdot Z_{об} \cdot \gamma_e, \text{ т}; \quad (3.9)$$

$$P_w = q_n \cdot Z_{об} \cdot \gamma_g \cdot l_{ze}, \text{ т} \cdot \text{км}.$$

6. Определяется количество единиц ПС для перевозки Q т груза:

$$A = \frac{Q}{P_q} \text{ авт.};$$

$$A = \frac{W}{P_w} \text{ авт.};$$

$$W = Q \cdot l_{ze}.$$

(Транспортная работа подвижного состава – в т · км.).  
Результаты записываются в таблицу.

Т а б л и ц а 3.10

Маршрут		Объем перевозок, т	Пробег за оборот		Количество оборотов	Пробег за смену	Производит. автомобиля, т. ткм	Коэффициент использования пробега	Количество автомобилей	
от-куда	куда		с грузом	без груза						
ГАП	A <sub>1</sub>	Q	l <sub>гр</sub>	l <sub>0</sub> '	Z			β <sub>об</sub>		
A <sub>1</sub>	B <sub>3</sub>									A=
B <sub>3</sub>	ГАП			l <sub>0</sub> ''					β <sub>см</sub>	
...	...									

### 3.5.2. Расчет кольцевого маршрута

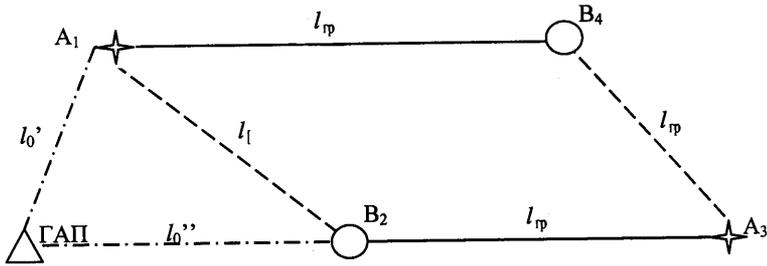


Рис. 3.4. Схема кольцевого маршрута

Порядок расчета:

1. Определяется время работы автомобиля на маршруте:

$$T_{.m} = T_n - t_0 = T_n - \frac{I'_0 + I''_0}{V_m}, \text{ ч.} \quad (3.10)$$

2. Устанавливается время одного оборота (кольца, ездки):

$$t_{об\epsilon} = \sum t_{\partial\epsilon} + \sum t_{np}, \text{ ч.}$$

$$\sum t_{\partial\epsilon} = t_{\partial\epsilon} \cdot A_1 \cdot B_4 + t_{\partial\epsilon} \cdot B_4 \cdot A_3 + t_{\partial\epsilon} \cdot A_3 \cdot B_2 + t_{\partial\epsilon} \cdot B_2 \cdot A_1; \quad (3.11)$$

$$t_{\partial\epsilon\text{ об}} = \frac{l \cdot A_1 \cdot B_4 + l \cdot B_4 \cdot A_3 + l \cdot A_3 \cdot B_2 + l \cdot B_2 \cdot A_1}{V_m}.$$

Время на погрузку-разгрузку за оборот:

$$t_{np} = t_{np}(A_1B_4) + t_{np}(A_3B_2). \quad (3.12)$$

3. Определяется число оборотов (ездок)\* автомобиля на маршруте за смену:

$$Z_e = \frac{T_m}{t_e}. \quad (3.13)$$

Т.к. число ездов может получиться не целым числом, определяют его и пересчитывают время работы автомобиля на маршруте и в наряде:

$$\begin{aligned} T_m &= t_e \cdot Z_e, \text{ ч;} \\ T_n &= T_m + t_0, \text{ ч.} \end{aligned} \quad (3.14)$$

4. Определяется производительность автомобиля в тоннах и тонно-километрах:

$$P_q = q_n \cdot Z_{об} \cdot \gamma_c \cdot n, \text{ т,} \quad (3.15)$$

где  $n$  – число заездов по маршруту;

$$\begin{aligned} P_w &= q_n \cdot Z_{об} \cdot \gamma_g \cdot l_{ze} \cdot n, \text{ т. км;} \\ P_w &= [q_n \cdot \gamma_g \cdot l(A_1B_4) + q_n \cdot \gamma_g \cdot l(A_3B_2)] \cdot Z_e, \text{ т} \cdot \text{ км.} \end{aligned} \quad (3.16)$$

