

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,  
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Н. Н. Минина

# ЛОГИСТИКА

## ПРАКТИКУМ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
по образованию в области сельского хозяйства  
в качестве учебно-методического пособия  
для студентов учреждений образования, обеспечивающих  
получение высшего образования I ступени по специальности  
1-74 01 01 Экономика и организация производства  
в отраслях агропромышленного комплекса*

Горки  
БГСХА  
2024

УДК 339.18(075.8)  
ББК 65.40я73  
М61

*Рекомендовано методической комиссией  
экономического факультета 20.02.2023 (протокол № 6)  
и Научно-методическим советом БГСХА 28.02.2023 (протокол № 6)*

Автор:  
старший преподаватель *Н. Н. Минина*

Рецензенты:  
доктор экономических наук, профессор *А. Г. Ефименко*;  
кандидат экономических наук, доцент *Н. И. Соловцов*

**Минина, Н. Н.**  
М61 Логистика. Практикум : учебно-методическое пособие /  
Н. Н. Минина. – Горки : БГСХА, 2024. – 212 с.  
ISBN 978-985-882-428-0.

Приведены методические указания и задания для практических и лабораторных занятий по дисциплине «Логистика», список рекомендуемой литературы.

Для студентов учреждений образования, обеспечивающих получение высшего образования I ступени по специальности 1-74 01 01 Экономика и организация производства в отраслях агропромышленного комплекса.

УДК 339.18(075.8)  
ББК 65.40я73

**ISBN 978-985-882-428-0**

© УО «Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2024

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность учебной дисциплины «Логистика» и возрастающий интерес к ее изучению обусловлены потенциальными возможностями повышения эффективности функционирования материалопроводящих систем, которые открывает использование логистического подхода. Логистика позволяет существенно сократить временной интервал между приобретением сырья и полуфабрикатов и поставкой готового продукта потребителю, способствует сокращению затрат на хранение и транспортировку грузов. Применение логистики ускоряет процесс получения информации, повышает уровень сервиса.

Особенность учебной дисциплины состоит в том, что прикладная составляющая ее оказывается востребованной многими людьми. Поэтому изучение основных разделов данной дисциплины должно не только обеспечить необходимую теоретическую подготовку будущего специалиста непосредственно к практической деятельности, но и быть базой для дальнейшего образования и воспитания информационной культуры, что предопределяет ее интеграционную, мировоззренческую и методологическую функции.

Одна из основных задач логистики заключается в создании интегрированной эффективной системы регулирования и контроля материальных и информационных потоков, обеспечивающей высокое качество поставки продукции. С этой задачей сопряжено решение таких проблем, как соответствие друг другу материальных и информационных потоков; определение стратегии и технологии физического перемещения товаров; разработка способов управления операциями движения товаров; определение объема производства, транспортировки и складирования. Логистика организует материальные, информационные и финансовые потоки с целью выполнения главной логистической миссии: обеспечение нужной продукцией в необходимом количестве, необходимого качества, в нужном месте, в нужное время, для конкретного потребителя, по оптимальной цене и с оптимальными затратами.

Логистическая концепция управления производством ориентируется на выполнение заказов без задержек, сокращение запасов, что позволяет путем согласованных действий всех участников логистических процессов уменьшить себестоимость продукции, повысить оборачиваемость капитала, увеличить прибыль, не снижая качества обслуживания потребителей, и использовать высвободившиеся средства на другие цели организации.

В результате изучения дисциплины необходимо закрепить и развить предусмотренную в типовом учебном плане специализированную компетенцию СК-6 (быть способным организовывать и управлять логистической деятельностью организации (предприятия)). Данное издание направлено на формирование и закрепление у студентов, обучающихся по специальности 1-74 01 01 Экономика и организация производства в отраслях агропромышленного комплекса, вышеуказанной компетенции.

В списке рекомендуемой литературы приведены источники, которые будут полезны для более глубокого понимания взаимосвязей в логистике при выполнении практических заданий.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основной

1. Афанасенко, И. Д. Логистика снабжения : учебник / И. Д. Афанасенко, В. В. Борисова. – Санкт-Петербург; Москва; Екатеринбург : Питер, 2018. – 381 с.
2. Логистика и управление цепями поставок : учеб. пособие / О. В. Ерчак [и др.]; ред. : И. И. Полещук, О. В. Ерчак. – Минск : БГЭУ, 2019. – 397 с.
3. Лукинский, В. С. Логистика и управление цепями поставок : учебник и практикум / В. С. Лукинский, В. В. Лукинский, Н. Г. Плетнева. – Москва : Юрайт, 2018. – 359 с.
4. Рудаков, М. Ф. Логистика : учеб.-метод. пособие / М. Ф. Рудаков, Н. Н. Минина. – Горки : БГСХА, 2017. – 442 с.

### Дополнительный

5. Аникин, Б. А. Основы логистики : учебник / Б. А. Аникин. – Москва : НИЦ ИНФРА-М, 2022. – 320 с.
6. Бережной, В. И. Логистика : учеб. пособие / В. И. Бережной, Е. В. Бережная. – Москва : Русайнс, 2017. – 82 с.
7. Бочкарев, А. А. Логистика городских транспортных систем : учеб. пособие / А. А. Бочкарев, П. А. Бочкарев. – Москва : Юрайт, 2023. – 162 с.
8. Куценко, Е. И. Логистика. Практикум : учеб. пособие / Е. И. Куценко, Л. Ю. Бережная. – Москва : Юрайт, 2022. – 234 с.
9. Маликова, Т. Е. Склады и складская логистика : учеб. пособие / Т. Е. Маликова. – Москва : Юрайт, 2023. – 157 с.
10. Молокович, А. Д. Транспортная логистика : учебник / А. Д. Молокович. – Минск : Выш. шк., 2019. – 463 с.
11. Чертыковцев, В. К. Управление логистическими процессами : учеб. пособие / В. К. Чертыковцев. – Москва : Юрайт, 2023. – 190 с.
12. Янченко, А. А. Логистика снабжения : учеб. пособие / А. А. Янченко. – Москва : Юрайт, 2023. – 132 с.

## ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### Занятие 1. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ С ФИКСИРОВАННЫМ РАЗМЕРОМ ЗАКАЗА

Логистическая система управления запасами проектируется с целью непрерывного обеспечения потребителя каким-либо видом материального ресурса. Реализация этой цели достигается решением следующих задач: учет текущего уровня запаса на складах различных уровней; определение размера гарантийного (страхового) запаса; расчет размера заказа; определение интервала времени между заказами.

Для ситуации, когда отсутствуют отклонения от запланированных показателей и запасы потребляются равномерно, в теории управления запасами разработаны две основные системы управления, которые решают поставленные задачи, соответствуя цели непрерывного обеспечения потребителя материальными ресурсами. Такими системами являются: система управления запасами с фиксированным размером заказа, система управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами.

Основополагающий параметр **системы управления запасами с фиксированным размером заказа** – размер заказа. Он строго зафиксирован и не меняется ни при каких условиях работы системы. Определение размера заказа является поэтому первой задачей, которая решается при работе с данной системой управления запасами.

В отечественной практике нередко возникает ситуация, когда размер заказа определяется по каким-либо частным организационным соображениям. Например, удобство транспортировки или возможность загрузки складских помещений.

Между тем в системе с фиксированным размером заказа объем закупки должен быть не только рациональным, но и оптимальным, т. е. самым лучшим. Поскольку мы рассматриваем проблему управления запасами в логистической системе отдельной организации или экономики в целом, то критерием оптимизации должен быть минимум совокупных затрат на хранение запасов и повторение заказа. Данный критерий учитывает три фактора, действующих на величину названных совокупных затрат: используемая площадь складских помещений, издержки на хранение запасов, стоимость оформления заказа.

Эти факторы тесно взаимосвязаны между собой, причем само направление их взаимодействия неодинаково в разных случаях. Желание максимально сэкономить затраты на хранение запасов вызывает

рост затрат на оформление заказов. Экономия затрат на повторение заказа приводит к потерям, связанным с содержанием излишних складских помещений, и, кроме того, снижает уровень обслуживания потребителя. При максимальной загрузке складских помещений значительно увеличиваются затраты на хранение запасов, более вероятен риск появления неликвидных запасов.

Использование критерия минимизации совокупных затрат на хранение запасов и повторный заказ не имеют смысла, если время исполнения заказа чересчур продолжительно, спрос испытывает существенные колебания, а цены на заказываемые сырье, материалы, полуфабрикаты и т. д. сильно колеблются. В таком случае нецелесообразно экономить на содержании запасов. Это вероятнее всего приведет к невозможности непрерывного обслуживания потребителя, что не соответствует цели функционирования логистической системы управления запасами. Во всех других ситуациях определение оптимального размера заказа обеспечивает уменьшение издержек на хранение запасов без потери качества обслуживания.

**Оптимальный размер заказа** по критерию минимизации совокупных затрат на хранение запаса и повторение заказа рассчитывается по *формуле Уилсона*:

$$q_o = \sqrt{2 \frac{C_o^e S}{C_{xp}^e}}, \quad (1.1)$$

где  $q_o$  – оптимальный размер заказа по конкретному наименованию материальных запасов (товара), шт. (т, м<sup>3</sup>, рулонов);

$C_o^e$  – транспортные и связанные с ними расходы (оформление документов, погрузка, разгрузка и т. д.) на выполнение одного заказа по данному наименованию товара, руб.;

$S$  – величина спроса (потребления) данного наименования товара за установленный промежуток времени, шт/мес (шт/кв., шт/год);

$C_{xp}^e$  – издержки на хранение единицы (одной штуки, тонны и т. д.) товара в течение периода потребления величины  $S$ , руб/(шт/мес), (руб/(шт/кв.), руб/(шт/год) и т. д.).

