

Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования**

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

Кафедра менеджмента

**ЛОГИСТИКА**

методическое пособие

для проведения деловых игр и практических занятий по курсу  
для студентов экономических специальностей БГУИР  
всех форм обучения

Минск 2004

УДК 339.18 (075.8)

ББК 65.40я7

К82

Авторы-составители: А.В.Кривенков, А.С.Терещенко

Логистика: Метод. пособие для проведения деловых игр и практических занятий по курсу «Логистика» для студентов экономических специальностей БГУИР/ Сост. А.В.Кривенков, А.С.Терещенко - Мн.: БГУИР, 2004. - 104 с.

ISBN 985-444-630-1

Методическое пособие предназначено для проведения деловых игр и практических занятий по дисциплине «Логистика» и содержит задания по темам «Логистика закупок», «Производственная логистика», «Распределительная логистика», «Склады в логистике», «Транспортная логистика», «Управление запасами».

Для студентов эконом. спец. БГУИР всех форм обучения.

УДК 339.18

ББК 65.40я7

ISBN 985-444-630-1

© А.В. Кривенков, А.С.Терещенко, составление 2004

© БГУИР, 2004

## СОДЕРЖАНИЕ

Тема 1. ЛОГИСТИКА ЗАКУПОК.....	4
1.1. Определение оптимального размера партии поставки .....	4
1.2. Определение потребности в материалах. ....	17
Тема 2. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЛОГИСТИКА.....	29
2.1. Система материального обеспечения производства MRP .....	29
2.2. Организация снабжения производственных подразделений материалами... ..	32
Тема 3. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНАЯ ЛОГИСТИКА .....	41
3.1. Экономическое обоснование внедрения системы распределения. ....	41
3.2. Моделирование экономически целесообразных хозяйственных связей ..	42
Тема 4. СКЛАДЫ В ЛОГИСТИКЕ .....	45
4.1. Устройство складов и показатели их работы .....	45
4.2. Определение оптимального месторасположения склада.....	47
4.3. Расчёт складской площади методами теории массового обслуживания ..	50
Тема 5. ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА .....	52
5.1. Управление системой доставки грузов .....	52
5.2. Экономико-математическое моделирование транспортной задачи.....	55
5.3. Деловая игра «Транспорт» .....	62
Тема 6. УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ.....	81
6.1. Изучение методов регулирования запасов .....	81
6.2. Моделирование работы систем управления запасами .....	83
6.3. Оценка влияния производственных запасов на основные показатели работы предприятия.....	102
ЛИТЕРАТУРА.....	105

## ТЕМА 1. ЛОГИСТИКА ЗАКУПОК

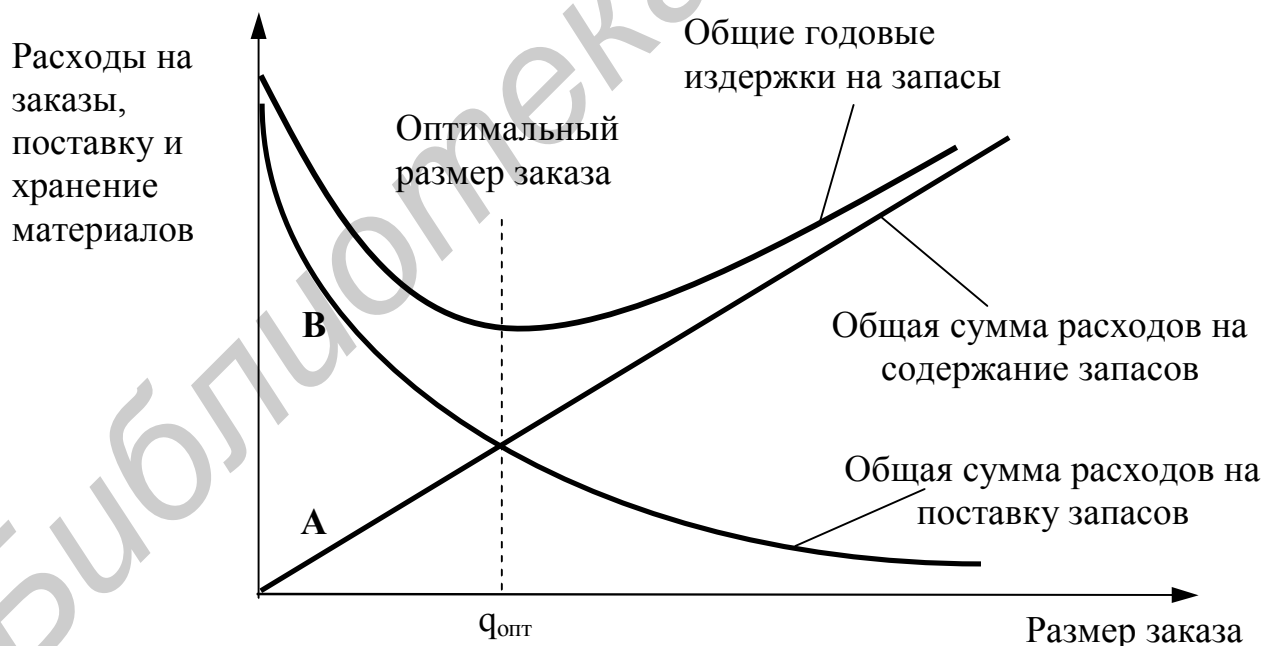
### 1.1. Определение оптимального размера партии поставки

#### Практическое занятие

*Цель занятия:* изучение проблемы определения оптимального размера партии поставки.

#### 1.1.1. Определение экономического размера заказа

Экономичным размером заказа является величина партии материалов, которая позволит сократить до минимума ежегодную общую сумму затрат на запасы при определенных условиях их формирования, ценах на материалы и налогах. Методика определения экономического размера партии заключается в сравнении преимуществ и недостатков приобретения материалов большими или малыми партиями и в выборе размера заказа, соответствующего минимальной величине общих затрат на пополнение запасов. Соотношение между размером партии заказа и расходами на закупку и хранение материалов показано на рис. 1.1.



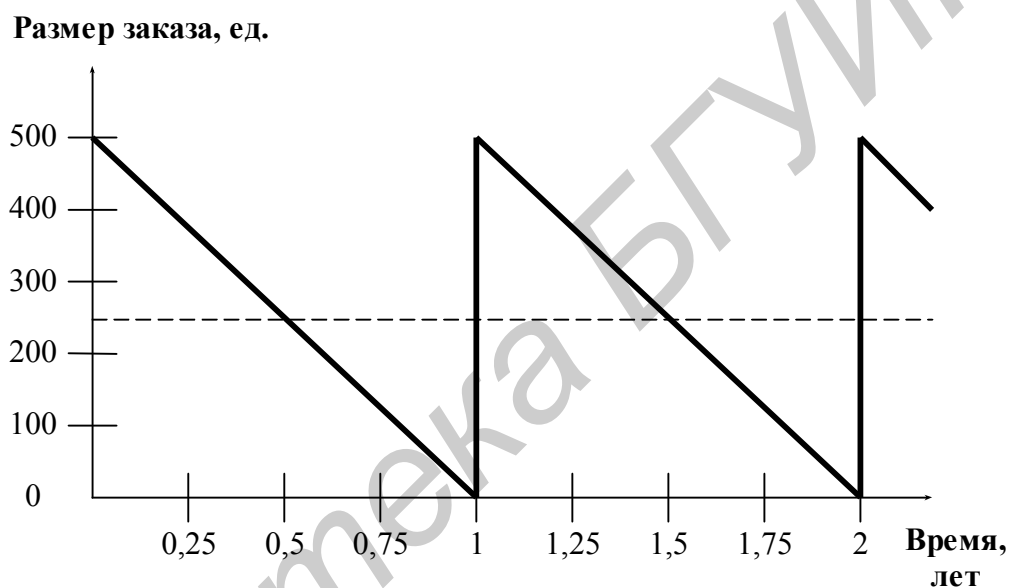
**Рис. 1.1. Соотношение между расходами на оформление заказа, на содержание запасов и размером заказа**

Пусть  $q$  - число единиц, закупаемых в результате одного заказа (размер заказа). По мере того как возрастает число закупаемых единиц материала, текущие расходы на содержание запасов увеличиваются (кривая А). Одновременно с этим при увеличении размера партии количество заказов в год

снижается. Это приводит к уменьшению затрат, связанных с оформлением заказов (кривая В). Покажем данную зависимость на примере.

Как видно из рис. 1.1, кривая общих годовых издержек имеет минимум при  $q = q_{\text{опт}}$ .

**ПРИМЕР 1.** Пусть годовая потребность в материалах составляет 500 ед. и выполняется только один заказ. В этом случае запас материалов на протяжении года постепенно уменьшается с 500 ед. до нуля, что приблизительно соответствует средним запасам на уровне 250 ед. Текущие расходы на содержание запасов определяются из расчета их средней величины, а расходы на оформление заказа возникают один раз в год (см. рис. 1.2).



**Рис. 1.2. Схема непрерывного расходования материалов при  $q = 500$  и одном заказе в год**

На основе количественной оценки зависимостей расходов на закупку и хранение материалов от количества закупаемого материала можно определить размер заказа, минимизирующий величину общих издержек при следующих допущениях:

1. Общее число единиц материала, составляющее годовые запасы известно.
2. Величина спроса неизменна.
3. Выполнение заказа происходит немедленно, т. е. заказ выполняют в установленные сроки, время его опережения известно и постоянно.
4. Расходы на оформление не зависят от размера заказа.
5. Цена на материал не изменяется в течение рассматриваемого периода времени.

В соответствии с принятыми допущениями, затраты на создание и содержание запасов могут быть выражены формулой

$$Z = I_3 \cdot n + \frac{I_x \cdot q}{2} \quad (1.1)$$

где  $I_3$  и  $I_x$  - соответственно постоянные и переменные расходы, связанные с заказом и хранением материалов;  $n$  - количество заказов в год;  $q/2$  - средний размер запаса.

Продифференцировав выражение (1.1) по  $q$ , приравняем его к нулю (значение производной в точке экстремума равно нулю), решим полученное уравнение относительно  $q$  и получим формулу для нахождения оптимального размера заказа:

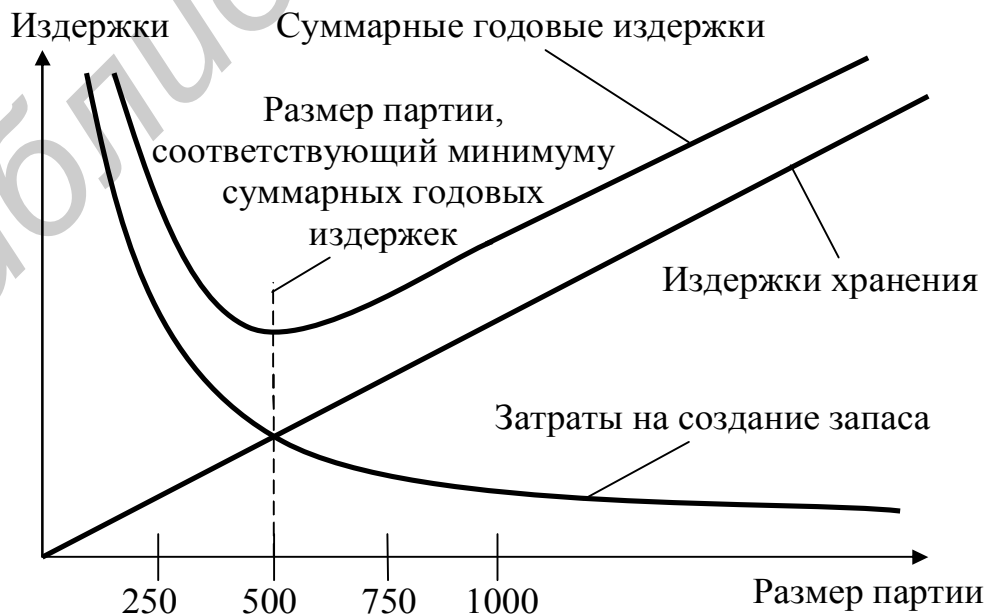
$$q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot I_3 \cdot Q}{I_x}} - \text{формула Уилсона}, \quad (1.2)$$

где  $Q = q \cdot n$  - годовой объем потребления материала.

**ПРИМЕР 2.** Примем следующие значения затрат:  $I_3$  - затраты на поставку единицы материалов - 8,33 ден.ед.;  $I_x$  - годовые затраты на содержание единицы запасов - 0,1 ден.ед. Годовая потребность в материале  $Q = 1500$  ед. Тогда экономичный размер заказа составляет

$$q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8,33 \cdot 1500}{0,1}} = 500 \text{ ед.}$$

Это означает, что ежегодно число заказов материалов  $n = 3$  ( $1500/500$ ). Поскольку спрос предполагается постоянным в течение года, заказ должен размещаться каждые 80 ( $240/3$ ) рабочих дней в году.



**Рис. 1.3.** Графическое определение оптимального размера закупаемой партии детали  $q$

Из рис. 1.3 видно, что оптимальный размер партии находится в той области кривой суммарных затрат, которая имеет относительно пологий характер. Фактически суммарные издержки изменяются следующим образом: при размере заказываемой партии 400 ед. они составляют 51,24 ден. ед.  $\left(\frac{8,33 \cdot 1500}{400} + \frac{0,1 \cdot 400}{2}\right)$ , при 500 ед. - 50,00 ден. ед., при 600 ед. - 50,83 ден. ед. и при 700 ед. - 52,86 ден. ед. Из приведенных данных следует, что при возрастании размера партии на 40 %  $\left(\frac{700}{500}\right)$  по сравнению с его оптимальной величиной, наблюдается незначительный рост суммарных издержек, всего на 5,72 %  $\left(\frac{52,86}{50} \cdot 100 - 100\right)$ .

Формула Уилсона устанавливает экономичный размер партии для условий равномерного и строго определенного (детерминированного) потребления запасов. В практике работы предприятия могут иметь место некоторые частные отклонения от этих условий:

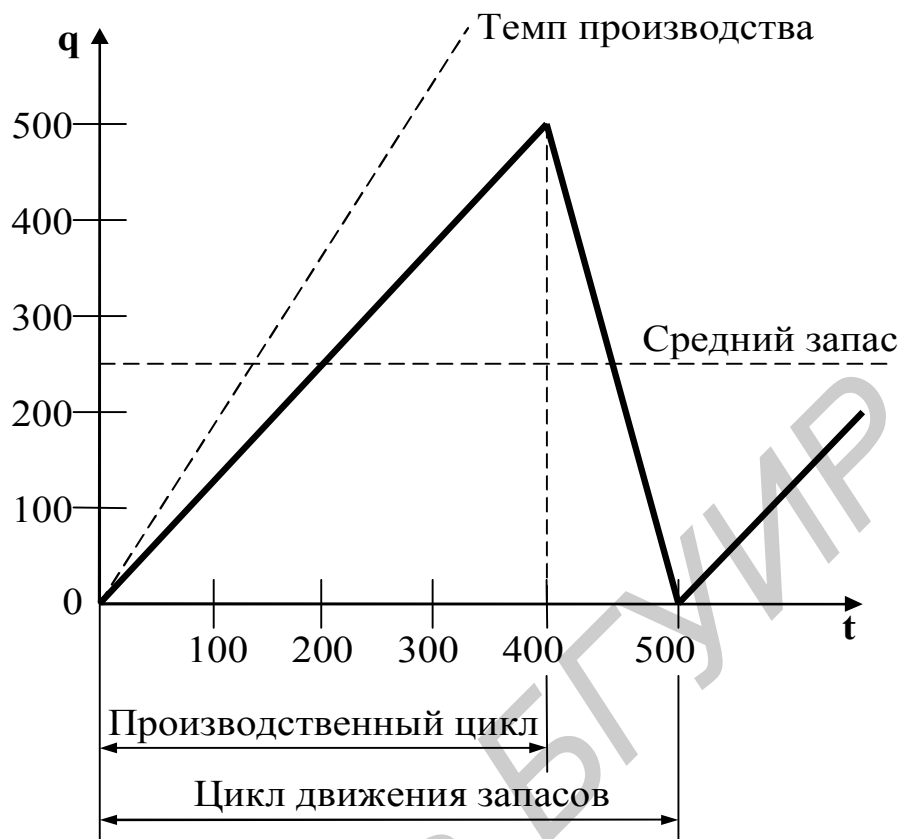
1) затянувшаяся поставка. В этом случае материал поступает в течение определенного периода времени и частью используется до того, как доставлена последняя партия;

2) ускоренное использование. Это означает, что интенсивность потребления запасов такова, что возникает определенный дефицит материала.

С учетом отмеченных специальных условий строят частные модели по определению оптимальной партии заказа.

### ***1.1.2. Определение оптимального размера партии***

Если предприятие является своим собственным поставщиком, то формулируется задача определения оптимального размера партии, т. е. того количества продукции, которое должно быть изготовлено для пополнения запасов собственных комплектующих. Схема движения материалов, характерная для данного случая, показана на рис. 1.4.



**Рис. 1.4. График движения текущего запаса при пополнении материалов за конечный интервал**

Как видно из схемы (рис. 1.4), пополнение запаса происходит в каждом цикле за время  $t_1$ , а потребление в течение всего цикла  $t$  постепенно. Необходимые комплектующие начинают изготавливать при поступлении соответствующего заказа и по мере готовности сразу же направляют потребителю: в склад цеха-получателя для дальнейшей обработки или в комплекточный склад сборочного цеха. Дневная скорость пополнения запасов определяется следующим выражением:

$$\frac{p - Q}{240}, \quad (1.3)$$

где  $p$  - годовой объем производства комплектующих.

Если установлены темпы производства (поступления) и потребления материалов, то запасы будут расти в течение всего периода пополнения и достигнут максимальной величины в конце этого периода.

Максимальный уровень запасов

$$q_{\max} = t_1 \frac{p - Q}{240}, \quad (1.4)$$



а средний запас составит

$$q_{cp} = \frac{t_1}{2} \cdot \frac{p - Q}{240} \quad (1.5)$$

Учитывая, что период пополнения запасов определяется исходя из среднесуточного объема производства  $t_1 = 240 \frac{q_{opt}}{p}$ , суммарные годовые издержки, связанные с пополнением и хранением материалов, составят

$$C = \frac{I_3 Q}{q} + Q C_{ed} + \frac{I_x q \left(1 - \frac{Q}{p}\right)}{2} \quad (1.6)$$

где  $C_{ед}$  - себестоимость единицы продукции. Решая данное уравнение относительно  $q_{opt}$ , получим оптимальный объем партии производства:

$$q_{opt} = \sqrt{\frac{2 I_3 Q}{I_x \left(1 - \frac{Q}{p}\right)}} \quad (1.7)$$

Если разность между  $Q$  и  $p$  близка к нулю, то  $q_{opt}$  приближается к бесконечности. Это означает, что в случае, когда уровень спроса равняется объему производства, производственный процесс должен быть непрерывным. Если  $p$  много больше  $Q$ , то оптимальный размер партии равен оптимальному размеру заказа и пополнение запасов возможно по первому требованию.

**ПРИМЕР 3.** Предположим, что деталь производится на самом предприятии и затраты на подготовку производства равны 8,33 ден.ед./изд. Годовое потребление деталей составляет 1500 ед., затраты на содержание единицы запаса - 0,1 ден. ед., а объем годового выпуска продукции - 12000 ед. Обратим внимание, что перечисленные исходные данные нами использовались ранее в примере 2. Оптимальный размер производственной партии составит

$$q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8,33 \cdot 1500}{0,1 \left(1 - \frac{1500}{12000}\right)}} = 535 \text{ ед.}$$

Период пополнения запасов будет равен

$$t_1 = \frac{535 \cdot 240}{12000} = 11 \text{ дней}$$

общее время цикла

$$t = \frac{q_{opt}}{Q} = \frac{535}{1500} = 0,35 \text{ лет или } 0,35 \cdot 240 = 84 \text{ дня.}$$

### 1.1.3. Определение оптимального размера заказа при условии оптовой скидки

Если предоставляется оптовая скидка, то для определения действительного размера заказа приходится делать несколько расчетов, так как функция суммарных издержек перестает быть непрерывной. Для нахождения глобального минимума такой функции необходимо исследовать ее локальные минимумы, причем некоторые из них могут оказаться в точках разрыва цен.

ПРИМЕР 4. Предположим, что поставщик предложил следующие цены, учитывающие скидки за количество:

Цена, ден. ед.	Размер заказа, ед.
2,00	0 - 9 999
1,60	10 000 – 19 999
1,40	20 000 и более

Удельные затраты потребителя на содержание запасов равны 0,4 ден. ед. Годовое потребление 1 000 000 ед. и затраты на поставку 28,8 ден. ед.

Оптимальный размер заказа без учета скидок при цене 2,00 ден. ед. равен

$$q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot 28,8 \cdot 10^6}{0,4}} = 12 000 \text{ ед.}$$

Расчеты показывают, что оптимальный размер превышает 9 999 ед., поэтому любой размер партии, меньший 10 000 ед., будет невыгоден. Поскольку расчет оптимальной величины партии ведется на основе определения суммарных годовых издержек произведем их сравнение только для партий, больших 10 000 ед.

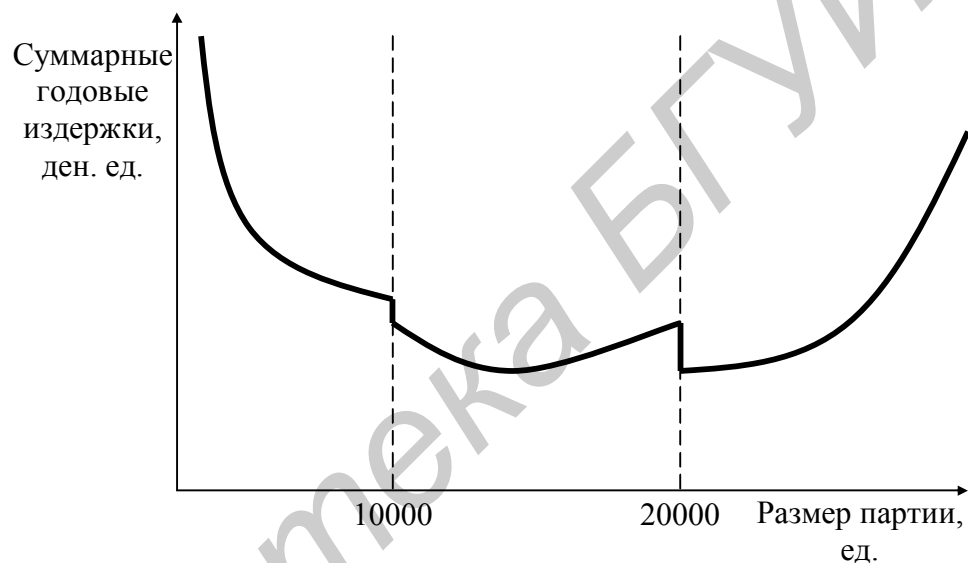
Мы нашли, что для цены 1,6 ден. ед. размер заказа  $q_{opt} = 12 000$  ед. с учетом полученных данных, рассчитаем суммарные годовые издержки:

$$C = \frac{28,8 \cdot 10^6}{12000} + 1,6 \cdot 10^6 + \frac{0,4}{2} \cdot 12000 = 1\,604\,800 \text{ ден. ед.}$$

Для нахождения общих годовых затрат при цене 1,40 ден. ед. и предложенной структуре оптовых скидок к цене мы должны использовать минимальный объем партии в 20 000 ед. Для этого случая суммарные годовые затраты будут составлять

$$C = \frac{28,8 \cdot 10^6}{20000} + 1,4 \cdot 10^6 + \frac{0,4}{2} \cdot 20000 = 1\,405\,440 \text{ ден. ед.}$$

Из приведенных расчетов можно сделать вывод, что целесообразны закупки партиями по 20 000 ед. Покупать большими или меньшими партиями будет менее выгодно.



**Рис. 1.5. Действие оптовой скидки на суммарные годовые затраты**

Кривая суммарных годовых затрат для рассмотренного примера приведена на рис. 1.5 (график сделан не в масштабе, но отражает вид зависимости, характерной для данного примера).

#### ***1.1.4. Определение оптимального размера заказа при допущении дефицита***

В классической модели экономического размера заказа дефицит продукции, необходимой для производства, не предусмотрен. Однако в случаях, когда потери из-за дефицита сравнимы с издержками по содержанию излишних запасов, дефицит допустим. При его наличии модель оптимального размера партии требует учета определенных методических особенностей. Наиболее общий случай движения текущего запаса при допущении дефицита материала представлен на рис. 1.6, где  $q_n$  - размер запаса в начале каждого интервала между поставками  $t$  (максимальный запас при дефиците). Весь интервал  $t$  делится на два периода:

- а) время, в течение которого запас на складе имеется в наличии -  $t_1$ ;

б) время, в течение которого запас отсутствует -  $t_2$ . Начальный размер запаса  $q_n$  в этих условиях принят несколько меньшим, чем оптимальный размер партии  $q_{opt}$ . Задача управления запасами сводится к количественному определению размера снижения и установлению наиболее рациональной величины начального запаса. Критерием оптимальности партии поставки является минимальная сумма транспортно-заготовительных расходов, расходов на содержание запаса и убытка от дефицита.

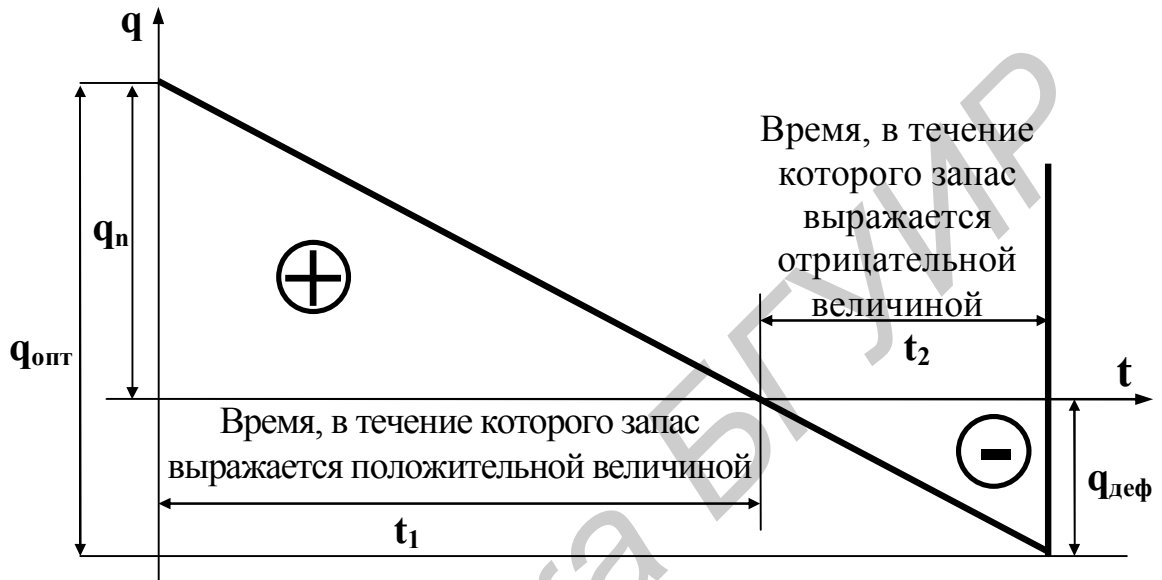


Рис. 1.6. Цикл движения текущих запасов при допущении дефицита

Оптимальный размер заказа определяется по формуле

$$q_{opt} = \sqrt{\frac{2I_3 Q}{I_x}} \cdot \sqrt{\frac{I_x + D}{D}} \quad (1.8),$$

где  $D$  - потери из-за дефицита единицы продукции.

При значительном увеличении  $D$  отношение  $(I_x + D)/D$  приближается к 1 и оптимальный размер партий стремится к значению, которое было бы при отсутствии дефицита запасов. Если потери из-за дефицита очень малы, то отношение  $(I_x + D)/D$ , а следовательно и оптимальный размер партии стремится к бесконечности, т. е. допускается большой дефицит запасов.

ПРИМЕР 5. Пусть оптимальный размер партии деталей  $q_{opt}$  равен 500 ед. И потери от дефицита составляют 0,20 ден. ед. в год. Находим

$$q_{opt} = 500 \sqrt{\frac{0,1 + 0,2}{0,2}} = 613,$$

Общее время цикла

$$T = \frac{613}{1500} = 0,41 \quad \text{или} \quad 0,41 \cdot 240 = 98,4 \text{ дня.}$$

Приведенные расчеты показывают, что в том случае, когда допускается дефицит, имеет место большая величина оптимального размера заказа (613 ед. вместо 500 ед.) и большое время цикла между точками заказов (0,41 года вместо 0,33 года).

### Задачи с решениями

**Задача 1.1.** В течение месяца компании требуется 2 вида бытовой техники для организации продаж. В течение данного периода времени для каждого вида определите:

- оптимальное количество закупаемой бытовой техники;
- оптимальное число заказов;
- оптимальные переменные издержки за хранение запасов;
- разницу между переменными издержками по оптимальному варианту и случаем, когда покупка всей партии проводится в первый день месяца.