5. Определяется необходимое количество автомобилей:

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{P_q}, \text{ авт;} \\ A &= \frac{W}{P_w}, \text{ авт.} \end{aligned} \quad (3.17)$$

---

\* На кольцевых маршрутах в расчетах число оборотов приравнивается к числу ездов, т.е.  $Z_{об}$  идентично  $Z_e$ .

6. Определяется коэффициент использования автомобиля за смену и за оборот:

$$\beta_{об} = \frac{\sum l_{ep}}{l_0 + l_{ep} + l_x}; \quad (3.18)$$

$$\beta_{об} = \frac{l_{обep}}{l_{ep} + l_x}. \quad (3.19)$$

Все результаты сводятся в табл. 3.11.

Т а б л и ц а 3.11

Маршрут		Объем перевозок Q, т	Пробег за оборот		Число ездов за смену		Пробег за смену		Коэффициент использования пробега		Количество автомобилей
откуда	куда		с грузом	без груза	с грузом	без груза	с грузом	без груза	за оборот	за смену	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

### 3.5.3. Задача на максимум производительности

Задача на максимум производительности решается венгерским методом решения задач.

$$C = \begin{vmatrix} 10 & 12 & 10 & 7 \\ 9 & 11 & 14 & 15 \\ 7 & 6 & 9 & 8 \\ 6 & 5 & 7 & 4 \end{vmatrix}. \quad (3.20)$$

Имеется 4 поставщика и 4 пункта потребления. Матрица затрат времени  $i$ -й машины  $j$ -му потребителю имеет вид (3.20).

**Шаг 1.** Т.к. задача о назначении формулируется как задача максимизации, она сводится к задаче на минимум следующим образом: в матрице эффективности  $C$  находится максимальный элемент  $d = \max c_{ij}$  и строится матрица  $D = \|d_{ij}\|$  по следующему правилу:

$$d_{ij} = d - c_{ij}; \quad i, j = \overline{1; n}$$

В нашем случае  $d = \max c_{ij} = 15$ . С помощью этого правила строится матрица  $D$ :

$$D = \begin{vmatrix} 15-10 & 15-12 & 15-10 & 15-7 \\ 15-9 & 15-11 & 15-14 & 15-15 \\ 15-7 & 15-6 & 15-9 & 15-8 \\ 15-6 & 15-5 & 15-7 & 15-4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 5 & 3 & 5 & 8 \\ 6 & 4 & 1 & 0 \\ 8 & 9 & 6 & 7 \\ 9 & 10 & 8 & 11 \end{vmatrix}. \quad (3.21)$$

**Шаг 2.** Далее строится матрица  $D'$ , которая называется приведенной, если получена из данной матрицы  $D$  путем следующих преобразований:

1) в каждой строке находится минимальный элемент, который вычитается из всех элементов соответствующей строки:

$$D' = \begin{vmatrix} 2 & 0 & 2 & 5 \\ 6 & 4 & 1 & 0 \\ 2 & 3 & 0 & 1 \\ 1 & 2 & 0 & 3 \end{vmatrix}; \quad (3.22)$$

2) в каждом столбце находится минимальный элемент, который вычитается из элементов соответствующего столбца:

$$D'' = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 5 \\ 5 & 4 & 1 & 0 \\ 1 & 3 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 0 & 3 \end{vmatrix}. \quad (3.23)$$

**Шаг 3.** В приведенной матрице  $D''$  выбирается строка, имеющая наименьшее число нулей (в нашем случае это – строка 1). В этой строке выбирается один из нулей и обозначается (\*), а остальные нули строки и столбца зачеркиваются. Эта процедура проводится последовательно для всех строк:

$$D'' = \begin{vmatrix} 1 & 0^* & 1 & 4 \\ 5 & 4 & 1 & 0^* \\ 1 & 3 & 0^* & 7 \\ 0^* & 2 & 0 & 3 \end{vmatrix}. \quad (3.24)$$