Транспортные и связанные с ними расходы на выполнение одного заказа включают следующие элементы: стоимость транспортировки заказа, затраты на разработку условий поставки, стоимость контроля исполнения заказа, затраты на выпуск каталогов, стоимость форм документов.

Формула (1.1) представляет собой первый вариант формулы Уил-

сона. Он ориентирован на мгновенное пополнение запаса на складе. В случае если пополнение запаса на складе производится за некоторый промежуток времени, формула (1.1) корректируется на коэффициент, учитывающий скорость этого пополнения:

$$q_o = \sqrt{2 \frac{C_o S}{k C_{xp}}}, \quad (1.2)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий скорость пополнения запаса на складе.

Порядок расчета всех параметров системы управления запасами с фиксированным размером заказа приведен в табл. 1.1.

Таблица 1.1. Параметры системы управления запасами с фиксированным размером заказа

Показатель	Порядок расчета
1. Потребность, шт.	–
2. Оптимальный размер заказа, шт.	См. формулы (1.1) и (1.2)
3. Время поставки, дн.	–
4. Возможная задержка поставки, дн.	–
5. Ожидаемое дневное потребление, шт/день	[1] : количество рабочих дней
6. Срок расходования заказа, дн.	[2] : [5]
7. Ожидаемое потребление за время поставки, шт.	[3] · [5]
8. Максимальное потребление за время поставки, шт.	([3] + [4]) · [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, дн.	([11] – [10]) : [5]

Исходные данные для расчета параметров системы следующие:

- потребность в заказываемом продукте, шт.;
- оптимальный размер заказа, шт.;
- время поставки, дн.;
- возможная задержка поставки, дн.

Во избежание дефицита запаса оптимальный размер заказа следует округлить в большую сторону. Ожидаемое дневное потребление округляется также в большую сторону. Срок расходования запасов округляется по общим правилам. Эти требования действуют и для остальных систем управления запасами.

**Гарантийный (страховой) запас** позволяет обеспечивать потребность на время предполагаемой задержки поставки. При этом под воз-

возможной задержкой поставки подразумевается максимально возможная задержка. Восполнение гарантийного запаса производится в ходе последующих поставок через использование второго расчетного параметра данной системы – порогового уровня запаса.

**Пороговый уровень запаса** определяет уровень запаса, при достижении которого производится очередной заказ. Величина порогового уровня рассчитывается таким образом, что поступление заказа на склад происходит в момент снижения текущего запаса до гарантийного уровня. При расчете порогового уровня задержка поставки не учитывается.

Третий параметр системы управления запасами с фиксированным размером заказа – **максимальный желательный запас**. В отличие от предыдущих двух параметров он не оказывает непосредственного воздействия на функционирование системы в целом. Этот уровень запаса определяется для отслеживания целесообразной загрузки площади с точки зрения критерия минимизации совокупных затрат.

Рассмотрим порядок выполнения расчетов при использовании системы управления запасами с фиксированным размером заказа с учетом следующих исходных данных. Годовая потребность в материалах – 1000 шт.; затраты на поставку единицы материалов – 1,8 руб.; затраты на хранение единицы материалов – 1,2 руб.; время поставки – 5 дн.; возможная задержка поставки – 2 дн.; количество рабочих дней в году – 250. Первая поставка продукции происходит без задержки, вторая – с задержкой, третья – без задержки. Необходимо определить параметры системы управления запасами с фиксированным размером заказа и построить график функционирования системы.

Расчет параметров системы управления запасами с фиксированным размером заказа представлен в табл. 1.2.

Таблица 1.2. **Расчет параметров системы управления запасами с фиксированным размером заказа**

Показатель	Значение показателя
1	2
<b>Исходные данные</b>	
1. Потребность, шт.	1000
2. Затраты на поставку единицы материалов, руб/шт.	1,8
3. Затраты на хранение единицы материалов, руб/шт.	1,2
4. Время поставки, дн.	5
5. Возможная задержка поставки, дн.	2
6. Количество рабочих дней в году	250

1	2
<b>Расчетные показатели</b>	
7. Оптимальный размер заказа, шт.	55
8. Ожидаемое дневное потребление, шт/день	4
9. Ожидаемое потребление за время поставки, шт.	20
10. Максимальное потребление за время поставки, шт.	28
11. Гарантийный запас, шт.	8
12. Пороговый уровень запаса, шт.	28
13. Максимальный желательный запас, шт.	63
14. Срок расходования заказа, дн.	14
15. Срок расходования запаса до порогового уровня, дн.	9

**Задание 1.** Рассчитайте параметры системы с фиксированным размером заказа и постройте график по следующим исходным данным. Потребность в заказываемом продукте – 650 шт. Время поставки – 4 дн. Возможная задержка поставки – 3 дн. Затраты на поставку единицы продукции – 3,5 руб/шт. Затраты на хранение единицы продукции – 3 руб/шт. Количество рабочих дней – 200. Первая поставка продукции происходит без задержки, вторая – с задержкой, третья – без задержки.

## **Занятие 2. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ С ФИКСИРОВАННЫМ ИНТЕРВАЛОМ ВРЕМЕНИ МЕЖДУ ЗАКАЗАМИ**

Система с фиксированным интервалом времени между заказами – вторая и последняя система управления запасами, которая относится к основным. Классификация систем на основные и прочие вызвана тем, что две рассматриваемые системы лежат в основе всевозможных иных систем управления запасами.

В системе с фиксированным интервалом времени между заказами заказы делаются в строго определенных моменты времени, которые отстоят друг от друга на равные интервалы, например, один раз в месяц, один раз в неделю, один раз в 14 дней и т. п.

Определить интервал времени между заказами можно с учетом оптимального размера заказа, расчет которого объяснен в занятии 1. Оптимальный размер заказа позволяет минимизировать совокупные затраты на хранение запаса и повторение заказа, а также достичь наилучшего сочетания взаимодействующих факторов, таких как используемая площадь складских помещений, издержки на хранение запасов и стоимость заказа.

Расчет интервала времени между заказами  $I$  осуществляется по формуле

$$I = N \frac{S}{q_0}, \quad (2.1)$$

где  $N$  – количество рабочих дней в году;

$S$  – потребность в заказываемом продукте, шт.;

$q_0$  – оптимальный размер заказа, шт.

Полученный с помощью формулы (2.1) интервал времени между заказами не может рассматриваться как обязательный к применению. Он может быть скорректирован на основе экспертных оценок. Например, при полученном расчетном результате (4 дня) можно использовать интервал в 5 дней, чтобы производить заказы один раз в неделю. Интервал времени должен быть целым числом.

Порядок расчета параметров системы управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами представлен в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Расчет параметров системы управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами

Показатель	Порядок расчета
1. Потребность, шт.	–
2. Интервал времени между заказами, дн.	См. формулу (2.1) и комментарий к ней
3. Время поставки, дн.	–
4. Возможная задержка поставки, дн.	–
5. Ожидаемое дневное потребление, шт/день	[1] : количество рабочих дней
6. Ожидаемое потребление за время поставки, шт.	[3] · [5]
7. Максимальное потребление за время поставки, шт.	([3] + [4]) · [5]
8. Гарантийный запас, шт.	[7] – [6]
9. Максимальный желательный запас, шт.	[8] + ([2] · [5])
10. Размер заказа, шт.	См. формулу (2.2) (рассчитывается каждый раз при оформлении заказа)

Исходные данные для расчета параметров системы следующие:

- потребность в заказываемом продукте, шт.;
- интервал времени между заказами, дн.;
- время поставки, дн.;
- возможная задержка поставки, дн.

Гарантийный (страховой) запас, как и для случая, о котором говорилось выше, позволяет обеспечивать потребность на время предпола-

гаемой задержки поставки (под возможной задержкой поставки также подразумевается максимально возможная задержка). Восполнение гарантийного запаса производится в ходе последующих поставок через пересчет размера заказа таким образом, чтобы его поставка увеличила запас до максимального желательного уровня. Так как в рассматриваемой системе момент заказа заранее определен и не меняется ни при каких обстоятельствах, постоянно пересчитываемым параметром является размер заказа. Его вычисление основывается на прогнозируемом уровне потребления до момента поступления заказа на склад организации.

Расчет размера заказа в системе с фиксированным интервалом времени между заказами производится по формуле

$$PЗ = МЖЗ - ТЗ + ОП, \quad (2.2)$$

где  $PЗ$  – размер заказа, шт.;

$МЖЗ$  – максимальный желательный запас, шт.;

$ТЗ$  – текущий запас, шт.;

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

Как видно из формулы (2.2), размер заказа рассчитывается таким образом, что при условии точного соответствия фактического потребления за время поставки ожидаемому поставка пополняет запас на складе до максимального желательного уровня. Действительно, разница между максимальным желательным и текущим запасом определяет величину заказа, необходимую для восполнения запаса до максимального желательного уровня на момент расчета, а ожидаемое потребление за время поставки обеспечивает это восполнение в момент осуществления поставки.