*Исходные данные:*

- потребность в бытовой технике в течение месяца, шт.: I вид - 9; II вид - 82;
- стоимость заказа партии товара, долл. США: I вид - 19; II вид - 11;
- издержки хранения единицы товара в течение месяца, долл. США: I вид - 13; II вид - 8;

*Решение.* А. Подставив в формулу (1.2) исходные данные, для первого вида бытовой техники, получаем:

$$K_{01} = \sqrt{2 \cdot 19 \cdot 9 / 13} = 5 \text{ шт.}$$

Для второго вида бытовой техники получаем:

$$K_{02} = \sqrt{2 \cdot 11 \cdot 82 / 8} = 15 \text{ шт.}$$

Б. Оптимальное число заказов бытовой техники в течение месяца вычислим по следующей формуле:

$$n_{opt} = \frac{Q}{q_{opt}}. \quad (1.9)$$

Подставив в формулу (1.9) исходные данные, для первого вида бытовой техники получаем:

$$Ч_1 = 9 / 5 \approx 2 \text{ заказа.}$$

Для второго вида бытовой техники получаем:

$$Ч_2 = 82 / 15 \approx 6 \text{ заказов.}$$

В. Оптимальные переменные издержки за хранение запасов в течение месяца вычислим по формуле (1.1). Подставив в нее исходные данные, для первого вида бытовой техники получаем:

$$I_{01} = 68 \text{ долл.США.}$$

Для второго вида бытовой техники получаем:

$$I_{02} = 115 \text{ долл.США.}$$

Г. Вычислим разницу между переменными издержками по оптимальному варианту и случаем, когда покупка всей партии проводится в первый день месяца:

Для первого вида бытовой техники получаем:

$$P_1 = 19 + 13 \cdot 9 / 2 - 68 = 9,5 \text{ долл. США.}$$

Для второго вида бытовой техники получаем:

$$P_2 = 11 + 8 \cdot 82 / 2 - 120 = 219 \text{ долл. США.}$$

**Задача 1.2.** В Вашу консультационную фирму обратилась голландская компания с вопросом: где ей выгоднее закупать комплектующие: в Европе или в Юго-Восточной Азии?

*Исходные данные:*

- удельная стоимость поставляемого груза — 3000 долл. США/ куб. м;
- транспортный тариф — 105 долл. США/куб, м;
- импортная пошлина на товар из Юго-Восточной Азии — 12%;
- ставка на запасы: в пути — 1,9%, страховые — 0,8%;
- стоимость товара: в Европе — 108 долл. США, в Юго-Восточной Азии — 89.

Дайте ответ голландской компании.

*Решение.* Сначала рассчитаем долю дополнительных затрат, возникающих при доставке из Юго-Восточной Азии в удельной стоимости поставляемого груза по следующей формуле:

$$D = 100 \cdot T_m / U + P_u + Z_n + Z_c (\%) \quad (1.10)$$

где  $T_m$  — транспортный тариф, долл. США/м<sup>3</sup>;

$U$  — удельная стоимость поставляемого груза, долл. США/м<sup>3</sup>;

$P_u$  — импортная пошлина на товар из Юго-Восточной Азии, %;

$Z_n$  — ставка на запасы в пути, %;

$Z_c$  — ставка на страховые запасы, %.

Подставив в формулу (1.10) исходные данные, получаем

$$D = 100 \cdot 105 / 3000 + 12 + 1,9 + 0,8 = 18,2 \%$$

Теперь определим разницу между стоимостью товаров в Европе и в Юго-Восточной Азии, приняв стоимость в Юго-Восточной Азии за 100%:

$$P_c = (C_e - C_a) \cdot 100 / C_a, \% \quad (1.11)$$

где:  $C_c$  — стоимость товара в Европе (долл. США),

$C_a$  — стоимость товара в Юго-Восточной Азии (долл. США).

Подставив в формулу (1.11) исходные данные, получаем:

$$P_c = (108 - 89) \cdot 100 / 89 = 21,3 \%$$

Так как  $P_c$  больше  $D$ , то голландской компании выгоднее закупать комплектующие в Юго-Восточной Азии.

### Задачи для самостоятельного решения

**Задача 1.3.** Предприятие ежегодно закупает 8 000 грузовых контейнеров. Закупочная цена одного контейнера 0,4 ден.ед. Постоянные расходы, связанные с закупкой, составляют 80 ден.ед. на один заказ, а издержки хранения 0,1 ден.ед. на контейнер. Определить оптимальный объем партии закупок.

**Задача 1.4.** Поставщик грузовых контейнеров предложил следующие цены, учитывающие скидки за количество (табл.1.1).

Таблица 1.1

Цена, ден.ед.	Размер партии поставки, ед.
2,50	0-9 999
2,00	10 000-19 999
1,50	20 000 и более

Учитывая, что годовая потребность в контейнерах равна 80 000 ед., затраты на содержание единицы запасов - 0,4 ден.ед. а затраты на поставку – 25 ден.ед., найти оптимальный размер закупаемой партии.

**Задача 1.5.** В течение месяца компании требуется 3 модели телевизоров для организации продаж. В течение данного периода времени по каждому виду определите:

- оптимальное количество закупаемых телевизоров;
- оптимальное число заказов;
- оптимальные переменные издержки за хранение запасов;
- разницу между переменными издержками по оптимальному варианту и случаем, когда покупка всей партии проводится в первый день месяца.

Исходные данные:

	I вар.	II вар.	III вар.
Потребность в телевизорах			
в течение месяца, шт.....	273	191	68
Стоимость заказа партии товара, долл. США..	14,3	17,2	8
Издержки хранения единицы товара			
в течение месяца, долл. США.....	0,9	1,7	1,9

**Задача 1.6.** В течение месяца компании требуется 3 марки автомобилей для организации продаж. В течение данного периода времени для каждого вида определите:

- а) оптимальное количество закупаемых автомобилей;
- б) оптимальное число заказов;
- в) оптимальные переменные издержки за хранение запасов;
- г) разницу между переменными издержками по оптимальному варианту и случаю, когда покупка всей партии проводится в первый день месяца.

*Исходные данные:*

	I вар.	II вар.	III вар.
Потребность в автомобилях в течение месяца, шт.....	67	37	29
Стоимость заказа партии товара, долл. США..	217	318	338
Издержки хранения единицы товара в течение месяца, долл. США.....	49	67	91

**Задача 1.7.** В Вашу консультационную фирму обратилась шведская компания с вопросом: где ей выгоднее закупать комплектующие: в Европе или в Юго-Восточной Азии?

*Исходные данные:*

- удельная стоимость поставляемого груза - 4000 долл. США/м<sup>3</sup>;
- транспортный тариф - 170 долл. США/м<sup>3</sup>;
- импортная пошлина на товар из Юго-Восточной Азии — 12%;
- ставка на запасы: в пути - 3%, страховые - 0,8%;
- стоимость товара: в Европе - 116 долл. США, в Юго-Восточной Азии - 98.

Дайте ответ шведской компании.

**Задача 1.8.** В Вашу консультационную фирму обратилась норвежская компания с вопросом: где ей выгоднее закупать комплектующие: в Европе или в Юго-Восточной Азии?

*Исходные данные:*

- удельная стоимость поставляемого груза - 5000 долл. США/м<sup>3</sup>;
- транспортный тариф - 150 долл. США/м<sup>3</sup>;
- импортная пошлина на товар из Юго-Восточной Азии - 12%;
- ставка на запасы: в пути - 4%, страховые - 0,8%;
- стоимость товара: в Европе - 98 долл. США, в Юго-Восточной Азии - 78.

Дайте ответ норвежской компании.



## 1.2. Определение потребности в материалах.

### Практическое занятие

*Цель занятия:* освоение методики расчёта потребности в материалах и приобретение навыков решения задачи определения размера поставок.

В зависимости от учёта наличных запасов различают брутто- и нетто-потребность в материалах.

*Брутто-потребность* — это потребность в материалах на плановый период. В брутто-потребность входят материалы, необходимые для производства продукции, материалы для ремонта и содержания оборудования, материалы для изготовления образцов и проведения экспериментов, страховой запас.

Величина страхового запаса  $Z_{стр}$  зависит от среднедневной потребности производства в данном материале ( $D$ ) и среднего времени задержки поставок материала ( $T_{стр}$ ):

$$Z_{стр} = D \cdot T_{стр} \quad (1.12)$$

*Нетто-потребность* представляет потребность в материалах на плановый период за вычетом наличных запасов на складах предприятия.

Для определения потребности в материалах могут использоваться методы прямого счёта, динамических коэффициентов, экспоненциального сглаживания.

*Метод прямого счёта.* Потребность в материале определяется умножением нормы расхода материала на плановый объём производства продукции. В общем виде метод прямого счёта может быть представлен формулой (1.13):

$$P_i = \sum_{j=1}^n H_{ij} Q_j, \quad (1.13)$$

где  $P_i$  — потребность в материале  $i$ -й номенклатуры;  $H_{ij}$  — норма расхода  $i$ -го материала на  $j$ -й вид продукции;  $Q_j$  — запланированный объём производства  $j$ -ой продукции;  $n$  — количество наименований изделий или деталей, на которое расходуется  $i$ -й материал.

Норма расхода материала включает в себя полезный расход материала, дополнительные затраты материала, вызванные технологическим процессом и затраты материала, не связанные с технологическим процессом, но практически имеющие место в производстве (например, отходы при раскросе).

*Косвенный метод* (метод динамических коэффициентов). Определение потребности в материалах при применении данного метода происходит по формуле (1.14):

$$P_i = H_{ij} K_o K_n, \quad (1.14)$$

где  $K_o$  — коэффициент (индекс) увеличения или уменьшения производственной программы в планируемом периоде по сравнению с предплановым;  $K_n$  — коэффициент (индекс) изменения нормы расхода материала.

Для обеспечения бесперебойной и ритмичной работы предприятия потребность в материалах определяется не только на товарный выпуск, но и на *незавершённое производство (НЗП)*:

$$P_i = \sum_{j=1}^n H_{ij} (N_{kj} - N_{nj}), \quad (1.15)$$

где  $N_{kj}$ ,  $N_{nj}$  — объём незавершённого производства по  $j$ -му виду деталей, полуфабрикатов на конец и на начало планового периода, шт. Нормативный задел на конец планового периода рассчитывается по формуле (1.16):

$$N_{kj} = (Q_j \cdot t_j) / T, \quad (1.16)$$

где  $Q_j$  — производственная программа по  $j$ -му изделию, шт.;  $t_j$  — длительность цикла изготовления  $j$ -го изделия, дни;  $T$  — число календарных дней в плановом периоде (30, 90, 360).

Более простой, но менее точный расчёт НЗП производится на основании данных об НЗП в денежном выражении. В этом случае определяется процент  $K_j$ , на который увеличивается или уменьшается потребность в каждом материале, рассчитанная на производственную программу:

$$K_j = (S_{kj} - S_{nj}) / Q_j \cdot 100, \quad (1.17)$$

где  $K_j$  — процент увеличения или уменьшения НЗП;  $S_{kj}$ ,  $S_{nj}$  — сумма НЗП на конец и на начало планового периода, ден.ед.

## Задачи для самостоятельного решения

### ***1.2.1. Определение потребности в основных и вспомогательных материалах***

**Задача 1.9.** Определить годовую брутто-потребность завода в толстолистовом прокате на изготовление двух землеройных машин, если страховой запас составляет двадцатидневную потребность, а дополнительный расход стали на ремонт оборудования составляет 1120 тонн. Нормы расхода толстолиствого проката представлены в табл.1.2.

Таблица 1.2

## Нормы расхода толстолистого проката

Изделие	Годовая программа выпуска изделий, шт.	Норма расхода проката на одну машину, кг
А	35	976
В	120	1030

**Задача 1.10.** Используя данные, полученные в результате расчёта задачи 1, определить годовую нетто-потребность предприятия в толстолистовом прокате, если запасы данного материала на заводских складах составляют 12 300 кг.

**Задача 1.11.** В планируемом году планируется увеличить выпуск товарной продукции на 4500 изделий, что составляет 25% от выпуска текущего года. Норма расхода тонколистового проката на одно изделие ещё не установлена. Определить потребность в прокате, если в текущем году его расходуется 1620 кг на изделие, а в планируемом году выпускаемые изделия будут легче на 10%.

**Задача 1.12.** Рассчитать потребность предприятия для материального обеспечения НЗП при следующих условиях: 1) производственная программа выпуска электромоторов мощностью 0,75 кВт в планируемом году составляет 32 400 шт., в том числе на IV квартал запланировано 8100 шт.; 2) длительность производственного цикла по изделию составляет 8 дней; 3) остаток незавершённого производства на 01.10 предпланового года 750 электромоторов; 4) запуск изделий в производство в IV квартале предпланового года 7900 шт.; 5) норма расхода проката данной марки на единицу изделия 6,5 кг.

**Задача 1.13.** Программа выпуска товарной продукции 22 млн.руб., сумма НЗП на начало планового года — 860 тыс.р., а на конец — 1240 тыс.р. Определить потребность предприятия в материалах на НЗП, если годовая потребность в материалах на НЗП составляла: прокат алюминиевый -130 т, прокат стальной - 270 т.

**Задача 1.14.** Из досок хвойных пород толщиной 50 мм изготавливается ряд деталей. Необходимо рассчитать потребность в досках в планируемом году на товарный выпуск и на изменение незавершенного производства. Объем выпускаемой продукции в год составляет 1000 изделий. Исходные данные для проведения расчета представлены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

## Исходные данные для расчета

№ детали	Норма расхода на деталь, м <sup>3</sup> .	Количество деталей в изделии, шт.	Количество деталей в незавершенном производстве, шт.	
			На конец планового периода	На начало планового периода
18	0,010	4	100	200
25	0,007	3	500	300
37	0,005	5	400	600
48	0,004	4	300	200
73	0,002	6	200	200
96	0,003	3	300	400

**Задача 1.15.** Подшипниковому заводу на планируемый год установлена программа производства шарикоподшипников (радиальных однорядных тяжелой серии) в количестве 20 тыс. шт. Производственная программа по отдельным номерам подшипников отсутствует. Необходимо рассчитать на плановый период потребность в шарикоподшипниковой стали по каждому номеру подшипника и в целом, а также установить типовой представитель и рассчитать по нему потребность в шарикоподшипниковой стали. Затем следует сравнить оба расчета. Исходные данные для проведения расчетов представлены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

**Нормы расхода и удельный вес  
подшипников в общем производстве**

Исходные данные	Условные номера подшипников									Итого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Норма расхода стали на изделие, кг	0,63	0,83	1,10	1,39	1,89	2,33	2,75	3,42	4,08	
Удельный вес в общем производстве, %	8	7	7	10	14	11	9	14	20	100

**Задача 1.16.** Машиностроительный завод выпускает токарные станки двух типов—*A* и *B*. В плановом году предполагается освоить производство токарного станка типа *B*. Производственная программа на плановый период предусматривается в следующих объемах: станок *A*—3000 шт.; станок *B*—500 шт.; станок *B*—20 шт.

Данные по изменению незавершенного производства на планируемый год следующие: станок *A*—(+15 шт.); станок *B*—(-60 шт.); станок *B*—(+20 шт.). Исходные данные по величине норм расхода материалов по станкам *A* и *B* приведены в табл. 1.5. Нормы расхода материалов на токарный станок *B* в

настоящее время пока не рассчитаны, но конструкция этого станка является модификацией станка *A* (однако вес станка *B* примерно на 10 % меньше веса станка *A*).

Необходимо рассчитать на плановый период потребность в материалах на товарный выпуск, ремонтно-эксплуатационные нужды и на изменение незавершенного производства по токарным станкам *A*, *B* и *B*. На ремонтно-эксплуатационные нужды по токарным станкам *A* и *B* в прошлом году было израсходовано 5% материалов от общей потребности на товарный выпуск. На плановый год устанавливается задание по экономии материалов, используемых на ремонтно-эксплуатационные нужды, в размере 3%.

Потребность в материалах на ремонтно-эксплуатационные нужды необходимо рассчитать по методу динамических коэффициентов, т.е. установить процент расхода материалов и их расход в натуральном выражении (в тоннах) на планируемый год по данным прошлого года. Потребность в материалах для производства токарного станка *B* необходимо рассчитать по методу аналогии (по исходным данным для токарного станка *A*).

**Таблица 1.5**

**Нормы расхода материалов на изделия, т**

Наименование материала	Токарные станки	
	Тип А	Тип Б
1. Чугун литейный	0,400	0,250
2. Ферросилиций доменный	0,008	0,005
3. Чугун зеркальный	0,010	0,007
4. Чугун передельный	0,100	0,060
5. Песок кварцевый	0,080	0,050

**Задача 1.17.** Литейный цех станкостроительного завода изготавливает 9 наименований деталей, предназначенных для фрезерного станка. Программа производства данного фрезерного станка на планируемый год предусматривается в объеме 800 шт. Из чугуна марки *Сч-21-40* отливается детали (номенклатура деталей, их черновой и чистовой вес приведены в табл. 1.6).

**Таблица 1.6**

**Номенклатура деталей литейного цеха**

№ детали	Наименование детали	Количество деталей на 1 станок	Черновой вес детали, кг	Чистовой вес детали, кг
4001	Основание	1	1560,00	1200,00
4002	Салазки	1	910,00	700,00
4003	Стол	1	845,00	650,00
4004	Кронштейн	2	4,80	3,70
4005	Плита подмоторная	1	13,30	10,20
4006	Кронштейн	1	0,40	0,30
4007	Кронштейн	1	1,20	0,95
4008	Держатель	2	3,50	2,65
4009	Масленка	2	0,60	0,50

Коэффициент выхода годного литья для данного литейного цеха составляет 0,7.  
Рецепт шихты для получения годного литья данной марки следующий, %:

1. Чугун литейный	43,0
2. Чугун зеркальный	0,8
3. Ферросилиций доменный	0,8
4. Возврат производства (литники, склеп, брак)	32,5
5. Лом чугуна (покупной)	9,5
6. Лом стальной (покупной)	13,4
<hr/>	
Итого	100,0

Норма расхода формовочных материалов на одну тонну годного литья составляет, кг:

1. Песок кварцевый	870,0
2. Кирпич-сырец	150,0
3. Глина формовочная	50,0
4. Глина огнеупорная	100,0
5. Кирпич шамотный	50,0
6. Графит серебристый	0,5
7. Графит черный	10,0
8. Тальк	1,0
9. Бентонит	5,0

Необходимо рассчитать потребность в шихтовых и формовочных материалах литейного цеха станкостроительного завода для выполнения производственной программы (на планируемый год), а также на изменение незавершенного производства. При этом следует учитывать следующие данные:

- остаток незавершенного производства на начало планового года в стоимостном выражении составляет 2000 усл. ед.;
- остаток незавершенного производства на конец планового года в стоимостном выражении составляет 1500 усл. ед.;
- стоимость одного станка равна 5000 усл. ед.

**Задача 1.18.** Для выполнения программы производства алюминиевых деталей из соответствующего сплава в отражательно-нагревательной печи необходимо приготовить 5000 кг данного сплава, в состав которого входят следующие компоненты, %: кремний — 5,0, медь — 2,0, марганец — 0,8, алюминий — 91,7. Величина угара при получении сплава составляет 3% от общей заправки шихты.

Основными материалами, используемыми в технологическом процессе при производстве данного сплава, являются:

в процентах

<i>1. Силумин:</i>	
– кремний .....	13
– алюминий .....	87
<i>2. Медная лигатура</i>	
– медь .....	50
– алюминий .....	50
<i>3. Марганцевая лигатура</i>	
– марганец.....	10
– алюминий .....	90
<i>4. Алюминий чушковый</i>	
– алюминий .....	100
<i>5. Магний чушковый</i>	
– магний .....	100

В изготовлении сплава при плавке указанных выше материалов в настоящее время используются также вторичные цветные металлы:

*1. Вторичный алюминиевый сплав марки АЛ-23 в количестве 1000 кг (состав, %: кремний—6,0, медь—1,5, магний—0,5, марганец—0,8, алюминий — 91,2).*

*2. Переплавленные отходы в количестве 1500 кг (состав, %: кремний — 10,0, медь—1,0, марганец—0,5, магний—0,3, алюминий—88,2).*

Необходимо определить потребность в материалах для изготовления 5000 кг сплава с учетом использования указанного количества вторичных цветных металлов.

### ***1.2.2. Планирование потребности в запасных частях на ремонтно-эксплуатационные нужды***

**Задача 1.19.** Строительно-монтажная организация в ближайшие четыре года будет осуществлять строительство четырех металлургических комбинатов. При этом плане утверждены следующие сроки начала строительства.

*Объект 1—январь первого года*

*Объект 2 — июль второго года*

*Объект 3 — январь третьего года*

*Объект 4 — январь четвертого года*

Общий объем работ, распределение его по годам строительства, стоимость строительно-монтажных работ и нормы расхода соответствующих материалов представлены в табл. 1.7.

Необходимо рассчитать нормы расхода материалов на 1 млн. условных единиц стоимости строительно-монтажных работ, потребность организации в материалах на каждый год (из 4 лет строительства), ее общую потребность в

материалах на строительство каждого из четырех объектов и суммарную потребность—по всем четырем объектам строительства. Потребность должна быть рассчитана по следующим материалам:

- балки и швеллера для проведения монтажа конструкций;
- мелкосортная рядовая сталь для производства железобетона;
- катанка для производства железобетона;
- цемент для производства бетона и железобетона.

Продолжительность строительства (выполнение всего объема строительного-монтажных работ по каждому из металлургических комбинатов) составляет 4 года.

Таблица 1.7

**Объем работ и нормы расхода материалов**

Исходные данные	Единица измерения	Годы строительства				Всего
		1	2	3	4	
Монтаж металлических конструкций	т					120000
	%	1	15	40	44	100
Железобетонные работы	м <sup>3</sup>					350000
	%	4	20	41	35	100
Бетонные работы	м <sup>3</sup>					300000
	%	10	25	30	35	100
Нормы расхода:						
А) цемента для бетона	кг/м <sup>3</sup>	250	290	390	300	
Б) мелкосортной стали для производства железобетона	кг/м <sup>3</sup>	50	60	60	65	
В) катанки для производства железобетона	кг/м <sup>3</sup>	30	35	40	35	
Г) балок и швеллеров	т/т	1,05	1,05	1,04	1,03	
Объем капитальных затрат (стоимость строительного-монтажных работ)	млн. усл. ед.					110
	%	10	25	30	35	100

**Задача 1.20.** Необходимо рассчитать потребность машиностроительного завода в топливе на планируемый год. При этом расчет, с одной стороны, должен быть дифференцирован по ряду направлений (производственные нужды, производство электроэнергии, производство пара, отопление зданий). С другой стороны, должна быть определена общая потребность в топливе как сумма потребностей по всем направлениям производственно-хозяйственной деятельности машиностроительного завода.

Что касается производственных нужд, то производственная программа предусматривает на планируемый год следующие объемы по технологическим операциям.



1. Плавка чугуна – 2500 т годного литья
2. Обжиг чугуна – 4% от годного литья
3. Сушка форм и стержней – 100% от годного литья
4. Старение (отжиг чугуна) – 50% от годного литья
5. Свободная ковка – 500 т
6. Плавка цветного литья – 40 т
7. Термообработка – 1500 т

На машиностроительном заводе предполагается произвести в плановый период 500 000 кВт·ч электроэнергии. Одновременно планируется произвести пара в объеме 2000 т. Исходные данные по нормам расхода условного топлива на производственные нужды, производство электроэнергии, производство пара и отопление зданий представлены в табл. 1.8. Знак (+) показывает вид топлива, необходимого для выполнения конкретного производственного или технологического процесса или операции.

Исходные данные для расчета потребности машиностроительного завода на производственные нужды включают в себя также средние значения эквивалентов различных видов топлива в калориях:

1. Уголь..... 0,80
2. Кокс..... 0,93
3. Мазут..... 1,38
4. Газ..... 1,20
5. Дрова..... 0,32

**Таблица 1.8**

**Исходные данные для проведения расчета**

Назначение топлива	Норма расхода условного топлива	Потребность в натуральном топливе				
		Уголь, т	Кокс, т	Мазут, т	Газ, м <sup>3</sup>	Дрова, м <sup>3</sup>
1. Плавка чугуна	0,264	-	+	-	-	+
2. Отжиг чугуна	0,138	-	-	-	+	-
3. Сушка форм и стержней	0,150	+	-	-	-	+
4. Старение (отжиг чугуна)	0,138	+	-	-	-	-
5. Свободная ковка	0,300	-	-	+	-	-
6. Плавка цветного литья	1,100	-	-	+	-	-
7. Термообработка	0,200	-	-	-	+	-
8. Производство электроэнергии	0,540	+	-	-	-	-
9. Производство пара	0,150	+	-	-	-	-
10. Отопление зданий	...	+	-	-	-	-

**Примечания.** 1. Дрова при плавке чугуна и сушке форм и стержней применяются для розжига, их потребность устанавливается в размере 5% от потребности в топливе для выполнения конкретного вида технологической операции. 2. Калорийность условного топлива равна 7000 ккал/кг.

Для определения потребности в топливе при отоплении здания необходимо воспользоваться справочными данными, приведенными в табл. 1.9 и 1.10.

**Таблица 1.9**

**Среднесуточный расход условного топлива на отопление зданий,  
кг на 1000 м<sup>3</sup> объема здания**

Климатический район	Объем отапливаемого здания, м <sup>3</sup>						
	От 500 до 1000	От 1000 до 2000	От 2000 до 5000	От 5000 до 10000	От 10000 до 15000	От 15000 до 25000	Свыше 25000
1	2,15	1,70	1,50	1,30	1,20	1,10	1,00
2	2,35	1,90	1,70	1,45	1,30	1,20	1,10
3	2,70	2,15	1,90	1,65	1,50	1,40	1,30

*Примечание.* Среднесуточный расход условного топлива приведен при разности внутренней и наружной температуры в 1<sup>0</sup> С. Климатические районы: к первому району относятся области с минимальной расчетной температурой ниже -30<sup>0</sup> С; ко второму району - области с минимальной расчетной температурой от -20 до -30<sup>0</sup> С; к третьему району - области с минимальной расчетной температурой от -20<sup>0</sup> С.

**Таблица 1.10**

**Виды и объемы отапливаемых зданий**

Виды отапливаемых зданий	Наружный объем, тыс. м <sup>3</sup>	Средняя внутренняя температура, <sup>0</sup> С
Производственные	100	+14
Служебные	20	+18
Складские	10	+5

**Задача 1.21.** Крупный машиностроительный завод располагает мощным парком оборудования, в состав которого входят металлорежущие станки, кузнечно-прессовое оборудование и деревообрабатывающие станки. Завод характеризуется массовым производством продукции. Основные данные о работающем оборудовании представлены в табл. 1.11. Нормы расхода масел, керосина и обтирочных материалов на одну единицу ремонтной сложности приведены в табл. 1.12.

Необходимо рассчитать потребность в смазочных материалах (дифференцировано по маркам и суммарную), керосине и обтирочных материалах, необходимых машиностроительному заводу, исходя из норм расхода на одну единицу ремонтной сложности.

Результаты расчета потребности в указанных материалах должны быть представлены в логической последовательности и состоять из следующих позиций: виды оборудования; количество оборудования; категория сложности ремонта; сменность работы оборудования; количество ремонтных единиц в смену (тыс.); норма расхода масла на одну ремонтную единицу в смену (г); потребность в смазочных материалах (кг); повторное использование—сбор (%).

кг); регенерация (% , кг); потребность за вычетом регенерации (кг); потребность по маркам в кг (индустриальное масло 12—20, индустриальное 30—45, консистентные смазки); потребность в керосине (кг); потребность в обтирочных материалах (кг).

**Таблица 1.11**

**Данные о количестве оборудования, категориях сложности  
ремонта и сменности работы**

Наименование оборудования	Количество, шт.	Сменность работы	Категория сложности ремонта
Металлорежущие станки	4000	1,5	15
Кузнечно-прессовое оборудование	300	2,0	12
Деревообрабатывающие станки	1000	1,8	6

**Таблица 1.12**

**Нормы расхода смазочных и обтирочных материалов, г**

Нормы расхода материалов	Наименование оборудования		
	Металло- режущие станки	Кузнечно- прессовое оборудование	Дерево- обрабаты- вающие станки
Норма расхода всех масел: на одну ремонтную единицу в смену	25	35	15
В том числе по маркам:			
индустриальное масло 12—20	9	11	5
индустриальное 30—45	15	22	9
консистентные смазки	2	2	1
Норма расхода керосина: на одну ремонтную единицу в смену	1	1	1
Норма расхода обтирочных материалов: на одну ремонтную единицу в смену	10	10	10

**Задача 1.22.** Машиностроительный завод использует в технологических процессах изготовления конечной продукции металлорежущий инструмент (резцы и сверла). Производственная программа основной продукции, производимой заводом, на планируемый год составляет 300 тыс. изделий. Необходимо рассчитать потребность завода в металлорежущем инструменте на планируемый год. При этом предполагается, что в плановом году за счет восстановления работоспособности части инструмента (величина внутренних резервов предприятия) будет покрыто 20 % потребности в нем.

Для расчета стойкости инструмента, определения его срока службы, нормы расхода каждого наименования инструмента на определенное количество изделий (в данном случае—на 1000 изделий), переходных запасов инструмента и расчета потребности в нем на планируемый год следует использовать исходные данные, приведенные в табл. 1.13. Кроме приведенной выше

исходной основной информации для расчета потребности машиностроительного завода в металлорежущем инструменте необходимы дополнительные данные, которые представлены в табл. 1.14.