**Шаг 4.** В оставшейся матрице, состоящей из незачеркнутых элементов, находится минимальное значение элемента (в нашем случае  $\min x = 1$ ). Оно прибавляется к элементам матрицы, стоящим на пересечении зачеркнутого столбца и строки, и вычитается из всех незачеркнутых элементов. Получается следующая модифицированная матрица:

$$D^{\wedge\wedge} = \begin{vmatrix} 1 & 0^* & 2 & 5 \\ 4 & 3 & 1 & 0^* \\ 0 & 2 & 0^* & 7 \\ 0^* & 2 & 1 & 4 \end{vmatrix}; \quad (3.25)$$

$$x_{12} = x_{24} = x_{33} = x_{41} = 1.$$

Суммарное время выполнения заказа на перевозку равно:

$$Z_{\min} = d_{12} + d_{24} + d_{33} + d_{41} = 3 + 0 + 6 + 9 = 18. \quad (3.26)$$

Суммарная максимальная производительность единицы ПС при выполнении перевозки равна

$$Z_{\max} = c_{12} + c_{24} + c_{33} + c_{41} = 12 + 15 + 9 + 6 = 42. \quad (3.27)$$

Следовательно, время выполнения заказа сократилось с 28 часов до 18, а производительность единицы ПС возросла до 42 т против 28 т существующих, что дает возможность выполнить заданный объем материального потока меньшим количеством ПС. Это – дополнительная прибыль.

Итак, при решении трех задач по логистической оптимизации материального потока получилась дополнительная прибыль только за счет рационального управления материальным потоком, без дополнительных капитальных вложений.

## Л и т е р а т у р а

1. Автомобильный транспорт. Сер. 3. Автомобильные перевозки за рубежом/ ЦБНТИ. Вып. 6. – М.: Минавтотранс РСФСР, 1989.
2. Бузников С.Е., Кафаров А.А., Матвеевский В.Р. Системы и устройства штрихового кодирования: автоматизированная идентификация материальных потоков. – М.: Знание, 1990.
3. Васильев Г.А. и др. Логистика. – М.: Экономическое образование, 1993.
4. Вунш Г. Теория систем. – М.: Советское радио, 1978.
5. Гаврилюк П.В. Применение экономико-математических методов в управлении материальными ресурсами на промышленных предприятиях // Механизация производства. – 1991. – № 9. – С. 29 – 30.
6. Гаджинский А.М. Основы логистики. – М.: ИВЦ "Маркетинг", 1995.
7. Залманова М.Е. Закупочная и распределительная логистика. – Саратов: СПИ, 1992.
8. Исследование операций /Под ред. Дж.Моудера, С.Элмаграби. – М.: Мир, 1981.
9. Миротин Л., Колесник В. Нужные товары – в нужный час. О реализации многофункциональных логистических систем планирования и управления материалопотоками в условиях коммерческой эксплуатации транспорта. //Риск. – № 1. – С.48.
10. Миротин Л.Б., Табашев И.Э. Логистические системы и технологии перевозочного процесса на транспорте, основанные на логистике // Транспорт: наука, техника, управление. – 1993. – № 2.
11. Неруш Ю.М. Снабжение и транспорт: эффективное взаимодействие. – М.: Экономика, 1990.
12. Новиков О.А. и др. Производственно-коммерческая логистика. В2 ч. Ч.1, 2. – СПб: Университет экономики и финансов, 1993.
13. Промыслов Б.Д., Жученко И.А. Логистические основы управления материальными и денежными потоками. Проблемы, поиск решения. – М.: Нефть и газ, 1994.