Рассмотрим порядок выполнения расчетов при использовании системы управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами с учетом следующих исходных данных. Годовая потребность в материалах – 1 000 шт.; затраты на поставку единицы материалов – 1,8 руб.; затраты на хранение единицы материалов – 1,2 руб.; время поставки – 5 дн.; возможная задержка поставки – 2 дн.; количество рабочих дней в году – 250. Первая поставка продукции происходит без задержки, вторая – с задержкой, третья – без задержки. Необходимо определить параметры системы управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами и построить график функционирования системы.

Расчет параметров системы управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами представлен в табл. 2.2.

**Таблица 2.2. Расчет параметров системы управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами**

Показатель	Значение показателя
<b>Исходные данные</b>	
1. Потребность, шт.	1 000
2. Затраты на поставку единицы материалов, руб/шт.	1,8
3. Затраты на хранение единицы материалов, руб/шт.	1,2
4. Время поставки, дн.	5
5. Возможная задержка поставки, дн.	2
6. Количество рабочих дней в году	250
<b>Расчетные показатели</b>	
7. Оптимальный размер заказа, шт.	55
8. Ожидаемое дневное потребление, шт/день	4
9. Ожидаемое потребление за время поставки, шт.	20
10. Максимальное потребление за время поставки, шт.	28
11. Гарантийный запас, шт.	8
12. Интервал времени между заказами, дн.	14
13. Максимальный желательный запас, шт.	64

**Задание 1.** Рассчитайте параметры системы с фиксированным интервалом времени между заказами и постройте график по следующим исходным данным. Потребность в заказываемом продукте – 650 шт. Время поставки – 4 дн. Возможная задержка поставки – 3 дн. Затраты на поставку единицы продукции – 3,5 руб/шт. Затраты на хранение единицы продукции – 3 руб/шт. Количество рабочих дней – 200. Первая поставка продукции происходит без задержки, вторая – с задержкой, третья – без задержки.

### **Занятие 3. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ С УСТАНОВЛЕННОЙ ПЕРИОДИЧНОСТЬЮ ПОПОЛНЕНИЯ ЗАПАСОВ ДО УСТАНОВЛЕННОГО УРОВНЯ**

Разобранные выше основные системы управления запасами базируются на фиксации одного из двух возможных параметров размера заказа или интервала времени между заказами. В условиях отсутствия отклонений от запланированных показателей и равномерного потребления запасов, для которых разработаны основные системы, такой подход является вполне достаточным.

Однако на практике чаще встречаются иные, более сложные ситуации. В частности, при значительных колебаниях спроса основные системы управления запасами не в состоянии обеспечить бесперебойное снабжение потребителя без значительного завышения объема запасов.

При наличии систематических сбоях в постановке и потреблении основные системы управления запасами становятся неэффективными. Для таких случаев проектируются иные системы управления запасами. Их составляют элементы основных систем управления запасами.

Каждая из основных систем имеет определенный порядок действий. Так, в системе с фиксированным размером заказа заказ производится в момент достижения порогового уровня запаса, величина которого определяется с учетом времени и возможной задержки поставки. В системе с фиксированным интервалом времени между заказами размер заказа определяется исходя из наличных объемов запаса и ожидаемого потребления за время поставки.

Различное сочетание звеньев основных систем управления запасами, а также добавление принципиально новых идей в алгоритм работы системы приводит к возможности формирования значительного числа систем управления запасами, отвечающими самым разнообразным требованиям. Методические основы проектирования эффективных систем управления запасами будут рассмотрены в дальнейшем. Далее более подробно будут рассмотрены две наиболее распространенные прочие системы: система с установленной периодичностью пополнения запасов до установленного уровня, система «Минимум-максимум».

**В системе управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до установленного уровня**, как и в системе с фиксированным интервалом времени между заказами, входным параметром является период времени между заказами. В отличие от основной системы, она ориентирована на работу при значительных колебаниях потребления. Чтобы предотвратить завышение объемов запасов, содержащихся на складе, или их дефицит, заказы производятся не только в установленные моменты времени, но и при достижении запасом порогового уровня. Таким образом, рассматриваемая система включает в себя элемент системы с фиксированным интервалом времени между заказами (установленную периодичность оформления заказа) и элемент системы с фиксированным размером заказа (отслеживание порогового уровня запасов).

Исходные данные для расчета параметров системы управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до установленного уровня следующие: потребность в заказываемом продукте, шт.; интервал времени между заказами, дн.; время поставки, дн.; возможная задержка поставки, дн.

Для определения интервала времени между заказами (или периодичности пополнения запасов) можно воспользоваться рекомендациями для расчета интервала времени между заказами.

**Гарантийный (страховой) запас** позволяет обеспечивать потребителя в случае предполагаемой задержки поставки. Под возможной задержкой поставки подразумевается максимально возможная задержка. Восполнение гарантийного запаса производится во время последующих поставок через пересчет размера заказа таким образом, чтобы его поставка увеличила запас до максимального желательного уровня. Гарантийный запас не оказывает непосредственного воздействия на функционирование системы в целом.

Из системы управления запасами с фиксированным размером заказа рассматриваемая система заимствовала параметр порогового уровня запаса. **Пороговый уровень запаса** определяет уровень запаса, при достижении которого производится очередной заказ. Величина порогового уровня рассчитывается исходя из значения ожидаемого дневного потребления таким образом, что поступление заказа происходит в момент снижения текущего запаса до гарантийного уровня. Таким образом, отличительной особенностью системы является то, что заказы делятся на две категории. Плановые заказы производятся через заданные интервалы времени. Возможны дополнительные заказы, если наличие запасов на складе доходит до порогового уровня. Очевидно, что необходимость дополнительных заказов может появиться только при отклонении темпов потребления от запланированных.

**Максимальный желательный запас** представляет собой тот постоянный уровень, пополнение до которого считается целесообразным. Этот уровень запаса косвенно (через интервал времени между заказами) связан с наиболее рациональной загрузкой площадей склада при учете возможных сбоев поставки и необходимости бесперебойного снабжения потребления.

Постоянно рассчитываемым параметром системы управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня является размер заказа. Как и в системе с фиксированным интервалом времени между заказами, его вычисление основывается на прогнозируемом уровне потребления до момента поступления заказа на склад организации.

Расчет размера заказа в рассматриваемой системе производится либо по формуле (3.1) (в фиксированные моменты заказов), либо по формуле (3.2) (в момент достижения порогового уровня).

$$PЗ = MЖЗ - TЗ + ОП, \quad (3.1)$$

где РЗ – размер заказа, шт.;

МЖЗ – максимальный желательный запас, шт.;

ТЗ – текущий запас, шт.;

ОП – ожидаемое потребление до момента поставки, шт.

$$РЗ = МЖЗ - ПУ + ОП, \quad (3.2)$$

где РЗ – размер заказа, шт.;

МЖЗ – максимальный желательный запас, шт.;

ПУ – пороговый уровень запаса, шт.;

ОП – ожидаемое потребление до момента поставки, шт.

Как видно из формулы (3.1), размер заказа рассчитывается таким образом, что при условии точного соответствия фактического потребления (до момента поставки) прогнозируемому поставка пополняет запас на складе до уровня максимального желательного запаса.

Порядок расчета параметров системы представлен в табл. 3.1.

Таблица 3.1. Расчет параметров системы управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до установленного уровня

Показатель	Порядок расчета
1. Потребность, шт.	–
2. Интервал времени между заказами, дн.	См. формулы в системе управления с фиксированным интервалом времени между заказами
3. Время поставки, дн.	–
4. Возможная задержка поставки, дн.	–
5. Ожидаемое дневное потребление, шт/день	[1] : количество рабочих дней
6. Ожидаемое потребление за время поставки, шт.	[3] · [5]
7. Максимальное потребление за время поставки, шт.	([3] + [4]) · [5]
8. Гарантийный запас, шт.	[7] – [6]
9. Пороговый уровень запаса, шт.	[8] + [6]
10. Максимальный желательный запас, шт.	([2] · [5]) + [9]
11. Размер заказа, шт.	См. формулы (3.1) и (3.2) (рассчитывается каждый раз при оформлении заказа)

Рассмотрим порядок выполнения расчетов при использовании системы управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до установленного уровня с учетом следующих исходных данных. Годовая потребность в материалах – 1 000 шт.; затраты на поставку единицы материалов – 1,8 руб.; затраты на хранение единицы материалов – 1,2 руб.; время поставки – 5 дн.; возможная задержка по-

ставки – 2 дн.; количество рабочих дней в году – 250. Первая поставка продукции происходит без задержки, вторая – с задержкой, третья – без задержки. Необходимо определить параметры системы управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до установленного уровня и построить график функционирования системы.

Расчет параметров системы управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до установленного уровня представлен в табл. 3.2.

Таблица 3.2. Расчет параметров системы управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до установленного уровня

Показатель	Значение показателя
<b>Исходные данные</b>	
1. Потребность, шт.	1 000
2. Затраты на поставку единицы материалов, руб/шт.	1,8
3. Затраты на хранение единицы материалов, руб/шт.	1,2
4. Время поставки, дн.	5
5. Возможная задержка поставки, дн.	2
6. Количество рабочих дней в году	250
<b>Расчетные показатели</b>	
7. Оптимальный размер заказа, шт.	55
8. Ожидаемое дневное потребление, шт/день	4
9. Ожидаемое потребление за время поставки, шт.	20
10. Максимальное потребление за время поставки, шт.	28
11. Гарантийный запас, шт.	8
12. Пороговый уровень запаса, шт.	28
13. Интервал времени между заказами, дн.	14
14. Максимальный желательный запас, шт.	84

**Задание 1.** Рассчитайте параметры системы с установленной периодичностью пополнения запасов до установленного уровня и постройте график по следующим исходным данным. Потребность в заказываемом продукте – 650 шт. Время поставки – 4 дн. Возможная задержка поставки – 3 дн. Затраты на поставку единицы продукции – 3,5 руб/шт. Затраты на хранение единицы продукции – 3 руб/шт. Количество рабочих дней – 200. Первая поставка продукции происходит без задержки, вторая – с задержкой, третья – без задержки.