**Таблица 1.13**

**Исходные данные для проведения расчетов**

Направления расчета и необходимые параметры	Резец	Сверло	Резец расточный
<b>А. Стойкость и срок службы инструмента:</b>			
Длина рабочей части инструмента, мм;	40	35	20
Величина слоя рабочей части, стачиваемая за одну переточку, мм;	0,5	0,7	0,5
Время работы инструмента между переточками, ч.	0,5	1,0	1,5
<b>Б. Переходящие запасы инструмента:</b>			
Величина максимального текущего запаса, дн.;	45	60	60
Величина страхового запаса, дн.	15	30	10
<b>В. Потребность в инструменте:</b>			
Остаток инструмента на 1 января, шт.;	200	100	100
Ожидаемый расход инструмента, шт.	500	200	130

*Примечания. 1. В плановом году потребность в металлорежущем инструменте на ремонтно-эксплуатационные нужды устанавливается в размере 5% от потребности в нем для выполнения основной производственной программы (по всем трем наименованиям инструмента). 2. Потребность завода в инструменте по кварталам распределяется равномерно.*

**Таблица 1.14**

**Дополнительные данные для проведения расчетов**

Наименование инструмента	Наименование детали	Количество деталей в изделии, шт.	Машинное время на одну деталь, мин.
Резец	1П244	2	3
Резец	1П252	1	4
Сверло	2К343	3	1
Резец расточной	4Н101	1	4

Результаты расчета потребности машиностроительного завода в металлорежущем инструменте должны быть представлены в логической последовательности и состоять из следующих позиций: наименование инструмента; единица измерения; остаток на 1 января; ожидаемый расход; потребность для выпуска товарной продукции; потребность на ремонтно-эксплуатационные нужды; величина переходящих запасов (количество, дни); ожидаемый остаток; внутренние резервы, восполняющие потребность; распределение потребности по кварталам планируемого года.

## ТЕМА 2. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЛОГИСТИКА

### 2.1. Система материального обеспечения производства MRP

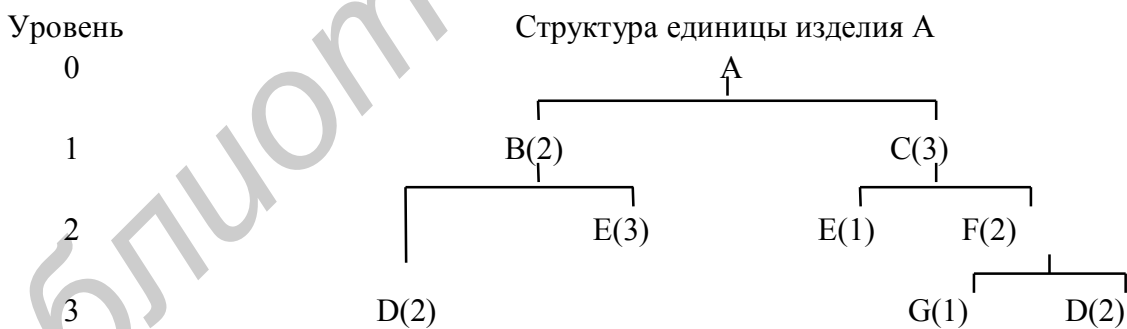
#### Практическое занятие

*Цель занятия:* изучение системы управления материальными потоками в производстве на основе планирования потребности в материалах — MRP.

MRP — это система определения моментов выставления заказов на сырьё и комплектующие изделия, исходя из принятого графика выпуска продукции с ориентацией на “точное” календарное планирование производства и запасов. Целью данной системы управления МП является гарантийное удовлетворение потребности в материальных ресурсах для осуществления запланированного хода производства и поддержания минимально возможного уровня запасов.

Планирование потребности в материалах по методу MRP основано на определении нетто-потребности в необходимых компонентах (узлах, деталях) в соответствии с полным планом потребности материалов для производства конкретного изделия.

*Пример.* Необходимо составить производственный график 50 изделий А. Ведомость состава изделия определяет структуру изделия (рис.2.1).



**Рис. 2.1. Верная схема сборки изделия А**

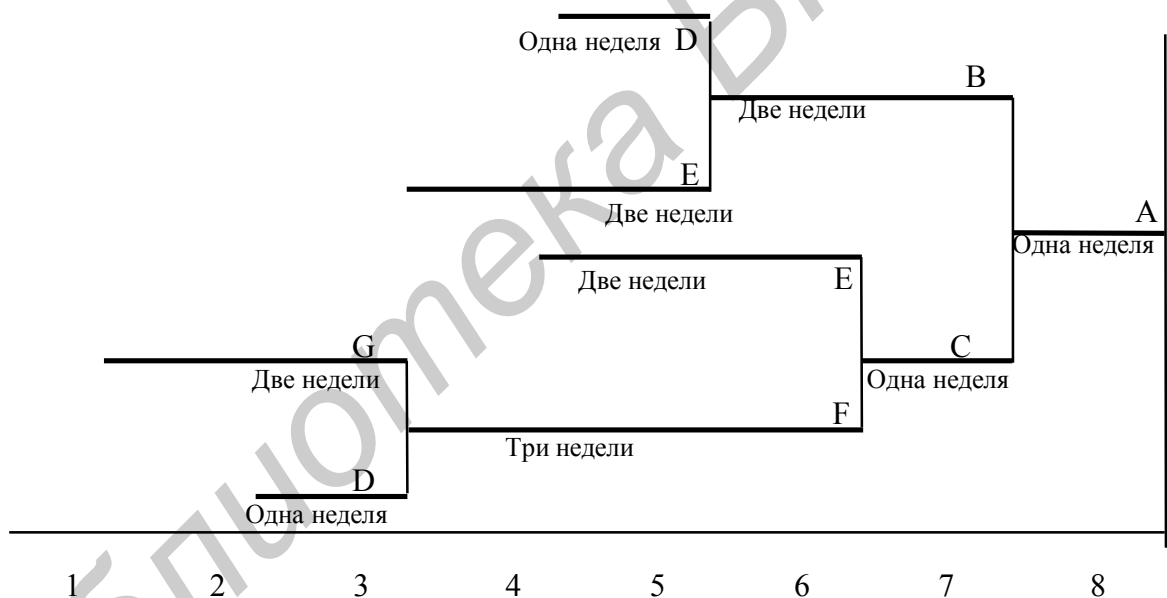
Структура имеет четыре уровня: 0,1,2 и 3. Имеются четыре родителя: А, В, С и F, то есть каждый из них имеет как минимум один уровень ниже его, называемый компонентом. Единицы В, С, D, E, F и G являются компонентами. В, С и F являются и родителями, и компонентами. Число в круглых скобках указывает, какое число штук этой отдельной единицы необходимо, чтобы изготовить единицу, следующую сразу же выше неё. Определим количество штук каждой единицы, требующееся для производства 50 изделий А:

$$\begin{aligned}
 B: 2 \times \text{количество } A &= 2 \times 50 &= 100 \\
 C: 3 \times \text{количество } A &= 3 \times 50 &= 150 \\
 D: 2 \times \text{количество } B + 2 \times \text{количество } F &= 2 \times 100 + 2 \times 300 &= 800 \\
 &\text{и т.д.}
 \end{aligned}$$

Следовательно, для производства 50 штук изделий А необходимо иметь 100 штук В, 150 штук С, 800 штук D, 450 штук Е, 300 штук F и 300 штук G.

Время изготовления каждого элемента представлено на временной структуре изделия (или цикловом графике) (рис. 2.2).

Используя приведённую выше информацию, можно построить план полной потребности материалов и расписание производства 50 изделий А. План полной потребности показывает во времени, когда и в каком объёме производство каждого элемента должно быть начато и закончено, чтобы иметь к определённому сроку 50 штук готовых изделий А. Кроме этого, план полной потребности материалов учитывает заделы, имеющиеся по отдельным наименованиям элементов, составляющих изделие. Такой учёт позволяет избежать лишних запасов.



**Рис. 2.2. Цикловый график**

В итоге план полной потребности материалов для производства 50 изделий А имеет следующий вид (табл.2.1):

Таблица 2.1

## План материального обеспечения производства

Произв. единицы	Дата	Недели								Длительность цикла сборки
		1	2	3	4	5	6	7	8	
А	выпуска								50	Одна неделя
	запуска							50		
В	выпуска							100		Две недели
	запуска					100				
С	выпуска							150		Одна неделя
	запуска						150			
D	выпуска			600		200				Одна неделя
	запуска		600		200					
Е	выпуска					300	150			Две недели
	запуска			300	150					
F	выпуска						300			Три недели
	запуска			300						
G	выпуска			300						Две недели
	запуска	300								

## Задачи для решения

**Задача 2.1.** Рассчитать потребность в деталях В,С,D,E,F; построить план полной потребности материалов для производства изделия А с учётом запасов, имеющихся на складах предприятия. Определить даты запуска деталей В,С,D,E,F в производство, если известно, что требуемое количество изделий А должно быть готово 1.04 планируемого года.

## Исходные данные

1. Потребность в изделии А:

I вариант-10, II вариант-15, III вариант-20, IV вариант-12,  
V вариант-30, VI вариант-40, VII вариант-50, VIII вариант-44.

2. Структура изделия А:

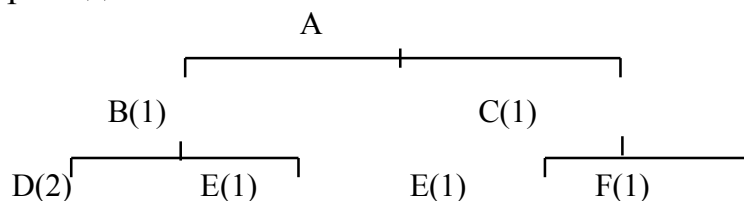


Рис.2.3. Верная схема сборки изделия А.

3. Время изготовления деталей, недели (см. табл. 2.2):

**Таблица 2.2.**

**Исходные данные о трудоемкости изготовления**

Сбор. ед.	Варианты							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	1	2	3	1	1	1	1	3
B	2	2	2	1	3	2	1	1
C	3	2	1	1	2	2	3	1
D	1	1	1	2	1	2	1	2
E	1	1	2	2	1	3	1	3
F	1	2	1	1	2	1	4	2

4. В табл. 2.3 приведены данные об имеющихся запасах на складах предприятия.

**Таблица 2.3.**

**Наличные запасы на складах предприятия**

Единица	A	B	C	D	E	F
Количество штук в запасе	2	10	0	20	5	5

**2.2. Организация снабжения производственных подразделений материалами**

*Практическое занятие*

*Цель занятия:* изучение методик организации материально-технического снабжения производства.

В данном подразделе предложены задачи по различным аспектам снабженческой деятельности логистических подразделений предприятия.

**Задачи для самостоятельного решения**

**Задача 2.2.** Производственное подразделение-цех № 5 машиностроительного завода, производящего тяжелые металлообрабатывающие станки, по соответствующим документам получает со складов отдела материально-технического снабжения предприятия основные материалы, предназначенные для изготовления трех наименований деталей к станку модели 538. Необходимо установить размер лимита на материалы (количество материалов, которое должно быть отпущено в плановом периоде) данному цеху на июнь для изготовления деталей. Основные исходные данные, используемые в расчетах, приведены в табл. 2.4. Кроме основных исходных данных, приведенных выше, необходимо принимать в расчет дополнительные данные:



1. Программа выпуска станков модели 538 на июнь составляет 1000 шт.
2. В мае цеху № 5 были выданы материалы на производственную программу, предполагающую выпуск 1000 станков.
3. Фактическое выполнение производственной программы в мае было меньше запланированного на 50 изделий.
4. Норматив запаса на конец июня принимается равным трем дням потребности по всем материалам.
5. Остаток материалов в цехе № 5 на 1 мая был на уровне двух дней потребности.

Необходимо произвести расчет лимита на материалы по цеху № 5 на июнь по каждому наименованию материала по следующей схеме: наименование материала; остаток на начало предшествующего месяца; отпущено в предшествующем месяце; израсходовано в предшествующем месяце (в том числе — на товарный выпуск, на изменение незавершенного производства, на брак, сдано на склад); общая потребность в материалах (в том числе — на товарный выпуск, на изменение незавершенного производства, на цеховой запас); лимит (количество материала, предназначенного к отпуску).

**Таблица 2.4**

**Исходные данные для проведения расчета**

№ детали	Количество деталей на станок	Наименование материала, марка, размер	Норма расхода на изделие, кг	Незавершенное производство деталей, шт.			Брак в мае, шт.
				На 1/5	На 1/6	На 1/7	
76	6	Сталь круглая, марки 25, диаметром 20 мм	9,0	700	500	600	100
54	10	Сталь полосовая, марки 3,20x5 мм	5,0	700	750	700	150
35	2	Сталь квадратная, марки 3,60x60 мм	12,0	200	250	250	50

**Задача 2.3.** Ремонтному цеху машиностроительного завода для проведения капитального ремонта в июне необходимы материалы девяти наименований. Номенклатура материалов, используемых для ремонта, их остаток к началу планового периода, цена за единицу материала и их удельный вес в общей стоимости материалов, используемых в капитальном ремонте, приведены в табл. 2.5.

Необходимо установить лимит на материалы для ремонтного цеха на июнь, получаемые со склада отдела материально-технического снабжения машиностроительного завода. Для проведения расчета предлагаются следующие дополнительные исходные данные.

1. Программа капитального ремонта на июнь для ремонтного цеха устанавливается в стоимостном выражении и составляет 100 тыс. условных единиц.

2. Удельный вес стоимости материалов, используемых в процессе проведения капитального ремонта, в общей стоимости ремонта составляет 40%.

3. Плановый остаток материалов на конец июня должен быть установлен в размере трехдневной потребности в них ремонтного цеха.

**Таблица 2.5**

**Исходные данные для проведения расчета**

Наименование материала	Остаток на 1 июня	Плановая цена за единицу, усл.ед.	Количество материалов, % к общей потребности
Чугунное литье, т	1,5	90	30,0
Стальное литье, т	0,3	95	10,0
Поковки, т	-	120	15,0
Рядовой прокат, т	1,0	90	27,5
Качественный прокат, т	0,1	100	5,0
Железо листовое, т	-	75	2,0
Баббит и заменители, кг	-	6	0,5
Бронза, кг	2,0	2	3,0
Покупные детали, т	0,2	1000	7,0

**Задача 2.4.** На производственном участке механообрабатывающего цеха машиностроительного завода выпускаются две детали (23181 и 28456), входящие соответственно в изделия 1581, 2002 и 3315. Детали изготавливаются из углеродистой стали марки 25 (круглой, диаметром 18 мм). Исходная информация для решения данной задачи представлена в табл. 2.6.

Задача имеет многоцелевое решение. Поэтому на основании исходной информации необходимо провести следующие расчеты.

1. Определить квартальную потребность в стали углеродистой для выполнения плана реализации изделий, выпускаемых машиностроительным заводом. При этом используется набор данных о плане реализации изделий, количестве (входимости) деталей в изделия и о нормах расхода материала на изделие.

2. Установить количество углеродистой стали, находящейся в производственном подразделении машиностроительного завода в незавершенном производстве.

3. Определить величину сутко-комплекта углеродистой стали (количество рабочих дней в квартале принимается равным 62).

4. Определить необходимую величину углеродистой стали, которая должна находиться в запасах на материальном складе производственного подразделения.

5. Установить номер комплекта, обеспеченного наличием углеродистой стали марки 25 (круглой, диаметром 18 мм) на материальном складе производственного подразделения, а также остатком деталей в незавершенном производстве на начало квартала.

6. Определить обеспеченность производственного подразделения углеродистой сталью на начало июня исходя из следующих исходных данных: поступило материалов в течение первого месяца — 200 кг; браковочных извещений по детали №23181 получено на 50 шт.; браковочных извещений по детали №28456 получено на 200 шт.

**Таблица 2.6**

**Исходная информация**

Наименование и характеристика материала	Номер детали	Шифр изделия	Количество деталей в изделии	План реализации изделий	Норма расхода на деталь, кг	Детали в незавершенном производстве, шт
Сталь углеродистая, марки 25, круглая, диаметром 18 мм	23181	1581	2	100	0,2	800
		2002	3	180		
		3315	1	200		
	28456	1581	1	100	0,4	2000
		2002	5	180		
		3315	4	300		

**Задача 2.5.** На складе отдела материально-технического снабжения машиностроительного завода отсутствует ряд материалов (сталь трех марок), необходимых для выполнения производственной программы текущего месяца (исходные данные по этим материалам приведены в табл. 2.7). В этой связи необходимо принять решение о замене отсутствующих материалов на материалы, имеющиеся в наличии, а также рассчитать результаты замены при принятии решения об экономии или перерасходе материалов. В качестве заменителей могут быть использованы следующие материалы:

1. Сталь НЛ-2, листовая, толщиной 1,25 мм
2. Сталь 08, листовая, толщиной 1,5 мм
3. Сталь 65, круглая, диаметром 22 мм
4. Сталь 40Г, круглая, диаметром 20 мм
5. Сталь 20ХФ, круглая, диаметром 65 мм
6. Сталь 15НФ, круглая, диаметром 60 мм

При проведении расчетов для решения вопроса о замене материалов необходимо учитывать такие показатели, как химический состав сталей и их механические свойства (отсутствующих на складе материалов и заменителей).

При замене материалов отклонения показателей в сторону улучшения, естественно, допускаются, а в сторону ухудшения — допускаются не более чем на 10%. Механические свойства сталей приведены в табл. 2.8, а их химический состав – в табл. 2.9.

Таблица 2.7

Данные по отсутствующим на складе материалам

Наименование материала, марка, размер	№ детали	Норма расхода, кг	Программа на месяц, шт.
Сталь углеродистая, марки 60, круглая, диаметром 20 мм	15	2,1	500
	25	0,8	1000
Сталь легированная, марки 20Х, круглая, диаметром 60 мм	40	3,5	500
	85	8,0	500
Сталь углеродистая, листовая, марки 20, толщиной 1,5 мм	38	5,0	1000
	56	7,5	1500

Таблица 2.8

Механические свойства сталей

Марка стали	Предел прочности, кг/ м <sup>2</sup>	Предел текучести, кг/ м <sup>2</sup>	Удлинение, %	Сужение сечения, %	Ударная вязкость, кг/ см <sup>2</sup>	Твердость стали
0,4	42-52	26	19-25	-	-	-
0,8	50-62	28	15-21	-	-	-
НЛ2	28-63	34	34	-	8	-
10	34	21	31	55	-	-
15	22	37	27	55	-	-
60	65	37	10	35	-	-
65	66	38	10	30	-	-
40Г	60	33	14	45	-	-
20Х	80	60	10	40	6	179
20ХФ	80	60	12	50	8	197
15НМ	85	65	11	50	9	197

**Примечание.** *Предел прочности при растяжении* – напряжение, при котором происходит разрыв образца стали (кг/мм<sup>2</sup>). *Предел текучести* — напряжение, при котором в материале появляется текучесть, т. е. деформация возрастает без дальнейшего увеличения нагрузки (кг/мм<sup>2</sup>). *Удлинение* — отношение длины образца после разрыва к его исходной длине (%). *Ударная вязкость* — работа, затраченная на перелом надрезанного образца (кг/см<sup>2</sup>). Показатель *твердости стали* в отожженном состоянии — условная величина, показывающая уровень сопротивления металла проникновению в него другого материала.

Таблица 2.9

## Химический состав сталей, %

Марка стали	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Прочие
0,8	0,05-0,20	-	0,25-0,50	-	-	-
10	0,07-0,15	-	0,35-0,50	-	-	-
Медь						
НЛ2	0,12-0,18	0,05-0,30	0,50-0,80	0,50-0,80	0,30-0,40	0,30-0,40
60	0,55-0,65	-	0,50-0,80	-	-	-
65	0,60-0,70	-	0,50-0,80	-	-	-
40Г	0,35-0,45	-	0,70-1,00	-	-	-
20Х	0,15-0,25	0,17-0,37	0,50-0,80	0,70-1,00	0,40	-
Ванадий						
20ХФ	0,15-0,25	0,17-0,37	0,40-0,70	0,80-1,10	0,40	0,10-0,20
Молибден						
15НМ	0,10-0,18	0,17-0,37	0,40-0,70	0,30	1,50-2,00	0,20-0,30

**Задача 2.6.** Терминал, на котором осуществляются складские операции по значительным объемам переработки грузов материально-технического назначения, имеет структуру основных статей затрат (издержек обращения), которые приведены в табл. 2.10. Приведенные статьи условно следует подразделить на группы: заработная плата; эксплуатационные и транспортные расходы; расходы, связанные с убытками; прочие расходы.

По исходным данным, приведенным ниже, необходимо:

1. Провести детальную классификацию статей расходов по отдельным группам издержек обращения в зависимости от характера и направлений расходов — расходы по завозу и складированию материально-технических ресурсов, по их реализации, а также расходы, связанные с административно-хозяйственными операциями и процедурами.
2. Установить общую сумму издержек обращения и сумму отдельных статей и групп издержек обращения, а также их удельный вес в общих издержках обращения данного терминала.
3. Установить удельный вес суммы всех статей затрат (издержек обращения) в общей сумме товарооборота, используя при этом следующие основные показатели работы терминала: товароборот терминала составляет по плану 5000 тыс. условных единиц, а фактически — на 10% больше планового; плановые издержки обращения, рассчитанные на плановый период работы терминала, равны 3,5% от суммы планового товарооборота.
4. Рассчитать плановую сумму издержек обращения. Далее, сравнить плановую и фактическую сумму издержек обращения, а также провести соответствующий анализ.

Таблица 2.10

## Перечень статей издержек обращения

№ п/п	Наименование статей расходов	Сумма, тыс. усл. ед.
1	Заработная плата складского персонала	90
2	Заработная плата работников, обслуживающих грузовой транспорт	4
3	Заработная плата работников конторы терминала	10
4	Начисления на заработную плату персонала терминала	8
5	Расходы по железнодорожным и водным перевозкам	25
6	Расходы по эксплуатации и содержанию парка грузового транспорта	2
7	Расходы по командировкам работников терминала	2
8	Стоимость местных командировок—разъездов внутри города работников терминала	1
9	Расходы по содержанию легкового транспорта терминала	2
10	Проценты по кредиту: а) уплаченные б) полученные	8 4
11	Расходы на канцелярские принадлежности	2
12	Потери при транспортировке в пределах установленных норм убыли	5
13	Расходы, связанные с сортировкой и упаковкой материально-технических ресурсов	10
14	Расходы, связанные с ремонтом помещений терминала	25
15	Расходы, связанные с постоянным обучением складского персонала терминала	6
16	Убыль материалов на терминале в пределах установленных норм	1
17	Расходы по отправке грузов, которые не возмещены потребителями	17
18	Недостача материалов при инвентаризации, отнесенная на издержки обращения	1
19	Аренда складских помещений	5
20	Доходы по операциям с тарой	4
21	Расходы по операциям с тарой	12
22	Амортизация основных средств складов	2
23	Расходы по оплате вневедомственной охраны терминала	6

**Задача 2.7.** Установить величину административно-управленческих расходов в издержках обращения для складского комплекса по следующим основным статьям (в скобках указано фактическое выполнение в предшествующем году, тыс. усл. ед.).

1. Зарботная плата — основная и дополнительная (80).
2. Начисления на зарботную плату.
3. Командировочные расходы и подъемные при кадровых перемещениях сотрудников.
4. Канцелярские, типографские, почтовые, телеграфные и телефонные расходы (16).
5. Разъезды и содержание легкового транспорта (4).
6. Аренда помещений, содержание зданий, сооружений и различного инвентаря (4,5).
7. Амортизация основных средств (12,7).
8. Прочие расходы (39).

Исходные данные для проведения расчетов следующие.

1. Размер зарботной платы установить на 5% меньше уровня прошлого года. Из полученной суммы следует вычесть оплату по болезням, которая проводится за счет системы социального страхования. Оплата по болезням рассчитывается исходя из размера 2% от фонда зарботной платы.

2. Начисления на зарботную плату устанавливаются в размере 7% от общего фонда зарботной платы.

3. Складской комплекс в своей работе использует две легковые автомашины. Расходы по использованию одной автомашины составляют 1,85 тыс. усл. ед. в год. При этом стоимость разъездов сотрудников на городском транспорте равна 1390 усл. ед., а стоимость разъездов на пригородном железнодорожном транспорте — 180 усл. ед.

4. Телеграфные расходы устанавливаются из расчета 500 телеграмм в месяц (в среднем по 20 слов каждая). Почтовые расходы устанавливаются из расчета отправки ежедневно 45 простых писем и 60 заказных. Типографские расходы берутся на уровне прошлого года в размере 2400 усл. ед. Кроме того, предполагается израсходовать 5 т бумаги по цене 300 усл. ед. за 1 т. Канцелярские расходы включают:

- стоимость канцелярских принадлежностей из расчета 0,5 усл. ед. в месяц на одного служащего. Число служащих складского комплекса составляет 80 чел.;
- стоимость переплета бухгалтерских и других книг (из расчета 40 книг в месяц по 0,64 усл. ед. за каждую).

5. Расчет амортизационных отчислений производится на основании данных, приведенных в табл. 2.11.

6. Телефонные расходы устанавливаются на уровне прошлого года и составляют:

- абонементная плата за пользование телефонами в течение года — 900 усл. ед.;
- плата за междугородные переговоры — 5200 усл. ед.

7. Арендная плата, содержание зданий и инвентаря определяются из следующего расчета:

- основная площадь (211,9 м<sup>2</sup>) по 6 усл. ед. в течение года за 1 м<sup>2</sup>;
- вспомогательная площадь (66,6 м<sup>2</sup>) — по 2,5 усл. ед. в течение года за 1 м<sup>2</sup>.

- эксплуатационные расходы — 4,8 усл. ед. в течение года за 1 м<sup>2</sup>;
- отопление — 1,1 усл. ед. за 1 м<sup>2</sup>, освещение — 1,8 усл. ед. за 1 м<sup>2</sup>, арендная плата за помещение для архива согласно договору—425 усл. ед., стоимость технического обслуживания оргтехники—150 усл. ед., текущий ремонт различного инвентаря—380 усл. ед.

8. Размер прочих и командировочных расходов принимается на уровне прошлого года с учетом предполагаемого снижения издержек на 3%.

**Таблица 2.11**

**Расчет амортизационных отчислений**

Виды зданий и имущества	Первоначальная стоимость, тыс. усл. ед.	Размер амортизационных отчислений, %
Здания деревянные	15	4
Здания каменные	25	2
Инвентарь	4	10



## ТЕМА 3. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНАЯ ЛОГИСТИКА

### 3.1. Экономическое обоснование внедрения системы распределения.

#### *Практическое занятие*

*Цель занятия:* изучение метода экономического обоснования внедрения логистической системы распределения.

Для того чтобы из двух предлагаемых вариантов системы распределения выбрать один, установим критерий выбора – это минимум приведенных годовых затрат, то есть затрат, приведенных к единому годовому измерению. Затем оценим по этому критерию каждый из вариантов.

Величину приведенных затрат определим по следующей формуле:

$$Z = C_э + C_m + \frac{K}{T_{ок}} \quad (3.1)$$

где  $Z$  - приведенные годовые затраты системы распределения, долл. США/год;  
 $C_э$  - годовые эксплуатационные расходы системы, долл. США/год;  
 $C_m$  - годовые транспортные расходы системы, долл. США/год;  
 $K$  - капитальные вложения в строительство распределительного центра, долл. США;  
 $T_{ок}$  - срок окупаемости варианта, год.

#### **Задача с решением**

**Задача 3.1.** Выберите для внедрения систему распределения из двух предлагаемых, если для каждой из систем известно:

- годовые эксплуатационные затраты — 1) 7040 долл. США/год, 2) 3420 долл. США/год;
- годовые транспортные затраты — 1) 4480 долл. США/год, 2) 5520 долл. США/год;
- капитальные вложения в строительство распределительных центров — 1) 32 534 долл. США, 2) 42 810 долл. США;
- срок окупаемости системы — 1) 7,3 года, 2) 7,4 года.

#### *Решение.*

Для реализации выбираем тот вариант системы распределения, который имеет минимальное значение приведенных годовых затрат.

Подставив в формулу (3.1) исходные данные, для первой системы распределения получаем:

$$Z_1 = 7040 + 4480 + 32534/7,3 = 15976,71 \text{ долл. США/год.}$$

Для второй системы распределения получаем:

$$Z_2 = 3420 + 5520 + 42810/7,4 = 14725,14 \text{ долл. США/год.}$$

Для внедрения выбираем вторую систему распределения, так как  $Z_2$  меньше  $Z_1$ .

### Задачи для самостоятельного решения

**Задача 3.2.** Выберите для внедрения систему распределения из трех предлагаемых, если для каждой из систем известно:

- годовые эксплуатационные затраты — 1) 6040 долл. США/год, 2) 4320 долл. США/год; 3) 5780 долл. США/год;
- годовые транспортные затраты — 1) 5430 долл. США/год, 2) 5560 долл. США/год; 3) 4570 долл. США/год;
- капитальные вложения в строительство распределительных центров — 1) 43 530 долл. США, 2) 54 810 долл. США; 3) 45 750 долл. США;
- срок окупаемости системы — 1) 4,3 года; 2) 4,8 года; 3) 4,7 года.

**Задача 3.3.** Выберите для внедрения систему распределения из четырех предлагаемых, если для каждой из систем известно:

- годовые эксплуатационные затраты — 1) 6530 долл. США/год, 2) 5390 долл. США/год; 3) 6080 долл. США/год; 4) 4570 долл. США/год;
- годовые транспортные затраты — 1) 4630 долл. США/год, 2) 5450 долл. США/год; 3) 3970 долл. США/год; 4) 4390 долл. США/год;
- капитальные вложения в строительство распределительных центров — 1) 54 350 долл. США; 2) 44 820 долл. США; 3) 49 570 долл. США; 4) 48 540 долл. США;
- срок окупаемости системы — 1) 3,3 года; 2) 3,8 года; 3) 3,7 года; 4) 3,5 года.