14. Родников А.Н. Об определениях важнейших понятий логистики // Подъемно-транспортная техника и склады. – 1992. – № 1. – С.20-21.
15. Родников А.Н. Об определениях важнейших понятий логистики. // Подъемно-транспортная техника и склады. – 1992. – № 2. – С.33-34.
16. Рынок и логистика / Под ред. М.П. Гордона. – М.: Экономика, 1993.
17. Стаханов В.Н. Сбыт продукции на предприятиях и производственных объединениях. – М.: Экономика, 1982.
18. Склады промышленных предприятий: Справочник / Под общей ред. О.Б. Маликова. – Л.: Машиностроение, 1989.
19. Смехов А.А. Введение в логистику. – М.: Транспорт, 1993.
20. Справочник по функционально-стоимостному анализу. – М.: Финансы и статистика, 1988.
21. Туровец О.Г., Родионова В.Н. Логистика. – Воронеж: ВГТУ, 1994.
22. Фасоляк Н.Д., Бармина З.И. Материально-техническое снабжение: Словарь-справочник. – М.: Экономика, 1985.
23. Шадыбеков Д.И., Шадыбекова Д.А. Информационная система маркетинга крупных организационных структур управления // Машиностроитель. – 1992. – № 2. – С.32-34.
24. Эйнбиндер В.М. Совершенствование транспортно-складского хозяйства объединения. – Л.: ЛДНТП, 1989.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Условные обозначения к расчетам

- $A$  – количество автомобилей;
- $q_n$  – номинальная грузоподъемность автомобиля, т;
- $\gamma_c$  – статический коэффициент использования грузоподъемности автомобиля;
- $\gamma_g$  – динамический коэффициент использования грузоподъемности автомобиля;
- $T_n$  – время в наряде, ч;
- $T_m$  – время работы автомобиля на маршруте, ч;
- $t_e$  – время одной ездки автомобиля, ч;
- $t_{об}$  – время оборота автомобиля, ч;
- $t_{пр}$  – время на погрузку-разгрузку автомобиля, ч;
- $t_0$  – время на нулевой пробег автомобиля, ч;
- $V_t$  – техническая скорость автомобиля, км/ч;
- $l_m$  – длина маршрута, км;
- $l_{ге}$  – длина груженой ездки автомобиля, км;
- $l_o$  – нулевой пробег автомобиля, км;
- $l_x$  – пробег автомобиля без груза, км;
- $z$  – количество ездок (оборотов) автомобиля;
- $n$  – количество заездов автомобиля на маршруте;
- $Q$  – объем перевозок, т;
- $W$  – транспортная работа, ткм;
- $P_q$  – производительность автомобиля в тоннах;
- $P_w$  – транспортная работа автомобиля в тонно-километрах;
- $A$  – потребное количество автомобилей;
- $\beta_c$  – коэффициент использования пробега автомобиля за ездку (оборот);
- $\beta_{см}$  – коэффициент использования пробега автомобиля за смену.

## Содержание

Введение.....	3
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	3
2. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ МАТЕРИАЛЬНОГО ПОТОКА.....	9
3. ОПТИМАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И ЭКОНОМИКО–МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПЛАНОВЫХ ЗАДАЧ.....	15
3.1. Цели применения экономико-математических методов в планировании.....	15
3.2. Принципы построения экономико-математических моделей..	18
3.3. Решение транспортной задачи.....	20
3.4. Маршрутизация перевозок с помощью метода совмещенных планов.....	23
3.5. Расчет работы подвижного состава при физическом перемещении материально-технических ресурсов.....	28
Л и т е р а т у р а.....	36
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	38

Учебное издание

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсового проекта  
по дисциплине «Логистика»  
для студентов дневной и заочной форм обучения  
на тему: «Оптимизация технологии физического перемещения  
материально-технических ресурсов»

Составители: ГОРИНА Неонила Дмитриевна  
КУЗЬМЕНКО Андрей Борисович

Редактор Т.А. Палилова. Корректор М.П. Антонова  
Компьютерная верстка А.Г. Гармазы

---

Подписано в печать 16.03.2004.

Формат 60x84 1/16. Бумага типографская № 2.

Печать офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл.печ.л. 2,3. Уч.-изд.л. 1,8. Тираж 200. Заказ 350.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

Лицензия ЛВ № 155 от 30.01.2003. 220013, Минск, проспект Ф.Скорины, 65.