## Занятие 4. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ «МИНИМУМ-МАКСИМУМ»

Эта система, как и система с установленной периодичностью пополнения запасов до установленного уровня, содержит в себе элементы основных систем управления запасами. Как и в системе с фиксированным интервалом времени между заказами, здесь используется постоянный интервал времени между заказами. Система «минимум-максимум» ориентирована на ситуацию, когда затраты на учет запасов и издержки на оформление заказа настолько значительны, что становятся соизмеримы с потерями от дефицита запасов. Поэтому в рассматриваемой системе заказы производятся не через каждый заданный интервал времени, а только при условии, что запасы на складе в этот момент оказались равными или меньше установленного минимального уровня. В случае выдачи заказа его размер рассчитывается так, чтобы поставка пополнила запасы до максимального желательного уровня. Таким образом, данная система работает лишь с двумя уровнями запасов – минимальным и максимальным, чему она и обязана своим названием. Порядок расчета параметров системы «минимум-максимум» представлен в табл. 4.1.

Таблица 4.1. Расчет параметров системы управления запасами  
«минимум-максимум»

Показатель	Порядок расчета
1. Потребность, шт.	–
2. Интервал времени между заказами, дн.	См. формулу из системы с фиксированным интервалом времени между заказами и комментарий к ней
3. Время поставки, дн.	–
4. Возможная задержка поставки, дн.	–
5. Ожидаемое дневное потребление, шт/день	[1] : количество рабочих дней
6. Ожидаемое потребление за время поставки, шт.	[3] · [5]
7. Максимальное потребление за время поставки, шт.	([3] + [4]) · [5]
8. Гарантийный запас, шт.	[7] – [6]
9. Пороговый уровень запаса, шт.	[8] + [6]
10. Максимальный желательный запас, шт.	([2] · [5]) + [9]
11. Размер заказа, шт.	См. формулу (3.1) (рассчитывается каждый раз при оформлении заказа)

Исходные данные для расчета параметров системы управления запасами «минимум-максимум» следующие:

- потребность в заказываемом продукте, шт.;
- интервал времени между заказами, дн.;
- время поставки, дн.;
- возможная задержка поставки, дн.

Для определения интервала времени между заказами следует воспользоваться рекомендациями для расчета интервала времени между заказами, рассмотренными ранее.

**Гарантийный (страховой) запас** позволяет обеспечивать потребителя в случае предполагаемой задержки поставки. Как и система с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня, гарантийный запас используется для расчета порогового уровня запаса.

**Пороговый уровень запаса** в системе «минимум-максимум» выполняет роль минимального уровня. Если в установленный момент времени этот уровень пройден, т. е. наличный запас равен пороговому уровню или не достигает его, то заказ оформляется. В противном случае заказ не выдается, и отслеживание порогового уровня, а также выдача заказа будут произведены только через заданный интервал времени.

**Максимальный желательный запас** в системе «минимум-максимум» выполняет роль максимального уровня. Его размер учитывается при определении размера заказа. Он косвенно (через интервал времени между заказами) связан с наиболее рациональной загрузкой площадей склада при учете возможных сбоев поставки и необходимости бесперебойного снабжения потребления.

Постоянно рассчитываемым параметром системы «минимум-максимум» является размер заказа. Как и в предыдущих системах управления запасами, его вычисление основывается на прогнозируемом уровне потребления до момента поступления заказа на склад организации. Расчет размера заказа производится по формуле (3.1).

Рассмотрим порядок выполнения расчетов при использовании системы управления запасами «минимум-максимум» с учетом следующих исходных данных. Годовая потребность в материалах – 1 000 шт.; затраты на поставку единицы материалов – 1,8 руб.; затраты на хранение единицы материалов – 1,2 руб.; время поставки – 5 дн.; возможная задержка поставки – 2 дн.; количество рабочих дней в году – 250. Пер-

вая поставка продукции происходит с задержкой, вторая – без задержки. Необходимо определить параметры системы управления запасами «минимум-максимум» и построить график функционирования системы.

Расчет параметров системы управления запасами «минимум-максимум» представлен в табл. 4.2.

Таблица 4.2. Расчет параметров системы управления запасами «минимум-максимум»

Показатель	Значение показателя
<b>Исходные данные</b>	
1. Потребность, шт.	1 000
2. Затраты на поставку единицы материалов, руб/шт.	1,8
3. Затраты на хранение единицы материалов, руб/шт.	1,2
4. Время поставки, дн.	5
5. Возможная задержка поставки, дн.	2
6. Количество рабочих дней в году	250
<b>Расчетные показатели</b>	
7. Оптимальный размер заказа, шт.	55
8. Ожидаемое дневное потребление, шт/день	4
9. Ожидаемое потребление за время поставки, шт.	20
10. Максимальное потребление за время поставки, шт.	28
11. Гарантийный запас, шт.	8
12. Пороговый уровень запаса, шт.	28
13. Интервал времени между заказами, дн.	14
14. Максимальный желательный запас, шт.	84

Сравнение систем управления запасами приведено в табл. 4.3.

**Задание 1.** Рассчитайте параметры системы управления запасами «минимум-максимум» и постройте график по следующим исходным данным. Потребность в заказываемом продукте – 650 шт. Время поставки – 4 дн. Возможная задержка поставки – 3 дн. Затраты на поставку единицы продукции – 3,5 руб/шт. Затраты на хранение единицы продукции – 3 руб/шт. Количество рабочих дней – 200. Первая поставка продукции происходит с задержкой, вторая – без задержки.

Таблица 4.3. Сравнение систем управления запасами

Показатели	Порядок расчета показателей в системах			
	с фиксированным размером заказа	с фиксированным интервалом времени между заказами	с установленной периодичностью пополнения запасов до установленного уровня	«минимум-максимум»
1	2	3	4	5
1. Потребность $S$ , шт.				
2. Оптимальный размер заказа $q_0$ , шт.	$q_0 = \sqrt{2 \frac{C_o^e S}{C_{xp}^e}}, \quad (1.1)$ <p>где <math>q_0</math> – оптимальный размер заказа, шт.;</p> <p><math>C_o^e</math> – транспортные и связанные с ними расходы на выполнение одного заказа по данному наименованию товара, руб.;</p> <p><math>S</math> – величина спроса (потребления) данного наименования товара за установленный промежуток времени, шт/мес (шт/кв., шт/год);</p> <p><math>C_{xp}^e</math> – издержки на хранение единицы товара в течение периода потребления величины <math>S</math>, руб/(шт/мес), (руб/(шт/кв.), руб/(шт/год) и т. д.).</p>			
3. Время поставки, дн.				
4. Возможная задержка поставки, дн.				
5. Интервал времени между заказами $I$ , дн.	–	$I = N \frac{S}{q_0}, \quad (2.1)$ <p>где <math>N</math> – количество рабочих дней в году;</p> <p><math>S</math> – потребность в заказываемом продукте, шт.;</p> <p><math>q_0</math> – оптимальный размер заказа, шт.</p>		

6. Ожидаемое дневное потребление, шт/день	Потребность в заказываемом продукте $S$ : количество рабочих дней $N$		
7. Ожидаемое потребление за время поставки (ОП), шт.	[3] · [6]		
8. Максимальное потребление за время поставки, шт.	([3] + [4]) · [6]		
9. Гарантийный запас, шт.	[8] – [7]		
10. Пороговый уровень запаса (ПУ), шт.	[9] + [7]	–	[9] + [7]
11. Максимальный желательный запас (МЖЗ), шт.	[9] + [2]	[9] + [5] · [6]	[10] + [5] · [6]
12. Срок расходования заказа, дн.	[2] : [6]	–	–
13. Срок расходования запаса до порогового уровня, дн.	([11] – [10]) : [6]	–	–

1	2	3	4	5
14. Размер заказа (PЗ), шт.	Постоянный и равен $q_0$	Рассчитывается каждый раз по графику $PЗ = MЖЗ - TЗ + ОП$ , (3.1) где TЗ – текущий запас, шт.; ОП – ожидаемое потребление за время поставки, шт.	Рассчитывается каждый раз по графику: а) в заданные моменты времени: $PЗ = MЖЗ - TЗ + ОП$ ; (3.1) б) при достижении порогового уровня (ПУ): $PЗ = MЖЗ - ПУ + ОП$ (3.2)	Рассчитывается каждый раз по графику $PЗ = MЖЗ - TЗ + ОП$ ; (3.1)
15. Оформление заказа	При достижении порогового уровня	В строго определенные моменты времени через равные интервалы	В строго определенные моменты времени через равные интервалы (формула (3.1)) или при достижении порогового уровня (формула (3.2))	При <b>одновременном выполнении</b> двух условий: а) наступил заданный момент времени; б) в данный момент времени $TЗ \leq ПУ$ . При $TЗ > ПУ$ заказ не оформляется
16. Решает ли система задачу непрерывного снабжения потребителя сырьем или товарами	Да	Да	Да	Нет (возможен дефицит)

## Занятие 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОДНОНОМЕНКЛАТУРНОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

**Задание 1.** Жидкие продукты нескольких видов разливаются в пакеты на одной линии упаковки. Затраты на подготовительно-заключительные операции составляют 600 у. е., потребность в продуктах – 200 000 л в месяц, стоимость хранения 1 л в течение месяца – 4,2 у. е. Определите оптимальные параметры однономенклатурной модели управления запасами. Сравните минимальные затраты с затратами при действующей системе разлива одного продукта в течение четырех дней.