### 3.2. Моделирование экономически целесообразных хозяйственных связей

#### *Деловая игра*

*Цель игры:* изучение задачи прикрепления поставщиков к потребителям и приобретение навыков составления экономико-математической модели оптимизации распределительных процессов.

Основной математической моделью, используемой для решения задач оптимального прикрепления потребителей к поставщикам и составления оптимальных планов перевозок, является так называемая транспортная задача линейного программирования.

В общем виде задача имеет следующую формулировку: в  $m$  пунктах  $A_1, A_2, \dots, A_m$  имеется некоторый однородный продукт, причём его объём в пункте  $A_i$  составляет  $a_i$  единиц ( $i = 1, 2, \dots, m$ ). Указанный продукт потребляется в  $n$  пунктах  $B_1, B_2, \dots, B_n$ , а объём потребления в пункте  $B_j$  составляет  $b_j$  единиц ( $j = 1, 2, \dots, n$ ). Известны транспортные расходы по перевозке единицы продукции из

пункта  $A_i$  в пункт  $B_j$ , которые равны  $C_{ij}$ . Требуется составить такой план прикрепления потребителей к поставщикам (план перевозок), при котором весь продукт вывозится из пунктов поставщиков и удовлетворяются все запросы потребителей, а общая величина транспортных издержек является минимальной.

Для составления математической модели данной задачи принимаем количество продукта, перевозимого из пункта  $A_i$  в пункт  $B_j$ , равным  $X_{ij}$ . В этом случае поставленные нами условия можно записать в следующем виде:  $\sum X_{ij} = a_i$ ,  $\sum X_{ij} = b_j$ , при которых целевая функция  $Z = \sum \sum C_{ij} X_{ij}$  достигает минимума. Переменные нумеруют с помощью двух индексов, а набор  $X_{ij}$ , удовлетворяющий приведённым условиям записывают в виде матрицы

$$X = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{pmatrix} \quad (3.2)$$

Матрицу  $X$  называют планом перевозок транспортной задачи, а переменные  $X_{ij}$  — перевозками. План  $X_{\text{опт}}$ , при котором целевая функция минимальная, называется оптимальным планом.

#### *Порядок выполнения работы*

- 1) пусть количество товара, перевозимого из склада  $i$  в пункт  $j$  равно  $x_{ij}$ ;
- 2) постройте целевую функцию  $F(x)$  на минимум транспортных расходов;
- 3) составьте систему ограничений по ресурсам (мощности) поставщиков — складов и фондам потребителей при условии неотрицательности поставок;
- 4) решите систему уравнений и составьте маршрут распространения товаров.

#### *Исходные данные*

Определить оптимальные маршруты снабжения товарами населенных пунктов Верховье, Змеевка и Нарышкино со складов фирмы, расположенных в городах Мценск и Кромы и суммарные транспортные расходы, если известно, что потребность (объем спроса) в товарах фирмы составляет соответственно для городов Верховье, Змеевка и Нарышкино  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ; мощности складов в Мценске и Кромы соответственно  $V$  и  $W$  (табл. 3.1). Транспортные расходы на перемещение 1 кг груза по отдельным маршрутам следующие: Мценск - Верховье – 2000 р.; Мценск - Змеевка – 500 р.; Мценск - Нарышкино – 1000 р.; Кромы – Верховье – 3000 р.; Кромы – Змеевка – 1000 р.; Кромы – Нарышкино – 1500 р.

Таблица 3.1

## Данные о поставщиках и потребителях

Показатели	Значение показателей по вариантам				
	1	2	3	4	5
Мощность склада:					
V	20	25	15	30	20
W	20	22	40	10	20
Потребность в товаре:					
X	20	20	20	15	18
Y	10	10	10	15	10
Z	10	10	5	10	12

Построить экономико-математическую модель логистической системы распределения и определить оптимальный маршрут распространения товаров.

## ТЕМА 4. СКЛАДЫ В ЛОГИСТИКЕ

### 4.1. Устройство складов и показатели их работы

#### Практическое занятие

*Учебная цель:* углубление знаний в области расчёта показателей работы складов.

Для размещения материальных ресурсов важно определить общую площадь склада. Общая площадь  $F_{\text{общ}}$  склада равна:

$$F_{\text{общ}} = f_{\text{пол}} + f_{\text{пр}} + f_{\text{сл}} + f_{\text{всп}}, \quad (4.1)$$

где  $f_{\text{пол}}$  — полезная площадь склада, то есть площадь, занятая непосредственно под хранимым материалом;  $f_{\text{пр}}$  — площадь, занятая приёмочными и отпускными площадками;  $f_{\text{сл}}$  — служебная площадь, то есть площадь, занятая конторскими и другими служебными помещениями;  $f_{\text{всп}}$  — вспомогательная площадь, то есть площадь, занятая проездами и проходами.

Полезная площадь склада определяется двумя способами: способом нагрузки на  $1 \text{ м}^2$  площади пола и способом коэффициента заполнения объёма.

*Способ нагрузки на  $1 \text{ м}^2$  площади пола* используется тогда, когда известна для данного вида материала нагрузка на  $1 \text{ м}^2$  площади:

$$f_{\text{пол}} = q_{\text{зап}} / \sigma, \quad (4.2)$$

где  $q_{\text{зап}}$  — величина установленного запаса соответствующего материала на складе, т;  $\sigma$  — нагрузка на 1 кв. м. площади пола, т.

*Способ коэффициента заполнения объёма.* При использовании данного способа площадь склада определяется по формуле (4.3):

$$f_{\text{пол}} = f_{\text{об}} \cdot n = f_{\text{об}} (q_{\text{зап}} / q_{\text{об}}) = f_{\text{об}} (q_{\text{зап}} / V_{\text{об}} \cdot \gamma \cdot \beta), \quad (4.3)$$

где  $f_{\text{об}}$  — площадь любого оборудования,  $\text{м}^2$ ;  $n$  — требуемое количество оборудования (ячеек, стеллажей и др.);  $q_{\text{об}}$  — ёмкость любого оборудования;  $V_{\text{об}}$  — геометрический объём соответствующего оборудования,  $\text{м}^3$ ;  $\gamma$  — удельный вес материала или изделия,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;  $\beta$  — коэффициент заполнения объёма (плотность укладки) (определяется по специальным таблицам).

*Показатели работы склада.* Использование площади складских помещений характеризуется коэффициентом  $\alpha$ :

$$\alpha = f_{\text{пол}} / F_{\text{общ}}. \quad (4.4)$$

Чем выше коэффициент  $\alpha$ , тем лучше используется площадь склада.

Скорость оборачиваемости материалов характеризует длительность их хранения на складе. Фактическая скорость оборачиваемости  $T_{\text{ф}}$  определяется по формуле (4.5):

$$T_{\text{ф}} = (T_{\text{сo}} \cdot t_{\text{оп}}) / q_{\text{ф}}, \quad (4.5)$$

где  $T_{\text{сo}}$  — средний остаток запасов на складе;  $t_{\text{оп}}$  — продолжительность отчётного периода;  $q_{\text{ф}}$  — фактический расход материалов за отчётный период.

Показателем, характеризующим состояние запасов, является коэффициент оборачиваемости запасов. Под коэффициентом оборачиваемости запасов  $K$  понимают отношение годового (квартального) оборота материала  $T$  к среднему остатку его на складе  $T_{\text{сo}}$  за тот же период. Складской грузооборот  $T$  включает в себя поступление и отпуск материалов за соответствующий период времени.

### Задачи для самостоятельного решения

**Задача 4.1.** *Определение полезной площади склада металлических балок на  $1 \text{ м}^2$*

Предполагаемый запас металлических балок 500 шт., что составляет 10000 т. При укладке балок в два уровня нагрузка на пол составляет  $3 \text{ т/м}^2$ , в три уровня —  $5 \text{ т/м}^2$ . Определить полезную площадь склада при укладке металлических балок в два уровня, в три уровня. Рассчитать общую площадь склада, если площади приёмочных, служебных и вспомогательных площадей составляют 60% от полезной площади.

**Задача 4.2.** *Определение полезной площади склада полуфабрикатов*

Максимальная норма запаса для склада полуфабрикатов установлена 6 тыс. изделий. В ячейках хранения помещается по два изделия. Стеллаж площадью  $6 \times 0,5$  кв.м. имеет 40 ячеек. Определить полезную площадь склада полуфабрикатов, а также всю площадь склада, если проходы и обслуживающие помещения составляют половину площади склада.

**Задача 4.3.** *Определение площади буферного склада на поточной линии для хранения заготовок*

Поточная линия работает с тактом 5 мин по две смены в сутки. Заготовки на линию подаются 1 раз в смену. Страховой запас их равен односменной потребности линии. Заготовки складываются штабелями по 3шт. в каждом (одна на другую). Габариты заготовки  $1000 \times 500 \times 300$  мм. Проходы составляют 40% от общей площади склада. Определить площадь для хранения заготовок.

**Задача 4.4.** *Определение скорости оборачиваемости запасов*

Квартальный оборот склада составляет 30000т. Запас материалов на начало квартала 18000 т, на конец квартала — 12000 т. Рассчитать коэффициент оборачиваемости запасов. Определить скорость оборачиваемости запасов, если среднесуточный расход материалов 200 т.

## 4.2. Определение оптимального месторасположения склада

### Практическое занятие

*Цель занятия: изучение логистической задачи определения месторасположения склада.*

При выборе месторасположения склада наибольшее внимание уделяется транспортным расходам, связанным с доставкой грузов на склад и со склада потребителям. Чем ниже эти совокупные затраты, тем выше прибыль фирмы, а следовательно, эффективнее вариант выбора. Затраты, связанные со строительством и дальнейшей эксплуатацией складского сооружения, в данном случае не учитываются. Условно считается, что они больше зависят от особенностей конструкции склада и его технической оснащенности, чем от месторасположения.

Для этого используется метод наложения сетки координат на карту потенциальных мест расположения складов. Система сетки дает возможность оценить стоимость доставки от каждого поставщика до предполагаемого склада и от склада до конечного потребителя, а выбор останавливается на варианте, который определяется как *центр массы*, или *центр равновесной системы транспортных затрат*:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^m T_{Pi} R_{Pi} Q_{Pi} + \sum_{i=1}^n T_{Ki} R_{Ki} Q_{Ki}}{\sum_{i=1}^m T_{Pi} Q_{Pi} + \sum_{i=1}^n T_{Ki} Q_{Ki}} \quad (4.6)$$

где:  $M$  — центр массы, или центр равновесной системы транспортных затрат, т·км;

$R_{Pi}$  — расстояние от начала осей координат до точки, обозначающей месторасположение поставщика, км;

$R_{Ki}$  — расстояние от начала осей координат до точки, обозначающей месторасположение клиента, км;

$T_{Ki}$  — транспортный тариф для клиента на перевозку груза, долл./т·км;

$T_{Pi}$  — транспортный тариф для поставщика на перевозку груза, долл./т·км;

$Q_{Ki}$  — вес (объем) груза, реализуемый  $i$ -м клиентом, т;

$Q_{Pi}$  — вес (объем) груза, закупаемый у  $i$ -го поставщика, т.

### Задача с решением

**Задача 4.5.** Фирма, занимаясь реализацией продукции на рынках сбыта  $K_A, K_B, K_C$ , имеет постоянных поставщиков  $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5$  в различных регионах. Увеличение объема продаж заставляет фирму поднять вопрос о строительстве

нового распределительного склада, обеспечивающего продвижение товара на новые рынки и бесперебойное снабжение своих клиентов.

*Исходные данные.* Для простоты расчетов предположим, что тариф ( $T$ ) для поставщиков на перевозку продукции на склад составляет 1 долл./т·км, а тарифы для клиентов на перевозку продукции со склада равны: для  $K_A$  — 0,8 долл./т·км,  $K_B$  — 0,5 долл./т·км,  $K_C$  — 0,6 долл./т·км. Поставщики осуществляют среднюю партию поставки соответственно в размерах:  $П_1$  — 150 т,  $П_2$  — 75 т,  $П_3$  — 125 т,  $П_4$  — 100 т,  $П_5$  — 150 т. Партия поставки при реализации клиентам соответственно равна:  $K_A = 300$ ,  $K_B = 250$ ,  $K_C = 150$ .

На географическую карту, где обозначены имеющиеся у фирмы поставщики и регионы сбыта, наносится сетка с осью координат. Определим координаты клиентов ( $R_{Ki}$ ) и поставщиков ( $R_{Pi}$ ) (табл. 4.1 и рис. 4.1). Рассчитаем следующие параметры.

1. Суммарные затраты на транспортировку перевозимой партии грузов от поставщиков с учетом расстояний по оси  $X$ :

$$\sum T_{Pi} R_{Pi} Q_{Pi} = T_{P1} R_{P1} Q_{P1} + T_{P2} R_{P2} Q_{P2} + T_{P3} R_{P3} Q_{P3} + T_{P4} R_{P4} Q_{P4} + T_{P5} R_{P5} Q_{P5} = 22\,500 + 20\,625 + 50\,000 + 62\,500 + 90\,000 = 245\,625;$$

по оси  $Y$ :

$$\sum T_{Pi} R_{Pi} Q_{Pi} = 168\,125.$$

Таблица 4.1

Координаты клиентов и поставщиков

Координаты	Клиенты			Поставщики				
	$K_A$	$K_B$	$K_C$	$П_1$	$П_2$	$П_3$	$П_4$	$П_5$
$X$	0	300	550	150	275	400	500	600
$Y$	575	500	600	125	300	275	100	550

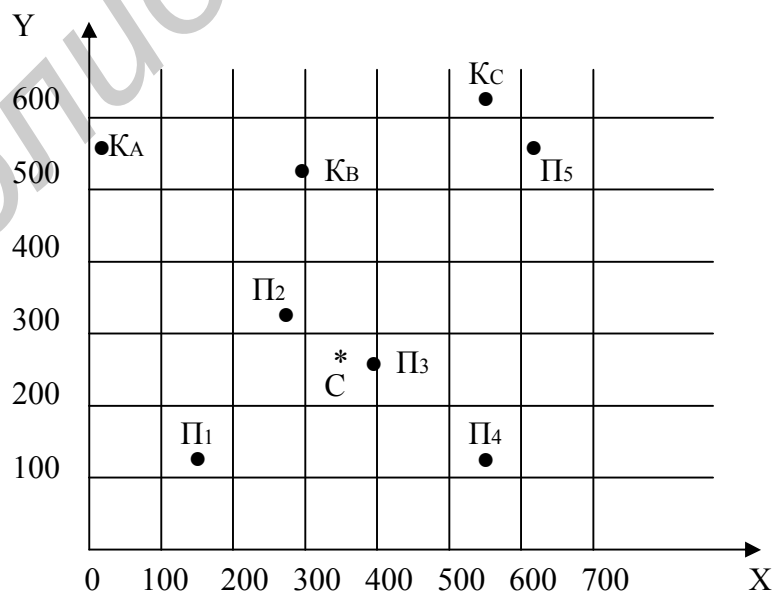


Рис. 4.1. Графическая иллюстрация решения задачи



2. Суммарные затраты на транспортировку перевозимой партии грузов клиентам с учетом расстояний по оси  $X$ :

$$\sum T_{Ki} R_{Ki} Q_{Ki} = T_{KA} R_{KA} Q_{KA} + T_{KB} R_{KB} Q_{KB} + T_{KC} R_{KC} Q_{KC} = 0 + 37\,500 + 49\,500 = 87\,000;$$

по оси  $Y$ :

$$\sum T_{Ki} R_{Ki} Q_{Ki} = 254\,500.$$

3. Координаты оптимального места расположения по оси  $X$ :

$$\frac{\sum_{i=1}^m T_{Pi} R_{Pi} Q_{Pi} + \sum_{i=1}^n T_{Ki} R_{Ki} Q_{Ki}}{\sum_{i=1}^m T_{Pi} Q_{Pi} + \sum_{i=1}^n T_{Ki} Q_{Ki}} = \frac{245625 + 87000}{600 + 455} = 315 \text{ (км)};$$

по оси  $Y$ :

$$\frac{\sum_{i=1}^m T_{Pi} R_{Pi} Q_{Pi} + \sum_{i=1}^n T_{Ki} R_{Ki} Q_{Ki}}{\sum_{i=1}^m T_{Pi} Q_{Pi} + \sum_{i=1}^n T_{Ki} Q_{Ki}} = \frac{16812 + 254500}{600 + 455} = 257 \text{ (км)} .$$

Оптимальное месторасположение склада имеет следующие координаты: 315 км по оси  $X$  и 257 км по оси  $Y$ .

### *Задача для самостоятельного решения*

**Задача 4.6.** Используя исходные данные предыдущей задачи, определить, как изменится выбор оптимального месторасположения распределительного склада, если изменится тариф на перевозку для поставщиков  $P_4$  и  $P_5$  до 1,75 долл./т·км.

При решении проблемы оптимального месторасположения склада, снабжающего мелких потребителей и розничную сеть города, из общей формулы (4.6) можно исключить транспортный тариф на перевозку, поскольку внутри города он будет одинаков. Тогда формула центра массы примет следующий вид:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n R_i Q_{Ki}}{\sum_{i=1}^n Q_{Ki}} . \quad (4.7)$$

### 4.3. Расчёт складской площади методами теории массового обслуживания

#### *Деловая игра*

*Цель игры:* изучение теории массового обслуживания и особенностей её применения при расчёте складской площади.

При применении теории массового обслуживания для расчёта складской площади склад рассматривается как система, состоящая из  $n$  обслуживающих ячеек-площадок. Каждая такая площадка обеспечивает одновременное обслуживание (хранение) отдельной партии груза. Вероятность отказа в приёмке новой партии материалов наступает в момент занятости всех ячеек. Площадь каждой ячейки ( $F$ ) принимаем равной величине, необходимой для складирования одной партии груза. Отсюда

$$F = q / p, \quad (4.8)$$

где  $q$  — средний вес груза в одной партии;  $p$  — средняя нагрузка на  $1 \text{ м}^2$  площади склада.

Изучение системы массового обслуживания начинается с анализа входящего потока требований. Входящий поток требований представляет собой совокупность требований, которые поступают в систему и нуждаются в обслуживании. При расчёте складской площади входящим потоком требований является поступление груза на склад. Среднее количество груза, поступающего в систему обслуживания (т.е. на склад) за единицу времени, называется интенсивностью поступления груза ( $\lambda$ ) и находится по формуле

$$\lambda = Q / qT_n, \quad (4.9)$$

где  $Q$  — грузооборот склада;  $T_n$  — период поступления груза.

Одной из важнейших характеристик обслуживающих устройств, которая определяет пропускную способность всей системы, является время обслуживания. Интенсивность обслуживания одной партии ( $\sigma$ ) равна

$$\sigma = 1 / T_{xp}, \quad (4.10)$$

где  $T_{xp}$  — средний срок хранения одной партии на складе.

Важным параметром складов является коэффициент загрузки  $\alpha$ , который определяется как отношение интенсивности поступления требований  $\lambda$  к интенсивности обслуживания  $\sigma$  и показывает количество требований, поступающих в систему обслуживания за время обслуживания одного требования одним устройством.

Количество обслуживающих устройств (ячеек-площадок) должно быть не менее коэффициента загрузки ( $n \geq \alpha$ ). В противном случае число поступающих требований (груза) будет больше суммарной интенсивности работы всех обслуживающих устройств (ячеек-площадок) и очередь будет бесконечно расти.

*Порядок выполнения расчетов:*

1. Определить интенсивность поступления груза на склад.
2. Определить интенсивность обслуживания одной партии складом.
3. Определить коэффициент загрузки.
4. Определить минимальную требуемую складскую площадь.

**Таблица 4.2**

Показатели	Исходные данные					
	Варианты					
	1	2	3	4	5	6
Грузооборот склада, тыс.т	100	150	200	250	300	320
Период поступления груза, дни	365	365	365	365	365	365
Средний вес груза в партии, т	1200	1306	3100	7602	6350	4201
Срок хранения на складе, сут	10	10	20	10	10	20
Средняя нагрузка на 1 м <sup>2</sup> площади склада, т/кв. м	1	1,1	1,3	1,3	1,2	1,5

## ТЕМА 5. ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА

### 5.1. Управление системой доставки грузов

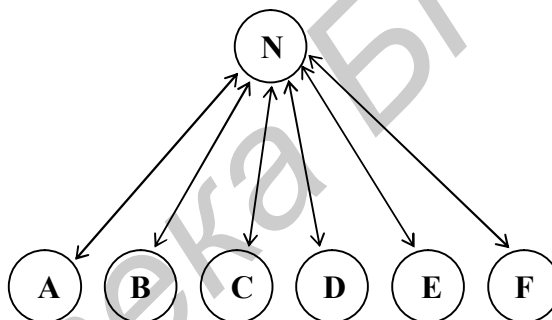
#### *Практическое занятие*

*Учебная цель:* углубление знаний в области управления перевозками и приобретение навыков выбора оптимальных маршрутов.

#### *Методические указания*

Расчет работы подвижного состава рекомендуется осуществлять в зависимости от вида маршрута в следующей последовательности:

#### 3. Маятниковый маршрут (рис 5.1)



**Рис.5.1. Схема лучевого маятникового маршрута**

1. Определяется суточный объем перевозок,  $Q_{\text{сут}}$

$$Q_{\text{сут}} = n_0 \cdot Q_0, \quad (5.1)$$

где  $n_0$  – число оборотов машины за сутки;  $Q_0$  – объем груза, перевозимого за один оборот.

$$n_0 = T_M / t_0, \quad (5.2)$$

где  $T_M$  – время работы автомобиля на маршруте;  $t_0$  – время оборота автомобиля.

$$t_0 = \sum_1^n \left( \frac{2 \cdot l}{V} + t_{np} \right), \quad (5.3)$$

где  $n$  – количество лучей в маятниковом маршруте;  $l$  – расстояние перевозки груза между двумя пунктами назначения;  $V$  – техническая скорость автомобиля;  $t_{пр}$  – время погрузочно-разгрузочных работ.

$$Q_0 = \sum_1^n p \cdot k_{гр}, \quad (5.4)$$

где  $p$  – грузоподъемность автомобиля;  $k_{гр}$  – коэффициент грузоподъемности.

2. Рассчитывается количество выполненных тонно-километров:

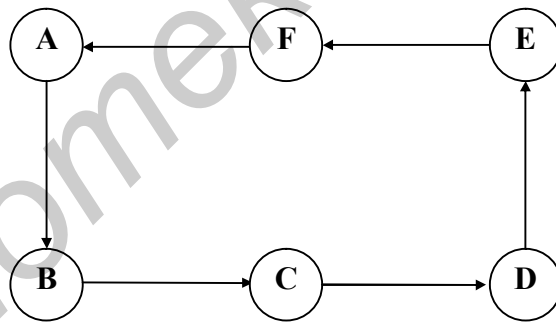
$$p = z_0 \cdot p_0; \quad p_0 = p \sum_1^n k_{гр} \cdot l, \quad (5.5)$$

где  $p$  – общее количество тонно-километров;  $p_0$  – количество тонно-километров за один оборот.

3. Определяется среднее расстояние перевозки за один оборот:

$$L_{ср} = p_0 / Q_0. \quad (5.6)$$

*Б. Кольцевой маршрут (рис. 5.2)*



**Рис. 5.2. Схема кольцевого маршрута**

1. Определяется суточный объем перевозок

$$Q_{сут} = n_0 \cdot Q_0; \quad n_0 = T_M / t_0, \quad (5.7)$$

где  $t_0 = \frac{L_M}{V} + \sum t_{пр}$ ;  $L_M$  – длина кольцевого маршрута.

$$Q_0 = p (k_{НА} + k_{АК} + k_{DE} + k_{CB}) = p \sum k_{гр}. \quad (5.8)$$

2. Рассчитывается количество выполненных в день тонно-километров

$$p = n_0 \cdot p_0; \quad p_0 = p \sum_1^n k_{гр} \cdot l. \quad (5.9)$$

3. По формуле (5.3) определяется среднее расстояние перевозки за один оборот  $L_{ср}$ .

### Задача для самостоятельного решения

#### Задача 5.1. Выбор маршрута перевозок

Автомобиль грузоподъемностью 4 т выполняет перевозку грузов со склада посреднической организации в шесть пунктов. Техническая скорость автомобиля 25 км/ч. Общее время работы на маршруте 8 ч. Груз может перевозиться маятниковым или кольцевым маршрутом (рис. 5.1, 5.2).

Показатели работы автотранспорта на маршрутах представлены в табл. 5.1, 5.2.

**Таблица 5.1**

#### Исходные данные для маятникового маршрута

Показатели	Пункты					
	NA	NB	NC	ND	NE	NF
1	2	3	4	5	6	7
1. Расстояние перевозок по вариантам:						
1	14	18	20	22	19	15
2	24	20	19	18	22	14
3	22	24	19	20	18	20
4	20	18	14	19	16	22
5	16	20	18	24	20	14
2. Время загрузки автомобилей на складе, мин	18	18	19	10	8	6
3. Время разгрузочных работ в пунктах назначения, мин	17	17	18	11	9	5
4. Коэффициент использования грузоподъемности автомобиля	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1

**Таблица 5.2**

#### Исходные данные для кольцевого маршрута

Показатели	Пункты						
	NA	AB	BC	CD	DE	EF	FN
1. Расстояние перевозок по вариантам:							
1	14	18	22	16	20	24	15
2	24	24	18	20	16	22	14
3	22	22	20	16	24	18	20
4	20	20	19	14	22	16	22
5	16	16	18	19	20	24	14
2. Время загрузки автомобилей на складе, мин	50	-	-	-	-	-	-
3. Время разгрузочных работ в пунктах назначения, мин	17	17	18	11	9	5	-
4. Коэффициент использования грузоподъемности автомобиля	1	0,8	0,6	0,3	0,2	0,1	-

1. Определить количество грузов, перевозимых за рабочий день, количество выполненных тонно-километров и среднее расстояние перевозки;
2. Обосновать выбранный маршрут перевозки.

Варианты выполнения задания определяются путём увеличения данных по строке “Расстояние перевозок” на порядковый номер студента согласно списку группы.

## 5.2. Экономико-математическое моделирование транспортной задачи.

### *Практическое занятие*

*Цель занятия:* изучение транспортных задач линейного программирования и приобретение навыков составления экономико-математической модели оптимизации транспортных процессов.

В этом подразделе приведены основные экономико-математические модели транспортных задач, методы их решения, а также задачи для решения с ответами. Ввиду значительной сложности оптимизации данных моделей рекомендуется использование вычислительной техники для ее ускорения (программа Microsoft Excel, надстройка «Поиск решения»).

### 5.2.1. Постановка транспортной задачи (или задачи прикрепления поставщиков к потребителям)

#### *Методические указания*

Имеется  $m$  поставщиков определенного вида продукции. Максимальные объемы возможных поставок заданы и равны соответственно  $a_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ . Эта продукция используется  $n$  потребителями. Объемы потребностей заданы и равны соответственно  $b_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ . Стоимость перевозки единицы продукции от  $i$ -го поставщика к  $j$ -му потребителю известна для всех  $i = 1, 2, \dots, m$  и всех  $j = 1, 2, \dots, n$  и равна  $c_{ij}$ . Требуется установить такие объемы перевозок  $x_{ij}$  от каждого поставщика к каждому потребителю, чтобы суммарные затраты на перевозки были минимальными и потребности всех потребителей были бы удовлетворены (если только общий объем возможных поставок покрывает общий объем потребностей).

Математическая модель этой задачи такова:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min ; \quad (5.10)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (5.11)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (5.12)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (5.13).$$

Очевидно, что это задача линейного программирования с  $m+n$  переменными и  $m+n$  непрямыми ограничениями.

Рассмотрим ряд классических транспортных задач и методов их решения.

1. *Задача о ранце.* Здесь речь идет о собравшемся в поход путешественнике, который должен упаковать в ранец различные полезные предметы  $n$  наименований, причем может потребоваться несколько одинаковых предметов. Имеется  $m$  ограничений такого типа, как вес, объем, линейные размеры и т. д. При формулировке задачи место ранца может занять бомбардировщик, трюм или палуба корабля, складское помещение и т. д.

2. *Задача о назначениях.* Имеется  $n$  различных самолетов, которые требуется распределить между  $m$  авиалиниями. Известно, что  $j$ -й авиалинии  $i$ -й самолет будет приносить доход  $c_{ij}$ . Требуется так распределить самолеты, чтобы максимизировать суммарный доход.

3. *Задача о коммивояжере.* Имеются города, пронумерованные числами  $0, 1, 2, \dots, n$ . Выехав из города  $0$ , коммивояжер должен объехать все остальные города, побывав в каждом из них по одному разу, и вернуться в исходный город. Известны расстояния  $c_{ij}$  между городами  $i$  и  $j$  ( $i, j = 0, 1, 2, \dots, n$ ). Требуется найти самый короткий маршрут.

4. *Задача о четырех красках.* В 1976 г. была доказана замечательная теорема: любую географическую карту можно раскрасить, используя не более четырех различных красок. Тем самым была решена одна из наиболее старых математических проблем. Показательно, что обоснование этого результата проделано с помощью ЭВМ: после теоретических рассуждений осталось большое, но конечное число карт, относительно которых не было известно лишь то, можно ли их раскрасить четырьмя красками. С помощью ЭВМ был получен положительный ответ, который и дал окончательное решение проблемы.