Для данной задачи используем простейшую модель управления запасами. Она строится при следующих предположениях: спрос  $v$  в единицу времени является постоянным, заказанная партия ресурса доставляется одновременно, дефицит недопустим, затраты  $K$  на организацию поставки постоянны и не зависят от величины  $q$  партии, издержки на содержание единицы продукции в течение единицы времени составляют  $s$ . Уровень запаса снижается равномерно от  $q$  до 0, после чего подается заказ на доставку новой партии  $q$ . Заказ выполняется мгновенно, и уровень запаса восстанавливается до величины  $q$ . Интервал времени длиной  $\tau$  между поставками называют циклом. Издержки в течение цикла  $L$  включают стоимость заказа  $K$  и затраты на содержание запаса, которые пропорциональны средней величине запаса  $I = q/2$  и длине цикла  $\tau = q/v$ .

$$L = K + s \frac{q}{2} \cdot \frac{q}{v}. \quad (5.1)$$

Разделив это выражение на длину цикла, получим издержки в единицу времени:

$$L_y = K \frac{v}{q} + s \frac{q}{2}. \quad (5.2)$$

Оптимальный размер партии находится из уравнения

$$\frac{dL_y}{dq} = K \frac{v}{q^2} + \frac{s}{2} = 0. \quad (5.3)$$

Это необходимы признак экстремума функции. С учетом этого находим оптимальный размер  $q_0$  партии:

$$q_o = \sqrt{\frac{2Kv}{s}}. \quad (5.4)$$

Поскольку  $d^2L_y / dq^2 > 0$  (достаточный признак экстремума функции), то для всех  $q > 0$  данное выражение является минимумом функции затрат. Указанное уравнение называют формулой наиболее экономной величины заказа, формулой Уилсона.

С учетом найденного значения  $q_o$  можно определить интервал времени между заказами при реализации оптимальной стратегии:

$$\tau_o = \frac{q_o}{v} = \sqrt{\frac{2K}{sv}}. \quad (5.5)$$

Наименьшие суммарные издержки в единицу времени  $L_{yo}$ :

$$L_{yo} = sq_o = \sqrt{2Ksv}. \quad (5.6)$$

Для решения указанной задачи найдем исходные параметры, которые применяются в формуле Уилсона. По условию задачи  $K = 600$  у. е.,  $v = 200\,000$  л,  $s = 4,2$  у. е. Отсюда:

$$q_o = \sqrt{\frac{2 \cdot 600 \cdot 200\,000}{4,2}} \approx 7\,560 \text{ л.}$$

$$\tau_o = \sqrt{\frac{2 \cdot 600}{4,2 \cdot 200\,000}} \approx 0,0378 \text{ мес} \approx 1,13 \text{ дн.}$$

$$L_{yo} = \sqrt{2 \cdot 600 \cdot 4,2 \cdot 200\,000} \approx 31\,749 \text{ у. е.}$$

При действующей системе разлива  $\tau_d = 4$  дн.  $\approx 0,133$  мес,  $q_d = \tau_d v = 0,133 \text{ мес} \cdot 200\,000 \text{ л/мес} \approx 26\,667$  л. Издержки в единицу времени составят:

$$L_d = \frac{600 \cdot 200\,000}{26\,667} + \frac{4,2 \cdot 26\,667}{2} = 60\,501 \text{ у. е.}$$

Таким образом, затраты, соответствующие оптимальному размеру партии (31 749 у. е.), меньше затрат при действующей системе разлива (60 501 у. е.). Оптимальные параметры однономенклатурной модели управления запасами следующие:  $q_o = 7\,560$  л,  $\tau_o = 1,13$  дня,  $L_o = 31\,749$  у. е.

**Задание 2.** Определите оптимальный объем поставки деревянного бруса длиной 12 м деревообрабатывающему комбинату. Годовая потребность  $v = 600 \text{ м}^3$ , условно-постоянные транспортно-заготовительные расходы на одну поставку  $K = 27 \text{ у. е.}$ , издержки по содержанию запасов  $s = 11 \text{ у. е.}$  в год, потери из-за дефицита установлены исходя из необходимости замены бруса длиной 12 м деревянным брусом длиной 16 м, что составляет убыток  $\bar{s} = 28 \text{ у. е./м}^3$ .

В простейшей модели управления запасами дефицит продукции, необходимой для производства, не предусмотрен. Тем не менее в некоторых случаях, когда потери из-за дефицита сопоставимы с издержками по содержанию излишних запасов, дефицит допустим. Это означает, что при отсутствии запасаемой продукции ( $I(t) = 0$ ) интенсивность спроса  $v$  не изменяется, однако потребление запаса отсутствует (равно нулю). Каждый период  $\tau$  разбивается на два:  $\tau = \tau_1 + \tau_2$ , где  $\tau_1$  – интервал, в течение которого осуществляется потребление запаса,  $\tau_2$  – интервал, на протяжении которого запас отсутствует и накапливается дефицит, который будет перекрыт в момент поступления следующей партии. Необходимость покрытия дефицита приводит к тому, что максимальный уровень запаса  $I$  в момент поступления каждой партии теперь не равен ее объему  $q$ , а меньше его на величину дефицита, накопившегося за время  $\tau_2$ . Справедливы следующие равенства:

$$q = v\tau; \quad (5.7)$$

$$I = v\tau_1; \quad (5.8)$$

$$q - I = v\tau_2. \quad (5.9)$$

Отсюда

$$\tau_1 = \frac{I}{q} \tau; \quad (5.10)$$

$$\tau_2 = \frac{q - I}{q} \tau. \quad (5.11)$$

В модели с дефицитом функция суммарных издержек  $L$  включает издержки  $L_1 = K$  (стоимость заказа),  $L_2$  (затраты на содержание запаса, которые пропорциональны средней величине запаса  $I / 2$ ) и  $L_3$  (штраф из-за дефицита):

$$L_2 = s \frac{I^2}{2q} \tau; \quad (5.12)$$

$$L_3 = \bar{s} \frac{(q-I)^2}{2q} \tau, \quad (5.13)$$

где  $\bar{s}$  – потери из-за дефицита единицы продукции в течение единицы времени.

Таким образом, совокупные затраты  $L$  в модели с дефицитом:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 = L_3 = K + s \frac{I^2}{2q} \tau + \bar{s} \frac{(q-I)^2}{2q} \tau. \quad (5.14)$$

Разделив данное выражение на длину цикла  $\tau = q / v$ , получим издержки в единицу времени  $L_y$  в модели с дефицитом:

$$L_y = K \frac{v}{q} + s \frac{I^2}{2q} + \bar{s} \frac{(q-I)^2}{2q}. \quad (5.15)$$

Оптимальные объем заказа и максимальный уровень запаса, при которых функция  $L_y$  принимает минимальное значение, определяются из следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial L_y}{\partial q} = \frac{2Kv - (s + \bar{s})I^2 + sq^2}{2q^2} = 0; \\ \frac{\partial L_y}{\partial I} = \frac{sI - \bar{s}q + \bar{s}I}{2q^2} = 0. \end{cases} \quad (5.16)$$

Решая систему, получаем формулы оптимального размера партии  $\bar{q}_o$  и максимального уровня запаса  $\bar{I}_o$  для модели с дефицитом:

$$\bar{q}_o = \sqrt{\frac{2Kv}{s}} \sqrt{\frac{s + \bar{s}}{\bar{s}}}; \quad (5.17)$$

$$\bar{I}_o = \bar{q}_o \frac{\bar{s}}{s + \bar{s}}. \quad (5.18)$$

Следовательно, величина  $\bar{q}_o$  отличается от величины  $q_o$  из формулы Уилсона наличием поправки  $\frac{\bar{s}}{s + \bar{s}}$ .

Согласно формуле Уилсона, объем партии без учета дефицита:

$$q_o = \sqrt{\frac{2 \cdot 27 \cdot 600}{11}} \approx 54,3 \text{ м}^3.$$

Объем партии с учетом дефицита:

$$\bar{q}_o = 54,3 \sqrt{\frac{11+28}{28}} \approx 64,1 \text{ м}^3.$$

Оптимальная стратегия предусматривает заказ партии через каждые

$$\bar{\tau}_o = \frac{64,1}{600} \cdot 365 \approx 39 \text{ дн.}$$

**Задание 3.** Определите размер страхового запаса, пользуясь статистическими данными о поступлении продукции за предыдущий период (табл. 5.1). Первая поставка осуществлялась 3 января.

Таблица 5.1. Статистические данные о заказах на сырье

Дата поставки	Объем поставки $q$ , т	Дата поставки	Объем поставки $q$ , т
09.01	140	22.02	140
15.01	70	07.03	70
20.01	140	20.03	140
08.02	70	28.03	70

Размер страхового запаса рассчитывается на основе статистических данных о поступлении продукции за предыдущий период. По указанным

$\tau_{оп}$  – интервал времени между поставками, превышающий средневзвешенный интервал времени (опоздание), дн.;

$q_{оп}$  – объем партии, поставленный в течение интервала времени, превышающего средневзвешенный интервал времени между поставками, шт., т.

Для расчета параметров формулы (5.19) используется табл. 5.2.

Таблица 5.2. Расчетная таблица

Интервалы времени между поставками $\tau$ , дн.	$\tau q$	Опоздания $\tau_{оп} = \tau - \tau_{св}$	Объем партии, поставленный с опозданием $q_{оп}$ , т	$\tau_{оп} q_{оп}$
6	840	–	–	–
6	420	–	–	–
5	700	–	–	–
19	1330	8,8	70	616
14	1960	3,8	140	532
13	910	2,8	70	196
13	1820	2,8	140	392
8	560	–	–	–
Итого...	8540	x	420	1736

Средневзвешенный интервал  $\tau_{св}$ :

$$\tau_{св} = \frac{\sum \tau q}{\sum q} \quad (5.20)$$

$$\tau_{св} = \frac{8540}{840} \approx 10,2 \text{ дн.}$$

Средневзвешенный интервал опозданий  $\tau_{св. оп}$ :

$$\tau_{св. оп} = \frac{\sum (\tau - \tau_{св}) q_{оп}}{\sum q_{оп}} = \frac{\sum \tau_{оп} q_{оп}}{\sum q_{оп}} \quad (5.21)$$

$$\tau_{св. оп} = \frac{1736}{420} \approx 4,1 \text{ дн.}$$

Среднесуточный расход продукции  $\nu$  за 3 мес:

$$\nu = \frac{\sum q}{90} = \frac{840}{90} \approx 9,33 \text{ т/день.}$$

Размер страхового запаса  $I_{\text{стр}}$  составит:

$$I_{\text{стр}} = \tau_{\text{св.оп}} \nu. \quad (5.22)$$

$$I_{\text{стр}} = 4,1 \cdot 9,33 = 38,3 \text{ т.}$$

**Задание 4.** Жидкие продукты нескольких видов разливаются в пакеты на одной линии упаковки. Затраты на подготовительно-заключительные операции составляют 300 у. е., потребность в продуктах – 500 000 л в месяц, стоимость хранения 1 л в течение месяца – 3 у. е. Определите оптимальные параметры однономенклатурной модели управления запасами. Сравните минимальные затраты с затратами при действующей системе разлива одного продукта в течение 5 дн.

**Задание 5.** Определите оптимальный объем поставки деревянного бруса длиной 12 м деревообрабатывающему комбинату. Годовая потребность  $\nu = 800 \text{ м}^3$ , условно-постоянные транспортно-заготовительные расходы на одну поставку  $K = 30 \text{ у. е.}$ , издержки по содержанию запасов  $s = 15 \text{ у. е.}$  в год, потери из-за дефицита установлены исходя из необходимости замены бруса длиной 12 м деревянным брусом длиной 16 м, что составляет убыток  $\bar{s} = 35 \text{ у. е/м}^3$ .

**Задание 6.** Рассчитайте размер страхового запаса, пользуясь статистическими данными о поступлении продукции за предыдущий период, которые приведены в табл. 5.3. Первая поставка осуществлялась 3 января.

Таблица 5.3. Статистические данные о заказах на сырье

Дата поставки	Объем поставки $q$ , т	Дата поставки	Объем поставки $q$ , т
08.01	160	25.02	80
13.01	80	06.03	80
22.01	160	18.03	160
06.02	160	28.03	160

## Занятие 6. РАСЧЕТ ПОТРЕБНОСТИ В МАТЕРИАЛЬНОМ РЕСУРСЕ

**Задание 1.** Из бруса изготавливается ряд деталей. Рассчитайте потребность в бруске в планируемом году для выпуска продукции с учетом планового изменения незавершенного производства. Объем выпускаемой продукции в год составляет 2 000 изделий. Исходные данные для проведения расчетов приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1. Данные для определения потребности в материальном ресурсе (для задания 1)

Номер детали	Норма расхода на деталь, м <sup>3</sup>	Количество деталей в изделии, шт.	Количество деталей в незавершенном производстве, шт.	
			на начало планового периода	на конец планового периода
1	0,12	10	300	150
2	0,08	6	150	50
3	0,32	14	260	300
4	0,16	12	120	260
5	0,06	14	270	300
6	0,70	8	340	370
7	0,18	16	250	100
8	0,22	14	210	110
9	0,34	12	320	140
10	0,14	10	110	150

В основе решения данной задачи лежат два метода определения потребности в материальных ресурсах: метод прямого счета и метод незавершенного производства.

Определение потребности методом прямого счета:

$$P = \sum_{i=1}^n \Pi_i H_i, \quad (6.1)$$

где  $P$  – потребность в материальном ресурсе;

$\Pi_i$  – объем производства  $i$ -го вида продукции (детали);

$H_i$  – расход материала на  $i$ -й вид продукции (детали).

Определение потребности в материальном ресурсе по методу незавершенного производства находится по формуле

$$P = \sum_{i=1}^n (V_{\text{кон}i} - V_{\text{нач}i}) H_i, \quad (6.2)$$

где  $V_{\text{кон}i}$  – объем незавершенного производства на конец планового периода;

$V_{\text{нач}i}$  – объем незавершенного производства на начало планового периода.

С учетом формул (6.1) и (6.2) получаем:

$$P = \sum_{i=1}^n ((V_{\text{кон}i} - V_{\text{нач}i}) + \Pi_i) H_i. \quad (6.3)$$

Решение задачи с помощью программы Microsoft Excel представлено на рис. 6.1.

**Задание 2.** Для производства ряда деталей используются пиломатериалы хвойных пород толщиной 30 мм. Необходимо рассчитать потребность на следующий год, основываясь на данных базового года, которые представлены в табл. 6.3.

Таблица 6.3. Данные для определения потребности в материальном ресурсе (для задания 2)

Номер детали	Норма расхода пиломатериалов на деталь, м <sup>3</sup>	Количество деталей в изделии, шт.	Количество деталей в незавершенном производстве в базовом году		Количество произведенных изделий в базовом году, шт.	Коэффициент роста объема выпускаемой продукции
			на начало базового периода	на конец базового периода		
1	0,20	6	50	100	2000	1,06
2	0,14	4	120	160		
3	0,42	8	120	90		
4	0,68	2	80	146		
5	0,56	10	140	180		

В основе решения данной задачи лежат три метода определения потребности в материальных ресурсах: метод прямого счета, метод коэффициентов и метод незавершенного производства.

Определение потребности методом коэффициентов:

$$P = P_0 K_n K_s, \quad (6.4)$$

где  $P_0$  – потребность в ресурсе в отчетном периоде;

$K_n$  – коэффициент роста объема производства;

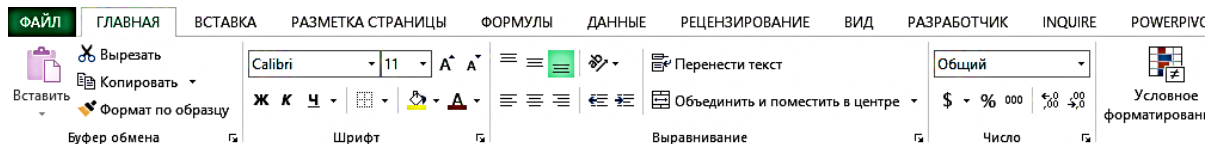
$K_s$  – коэффициент снижения потребления материального ресурса.

С учетом формул (6.1), (6.2), (6.4) получаем:

$$P = \sum_{i=1}^n ((V_{\text{кон}} - V_{\text{нач}}) + \Pi_i K_n K_s) H_i. \quad (6.5)$$

Решение задачи с использованием программы Microsoft Excel представлено на рис. 6.2.

**Задание 3.** Для производства нового вида продукции фирма в течение двух первых месяцев года получала материалы А, В и С от трех поставщиков. Динамика цен на поставляемую продукцию, поставки материалов ненадлежащего качества и нарушения поставщиками установленных сроков поставок приведены в табл. 6.5–6.7.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>Таблица 6.2. Решение задания 1</b>								
2	Номер детали	Норма расхода на деталь, м <sup>3</sup>	Количество деталей в изделии, шт.	Количество деталей в незавершенном производстве, шт.		Количество необходимых деталей, шт.	Объем незавершенного производства, деталей	Необходимый объем производства, деталей	Объем материальных ресурсов (пиломатериалов), м <sup>3</sup>
3				на начало планового периода	на конец планового периода				
4	1	0,12	10	300	150	20000	-150	19850	2382,0
5	2	0,08	6	150	50	12000	-100	11900	952,0
6	3	0,32	14	260	300	28000	40	28040	8972,8
7	4	0,16	12	120	260	24000	140	24140	3862,4
8	5	0,06	14	270	300	28000	30	28030	1681,8
9	6	0,70	8	340	370	16000	30	16030	11221,0
10	7	0,18	16	250	100	32000	-150	31850	5733,0
11	8	0,22	14	210	110	28000	-100	27900	6138,0
12	9	0,34	12	320	140	24000	-180	23820	8098,8
13	10	0,14	10	110	150	20000	40	20040	2805,6
14	Объем выпускаемой продукции в год, изделий				2000				