Уточним формулировку задачи. Дана плоская географическая карта, на которой граница каждой страны представляет собой замкнутую непрерывную кривую. Две страны называются соседними, если у них есть общая граница — участок кривой определенной длины. Требуется так раскрасить данную карту в четыре цвета, чтобы соседние страны были раскрашены в разные цвета.

Некоторые из этих задач рассматриваются ниже.

### Задачи для самостоятельного решения

**Задача 5.2.** На вокзалы  $A$  и  $B$  прибыло несколько комплектов мебели. Эту мебель нужно доставить в магазины  $C$ ,  $D$  и  $E$  с учетом их потребностей. Спланировать перевозки этой мебели так, чтобы общая стоимость этих



перевозок была наименьшей. Необходимые данные для решения задачи указаны в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Исходные данные для задачи 5.2

Склады	Потребители						
	С		D		E		
A	2		3		2		30
B	1		2		3		30
	20		20		20		60

**Задача 5.3.** В пунктах *A* и *B* находятся заводы по производству кирпича, в пунктах *C* и *D* — карьеры, снабжающие их песком. Заводу *A* необходимо 40 т песка, заводу *B* — 50 т. Карьер *C* готов перевезти 70 т песка, а карьер *D* — 30 т. Требуется спланировать перевозки так, чтобы затраты на перевозку были минимальными. Условия задачи представлены в табл. 5.4. Для упрощения решения в таблицу введен условный потребитель *E*.

Таблица 5.4

Исходные данные для задачи 5.3

Карьеры	Потребители						
	A		B		E		
C	2		6		0		70
	$x_{11}$		$x_{12}$		$x_{13}$		
D	5		3		0		30
	$x_{21}$		$x_{22}$		$x_{23}$		
	40		50		10		100

### 5.2.2. Задача о назначениях, или задача выбора

#### Постановка задачи

Пусть имеется  $n$  видов работ и  $n$  претендентов (рабочих, механизмов и др.) для их выполнения, причем каждый претендент может использоваться на любой работе. Известна производительность  $i$ -го претендента на  $j$ -й работе ( $c_{ij}$ ). Требуется так распределить претендентов по работам, чтобы суммарная производительность была максимальной. При этом каждого претендента можно

назначить только на одну работу и на каждую работу можно назначить только одного претендента.

Построим математическую модель этой задачи. Введем переменные:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й претендент назначен на } j\text{-ую работу,} \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases} \quad (5.14)$$

где  $i, j = 1, 2, \dots, n$ .

Требуется максимизировать выражение:

$$Z(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (5.15)$$

при условиях

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad (5.16)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad j = 1, 2, \dots, m. \quad (5.17)$$

Условие (5.16) означает, что каждый претендент назначается на одну работу, а условие (5.17) — что на каждую работу назначается один претендент. Условия (5.14) выводят задачу из класса задач линейного программирования, так как они нелинейны, т. е. формально задачу о назначениях можно отнести к классу задач линейного программирования с булевыми переменными. Однако практически задачу о назначениях можно рассматривать как частный случай транспортной (и, следовательно, просто линейной) задачи, в которой  $m = n$ , а все  $a_i = b_j = 1$ , если условия (1) сменить условиями неотрицательности переменных:

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (5.18)$$

Задача (5.15) при выполнении условий (5.16-5.18), как и любая транспортная задача с целыми  $a_i$  и  $b_j$ , всегда имеет целочисленное решение. Оптимальный план задачи о назначениях представляет собой матрицу  $X = (x_{ij})$ , у которой в каждой строке и каждом столбце стоит только один ненулевой элемент, равный единице.

Хотя для транспортной задачи есть методы, которые проще методов решения общей задачи линейного программирования, особенности задачи о назначениях позволяют решить ее с помощью более простых приемов.

Математически задача о назначениях формулируется следующим образом. Требуется выбрать такую последовательность элементов  $\{c_{1j_1}, c_{2j_2}, \dots, c_{nj_n}\}$  из квадратной матрицы

$$C = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{pmatrix}$$

чтобы  $J_k \neq J_l$  при  $k \neq l$  и при этом величина  $\sum_{k=1}^n c_{kj_k}$  была максимальной.

Иначе говоря, необходимо из каждой строки и каждого столбца матрицы  $C$  выбрать по одному элементу (всего  $n$  элементов) так, чтобы их сумма была наибольшей.

Решение задачи выбора, таким образом, представляет собой перестановку  $n$  чисел (число возможных вариантов решений равно  $n!$ ), поэтому при больших числах  $n$  прямой перебор практически невозможен.

### Задачи для самостоятельного решения с ответами

**Задача 5.4.** Определить оптимальный вариант назначений, если матрица эффективности имеет следующий вид:

$$C = \begin{pmatrix} 6 & 3 & 2 & 7 & 4 \\ 3 & 5 & 4 & 4 & 2 \\ 5 & 4 & 3 & 2 & 1 \\ 4 & 3 & 4 & 6 & 3 \\ 5 & 5 & 2 & 5 & 2 \end{pmatrix}$$

**Задача 5.5.** Определить оптимальный вариант назначений, если матрица эффективности имеет следующий вид:

$$C = \begin{pmatrix} 7 & 9 & 8 & 3 & 7 \\ 4 & 8 & 7 & 6 & 3 \\ 3 & 2 & 5 & 4 & 4 \\ 7 & 5 & 3 & 3 & 5 \\ 3 & 7 & 5 & 6 & 4 \end{pmatrix}$$

*Ответ.* Оптимальный вариант назначений:  $x_{15} = x_{22} = x_{33} = x_{41} = x_{54} = 1$ , остальные  $x_{ij} = 0$ , т. е. первый исполнитель назначается на пятую работу, второй — на вторую, третий — на третью, четвертый — на первую, а пятый — на

четвертую. При этом достигается суммарная эффективность, равная:  $7 + 8 + 5 + 7 + 6 = 33$ .

**Задача 5.6.** Определить оптимальный вариант назначений, если матрица эффективности имеет следующий вид:

$$C = \begin{pmatrix} 4 & 5 & 10 & 7 & 8 & 9 \\ 7 & 8 & 8 & 8 & 3 & 6 \\ 5 & 2 & 2 & 3 & 2 & 5 \\ 7 & 5 & 9 & 6 & 3 & 5 \\ 2 & 2 & 10 & 6 & 5 & 4 \\ 4 & 4 & 10 & 2 & 3 & 2 \end{pmatrix}$$

*Ответ.* Оптимальный вариант назначений:  $x_{15} = x_{22} = x_{36} = x_{41} = x_{54} = x_{63} = 1$ , остальные  $x_{ij} = 0$ , т. е. первый исполнитель назначается на пятую работу, второй — на вторую, третий — на шестую, четвертый — на первую, пятый — на четвертую, шестой — на третью. При этом достигается суммарная эффективность, равная  $8 + 8 + 5 + 7 + 6 + 10 = 44$ .

### 5.2.3. Задача о коммивояжере

#### Постановка задачи

Имеется  $n$  пунктов. Задана матрица  $(c_{ij})$  транспортных расстояний между этими пунктами, при этом каждый пункт соединен со всеми остальными. Выезжая из одного пункта, коммивояжер должен побывать в других пунктах по одному разу и вернуться в исходный пункт. Поэтому маршрут коммивояжера образует замкнутый цикл без петель. В каком порядке следует объезжать пункты, чтобы пройденное расстояние было минимальным?

Построим математическую модель задачи, введя переменные:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если коммивояжер из пункта } i \text{ переезжает в пункт } j, \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases} \quad (5.19)$$

где  $i, j = 1, 2, \dots, n$ ;  $i \neq j$ . Требуется минимизировать выражение

$$F(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (5.20)$$

при следующих ограничениях:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, j = 1, 2, \dots, n; \quad (5.21)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, i = 1, 2, \dots, n; \quad (5.22)$$

$$U_i - U_j + nx_{ij} \leq n - 1, \quad i, j = 1, 2, \dots, n; \quad i \neq j \quad (5.23)$$

где  $U_i$  и  $U_j$  — произвольные вещественные значения.

Ограничение (5.21) означает, что коммивояжер из каждого пункта выезжает только один раз; ограничение (5.22) означает, что коммивояжер въезжает в любой пункт только один раз; ограничение (5.23) обеспечивает замкнутость маршрута, содержащего  $n$  пунктов, и отсутствие петель.

### Задачи для самостоятельного решения с ответами

**Задача 5.7.** Имеется 6 городов, которые должен посетить коммивояжер. Расстояния между городами заданы матрицей  $C = (c_{ij})$ ,  $i = 1, 2, \dots, 6$ ;  $j = 1, 2, \dots, 6$ .

$$C = \begin{pmatrix} \infty & 29 & 45 & 18 & 32 & 28 \\ 9 & \infty & 18 & 3 & 32 & 27 \\ 22 & 15 & \infty & 37 & 7 & 2 \\ 23 & 18 & 27 & \infty & 20 & 20 \\ 14 & 48 & 29 & 50 & \infty & 7 \\ 25 & 7 & 7 & 11 & 7 & \infty \end{pmatrix}$$

Необходимо отыскать кратчайший замкнутый маршрут, проходящий через каждый город один раз.

*Ответ.* Оптимальный замкнутый маршрут  $t^* = \{(1, 4), (2, 1), (5, 6), (3, 5), (4, 3), (6, 2)\}$  имеет длину  $l(t^*) = 75$ . Соответствующую ему последовательность объезда городов можно представить следующим образом:  
 $1 \rightarrow 4 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 2 \rightarrow 1$ .

**Задача 5.8.** Имеется 6 городов, которые должен посетить коммивояжер. Расстояния между городами заданы матрицей  $C = (c_{ij})$ :

$$C = \begin{pmatrix} \infty & 7 & 2 & 6 & 8 & 11 \\ 8 & \infty & 4 & 5 & 6 & 5 \\ 3 & 5 & \infty & 6 & 8 & 2 \\ 6 & 3 & 5 & \infty & 3 & 12 \\ 4 & 6 & 8 & 5 & \infty & 9 \\ 1 & 5 & 3 & 12 & 4 & \infty \end{pmatrix}$$

Необходимо отыскать кратчайший замкнутый маршрут, проходящий через каждый город один раз.

*Ответ.* Оптимальный замкнутый маршрут  $f^* = \{(1, 3), (3, 6), (5, 1), (2, 4), (4, 5), (6, 2)\}$  имеет длину  $l(f^*) = 21$ . Соответствующую ему последовательность объезда городов можно представить следующим образом:

$$1 \rightarrow 3 \rightarrow 6 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 1.$$

### 5.3. «Транспорт»

#### Деловая игра

Модель расчета загрузки транспортных средств используется в задаче распределения работ между группами транспортных средств для обеспечения максимальной производительности транспорта и выполнения заказа на перевозку грузов в полном объеме. Число транспортных единиц подвижного состава и объем грузов, планируемых к перевозке от поставщика к потребителю, практически не ограничены.

Деловая игра «Транспорт» реализована с помощью программного обеспечения Excel и языка Visual Basic и может быть установлена на компьютерах, параметры которых не ниже процессора Pentium-I и операционной системы Windows 95. Единственное неудобство при работе и запуске программного обеспечения деловой игры может вызвать программа Microsoft Office 2000/XP в связи с ее не полной совместимостью с предыдущими версиями.

**Экономическая постановка задачи.** Цель решения задачи — расчет загрузки транспортных средств (в определенные промежутки времени). Программа доставки товаров формируется в процессе распределения грузов между транспортными средствами. Критерий оптимальности — максимизация производительности всех транспортных средств. Ограничительные условия — фонд времени работы (ФВР) каждой группы транспортных средств.

**Условие задачи.** Построить модель рационального варианта загрузки транспортных средств. Программа доставки грузов формируется в процессе распределения грузов между транспортными средствами.

Чтобы решить задачу, необходимо определить следующие параметры:

- свойства грузов;
- значимость факторов, влияющих на выбор вида транспорта;

- используемые виды транспортных тарифов на перевозку грузов;
  - коэффициенты загрузки транспортных средств;
  - количество транспортных средств для доставки грузов потребителям.
- Исходные данные для решения задачи приведены в табл. 5.5.

Рассмотрим последовательность решения задачи

1. Выберите любые четыре вида грузов и определите их свойства по следующей классификации (табл. 5.6).
2. Определите значимость факторов, влияющих на выбор вида транспортных средств при перевозке грузов (единица соответствует наилучшему значению). Результаты выполненного задания сведите в табл. 5.7.
3. Определите, какие виды тарифов для расчета стоимости перевозки грузов используются на различных видах транспортных средств. Для выполнения этого задания необходимо изучить транспортные тарифы и правила их применения. Результаты выполненного задания сведите в табл. 5.8.
4. Рассчитайте загрузку всех групп транспортных средств и обеспечьте доставку грузов потребителю в заданном объеме. Исходные данные приведены в табл. 5.9.

**Таблица 5.5**

**Исходные данные для решения задачи «Транспорт»**

Обозначение товара	Наименование товара	Объем доставки, усл. ед.	Трудоемкость погрузочно-разгрузочных работ во группах транспортных средств на единицу груза, н/час			
			$J_1$	$J_2$	$J_3$	$J_4$
$i$		$N_i$				
$i_1$	$A$	325 кг	5	4	-	2
$i_2$	$B$	300 коробов	-	2	-	3
$i_3$	$C$	150шт.	2	-	1	-
$i_4$	$D$	350 упаковок	1	2	3	-
ФВР транспорта, час			300	300	300	540

**Примечания.** 1. Под усл. ед. объема доставки груза подразумевается единица груза (килограмм, штука, короб, контейнер и др.). 2. Прочерк в таблице показывает, что на данном транспортном средстве указанный вид груза не перевозится.

Таблица 5.6

**Свойства грузов, намеченных к перевозке, для  
выполнения заказа потребителей**

№ п/п	Классификация грузов	Наименование груза			
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
	<b>А. По происхождению:</b>				
1	Продукция растениеводства				
2	Продукция лесоводства				
3	Продукция добывающей (горнорудной) и обрабатывающей промышленности				
4	Продукция текстильной промышленности				
5	Продукция швейной промышленности				
6	Продукция металлообрабатывающей промышленности				
7	Продукция химической промышленности				
8	Продукция животноводства				
9	Продукция птицеводства				
10	Продукция рыболовства				
	<b>Б. По физико-химическим свойствам:</b>				
11	Скорпортящаяся продукция полеводства, садоводства, огородничества, животноводства и птицеводства				
12	Гигроскопичные грузы				
13	Грузы, впитывающие посторонние запахи				
14	Грузы, обладающие специфическими запахами				
15	Устойчиво сохраняющиеся грузы				
16	Смерзающиеся (слеживающиеся) грузы				
17	Опасные вещества				
18	Грузы, убывающие в весе				
	<b>В. По способу перевозки:</b>				
19	Бестарные сыпучие грузы (перевозка насыпью)				
20	Бестарные сыпучие грузы (перевозка навалом)				
21	Бестарные жидкие грузы (перевозка наливом)				
22	Сухие грузы (насыпные, навалочные, товарно-штучные)				
23	Наливные грузы				



Окончание табл. 5.6

	<b>Г. По весовым характеристикам и габаритам:</b>				
24	Легковесные грузы				
25	Тяжеловесные грузы				
26	Негабаритные грузы				
27	Длинномерные грузы				
	<b>Д. По технологии хранения:</b>				
28	Ценные грузы и грузы, портящиеся от воздействия влаги и изменения температуры				
29	Грузы, портящиеся от воздействия влаги				
30	Грузы, не подвергающиеся воздействию внешней среды, хранящиеся на открытых площадках				

Таблица 5.7

## Факторы, влияющие на выбор вида транспортных средств

Вид транспорта	Факторы					
	Время доставки	Частота отправления грузов	Надежность соблюдения графика доставки	Способность перевозить разные грузы	Способность доставить товар в любую точку территории	Стоимость перевозки
<b>Железнодорожный</b>						
<b>Водный</b>						
<b>Автомобильный</b>						
<b>Трубопроводный</b>						
<b>Воздушный</b>						

Таблица 5.8

## Виды тарифов на перевозку грузов

№ п/п	Виды тарифов	Вид транспорта			
		Железно- дорожный	Водный	Автомобильный	Воздушный
1	Договорные тарифы				
2	Исключительные тарифы				
3	Льготные тарифы				
4	Местные тарифы				
5	Общие тарифы				
6	Сдельные тарифы				
7	Тарифы на перевозку грузов на условиях платных тонно-часов				
8	Тарифы за перегон подвижного состава				
9	Тарифы за повременное пользование грузовым транспортом				
10	Тарифы на перевозку из покилометрового расчета				
11	Фрахтовая ставка				

Таблица 5.9

## Исходные данные для расчетов загрузки транспортных средств

Обозначение товара	Наименование товара	Объем доставки, у.е.	Трудоемкость погрузочно-разгрузочных работ по группам транспортных средств на единицу груза, н/час				Минимальная трудоемкость погрузочно-разгрузочных работ, н/час
			$N_i$	$j_1$	$j_2$	$j_3$	
$i_1$	$A$	325 кг	5	4	-	2	2
$i_2$	$B$	300 коробов	-	2	-	3	2
$i_3$	$C$	150 шт.	2	-	1	-	1
$i_4$	$D$	350 упаковок	1	2	3	-	1
	ФВР транспорта $\Phi_j$ , ч		300	300	300	540	

## Алгоритм решения задачи

**Шаг 1.** *Определение наиболее производительного транспортного средства для перевозки грузов.* Как видно из табл. 5.9, наиболее производительным транспортным средством для перевозки конкретного груза является транспортное средство с минимальным коэффициентом трудоемкости погрузочно-разгрузочных работ для данного вида товара.

**Шаг 2.** *Расчет индексов.* Индекс характеризует соотношение производительности погрузочно-разгрузочных работ (ПРР) различных групп транспортных средств при организации доставки товаров потребителю. Он определяется как отношение разности между нормативной трудоемкостью ПРР для данного груза и минимальной трудоемкостью ПРР этой же позиции к минимальной трудоемкости ПРР рассматриваемой группы транспортных средств:

$$K_{ij} = \frac{t_{ij} - \min \{t_{ij}\}}{\min \{t_{ij}\}} \quad (5.24)$$

где  $t_{ij}$  — нормативная трудоемкость ПРР  $i$ -го груза (товара) на  $j$ -ой группе транспортных средств (табл. 5.9).

**Шаг 3.** *Формирование первоначального варианта загрузки транспортных средств.* На этом шаге выполняется ряд операций.

1. Закрепление объема доставки грузов (товаров) за наиболее производительным транспортным средством, коэффициент трудоемкости которого равен нулю,  $K_{ij}=0$ . Производится расчет трудоемкости погрузочно-разгрузочных работ по группам транспортных средств (табл. 5.10).

**Таблица 5.10**

**Пример расчета транспортных средств  
при перевозке груза  $i_1$  для группы  $j_4$**

Наименование товара	Объем доставки, у.е.	Трудоемкость погрузочно-разгрузочных работ по группам транспортных средств на единицу груза, н/час			
		$j_1$	$j_2$	$j_3$	$j_4$
$i$	$N_i$				
$A$	325 кг	0	0	0	650

Расчет производится по формуле:

$$T_{ij} = t_{ij} N_i = 325 \cdot 2 = 650, \quad (5.25)$$

где  $N_i$  — объем доставки  $i$ -го груза;

$t_{ij}$  — трудоемкость ПРР в группе  $j_4$  транспортных средств при организации доставки груза  $i_1$ .

2. Расчет необходимого фонда времени по каждой группе транспортных средств. Здесь используется формула

$$\Phi_j = \sum_{i=1}^n t_{ij} N_i. \quad (5.26)$$

3. Расчет отклонений (избытка или недостатка) фонда времени по всем группам транспортных средств. Расчет отклонений выполняется по формуле

$$\Delta F_j = F_j - \Phi_j. \quad (5.27)$$

4. Проверка наличия избытка и дефицита фонда времени по всем группам транспортных средств. В случае избытка фонда времени  $\Delta F_j > 0$ , в случае его дефицита  $\Delta F_j < 0$ . При отсутствии избытка или дефицита фонда времени  $\Delta F_j = 0$ .

а) Если есть и избыток, и дефицит фонда времени по различным группам транспортных средств, то следует перейти к шагу 4.

б) В противном случае перейти к расчету коэффициента загрузки транспортных средств (шаг 5).

**Шаг 4.** Проверка возможности перераспределения грузов между группами транспортных средств. На этом шаге выполняются такие операции.

1. Выбор первой группы транспортных средств (слева направо), по которой имеется недостаток расчетного фонда времени ( $\Delta F_j > 0$ ).

2. Расчет по каждому виду груза, закрепленного за выбранной группой транспортных средств, разности между индексами групп транспортных средств, по которым имеется избыток расчетного фонда времени ( $K_{ij}$ ), и индексом рассматриваемой группы ( $K_{is}$ ):

$$\Delta K_{i(j-s)} = K_{ij} - K_{is} \quad (5.28)$$

3. Выбор груза (товара), по которому имеется наименьшая разность индексов, и расчет по ней объема товара, доставка которого должна быть передана другой группе транспортных средств, чтобы ликвидировать недостаток фонда времени по рассматриваемой группе. Расчет производится по формуле

$$\Delta N_{is} = \Delta F_s / t_{is}, \quad (5.29)$$

где  $\Delta N_{is}$  — объем грузов (товара)  $i$ -го наименования, доставку которых необходимо осуществить на другой группе транспортных средств, чтобы ликвидировать перегрузку данной группы транспортных средств;

$\Delta F_s$  — дефицит существующего ФВР транспортных средств группы  $s$ ;

$t_{is}$  — нормативная трудоемкость ПРР  $i$ -го груза на  $j$ -й группе транспортных средств.

4. Сравнение  $\Delta N_{is}$  с  $N_i$ . Если  $\Delta N_{is} < N_i$ , то перейти к шагу 5. В противном случае перейти к шагу 6.

5. Снятие с  $s$ -й группы транспортных средств груза (товара) в количестве  $\Delta N_{is}$  и передача его той группе, по которой разность индексов  $\Delta K_{i(j-s)}$  оказалась наименьшей:

$$N'_{ij} = 0 + \Delta N_{is} . \quad (5.30)$$

После этого следует перейти к шагу 3 (п. 2).

6. Снятие с  $s$ -й группы транспортных средств всей программы доставки груза  $i$ . Передача ее группе транспортных средств, по которой разность индексов  $\Delta K_{i(j-s)}$  оказалась наименьшей:

$$N'_{ij} = 0 + \Delta N_{is} . \quad (5.31)$$

После этого необходимо перейти к шагу 3 (п. 2).

**Шаг 5.** Расчет коэффициентов загрузки по каждой группе транспортных средств. Эти коэффициенты определяются по формуле

$$K_j = \frac{\sum_{i=1}^n t_{ij} N_{ij}}{F_j} , \quad (5.32)$$

где  $i = 1, 2, \dots, n$  — номенклатурные позиции грузов (товаров), доставка которых закреплена за  $j$ -й группой транспортных средств.

### Пример расчета загрузки транспортных средств

Результаты расчетов по шагам 1—3 приведены в табл. 5.11— 5.14.

**Таблица 5.11**

**Определение наиболее производительного транспортного средства для перевозки грузов (по каждой группе транспорта)**

Наименование товара	Объем доставки, у.е.	Трудоемкость погрузочно-разгрузочных работ по группам транспортных средств на единицу груза, н/час				Минимальная трудоемкость погрузочно-разгрузочных работ, н/час
		$j_1$	$j_2$	$j_3$	$j_4$	
$i$	$N_i$					$\min \{t_{ij}\}$
$A$	325 кг	5	4	-	2	2
$B$	300 коробов	-	2	-	3	2
$C$	150 шт.	2	-	1	-	1
$D$	350 упаковок	1	2	3	-	1
ФВР транспорта $F_j$ , час		300	300	300	540	

Таблица 5.12

Расчет индексов  $K_{ij}$ 

Наименование товара	$j$				$\min \{K_{ij}\}$
	$j_1$	$j_2$	$j_3$	$j_4$	
$A$	1,5	1	-	0	0
$B$	-	0	-	0,5	0
$C$	1	-	0	-	0
$D$	0	1	2	-	0
ФВР транспорта $F_j$ , час	300	300	300	540	

Таблица 5.13

## Формирование первоначального варианта загрузки транспортных средств

Обозначение товара	Наименование товара	Объем доставки, усл.ед. $N_i$	Закрепление грузов за группой транспортных средств			
			$j_1$	$j_2$	$j_3$	$j_4$
$i_1$	$A$	325 кг	0	0	0	650
$i_2$	$B$	300 коробов	0	600	0	0
$i_3$	$C$	150 шт.	0	0	150	0
$i_4$	$D$	350 упаковок	350	0	0	0
$\Phi_j$ (расчет)			350	600	150	650
$F_j$ (исходный)			300	300	300	540
Разность $\Delta F_j$			-50	-300	150	-110

Таблица 5.14

## Первоначальный вариант загрузки транспортных средств

Наименование груза	Закрепление грузов за группой транспортных средств				
	$j_1$	$j_2$	$j_3$	$j_4$	
$A$	0	0	0	650	
$B$	0	600	0	0	
$C$	0	0	150	0	
$D$	350	0	0	0	
$\Phi_j$ (расчет)		350	600	150	650
$F_j$ (исходный)		300	300	300	540
Разность $\Delta F_j$		-50	-300	150	-110

Проверка возможности перераспределения грузов между группами транспортных средств производится на шаге 4. Результаты расчетов сведены в табл. 5.15, 5.16.

После завершения расчетов необходимо ответить на вопрос: возможно ли улучшение расчета? В данном случае выполняется условие а (шаг 3, п. 4 алгоритма). Следовательно, ответ будет положительным и следует перейти к шагу 5. Результаты закрепления грузов представлены в табл. 5.17.

Расчет коэффициентов загрузки по каждой группе транспортных средств выполняется на шаге 5 алгоритма. Результаты расчета представлены в табл. 5.18.

**Вывод.** Транспортные средства группы  $j_4$  перегружены на 4% (или на 20 единиц времени). Следовательно, доставка всех грузов в заданном объеме (при имеющемся количестве транспортных средств) невозможна и необходимо дополнительное привлечение транспортных единиц.

**5.** Рассчитайте показатели работы подвижного состава и необходимое количество транспортных средств для организации доставки заказа потребителю.

*Постановка задачи.* Рассчитать основные показатели работы подвижного состава на маршруте доставки товаров потребителям. Определить необходимое число автомобилей  $A_x$  для перевозки груза, если известны следующие данные (табл. 5.19).

*Решение задачи.* По формулам рассчитываются следующие основные показатели работы подвижного состава.

1. Время оборота автомобиля:

$$t_0 = (2 L_{ep} / V_t) + T_{n-p} \quad (5.33)$$

2. Число оборотов за время работы автомобиля на маршруте:

$$n_0 = T_m / t_0 \quad (5.34)$$

3. Количество груза, которое может перевезти автомобиль за сутки:

$$Q_{сут} = \Gamma_n \cdot K_{ct} \cdot n_0 \quad (5.35)$$

4. Число автомобилей, необходимое для перевозки грузов:

$$A_x = Q_{зад} / Q_{сут} \quad (5.36)$$

Таблица 5.15

## Проверка варианта загрузки транспортных средств

	$j^1$	$j^2$	$j^3$	$j^4$
$\Delta F_j$	-50	-300	150	-110
$>0, <0, =0$	$<0$	$<0$	$>0$	$<0$
Проверка	Дефицит	Дефицит	Избыток	Дефицит

Таблица 5.16

## Сводная таблица расчета

$j^i$	$j^1$		$j^2$		$j^3$		$j^4$	
	$t_{i1}N_i$	$K_{ij}$	$t_{i2}N_i$	$K_{ij}$	$t_{i3}N_i$	$K_{ij}$	$t_{i4}N_i$	$K_{ij}$
$B$	0	1,5	0	1	0	-	650	0
$C$	0	-	600	0	0	-	0	0,5
$D$	0	1	0	-	150	0	0	-
$\Phi_j = \sum(t_{ij}N_i)$	350		600		150		650	
$F_j$	300		300		300		540	
$\Delta F_j = F_j - \Phi_j$	-50		-300		150		-110	
проверка	Дефицит		Дефицит		Избыток		Дефицит	

Таблица 5.17

## Результат закрепления грузов за транспортными средствами

$j^i$	$j^1$		$j^2$		$j^3$		$j^4$	
	$t_{i1}N_i$	$K_{ij}$	$t_{i2}N_i$	$K_{ij}$	$t_{i3}N_i$	$K_{ij}$	$t_{i4}N_i$	$K_{ij}$
$A$		1,5		1		-	110	0
$B$		-	300	0		-	450	0,5
$C$		1		-	150	0		-
$D$	300	0		1	150	2		-
$\Phi_j$ (расчет)	300		300		300		560	
$F_j$ (исходный)	300		300		300		540	
Разность $\Delta F_j$	0		0		0		-20	
$>0, <0, =0$	$\Delta F_j = 0$		$\Delta F_j = 0$		$\Delta F_j = 0$		$\Delta F_j < 0$	
Проверка	Решение найдено		Решение найдено		Решение найдено		Дефицит	



Таблица 5.18

## Коэффициент загрузки транспортных средств

Наименование груза	Загрузка транспортных средств			
	$j_1$	$j_2$	$j_3$	$j_4$
$A$	100%			
$B$		100%		
$C$			100%	
$D$				104%
$\Phi_j$ (расчет)	300	300	300	540
$F_j$ (исходный)	300	300	300	560
Разность $\Delta F_j$	0	0	0	-20

Таблица 5.19

## Показатели работы подвижного состава на маршруте доставки грузов потребителям

Группа транспортных средств	Количество груза, у.е.	Грузоподъемность, т.	Путь (с грузом или без груза), км	Коэффициент использования грузоподъемности	Время под ППР, час	Скорость автомобиля, км/час	Время работы, час/сутки	Число рабочих дней в месяце	ФВР транспорта
$j$	$Q_{зад}$	$G_n$	$L_{ср} = L_{бср}$	$K_{ст}$	$T_{н-р}$	$V_t$	$T_m$	$Ч_j$	$\Phi ВР$
$j_1$	300	16	20	0,8	0,5	50	12,5	24	300
$j_2$	150	12	18	0,6	0,6	60	12,5	24	300
$j_3$	200	12	14	0,7	0,4	40	12,5	24	300
$j_4$	205	12	12	0,9	0,5	50	22,5	24	540

## 5. Расчетное количество груза:

$$Q_{зад} = \sum (\Phi_{ij} / t_{ij}). \quad (5.37)$$

Результаты расчетов сведем в табл. 5.20.

Следовательно, для перевозки грузов в заданном объеме при определенных условиях необходимо наличие подвижного состава в количестве 9 единиц. Причем должны быть 3 единицы группы  $j_1$  транспортных средств, 2 единицы группы  $j_2$ , 3 единицы группы  $j_3$ , единица группы  $j_4$ .

## Расчет показателей работы транспортных средств

Группа транспортных средств	Время оборота автомобиля, час		Число оборотов автомобиля	Количество груза для перевозки, у.е.		Число автомобилей, необходимое для перевозки грузов, ед.
	$t_0$	$n_0$		$Q_{сум}$	$A_x$	
$j$			$n_{0(окр)}$			$A_{x(окр)}$
$j_1$	1,3	9,61	10	123,07	2,43	3
$j_2$	1,2	10,41	11	75	2	2
$j_3$	1,1	11,36	12	95,45	2,09	3
$j_4$	0,98	22,95	23	247,95	0,82	1
Итого:			56	Итого:		9

## Варианты заданий для проведения деловой игры «Транспорт»

**Постановка задачи.** Построить модель формирования рационального варианта загрузки транспортных средств. Программа доставки грузов транспортными средствами формируется в процессе распределения загрузки между ними. Для построения модели необходимо выполнить следующие задания.

1. Выберите самостоятельно четыре любых вида грузов и определите свойства товаров (см. табл. 5.6).
2. Оцените значимость факторов, влияющих на выбор вида транспорта (см. табл. 5.7).
3. Рассчитайте используемые тарифы (см. табл. 5.8) для различных видов транспортных средств.
4. Определите коэффициенты загрузки транспортных средств.
5. Определите количество транспортных средств для доставки грузов потребителю (см. табл. 5.19, 5.20).

В вариантах 1—20 заданий приведены данные для расчета загрузки транспортных средств и расчета подвижного состава.

Таблица 5.21

## Данные для расчета загрузки транспортных средств

Наименование груза	Объем доставки, у.е.	Трудоемкость погрузочно-разгрузочных работ, н/час			
--------------------	----------------------	---	--	--	--

## Вариант 1

<i>A</i>	250	2	3	1	3
<i>B</i>	100	3	-	3	2
<i>C</i>	180	4	2	5	-
<i>D</i>	140	-	4	1	5
ФВР транспорта, ч		500	136	185	104

## Вариант 2

<i>A</i>	200	3	1	2	-
<i>B</i>	150	2	4	-	3
<i>C</i>	100	1	-	5	4
<i>D</i>	20	-	3	2	2
ФВР транспорта, ч		380	300	320	400

## Вариант 3

<i>A</i>	130	3	1	2	5
<i>B</i>	110	2	4	-	3
<i>C</i>	200	1	2	5	2
<i>D</i>	140	-	3	3	-
ФВР транспорта, ч		260	280	220	290

## Вариант 4

<i>A</i>	120	3	1	2	9
<i>B</i>	100	2	4	-	4
<i>C</i>	200	1	2	5	2
<i>D</i>	140	-	3	3	-
ФВР транспорта, ч		280	250	220	280

## Вариант 5

<i>A</i>	110	2	3	1	-
<i>B</i>	100	3	-	2	6
<i>C</i>	95	-	4	-	4
<i>D</i>	154	5	1	4	-
ФВР транспорта, ч		350	380	400	330

## Вариант 6

<i>A</i>	180	5	1	2	-
<i>B</i>	150	4	2	-	3
<i>C</i>	110	-	-	2	5
<i>D</i>	120	2	3	-	4
ФВР транспорта, ч		180	150	220	210

Продолжение табл. 5.21

**Вариант 7**

<i>A</i>	100	-	4	-	5
<i>B</i>	120	3	5	-	4
<i>C</i>	160	2	-	3	1
<i>D</i>	70	1	2	4	-
ФВР транспорта, ч		400	240	330	560

**Вариант 8**

<i>A</i>	80	2	-	-	3
<i>B</i>	160	-	1	5	2
<i>C</i>	140	3	2	-	4
<i>D</i>	100	4	1	4	-
ФВР транспорта, ч		360	280	400	500

**Вариант 9**

<i>A</i>	180	5	3	5	-
<i>B</i>	150	3	-	4	2
<i>C</i>	90	2	1	-	4
<i>D</i>	80	-	4	3	1
ФВР транспорта, ч		200	250	240	300

**Вариант 10**

<i>A</i>	80	5	7	3	-
<i>B</i>	120	3	5	-	5
<i>C</i>	90	-	4	2	1
<i>D</i>	50	1	-	1	3
ФВР транспорта, ч		320	300	140	120

**Вариант 11**

<i>A</i>	180	5	1	5	-
<i>B</i>	150	3	-	4	2
<i>C</i>	90	2	6	-	4
<i>D</i>	100	-	4	3	1
ФВР транспорта, ч		200	300	300	300

**Вариант 12**

<i>A</i>	30	5	8	-	4
<i>B</i>	50	1	5	2	2
<i>C</i>	150	-	2	1	3
<i>D</i>	180	2	3	1	-
ФВР транспорта, ч		320	150	340	250

**Вариант 13**

<i>A</i>	100	1	4	3	-
<i>B</i>	180	4	-	2	3
<i>C</i>	140	3	2	-	5
<i>D</i>	250	-	1	3	2
ФВР транспорта, ч		500	136	185	104

## Окончание табл. 5.21

## Вариант 14

<i>A</i>	100	-	4	-	6
<i>B</i>	200	1	5	-	4
<i>C</i>	160	3	-	3	5
<i>D</i>	80	1	2	4	-
ФВР транспорта, ч		400	240	330	560

## Вариант 15

<i>A</i>	80	2	3	-	3
<i>B</i>	160	-	6	5	2
<i>C</i>	140	-	-	-	4
<i>D</i>	100	5	2	4	-
ФВР транспорта, ч		360	280	400	500

## Вариант 16

<i>A</i>	200	3	2	1	-
<i>B</i>	150	2	4	-	3
<i>C</i>	100	1	-	5	4
<i>D</i>	20	-	3	2	2
ФВР транспорта, ч		380	300	320	400

## Вариант 17

<i>A</i>	200	-	3	2	5
<i>B</i>	150	5	-	4	3
<i>C</i>	120	4	4	5	7
<i>D</i>	80	2	5	-	4
ФВР транспорта, ч		250	360	220	300

## Вариант 18

<i>A</i>	120	3	-	2	10
<i>B</i>	100	2	4	-	14
<i>C</i>	200	1	2	5	20
<i>D</i>	140	-	3	3	-
ФВР транспорта, ч		280	250	220	280

## Вариант 19

<i>A</i>	110	2	3	1	-
<i>B</i>	100	3	-	2	6
<i>C</i>	95	5	4	-	4
<i>D</i>	154	-	1	4	2
ФВР транспорта, ч		350	380	330	400

## Вариант 20

<i>A</i>	180	1	1	-	2
<i>B</i>	150	2	3	-	4
<i>C</i>	110	-	2	2	-
<i>D</i>	120	2	-	1	2
ФВР транспорта, ч		780	250	220	410

Таблица 5.22

## Данные для расчета подвижного состава

Транспортное средство	Грузоподъемность	Путь, км	Коэффициент использования грузоподъемности	Время под погрузку и разгрузку, ч	Скорость автомобиля, км/ч
$j$	$G_n$	$S_{зр}=S_{бзр}$	$K_{ст}$	$T_{н-р}$	$V_i$
<b>Вариант 1</b>					
$j_1$	16	20	0,8	0,5	50
$j_2$	12	18	0,6	0,6	60
$j_3$	12	14	0,7	0,4	40
$j_4$	12	12	0,9	0,5	50
<b>Вариант 2</b>					
$j_1$	10	25	0,8	0,6	40
$j_2$	8	24	0,6	0,6	60
$j_3$	12	18	0,7	0,4	40
$j_4$	10	15	0,9	0,5	50
<b>Вариант 3</b>					
$j_1$	15	28	0,8	0,5	60
$j_2$	12	18	0,6	0,6	50
$j_3$	12	14	0,7	0,5	40
$j_4$	10	24	0,6	0,5	50
<b>Вариант 4</b>					
$j_1$	8	22	0,8	0,3	50
$j_2$	10	28	0,7	0,6	50
$j_3$	10	18	0,7	0,4	50
$j_4$	8	12	0,9	0,5	50
<b>Вариант 5</b>					
$j_1$	6	18	0,8	0,4	50
$j_2$	10	22	0,9	0,6	60
$j_3$	8	14	0,7	0,9	60
$j_4$	12	16	0,9	0,5	50
<b>Вариант 6</b>					
$j_1$	12	24	0,8	0,5	50
$j_2$	12	16	0,6	0,6	60
$j_3$	12	14	0,7	0,7	60
$j_4$	12	18	0,9	0,5	50
<b>Вариант 7</b>					
$j_1$	12	18	0,8	0,5	50
$j_2$	12	16	0,6	0,7	60
$j_3$	12	24	0,7	0,6	60
$j_4$	12	12	0,8	0,5	50

Продолжение табл. 5.22

**Вариант 8**

$j_1$	16	20	0,8	0,5	50
$j_2$	12	18	0,6	0,6	60
$j_3$	12	14	0,7	0,4	40
$j_4$	12	12	0,9	0,5	50

**Вариант 9**

$j_1$	16	20	0,8	0,5	50
$j_2$	12	18	0,6	0,6	60
$j_3$	12	14	0,7	0,4	40
$j_4$	12	12	0,9	0,5	50

**Вариант 10**

$j_1$	16	20	0,8	0,5	50
$j_2$	12	18	0,6	0,6	60
$j_3$	12	14	0,7	0,4	40
$j_4$	12	12	0,9	0,5	50

**Вариант 11**

$j_1$	16	20	0,8	0,5	50
$j_2$	12	18	0,6	0,6	60
$j_3$	12	14	0,7	0,4	40
$j_4$	12	12	0,9	0,5	50

**Вариант 12**

$j_1$	16	20	0,8	0,5	50
$j_2$	12	18	0,6	0,6	60
$j_3$	12	14	0,7	0,4	40
$j_4$	12	12	0,9	0,5	50

**Вариант 13**

$j_1$	16	20	0,8	0,5	50
$j_2$	12	18	0,6	0,6	60
$j_3$	12	14	0,7	0,4	40
$j_4$	12	12	0,9	0,5	50

**Вариант 14**

$j_1$	16	20	0,8	0,5	50
$j_2$	12	18	0,6	0,6	60
$j_3$	12	14	0,7	0,4	40
$j_4$	12	12	0,9	0,5	50

**Вариант 15**

$j_1$	16	20	0,8	0,5	50
$j_2$	12	18	0,6	0,6	60
$j_3$	12	14	0,7	0,4	40
$j_4$	12	12	0,9	0,5	50

## Окончание табл. 5.22

## Вариант 16

$j_1$	16	20	0,8	0,5	50
$j_2$	12	18	0,6	0,6	60
$j_3$	12	14	0,7	0,4	40
$j_4$	12	12	0,9	0,5	50

## Вариант 17

$j_1$	16	20	0,8	0,5	50
$j_2$	12	18	0,6	0,6	60
$j_3$	12	14	0,7	0,4	40
$j_4$	12	12	0,9	0,5	50

## Вариант 18

$j_1$	16	20	0,8	0,5	50
$j_2$	12	18	0,6	0,6	60
$j_3$	12	14	0,7	0,4	40
$j_4$	12	12	0,9	0,5	50

## Вариант 19

$j_1$	16	20	0,8	0,5	50
$j_2$	12	18	0,6	0,6	60
$j_3$	12	14	0,7	0,4	40
$j_4$	12	12	0,9	0,5	50

## Вариант 20

$j_1$	10	20	0,8	0,5	40
$j_2$	12	18	0,6	0,6	60
$j_3$	12	16	0,7	0,4	40
$j_4$	8	24	0,9	0,5	50



## ТЕМА 6. УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ

### 6.1. Изучение методов регулирования запасов

#### Практическое занятие

*Учебная цель:* закрепление знаний по управлению запасами и приобретение навыков расчёта производственных запасов.

Комбинация экономичного объёма запаса и методики генерирования заказов называется системой управления запасами. Существуют две базовые системы управления запасами: с фиксированным размером заказа и с фиксированной периодичностью заказа (табл. 6.1).

**Таблица 6.1**

**Переменные и постоянные параметры в системах управления запасами**

Системы управления запасами	Переменные параметры	Постоянные параметры
Система с фиксированным размером заказа (система “точки заказа”)	Периодичность заказа	Объём заказываемой партии Точка заказа
Система с фиксированной периодичностью заказа (система “периодического пополнения”)	Объём заказываемой партии	Периодичность заказа

Точка заказа представляет собой установленный минимальный уровень запаса, по достижении которого подаётся заказ на поставку очередной партии материальных ценностей. Точка заказа  $Q_{т.з.}$  рассчитывается по формуле (6.1):

$$Q_{т.з.} = q_{рез} + p \tau, \quad (6.1)$$

где  $q_{рез}$  — резервный запас;  $p$  — среднесуточный расход материала;  $\tau$  — период упреждения.

Размер заказываемой партии  $Q_z$  в системе с фиксированным размером заказа определяется по формуле Уилсона, а в системе с фиксированной периодичностью заказа по формуле (6.2):

$$Q_z = q_{макс} - q_n + p \tau, \quad (6.2)$$

где  $q_{макс}$  — максимальный уровень запасов;  $q_n$  — фактический объём запаса в момент заказа.

ABC-анализ как метод управления запасами позволяет классифицировать материалы в зависимости от их стоимости в общих затратах на закупку:

материалы класса А — это немногочисленные, но необходимые материалы, на которые приходится большая часть, около 75 % средств, связанных с закупкой;

материалы класса В — относятся к второстепенным и требуют меньшего внимания, в объёме закупок составляют примерно 20 %;

материалы класса С — составляют значительную часть в номенклатуре используемых материалов, но на них приходится наименьшая часть вложений в запасы - 5-7 %.

Для проведения ABC-анализа необходимо:

- 1) установить стоимость каждого вида материала;
- 2) расположить материалы по мере убывания цены;
- 3) суммировать данные о количестве и издержках на материалы, нанести их на схему;
- 4) разбить материалы на группы в зависимости от их удельного веса в общих затратах на закупку.

### **Задачи для самостоятельного решения**

**Задача 6.1.** *Расчет текущего запаса в системах с фиксированной периодичностью и фиксированным размером заказа*

Величина годового спроса на материал — 20000 ед. Расходы на оформление одного заказа составляют 20 ден.ед., а расходы на содержание запасов достигают 0,05 ден.ед. на единицу хранения в год. Кроме того, предполагается, что в году 200 рабочих дней, а среднее время упреждения составляет 10 дней. Предусматривается трижды пополнять текущий запас. Ежедневный расход материала в 1-м периоде — 100 ед., во 2-м периоде — 150 ед., в 3-м периоде — 75 ед. Необходимо построить график движения запасов при использовании системы с фиксированным размером заказа и с фиксированной периодичностью пополнения запасов.

**Задача 6.2.** *Сравнение систем с фиксированной периодичностью и фиксированным размером заказа.*

Годовая потребность в материалах составляет 10 000 ед. Затраты, связанные с оформлением и доставкой заказа — 20 ден.ед., затраты на хранение единицы материала — 0,2 ден.ед. на единицу хранения в год. Среднее время упреждения — 10 дней. В году 200 рабочих дней. Интенсивность потребления материалов составляет в первом периоде 50 ед., во втором периоде 70 ед. в сутки. Построить график движения запасов при использовании системы с фиксированным размером заказа и с фиксированной периодичностью пополнения запасов.

**Задача 6.3.** *ABC-анализ материалов*

Используя данные, приведённые в табл. 6.2, провести ABC анализ. Представить полученные результаты в виде кривой Лоренца.

Для каждого класса материалов подобрать систему управления запасами. Обосновать свой выбор.

Таблица 6.2

**Исходные данные**

Номер материала	Цена за ед. материала, ден.ед.	Годовая потребность, шт.
1	1155	700000
2	1562	50000
3	6175	30000
4	968	30000
5	250	80000
6	312	100000
7	1246	8000

**6.2. Моделирование работы систем управления запасами**

*Практическое занятие*

*Учебная цель:* закрепление знаний по управлению запасами и приобретение навыков моделирования работы систем управления запасами. Приведены задачи с решениями для рассмотрения большинства нюансов работы систем управления запасами. Изменяя данные условий задач, например, увеличивая годовую потребность в материалах и оптимальный размер заказа на число, кратное порядковому номеру студента, можно представить материал подраздела в виде задач для решения.

**6.2.1. Расчет параметров системы управления запасами с фиксированным размером заказа**

**Задача 6.4.** Годовая потребность в материалах 1550 шт., число рабочих дней в году — 226, оптимальный размер заказа — 75 шт., время поставки — 10 дн., возможная задержка поставки — 2 дн. Определить параметры системы с фиксированным размером заказа.

Порядок расчета параметров системы управления запасами с фиксированным размером заказа представлен в табл. 6.3.

Таблица 6.3

**Расчет параметров системы управления запасами с фиксированным размером заказа**

№ п/п	Показатель	Порядок расчета
1	Потребность, шт.	-
2	Оптимальный размер заказа, шт.	-
3	Время поставки, дни	-
4	Возможная задержка в поставках, дни	-
5	Ожидаемое дневное потребление, шт./день	[1]:[число рабочих дней]
6	Срок расходования заказа, дни	[2]:[5]
7	Ожидаемое потребление за время поставки, шт.	[3]x[5]
8	Максимальное потребление за время поставки, шт.	([3]+[4])x[5]
9	Гарантийный запас, шт.	[8]-[7]
10	Пороговый уровень запаса, шт.	[9]+[7]
11	Максимальный желательный запас, шт.	[9]+[2]
12	Срок расходования запаса до порогового уровня, дни	([11]-[10]):[5]

Результаты расчета параметров сведены в табл. 6.4.

Таблица 6.4

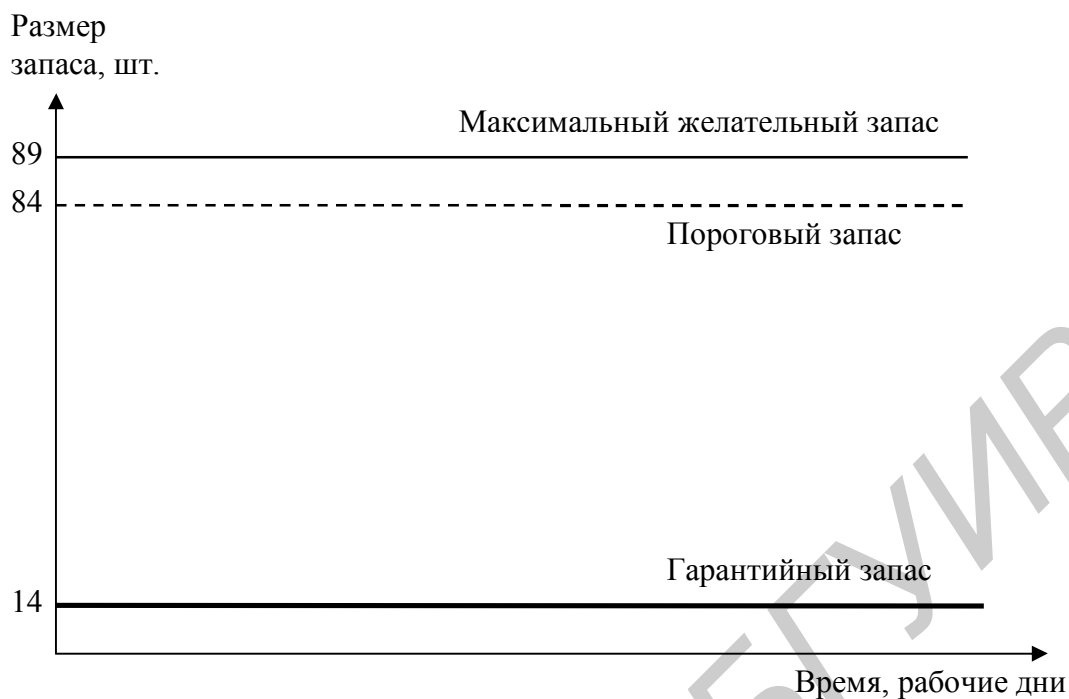
**Параметры системы управления запасами с фиксированным размером заказа**

№ п/п	Показатель	Значение
1	Потребность, шт.	1550
2	Оптимальный размер заказа, шт.	75
3	Время поставки, дни	10
4	Возможная задержка в поставках, дни	2
5	Ожидаемое дневное потребление, шт./день <sup>1</sup>	7
6	Срок расходования заказа, дни	11
7	Ожидаемое потребление за время поставки, шт.	70
8	Максимальное потребление за время поставки, шт.	84
9	Гарантийный запас, шт.	14
10	Пороговый уровень запаса, шт.	84
11	Максимальный желательный запас, шт.	89
12	Срок расходования запаса до порогового уровня, дни <sup>2</sup>	1

Движение запасов в системе с фиксированным размером заказа можно графически представить в следующем виде (рис. 6.1).

<sup>1</sup> Округление производится в большую сторону.

<sup>2</sup> Округление производится по общим правилам.



**Рис. 6.1. Построение графика движения запасов в системе с фиксированным размером заказа**

### **6.2.2. Графическое моделирование работы системы управления запасами с фиксированным размером заказа**

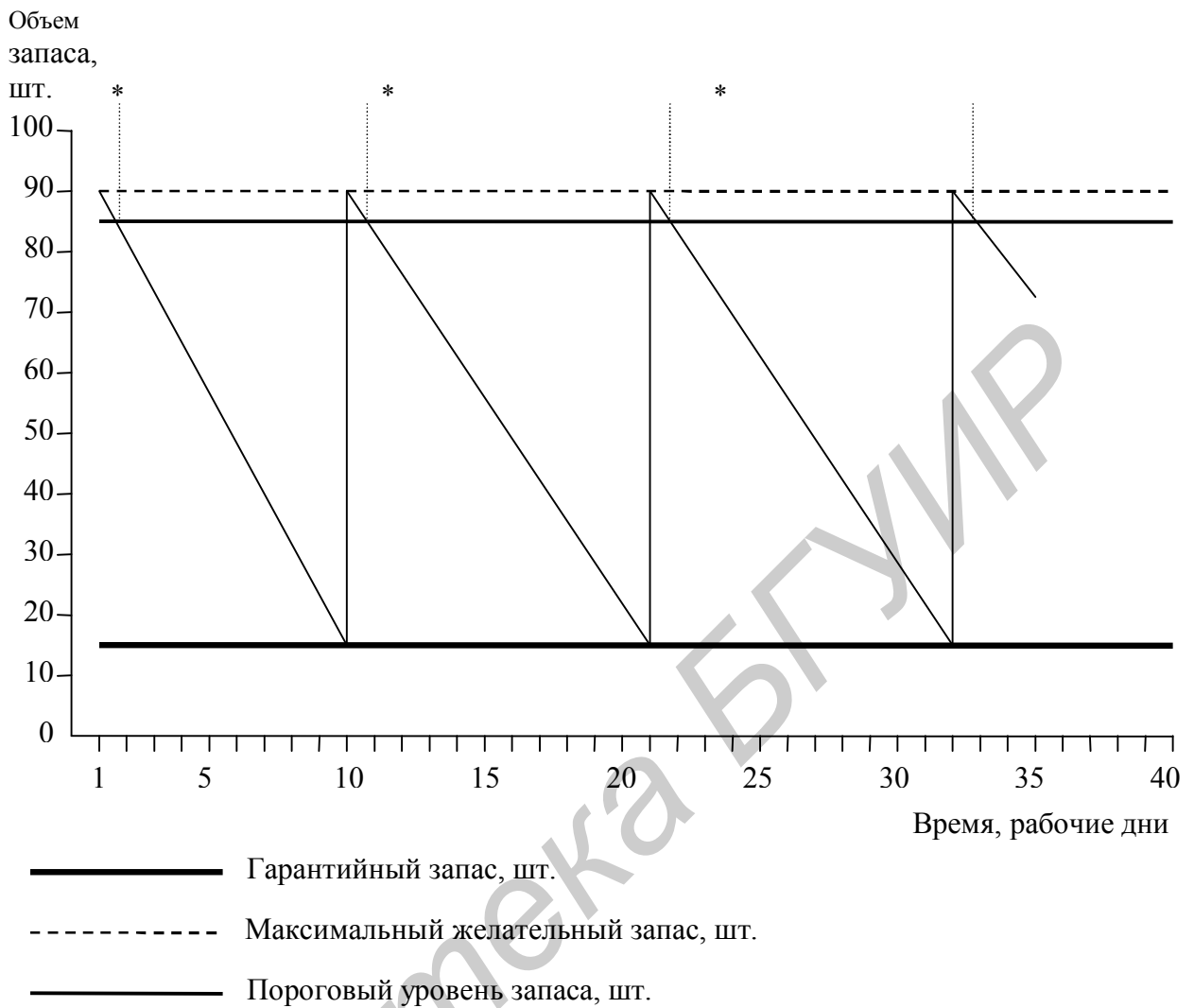
**Задача 6.5.** Провести графическое моделирование работы системы управления запасами с фиксированным размером заказа при наличии сбоев в поставках, используя результаты расчетов в задаче 6.4 (см. табл. 6.4).

В системе с фиксированным размером заказа последний выдается в момент, когда текущий запас достигает порогового уровня. Сбои в поставках могут быть связаны со следующими моментами:

- задержка в поставках,
- преждевременная поставка,
- неполная поставка,
- поставка завышенного объема.

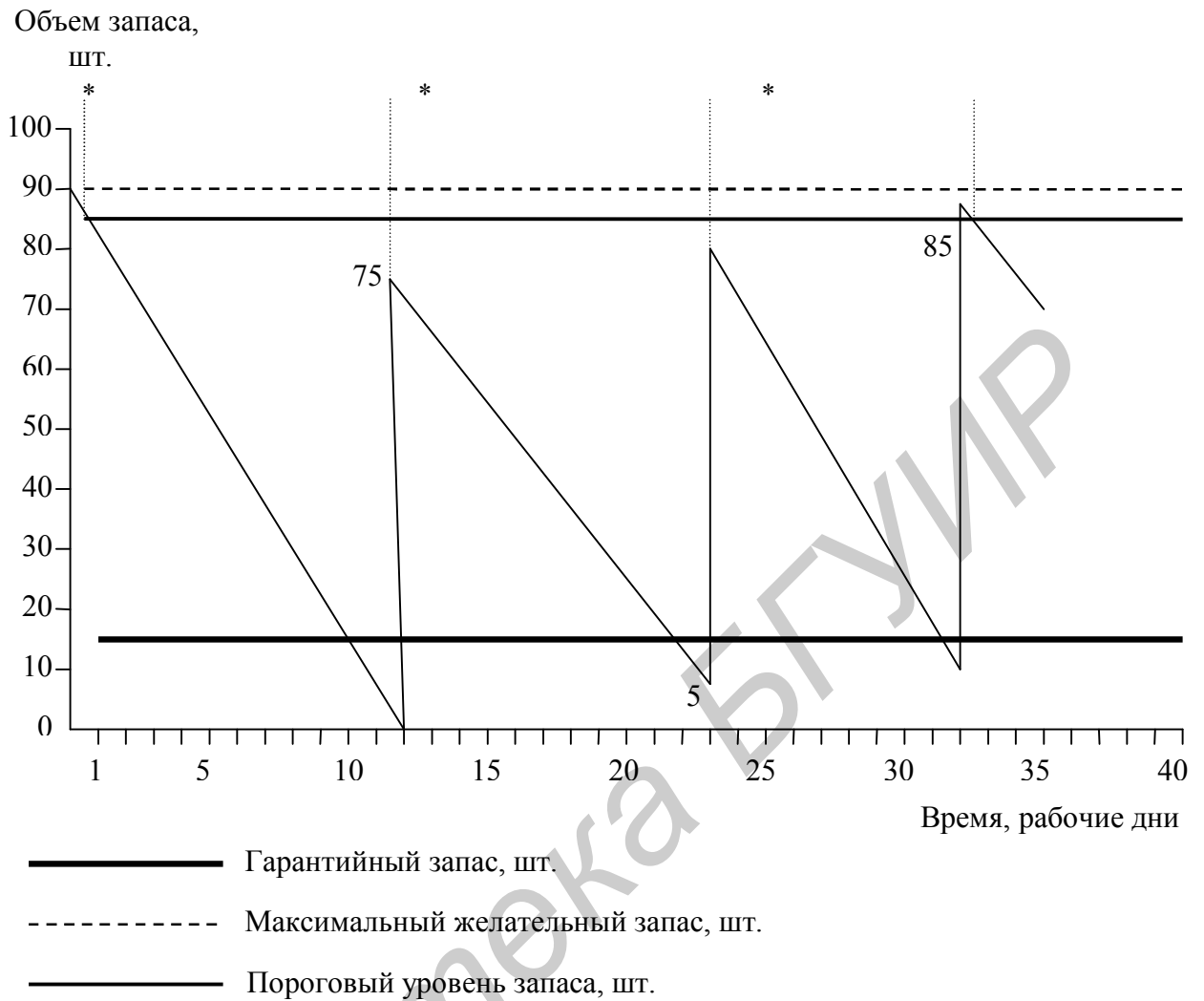
Система с фиксированным размером заказа не ориентирована на учет сбоев в объеме поставок. В ней не предусмотрены параметры, поддерживающие в таких случаях систему в бездефицитном состоянии.