Рис. 6.1. Решение задания 1 с помощью программы Microsoft Excel

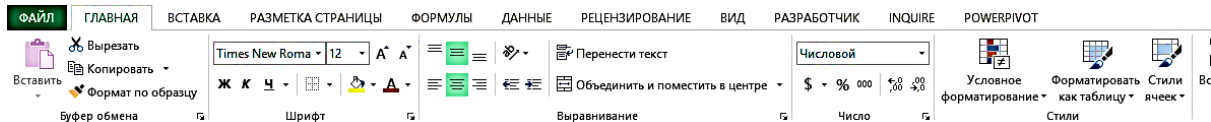


Таблица 6.4. Решение задания 2										
Номер детали	Норма расхода на деталь, м <sup>3</sup>	Количество деталей в изделии, шт.	Количество деталей в незавершенном производстве		Количество произведенных изделий в базовом году, шт.	Коэффициент роста объема выпускаемой продукции, %	Количество необходимых деталей для производства изделий, шт.	Объем незавершенного производства, деталей	Необходимый объем производства, деталей	Объем материальных ресурсов (пиломатериалов), м <sup>3</sup>
			на начало планового периода	на конец планового периода						
1	0,20	6	50	100	2000	1,06	12720	50	12770	2554,0
2	0,14	4	120	160			8480	40	8520	1192,8
3	0,42	8	120	90			16960	-30	16930	7110,6
4	0,68	2	80	146			4240	66	4306	2928,1
5	0,56	10	140	180			21200	40	21240	11894,4

Рис. 6.2. Решение задания 2 с помощью программы Microsoft Excel

Таблица 6.5. Данные об объемах поставки и ценах материалов (для задания 3)

Месяц	Поставщик	Материал	Объем поставок, ед/мес	Цена за единицу, у. е.
Январь	№ 1	A	1320	15
		B	1650	13
		C	2200	11
	№ 2	A	1650	14
		B	2310	12
		C	2860	10
№ 3	A	1540	13	
	B	1430	12	
Февраль	№ 1	A	1800	14
		B	2160	16
		C	3000	12
	№ 2	A	1920	17
		B	2856	12
		C	2640	12
	№ 3	A	2160	12
		B	2100	14

Таблица 6.6. Данные о количестве материалов ненадлежащего качества (для задания 3)

Месяц	Поставщик	Количество материалов ненадлежащего качества в месяц, ед.
Январь	№ 1	8
	№ 2	11
	№ 3	12
Февраль	№ 1	10
	№ 2	14
	№ 3	10

Таблица 6.7. Данные о нарушениях сроков поставок (для задания 3)

Месяц	Поставщик № 1		Поставщик № 2		Поставщик № 3	
	Количество поставок партий	Всего опозданий, дн.	Количество поставок партий	Всего опозданий, дн.	Количество поставок партий	Всего опозданий, дн.
Январь	4	10	3	14	5	5
Февраль	4	4	3	8	5	6

Выполните оценку работы поставщиков по результатам их деятельности за первые два месяца года и примите решение о продлении договорных отношений с одним из них. При анализе деятельности поставщиков используйте соотношения показателей: цена материалов –

0,5, качество поставленных материалов – 0,3, выполнение сроков поставок – 0,2.

Поскольку по условию задачи два поставщика поставляют три товара, а один поставщик – два товара, необходимо оценивать деятельность всех поставщиков по двум товарам.

Используя данные табл. 6.5, рассчитаем средневзвешенные темпы роста цен  $T_{1A}^u - T_{3B}^u$  материалов А, В у поставщиков № 1–3:

$$\begin{aligned} T_{1A}^u &= 14 : 16 \cdot 100 \% = 87,5 \% ; \\ T_{2A}^u &= 16 : 15 \cdot 100 \% = 106,7 \% ; \\ T_{3A}^u &= 11 : 14 \cdot 100 \% = 78,6 \% ; \\ T_{1B}^u &= 15 : 14 \cdot 100 \% = 107,1 \% ; \\ T_{2B}^u &= 11 : 13 \cdot 100 \% = 84,6 \% ; \\ T_{3B}^u &= 14 : 13 \cdot 100 \% = 107,7 \% . \end{aligned}$$

Определим доли поставок материалов поставщиками  $d_{1A} - d_{3B}$ :

$$\begin{aligned} d_{1A} &= 1800 \cdot 14 : (1800 \cdot 14 + 2160 \cdot 15) = 0,44 ; \\ d_{1B} &= 1 - 0,44 = 0,56 ; \\ d_{2A} &= 1920 \cdot 16 : (1920 \cdot 16 + 2856 \cdot 11) = 0,49 ; \\ d_{2B} &= 1 - 0,49 = 0,51 ; \\ d_{3A} &= 2160 \cdot 11 : (2160 \cdot 11 + 2100 \cdot 14) = 0,45 ; \\ d_{3B} &= 1 - 0,45 = 0,55 . \end{aligned}$$

Средневзвешенные темпы роста цен материалов у поставщиков № 1–3  $T_1^u - T_3^u$  составят:

$$\begin{aligned} T_1^u &= 87,5 \% \cdot 0,44 + 107,1 \% \cdot 0,56 = 98,5 \% ; \\ T_2^u &= 106,7 \% \cdot 0,49 + 84,6 \% \cdot 0,51 = 95,5 \% ; \\ T_3^u &= 78,6 \% \cdot 0,45 + 107,7 \% \cdot 0,55 = 94,7 \% . \end{aligned}$$

Результаты расчетов приведены в табл. 6.8.

На основании информации табл. 6.7 рассчитаем темпы роста поставок материалов ненадлежащего качества  $T_{1-3}^{HK}$  у поставщиков 1–3.

$$T_1^{HK} = (10 : (1800 + 2160 + 3000)) : (8 : (1320 + 1650 + 2200)) \cdot 100 \% = 92,9 \% ;$$

$$T_2^{HK} = (14 : (1920 + 2856 + 2640)) : (11 : (1650 + 2310 + 2860)) \cdot 100 \% = 117,0 \% ;$$

$$T_3^{HK} = (10 : (2160 + 2100)) : (12 : (1540 + 1430)) \cdot 100 \% = 58,1 .$$

С учетом информации табл. 6.7 рассчитаем темпы роста опозданий поставок материалов у поставщиков 1–3  $T_{1-3}^{оп}$ :

$$T_{1}^{оп} = (4 : 4) : (10 : 4) \cdot 100 \% = 40,0 \%;$$

$$T_{2}^{оп} = (8 : 3) : (14 : 3) \cdot 100 \% = 57,1 \%;$$

$$T_{3}^{оп} = (6 : 5) : (5 : 5) \cdot 100 \% = 120,0 \%.$$

Таблица 6.8. Средневзвешенные темпы роста цен материалов А, В у поставщиков № 1–3

Темпы роста цен у поставщиков, %		Доли поставок материалов поставщиками		Средневзвешенные темпы роста цен материалов у поставщиков, %	
$T_{1A}^u$	87,5	$d_{1A}$	0,44	$T_{1}^u$	98,5
$T_{1B}^u$	107,1	$d_{1B}$	0,56		
$T_{2A}^u$	106,7	$d_{2A}$	0,49	$T_{2}^u$	95,5
$T_{2B}^u$	84,6	$d_{2B}$	0,51		
$T_{3A}^u$	78,6	$d_{3A}$	0,45	$T_{3}^u$	94,7
$T_{3B}^u$	107,7	$d_{3B}$	0,55		

Результаты проведенных расчетов представлены в табл. 6.9.

Таблица 6.9. Итоговый рейтинг поставщиков 1–3 для товаров А, В

Показатель	Вес показателя	Темпы роста показателей, %			Произведение темпа роста показателя и его веса		
		Поставщик № 1	Поставщик № 2	Поставщик № 3	Поставщик № 1	Поставщик № 2	Поставщик № 3
Цена материалов	0,55	98,5	95,5	94,7	54,2	52,5	52,1
Качество поставляемых материалов	0,25	92,9	117,0	58,1	23,2	29,3	14,5
Надежность поставок материалов	0,20	40,0	57,1	120,0	8,0	11,4	24,0
Итоговый рейтинг	x	x	x	x	85,4	93,2	90,6

С учетом итогового рейтинга продлить договор необходимо с поставщиком № 2. Однако поставщик № 1, кроме материалов А и В, предоставляет материал С. Следовательно, необходимо оценить рейтинг двух поставщиков с учетом материала С.

Используя данные табл. 6.5, рассчитаем средневзвешенные темпы роста цен на материалы у поставщиков 1–2. Темпы роста цен

$T_{1A}^u - T_{2B}^u$  материалов А, В у поставщиков 1–2 были определены ранее (см. табл. 6.8). Для материала С темпы роста цен у поставщиков 1–2  $T_{1C}^u - T_{2C}^u$  составят:

$$T_{1C}^u = 11 : 11 \cdot 100 \% = 100,0 \%;$$

$$T_{2C}^u = 11 : 10 \cdot 100 \% = 110,0 \%.$$

Вычислим доли поставок материалов А–С поставщиками 1–2  $d_{1A} - d_{2C}$ :

$$d_{1A} = 1800 \cdot 14 : (1800 \cdot 14 + 2160 \cdot 15 + 3000 \cdot 11) = 0,28;$$

$$d_{1B} = 2160 \cdot 15 : (1800 \cdot 14 + 2160 \cdot 15 + 3000 \cdot 11) = 0,36;$$

$$d_{1C} = 1 - 0,28 - 0,36 = 0,34;$$

$$d_{2A} = 1920 \cdot 16 : (1920 \cdot 16 + 2856 \cdot 11 + 2640 \cdot 11) = 0,34;$$

$$d_{2B} = 2856 \cdot 11 : (1920 \cdot 16 + 2856 \cdot 11 + 2640 \cdot 11) = 0,34;$$

$$d_{2C} = 1 - 0,34 - 0,34 = 0,32.$$

Рассчитаем средневзвешенные темпы роста цен материалов А–С у поставщиков 1–2  $T_{1-2}^u$ :

$$T_{1-2}^u = 87,5 \% \cdot 0,28 + 107,1 \% \cdot 0,36 + 100,0 \% \cdot 0,36 = 99,1 \%;$$

$$T_{1-2}^u = 106,7 \% \cdot 0,34 + 84,6 \% \cdot 0,34 + 110,0 \% \cdot 0,32 = 100,1 \%.$$

Результаты расчетов приведены в табл. 6.10.