Предположим, что начальный объем запаса соответствует максимальному желательному запасу. Как видно из рис. 6.2, при отсутствии сбоев в поставках поступление заказа происходит в момент, когда размер запаса достигает гарантийного уровня. При оптимальном размере заказа запас пополняется до максимального желательного уровня.



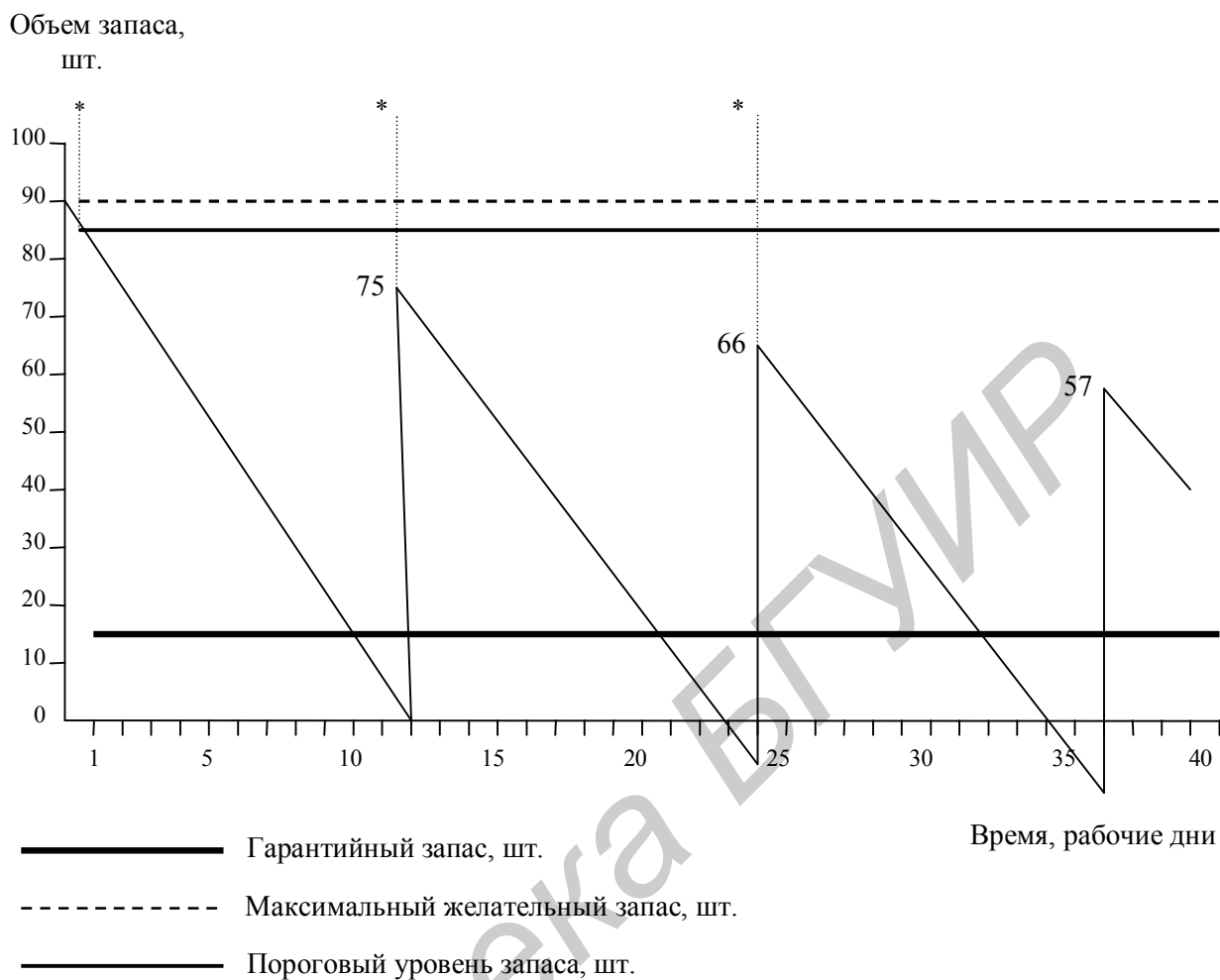
**Рис. 6.2. Графическая модель работы системы управления запасами с фиксированным размером заказа без сбоев в поставках**

На рис. 6.3 первая поставка производится с задержкой, равной максимально возможной. Это приводит к использованию гарантийного запаса, и возникает необходимость в его пополнении. Первый поступивший заказ пополняет запас до уровня меньше порогового. Это требует введения в рассматриваемую систему дополнительного условия выдачи заказа: если поступивший заказ не пополняет систему до порогового уровня, то новый заказ производится в день поступления заказа. В противном случае система с данными расчетными параметрами не может работать при наличии задержки в поставках. Данная ситуация возникает из-за несоответствия конкретных значений оптимального размера заказа и временных параметров поставки (время поставки и возможная задержка поставки) (см. табл. 6.4).



**Рис. 6.3. Графическая модель работы системы управления запасами с фиксированным размером заказа с одной задержкой в поставках**

При неоднократных задержках в поставках, как видно из рис. 6.4, система с фиксированным размером заказа (при данных исходных значениях) может перейти в дефицитное состояние, которое может усугубляться задержкой следующих поставок.



**Рис. 6.4. Графическая модель работы системы управления запасами с фиксированным размером заказа при наличии неоднократных задержек в поставках**

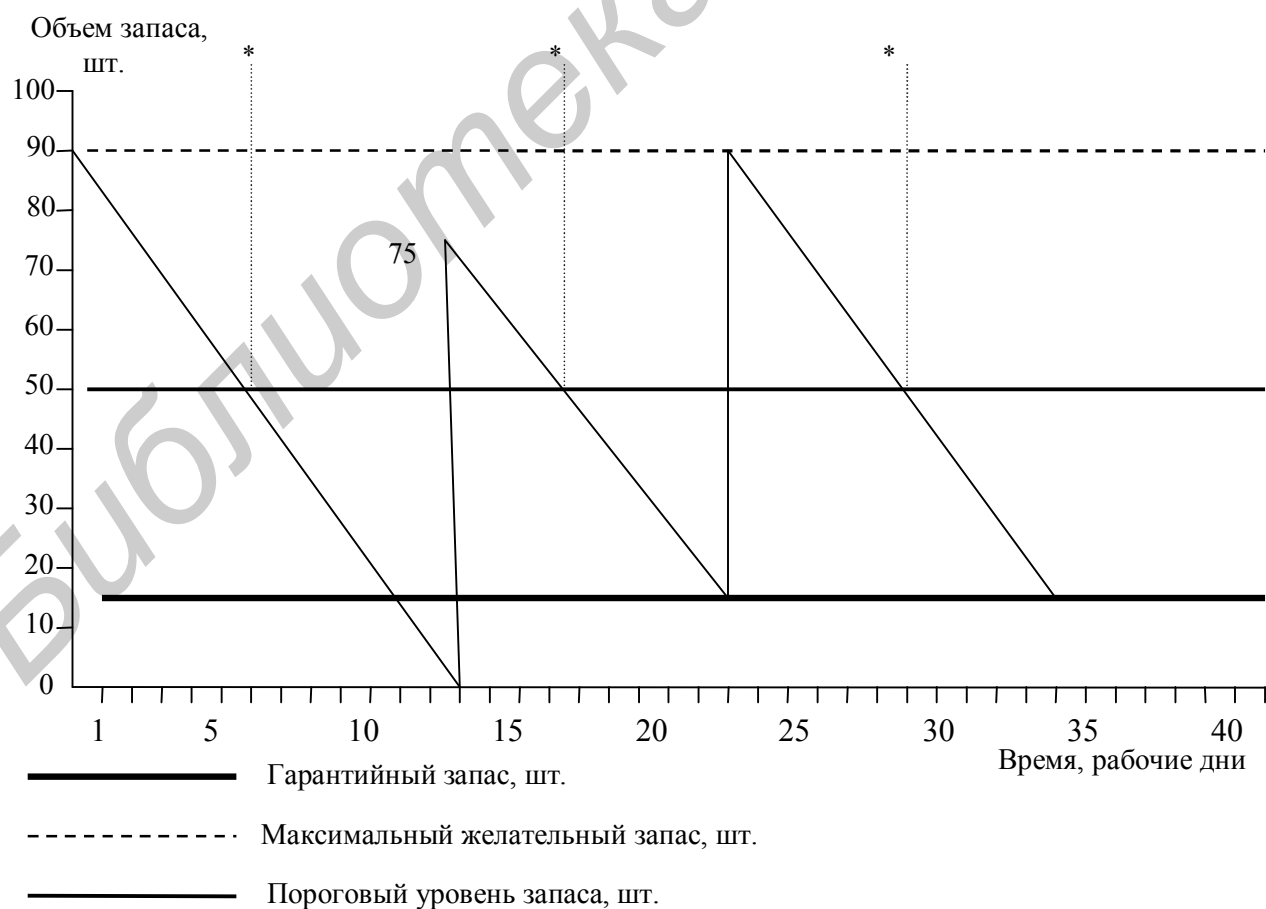
Для исправления ситуации необходимо потребовать от поставщика одноразового увеличения объема поставки, что позволит пополнить запас до максимального желательного уровня. При других исходных данных система управления запасами с фиксированным размером заказа может работать более стабильно (см. табл. 6.5 и рис. 6.5).



Таблица 6.5

**Параметры системы управления запасами  
с фиксированным размером заказа**

№ п/п	Показатель	Значение
1	Потребность, шт.	1550
2	Оптимальный размер заказа, шт.	75
3	Время поставки, дни	5
4	Возможная задержка в поставках, дни	2
5	Ожидаемое дневное потребление, шт./день	7
6	Срок расходования заказа, дни	11
7	Ожидаемое потребление за время поставки, шт.	35
8	Максимальное потребление за время поставки, шт.	49
9	Гарантийный запас, шт.	14
10	Пороговый уровень запаса, шт.	49
11	Максимальный желательный запас, шт.	89
12	Срок расходования запаса до порогового уровня, дни	6



**Рис. 6.5. Графическая модель работы системы управления запасами с фиксированным размером заказа при многократных задержках в поставках**

### 6.2.3. Расчет параметров системы управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами

**Задача 6.6.** Рассчитать параметры системы управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами, если годовая потребность в материалах составляет 1550 шт., число рабочих дней в году — 226, оптимальный размер заказа — 75 шт., время поставки — 10 дн., возможная задержка в поставках — 2 дн.

Оптимальный размер заказа непосредственно не используется в работе системы с фиксированным интервалом времени между заказами, но дает возможность предложить эффективный интервал времени между заказами, величина которого используется в качестве исходного параметра (табл. 6.6). Отношение величины потребности к оптимальному размеру заказа равно количеству заказов в заданный период. Число рабочих дней в заданном периоде, отнесенное к количеству заказов, равно интервалу между заказами, соответствующему оптимальному режиму работы системы.

Таким образом, интервал времени между заказами можно рассчитать по формуле:

$$I = N \cdot OPZ / S. \quad (6.3)$$

где:  $I$  — интервал времени между заказами, дн.;

$N$  — число рабочих дней в периоде, дн.;

$OPZ$  — оптимальный размер заказа, шт.;

$S$  — потребность, шт.

**Таблица 6.6**

**Расчет параметров системы управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами**

№ п/п	Показатель	Порядок расчета
1	Потребность, шт.	-
2	Интервал времени между заказами, дни	см. формулу (6.3)
3	Время поставки, дни	-
4	Возможная задержка в поставках, дни	-
5	Ожидаемое дневное потребление, шт./день	[1]:[число рабочих дней]
6	Ожидаемое потребление за время поставки, шт.	[3]x[5]
7	Максимальное потребление за время поставки, шт.	([3]+[4])x[5]
8	Гарантийный запас, шт.	[7]-[6]
9	Максимальный желательный запас, шт.	[8]+[2] x[5]

По формуле (6.3) рассчитаем рекомендуемый интервал времени между заказами (табл. 6.7). Пусть оптимальный размер заказа равен 75 шт.

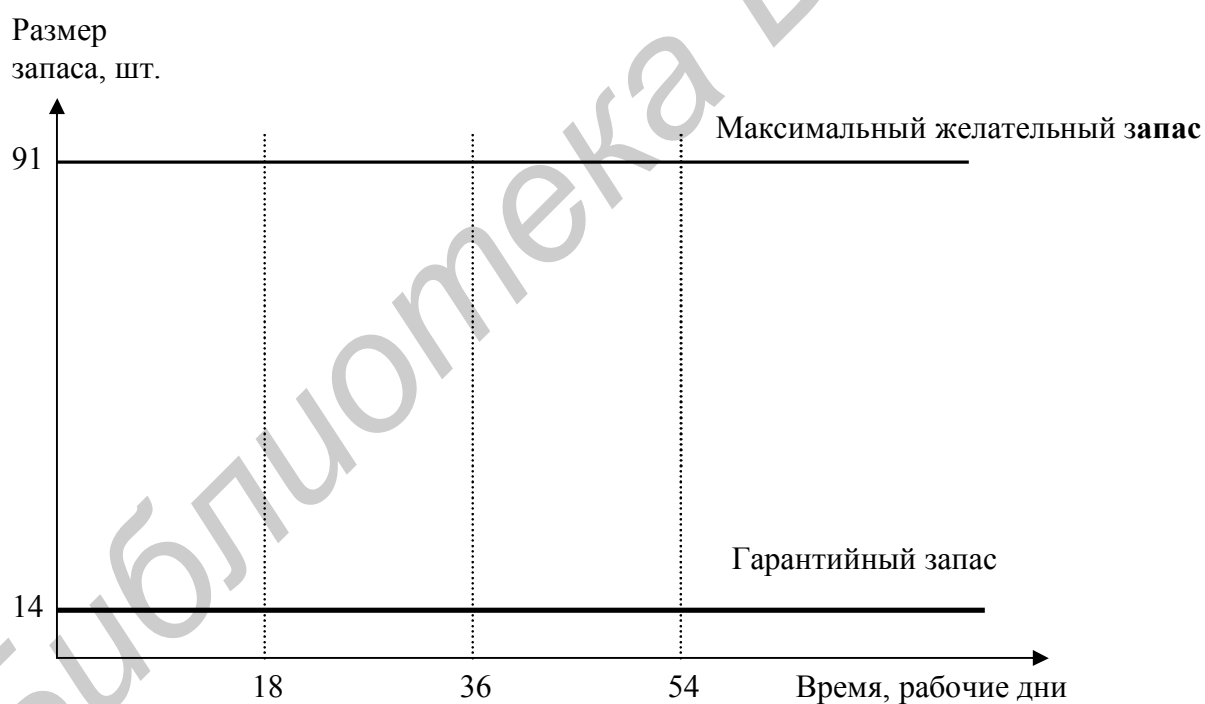
$$I = 226 \cdot 75 / 1550 = 10,94 = 11 \text{ дней.}$$

Движение запасов в системе с фиксированным интервалом времени между заказами графически представлено на рис. 6.6.

Таблица 6.7

**Параметры системы управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами**

№ п/п	Показатель	Значение
1	Потребность, шт.	1550
2	Интервал времени между заказами, дни	11
3	Время поставки, дни	10
4	Возможная задержка в поставках, дни	2
5	Ожидаемое дневное потребление, шт./день	7
6	Ожидаемое потребление за время поставки, шт.	70
7	Максимальное потребление за время поставки, шт.	84
8	Гарантийный запас, шт.	14
9	Максимальный желательный запас, шт.	91



**Рис. 6.6. Построение графика движения запасов в системе с фиксированным интервалом времени между заказами**

**6.2.4. Графическое моделирование работы системы управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами**

**Задача 6.7.** Провести графическое моделирование работы системы управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами при наличии сбоев в поставках, используя результаты расчетов в задаче 6.6 (табл. 6.7).

В системе с фиксированным интервалом времени между заказами последний выдается в фиксированный момент времени. Размер заказа должен быть пересчитан таким образом, чтобы поступивший заказ пополнил запас до максимального желательного уровня:

$$PЗ = МЖЗ - ТЗ + ОП, \quad (6.4)$$

где  $PЗ$  — размер заказа, шт.;

$МЖЗ$  — максимальный желательный запас, шт.;

$ТЗ$  — текущий запас, шт.;

$ОП$  — ожидаемое потребление за время поставки, шт.

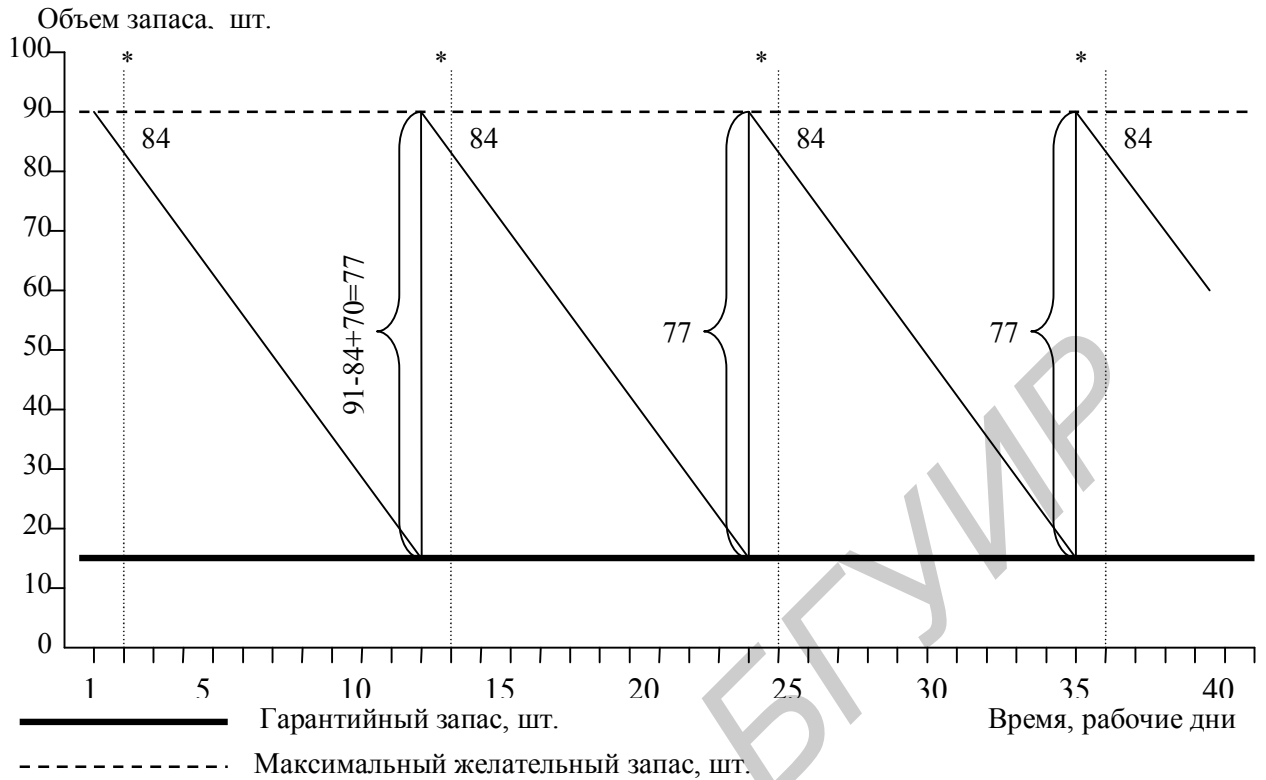
Сбои в поставках могут быть связаны со следующими моментами:

- задержка поставки,
- преждевременная поставка,
- неполная поставка,
- поставка завышенного объема.

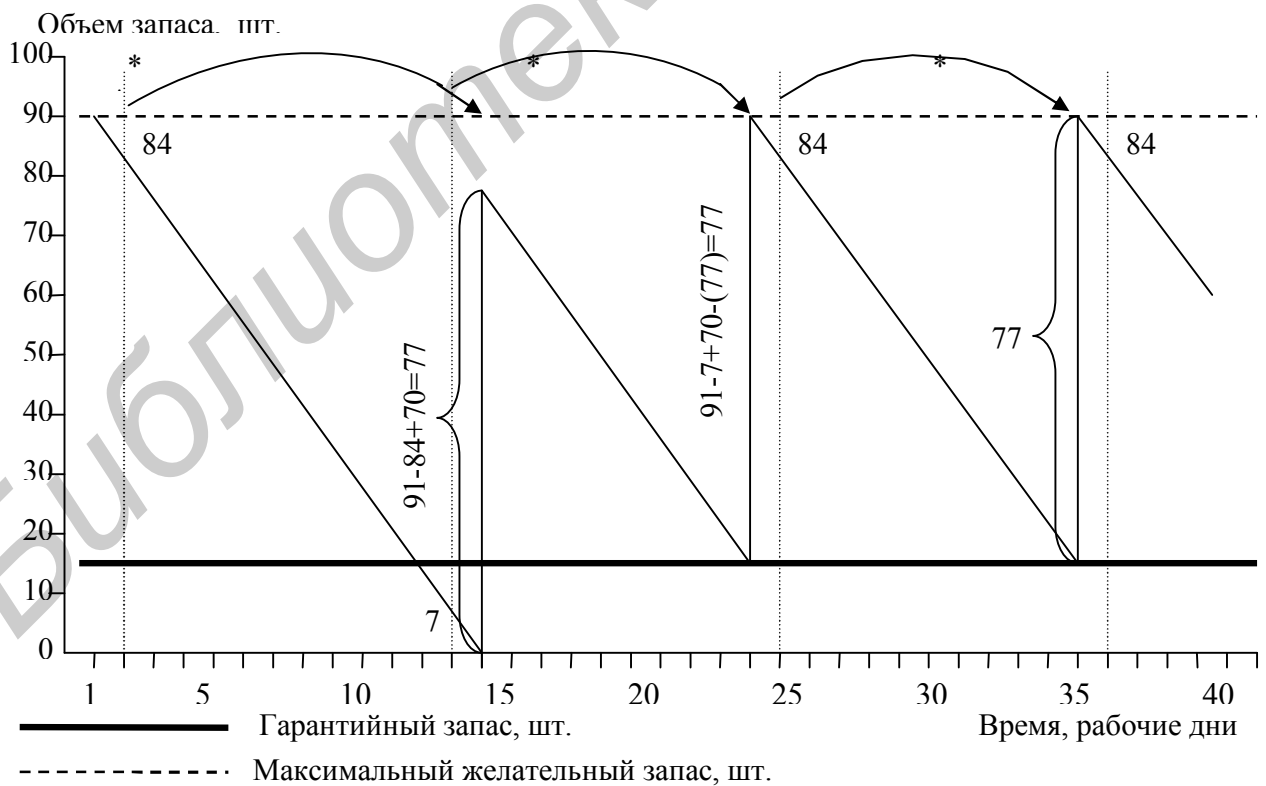
Система с фиксированным интервалом времени между заказами не ориентирована на учет сбоев в объеме поставок. В ней не предусмотрены параметры, в таких случаях поддерживающие систему в бездефицитном состоянии.

Предположим, что начальный объем запаса соответствует максимальному желательному запасу. Как видно из рис. 6.7, при отсутствии сбоев в поставках поступление заказа происходит в момент, когда достигается гарантийный уровень запасов. Рассчитанный по формуле (6.4) размер заказа пополняет запас до максимального желательного уровня.

На рис. 6.8 первая поставка производится с задержкой, равной максимально возможной. Это приводит к использованию гарантийного запаса, и возникает необходимость в его пополнении. Первый поступивший заказ пополняет запас до уровня меньше порогового. При расчете размера второго заказа учет текущего запаса и размера не поступившего еще первого заказа позволяет при поступлении второго заказа без задержек пополнить запас до максимального желательного уровня.

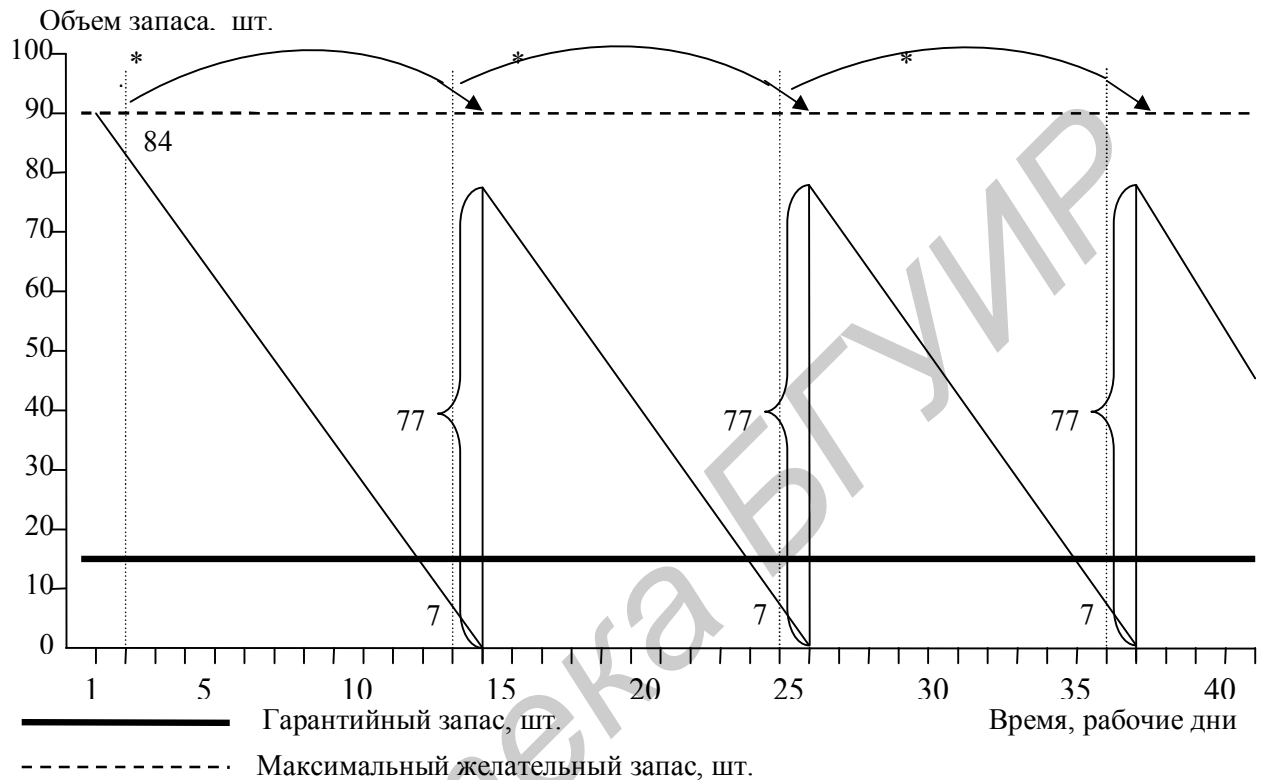


**Рис. 6.7. Графическая модель работы системы управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами при отсутствии сбоев в поставках**



**Рис. 6.8 Графическая модель работы системы управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами при наличии одной задержки в поставках**

При наличии задержек в поставках, как видно из рис. 6.9, система с фиксированным интервалом времени между заказами всегда находится в бездефицитном состоянии. При отсутствии сбоев в потреблении каждый вновь поступивший заказ пополняет запас до максимального желательного уровня.



**Рис. 6.9. Графическая модель работы системы управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами при наличии неоднократных задержек в поставках**

### **6.2.5. Расчет параметров системы управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня**

**Задача 6.8.** Рассчитать параметры системы с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня, если годовая потребность в материалах составляет 1550 шт., число рабочих дней в году — 226, оптимальный размер заказа — 75 шт., время поставки — 10 дн., возможная задержка в поставках — 2 дн.

Порядок расчета параметров системы представлен в табл. 6.8.

Система управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня использует параметры систем:

- а) с фиксированным размером заказа;
- б) с фиксированным интервалом времени между заказами.

Значения расчетных параметров системы даны в табл. 6.9.

Движение запасов в системе с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня можно графически представить в следующем виде (рис. 6.10).

**Таблица 6.8**

**Расчет параметров системы управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня**

№ п/п	Показатель	Порядок расчета
1	Потребность, шт.	-
2	Интервал времени между заказами, дни	см. формулу (2)
3	Время поставки, дни	-
4	Возможная задержка в поставках, дни	-
5	Ожидаемое дневное потребление, шт./день	[1]:[число рабочих дней]
6	Ожидаемое потребление за время поставки, шт.	[3]x[5]
7	Максимальное потребление за время поставки, шт.	([3]+[4])x[5]
8	Гарантийный запас, шт.	[7]-[6]
9	Пороговый уровень запаса, шт.	[8]+[6]
10	Максимальный желательный запас, шт.	[9]+[2]x[5]

**Таблица 6.9**

**Параметры системы управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня**

№ п/п	Показатель	Значение
1	Потребность, шт.	1550
2	Интервал времени между заказами, дни	11
3	Время поставки, дни	5
4	Возможная задержка в поставках, дни	2
5	Ожидаемое дневное потребление, шт./день	7
6	Ожидаемое потребление за время поставки, шт.	35
7	Максимальное потребление за время поставки, шт.	49
8	Гарантийный запас, шт.	14
9	Пороговый уровень запаса, шт.	49
10	Максимальный желательный запас, шт.	91



**Рис.6.10. Построение графика движения запасов в системе с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня**

### **6.2.6. Графическое моделирование работы системы управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня при наличии сбоев в поставках**

**Задача 6.9.** Провести графическое моделирование работы системы управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня при наличии сбоев в поставках, используя результаты расчетов в задаче 6.8 (см. табл. 6.9).

В системе с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня заказ производится в фиксированный момент времени, а также когда достигается пороговый уровень запаса. Размер заказа должен быть пересчитан таким образом, чтобы поступивший заказ пополнил запас до максимального желательного уровня. При достижении порогового уровня расчет производится по формуле

$$PЗ = МЖЗ - ПУ + ОП, \quad (6.5)$$

где:  $PЗ$  — размер заказа, шт.;

$МЖЗ$  — максимальный желательный запас, шт.;

$ПУ$  — пороговый уровень запаса, шт.;

$ОП$  — ожидаемое потребление до момента поставки, шт.

В фиксированный момент времени размер заказа определяется следующим образом:

$$PЗ = МЖЗ - ТЗ + ОП, \quad (6.6)$$

где:  $PЗ$  — размер заказа, шт.;



*МЖЗ* — максимальный желательный запас, шт.;

*ТЗ* — текущий запас, шт.;

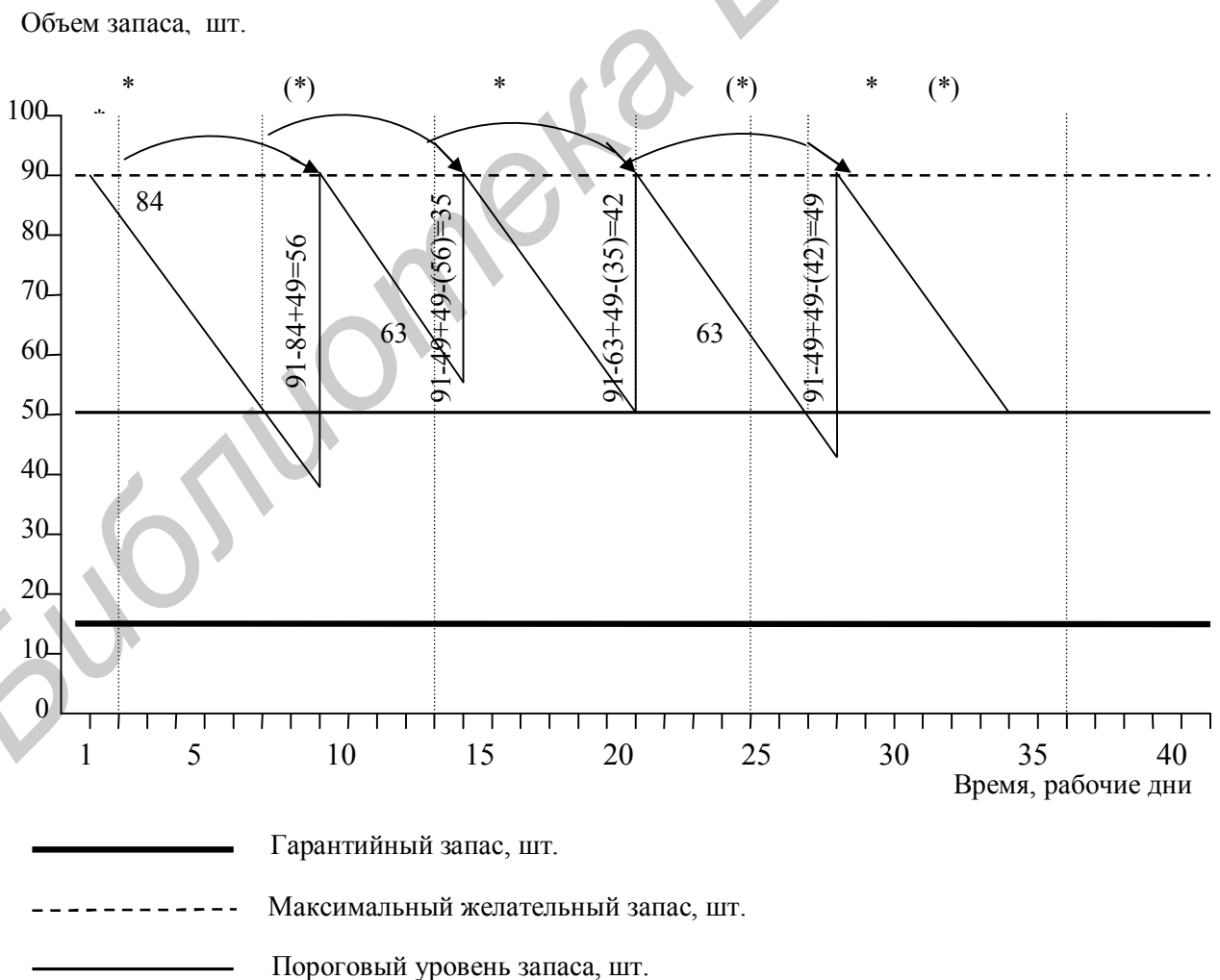
*ОП* — ожидаемое потребление до момента поставки, шт.

Сбои в поставках могут быть связаны со следующими моментами:

- задержка поставки,
- преждевременная поставка,
- неполная поставка,
- поставка завышенного объема.

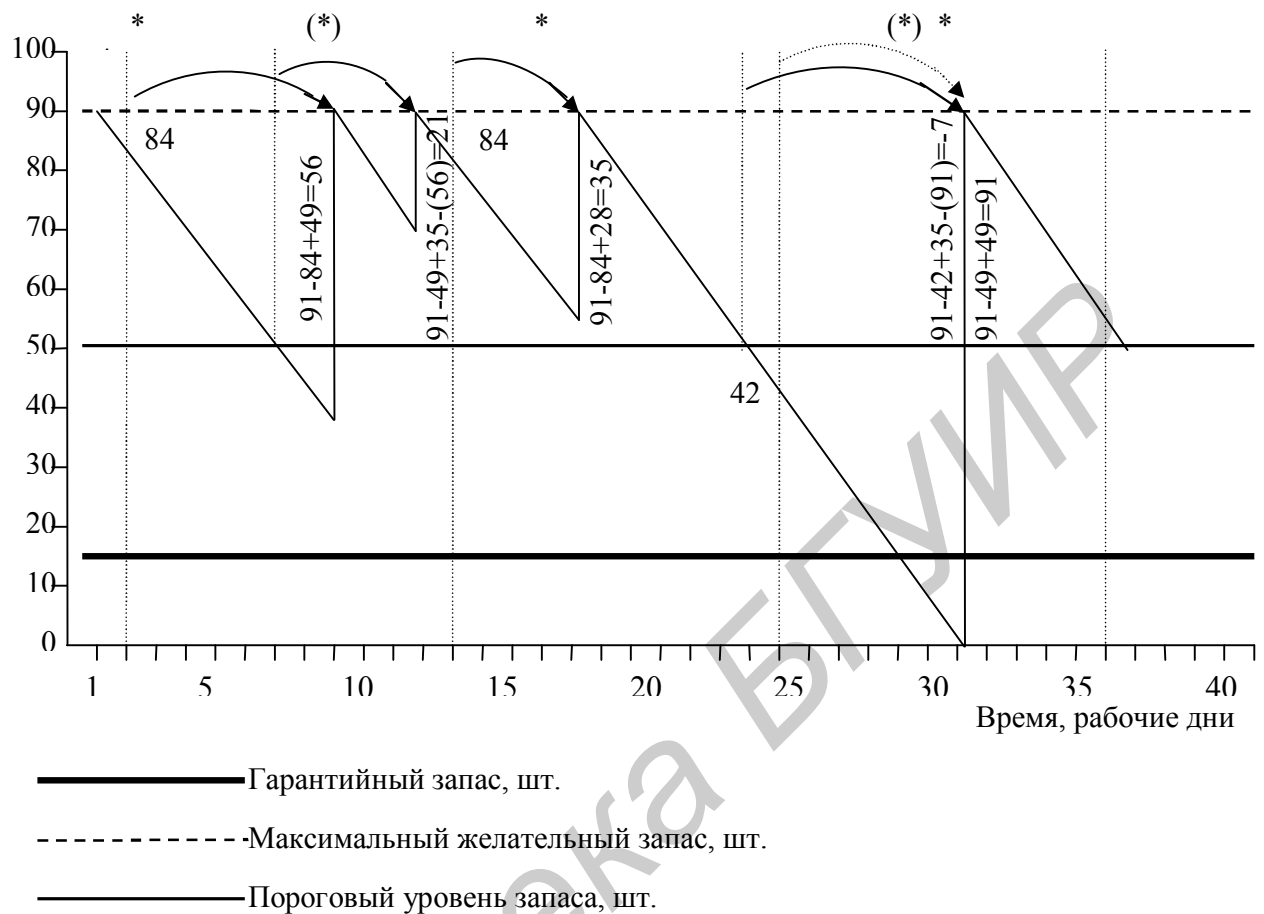
Система с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня реагирует на все виды сбоев в поставках.

На рис. 6.11 смоделирована работа системы при наличии задержек в поставках. Перерасчет размера заказа, а также гибкость в установлении момента выдачи заказа позволяют обезопасить систему от возникновения дефицитного состояния. На рис. 6.12 дана модель работы системы при наличии как задержек в поставках, так и преждевременных поставок. При отсутствии сбоев в потреблении система не переходит в дефицитное состояние и не выходит за пределы максимального желательного запаса.



**Рис. 6.11. Графическая модель работы системы управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня при наличии задержек в поставках**

Объем запаса. шт.



**Рис. 6.12. Графическая модель работы системы управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня при наличии сбоев в поставках во времени**

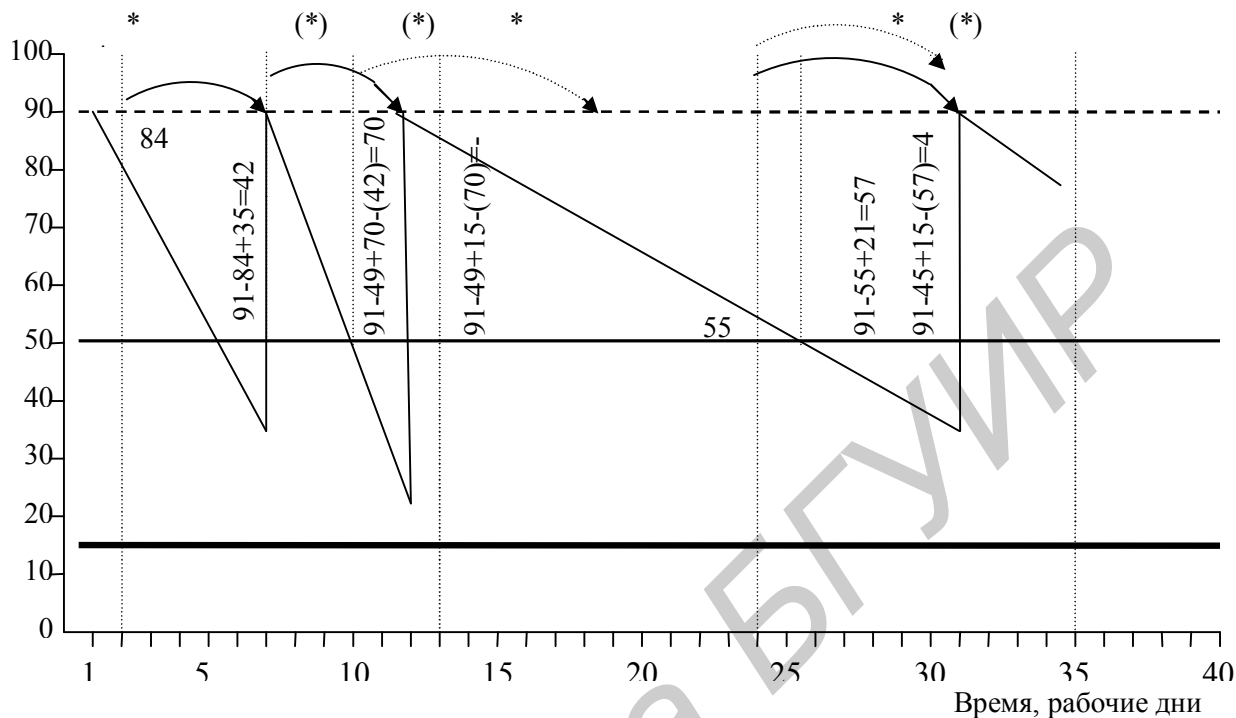
**6.2.7. Графическое моделирование работы системы управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня при наличии сбоев в потреблении**

**Задача 6.10.** Провести графическое моделирование работы системы управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня при наличии сбоев в потреблении, используя результаты расчетов в задаче 6.8 (см. табл. 6.9).

В системе с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня заказ производится в фиксированный момент времени, а также когда достигается пороговый уровень запаса. Размер заказа должен быть пересчитан таким образом, чтобы поступивший заказ пополнил запас до максимального желательного уровня (см. формулы (6.5) и (6.6)). Сбои в потреб-

лении связаны с возможностью ускорения или сокращения интенсивности потребления в течение времени.

Объем запаса, шт.



- Гарантийный запас, шт.
- - - - - Максимальный желательный запас, шт.
- Пороговый уровень запаса, шт.

**Рис. 6.13. Графическая модель работы системы управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня при наличии сбоя в потреблении**

В системе управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня использование расчетного размера заказа (см. формулы (6.5) и (6.6)), а также порядок определения момента выдачи заказа позволяют учесть возможные изменения потребления, используя параметр ожидаемого потребления за время поставки. На рис. 6.13 смоделирована работа системы в условиях наличия сбоя в потреблении в ситуации, когда изменение интенсивности потребления происходит каждый цикл работы системы.

### 6.2.8. Расчет параметров системы управления запасами «минимум—максимум»

**Задача 6.11.** Рассчитать параметры системы «минимум—максимум», если годовая потребность в материалах составляет 1550 шт., число рабочих дней в году — 226 дней, оптимальный размер заказа — 75 шт., время поставки — 10 дн., возможная задержка в поставках — 2 дн.

Порядок расчета параметров представлен в табл. 6.10.

Как видно из табл. 6.10, расчет параметров системы «минимум—максимум» совпадает с расчетом параметров системы с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня (см. табл. 6.8.). Результаты расчета приведены в табл. 6.9. Построение графика движения запасов в системе «минимум—максимум» аналогично построению графика для системы с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня (см. рис. 6.10).

**Таблица 6.10**

**Расчет параметров системы управления запасами  
«минимум— максимум »**

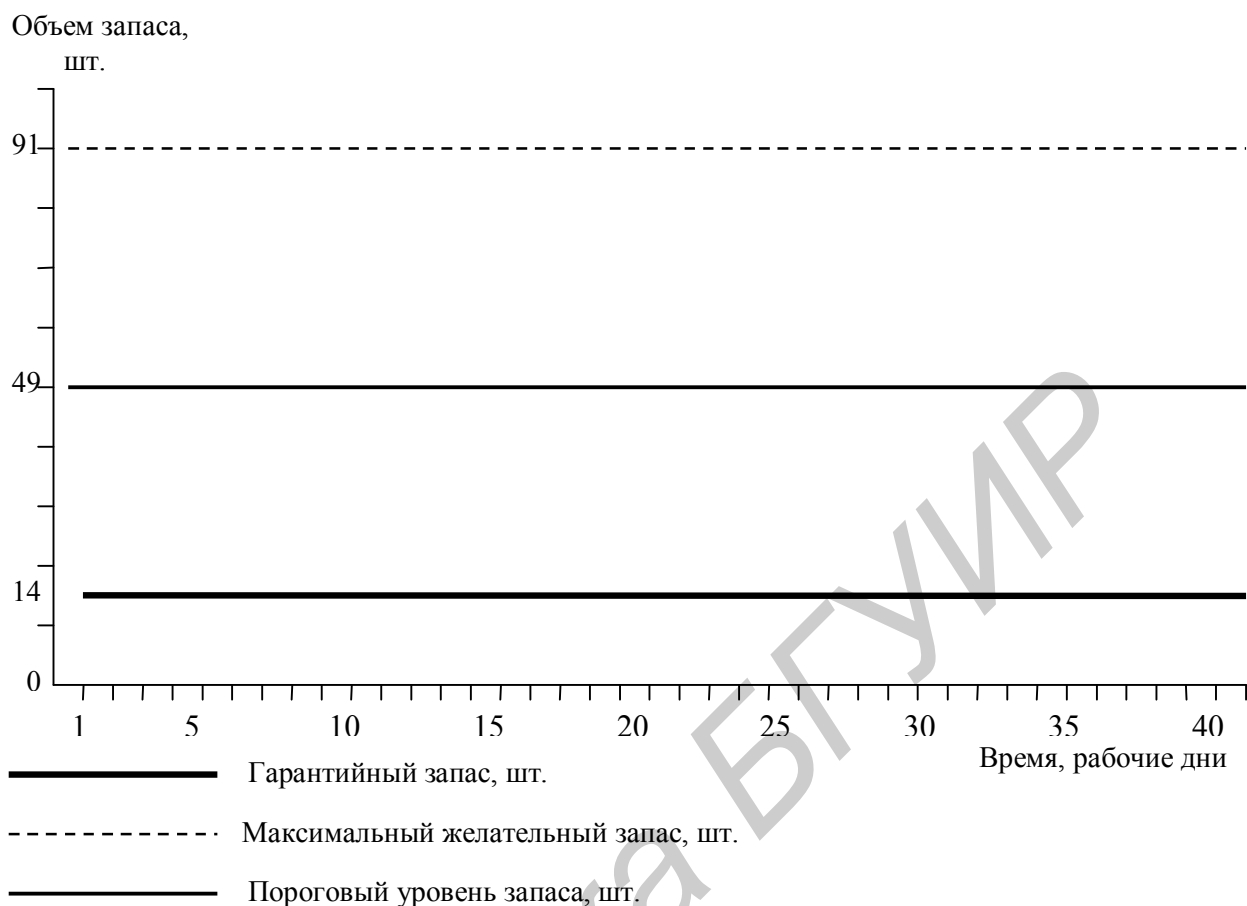
№ п/п	Показатель	Порядок расчета
1	Потребность, шт.	-
2	Интервал времени между заказами, дни	см. формулу (2)
3	Время поставки, дни	-
4	Возможная задержка в поставках, дни	-
5	Ожидаемое дневное потребление, шт./день	[1]:[число рабочих дней]
6	Ожидаемое потребление за время поставки, шт.	[3]x[5]
7	Максимальное потребление за время поставки, шт.	([3]+[4])x[5]
8	Гарантийный запас, шт.	[7]-[6]
9	Пороговый уровень запаса, шт.	[8]+[6]
10	Максимальный желательный запас, шт.	[9]+[2]x[5]

**6.2.9. Графическое моделирование работы системы управления запасами «минимум—максимум» без сбоев в поставках и потреблении**

**Задача 6.12.** Провести графическое моделирование работы системы управления запасами «минимум—максимум» без сбоев в поставках и потреблении, используя результаты расчетов в задаче 6.11 (см. табл. 6.10).

В системе «минимум—максимум» учитывается высокая стоимость оформления заказа. Поставки производятся при условии, что запасы в установленный момент времени оказались равны пороговому уровню или меньше его. В случае выдачи заказа его размер рассчитывается так, чтобы поставка пополнила запасы до максимального желательного уровня (см. формулу (6.5)).

Графическая модель работы системы «минимум—максимум» без сбоев в поставках и потреблении представлена на рис.6.14.



**Рис. 5.15. Графическая модель работы системы управления запасами «минимум-максимум» без сбоев в поставках и потреблении**

#### ***6.2.10. Графическое моделирование работы системы управления запасами «минимум—максимум» при наличии сбоев в поставках и потреблении***

**Задача 6.13.** Провести графическое моделирование работы системы управления запасами «минимум—максимум» при наличии сбоев в поставках и потреблении, используя результаты расчетов в задаче 6.11 (см. табл. 6.10).

В системе «минимум—максимум» поставки производятся при условии, что запасы в установленный момент времени оказались равны или меньше порогового уровня. В случае выдачи заказа его размер рассчитывается так, чтобы поставка пополнила запасы до максимального желательного уровня (см. формулу 6.5).

Сбои в поставках могут быть связаны со следующими моментами:

- задержка в поставках,
- преждевременная поставка,
- неполная поставка,
- поставка завышенного объема.

Система «минимум—максимум» реагирует на все виды сбоев в поставках, поскольку ведется учет текущего уровня запаса при расчете размера выдаваемого заказа (см. формулу 6.5) и гарантийный запас включается в пороговый уровень запаса. Сбои в потреблении связаны с возможностью ускорения или сокращения интенсивности потребления в течение времени.

В системе «минимум-максимум» использование расчетного размера заказа (см. формулу 6.5), а также порядок определения момента выдачи заказа позволяют учесть возможные изменения потребления, используя параметр ожидаемого потребления за время поставки. Модель работы системы в условиях наличия сбоев в потреблении предполагает, что изменение интенсивности потребления происходит каждый цикл работы системы.

### **6.3. Оценка влияния производственных запасов на основные показатели работы предприятия**

#### *Деловая игра*

*Цель игры:* установить влияние размера производственных запасов на основные показатели работы предприятия с использованием корреляционного анализа.

Под корреляционной зависимостью подразумевается такая связь между величинами, когда изменение одной величины вызывает изменение среднего значения другой величины. Корреляционный анализ позволяет решать такие задачи, которые пока другими методами выполнить нельзя, как, например, определение совместного и отдельного влияния многих взаимно связанных и одновременно действующих факторов  $x_i$  на результативный признак  $y$ , то есть исследуется зависимость функции  $y$  от нескольких переменных  $x$ :

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (6.7)$$

Одной из первых задач корреляционного анализа является установление вида этой функции, то есть отыскание такого корреляционного уравнения (уравнения регрессии), которое наилучшим образом соответствует характеру изучаемой связи.

Простейшим уравнением, которое может характеризовать зависимость между двумя переменными, является уравнение прямой вида

$$y = a_0 + a_1x, \quad (6.8)$$

где  $x$  и  $y$  — соответственно независимая и зависимая переменные;  $a_0$  и  $a_1$  — постоянные коэффициенты.

Уравнение прямой описывает такую связь между переменными, при которой с изменением независимой переменной на какую-либо постоянную величину зависимая переменная изменяется на другую постоянную величину.

Кроме прямолинейной зависимости между переменными, существует также параболическая  $y = a_0 + a_1x + a_2x^2$  и гиперболическая  $y = a_0 + a_1(1/x)$  зависимости.

Вывод о характере связи вначале проверяется графическим способом, а затем методом наименьших квадратов, который требует, чтобы сумма квадратов отклонений значений, лежащих на линии регрессии (выбранная линия), от фактических значений была минимальна. Определив коэффициенты  $a_0, a_1, \dots, a_n$ , при которых сумма квадратов отклонений наблюдаемых значений  $y$  от расчётных будет минимальной, переходим к вычислению коэффициента корреляции  $r_{\text{кн}}$ :

$$r_{xy} = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}, \quad (6.9)$$

где  $x, y$  — фактические значения независимой и зависимой переменных соответственно;  $\bar{x}, \bar{y}$  — средние значения независимой и зависимой переменных соответственно.

Уравнение в конкретной количественной форме показывает, какая существует зависимость между двумя переменными, а коэффициент корреляции позволяет судить о силе этой зависимости, о тесноте изучаемой связи. Коэффициент корреляции принимает значения на отрезке  $[-1; 1]$ . В зависимости от того, насколько коэффициент корреляции приближается к 1, различают связь слабую, умеренную, достаточно тесную, тесную и весьма тесную. Если все значения переменных увеличить (уменьшить) на одно и то же число или в одно и то же число раз, то величина коэффициента корреляции не изменится.

Если  $r_{xy} > 0$ , то корреляционная связь между переменными называется прямой, если  $r_{xy} < 0$  — обратной. При прямой (обратной) связи увеличение одной из переменных ведёт к увеличению (уменьшению) условного среднего значения зависимой переменной.

Производственные запасы — это предметы труда, находящиеся на различных стадиях обработки на общезаводских, цеховых, промежуточных складах, разгрузочно-погрузочных площадках и других пунктах хранения, но не используемые в процессе производства. В зависимости от нахождения на различных стадиях производственного процесса производственные запасы делятся на три вида: сырьё и материалы (начальная стадия процесса производства), незавершённое производство (в процессе производства) и готовая продукция (в конце процесса производства).

*Порядок выполнения расчетов*

1. Рассчитать общую сумму производственных запасов.
2. Определить степень влияния запасов на себестоимость продукции и прибыль предприятия.
3. Оценить полученные результаты, сделать выводы.

*Исходные данные*

Для расчётов 1-й вариант увеличивает исходные данные по сырью на 10 ден.ед., 2-й вариант увеличивает исходные данные по НЗП на 20 ден.ед., 3-й — увеличивает исходные данные по готовой продукции на 30 ден.ед, 4-й — увеличивает данные по себестоимости на 40 ден.ед. и т.д. Варианты распределяются согласно порядковому номеру в списке группы.

**Таблица 6.10**

**Исходные данные**

Дата	Сырьё, ден.ед.	НЗП, ден.ед.	Готовая продукция, ден.ед.	Себестоимость, ден. ед	Прибыль, ден. ед
1.01.2002	1454	26	64800	28387	3439
1.04.2002	1411	313	101578	33387	852
1.07.2002	1114	270	100804	37776	1575
1.10.2002	1165	285	184382	37776	1949
1.01.2003	1143	331	197206	87835	2241
1.04.2003	1228	498	201006	90185	678
1.07.2003	1265	509	153287	98835	2071
1.10.2003	1604	545	150904	101233	3607



## ЛИТЕРАТУРА

1. Гаджинский А.М. Логистика: Учебник. М.: ИВЦ “Маркетинг”, 1998. 228 с.
2. Голиков Е.А. Маркетинг и логистика: Учебное пособие. - М.: Издательский дом “Дашков и К<sup>о</sup>”, 1999. - 412с.
3. Гордон М.П., Карнаухов С.В. Логистика товародвижения. М.: Центр экономики и маркетинга, 1998. 168 с.
4. Демичев Г.М., Каменева Н.Г. Складское и тарное хозяйство: Учебник. М.: Высш. шк., 1990. 303 с.
5. Костоглодов Д.Д., Харисова Л.М. Распределительная логистика. Ростов н/Д: Экспертное бюро, 1997. 127 с.
6. Логистика / Под ред. Б.А. Аникина. М.: ИНФРА-М, 2000. 352 с.
7. Мельник М.М. Экономико-математические модели в планировании и управлении материально-техническим снабжением: Учеб. М.: Высш. шк., 1990. 208 с.
8. Методические указания по проведению практических занятий и лабораторных работ по дисциплине "Логистика" / Воронеж. гос. техн. ун-т; Сост. Т.В. Воротникова, В.Н. Родионова. Воронеж, 2001. 20 с.
9. Новиков О.А., Семенов А.И. Производственно-коммерческая логистика: Учеб. пособие. СПб: СПбУЭиФ, 1993.
10. Новиков О.А., Уваров С.А. Логистика: Учеб. пособие. - СПб.: “Изд. дом “Бизнес-пресса”, 1999. - 208 с.
11. Основы логистики: Учеб. пособие / Под ред. Л.Б. Миротина и В.С. Сергеева. - М.: ИНФРА-М, 1999. - 200 с.
12. Практикум по логистике: Учеб. пособие / Под ред. Б.А. Аникина. - М.: ИНФРА-М, 2002. - 280 с.
13. Сивохина Н.П., Родинов В.Б., Горбунов Н.М. Логистика: Учеб. пособие. - М.: ООО “Издательство АСТ”, ЗАО “РИК Русанова”, 2000. - 224 с.

**Учебное издание**

Авторы-составители: Кривенков Андрей Викторович  
Терещенко Анастасия Семеновна

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

для проведения деловых игр и практических занятий по курсу

**«ЛОГИСТИКА»**

для студентов экономических специальностей БГУИР

Редактор Т.Н.Крюкова  
Корректор Е.Н.Батурчик

---

Подписано в печать	Формат 60x84 1/16	Бумага
Печать офсетная	Гарнитура	Усл. печ. л.
Уч.-изд.л.	Тираж 150 экз.	Заказ
Заказ		

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и  
радиоэлектроники»

Лицензия ЛП №156 от 30.12.2002.  
Лицензия ЛВ №509 от 03.08.2001.  
220013, Минск, П.Бровки,6