Таблица 6.10. Средневзвешенные темпы роста цен материалов А, В, С у поставщиков № 1–2

Темпы роста цен у поставщиков, %		Доли поставок материалов поставщиками, %		Средневзвешенные темпы роста цен на материалы у поставщиков, %	
$T_{1A}^u$	87,5	$d_{1A}$	0,28	$T_{1-2}^u$	99,1
$T_{1B}^u$	107,1	$d_{1B}$	0,36		
$T_{1C}^u$	100,0	$d_{1C}$	0,36		
$T_{2A}^u$	106,7	$d_{2A}$	0,34	$T_{1-2}^u$	100,1
$T_{2B}^u$	84,6	$d_{2B}$	0,34		
$T_{2C}^u$	110,0	$d_{2C}$	0,32		

Темпы роста поставок материалов ненадлежащего качества  $T_{1-2}^{нк}$  и темпы роста опозданий поставок материалов  $T_{1-2}^{оп}$  у поставщиков 1–2 были вычислены ранее (см. табл. 6.9).

Результаты проведенных расчетов представлены в табл. 6.11.

Таким образом, с учетом итогового рейтинга двух поставщиков, рассчитанного для трех товаров – А, В, С, продлить договор необходимо с поставщиком № 2.

Таблица 6.11. **Итоговый рейтинг поставщиков 1–2 для товаров А, В, С**

Показатель	Вес показателя	Темпы роста показателей, %		Произведение темпа роста показателя и его веса	
		Поставщик № 1	Поставщик № 2	Поставщик № 1	Поставщик № 2
Цена материалов	0,55	99,1	100,1	54,5	55,1
Качество поставляемых материалов	0,25	92,9	117,0	23,2	29,3
Надежность поставок материалов	0,20	40,0	57,1	8,0	11,4
Итоговый рейтинг	x	x	x	85,7	95,8

**Задание 4.** Из бруса изготавливается ряд деталей. Рассчитайте потребность в брусе в планируемом году для выпуска продукции с учетом планового изменения незавершенного производства. Объем выпускаемой продукции в год составляет 5 000 изделий. Исходные данные для проведения расчетов приведены в табл. 6.12.

Таблица 6.12. **Данные для определения потребности в материальном ресурсе (для задания 4)**

Номер детали	Норма расхода на деталь, м <sup>3</sup>	Количество деталей в изделии, шт.	Количество деталей в незавершенном производстве, шт.	
			на начало планового периода	на конец планового периода
1	0,30	22	600	500
2	0,06	6	200	300
3	0,12	16	180	120
4	0,22	12	140	200
5	0,04	8	220	280
6	0,28	4	160	180
7	0,16	12	120	100
8	0,14	16	240	260
9	0,38	26	390	400
10	0,06	14	210	200

**Задание 5.** Для производства деталей используются пиломатериалы хвойных пород толщиной 30 мм. Необходимо рассчитать потребность на следующий год, основываясь на данных базового года (табл. 6.13).

**Задание 6.** Для производства нового вида продукции предприятие в течение первых двух месяцев использовало материалы А, В, С от двух поставщиков. Динамика цен материалов, поставки материалов ненад-

лежащего качества и нарушения поставщиками установленных сроков поставок приведена в табл. 6.14–6.16. Выполните оценку работы поставщиков по результатам их деятельности за первые два месяца года и примите решение о продлении договорных отношений с одним из них. При анализе деятельности поставщиков используйте следующие соотношения показателей: цена материалов – 0,62, качество поставленных материалов – 0,24, выполнение сроков поставок – 0,14.

Таблица 6.13. Данные для определения потребности в материальном ресурсе (для задания 5)

Номер детали	Норма расхода пиломатериалов на деталь, м <sup>3</sup>	Количество деталей в изделии, шт.	Количество деталей в незавершенном производстве в базовом году, шт.		Количество произведенных деталей в базовом году, шт.	Темп роста объема выпускаемой продукции, %
			на начало базового периода	на конец базового периода		
1	0,42	4	170	150	1000	108
2	0,21	6	143	130		
3	0,64	8	126	110		
4	0,82	7	115	105		
5	0,58	5	118	130		

Таблица 6.14. Данные об объемах поставок и ценах материалов (для задания 6)

Месяц	Поставщик	Материал	Объем поставок, ед/мес.	Цена за единицу, у. е.
Март	№ 1	А	1300	15
		В	2300	13
		С	1800	11
	№ 2	А	1400	16
		В	2000	13
С		2300	11	
Апрель	№ 1	А	1600	13
		В	2400	14
		С	1400	11
	№ 2	А	1600	17
		В	1900	12
		С	2000	13

Таблица 6.15. Данные о нарушениях сроков поставок (для задания 6)

Месяц	Поставщик № 1		Поставщик № 2	
	количество поставок партий	всего опозданий, дн.	количество поставок партий	всего опозданий, дн.
Март	4	11	5	12
Апрель	4	5	5	6

Таблица 6.16. Данные о количестве материалов ненадлежащего качества  
(для задания 6)

Месяц	Поставщик	Количество материалов ненадлежащего качества в месяц, ед.
Март	№ 1	10
	№ 2	11
Апрель	№ 1	13
	№ 2	14

## Занятие 7. РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

**Задание 1.** Распределите три вида материалов для производства четырех видов продукции с максимально возможной прибылью. Нормы расхода материалов на изготовление единицы продукции, величина распределяемых ресурсов, обязательный минимум выпуска отдельных видов продукции и прибыль от реализации единицы каждого вида продукции приведены в табл. 7.1.

Таблица 7.1. Исходная информация для задания 1

Вид продукции	Нормы расхода материалов на единицу продукции, шт.			Обязательный минимум выпуска продукции, ед.	Прибыль от реализации единицы продукции, руб.
	1	2	3		
А	3	2	1	22	4
Б	2	3	2	15	5
В	3	4	2	Не лимитирован	7
Г	3	2	1	Не лимитирован	6
Ресурсы материалов, шт.	600	800	700		

Количество единиц продукции вида А, Б, В, Г обозначим  $x_1, x_2, x_3, x_4$  соответственно. Тогда математическая модель задачи будет иметь вид:

$$z = 4x_1 + 5x_2 + 7x_3 + 6x_4 \rightarrow \max$$

при условиях:

$$\begin{aligned} 3x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 3x_4 &\leq 600; \\ 2x_1 + 3x_2 + 4x_3 + 2x_4 &\leq 800; \\ x_1 + 2x_2 + 2x_3 + x_4 &\leq 700; \\ x_1 \geq 22; x_2 \geq 15; x_3 \geq 0; x_4 &\geq 0. \end{aligned}$$

Исходную информацию задачи переносим на рабочий лист программы Microsoft Excel. В ячейках B6, C6, D6 записываем формулы =СУММПРОИЗВ(B4:B7;I4:I7), =СУММПРОИЗВ(C4:C7;I4:I7), =СУММПРОИЗВ(D4:D7;I4:I7), в ячейку I9 вносим формулу =СУММПРОИЗВ(F4:F7;I4:I7).

Применяем надстройку «Поиск решения» (рис. 7.1). В результате получаем численное решение задачи.

Для получения максимальной прибыли из имеющихся ресурсов необходимо изготовить 22 ед. продукции А, 240 ед. продукции Б и 18 ед. продукции Г, продукцию В производить нецелесообразно. Прибыль от реализации продукции составит 1 396 руб. (рис. 7.2).

**Задание 2.** Со сборочной линии предприятия в течение смены (8 ч) сходит 480 изделий. Контролер затрачивает на осмотр одного изделия 2 мин. Заработная плата контролера – 400 у. е. в месяц (при 22 рабочих днях). Издержки предприятия, вызванные несвоевременно выявленным браком, составляют 200 у. е. на одно изделие. Средний коэффициент брака на предприятии – не более 0,5 % от объема выпускаемой продукции. Требуется: найти оптимальное число контролеров для минимизации издержек предприятия; определить число контролеров для повышения имиджа предприятия, при котором бракованный товар будет выявляться с вероятностью более 99 %; построить графики затрат, подтвердить расчет графически.

Содержательная постановка задачи состоит в следующем. Если изделие после сборки не подвергалось контрольному осмотру (все каналы были заняты и заявка получила отказ), оно поступает на склад готовой продукции и оттуда направляется потребителю. Среди изделий, не прошедших контроль, могут оказаться экземпляры с дефектом и браком.

За отправку потребителю некачественной продукции предприятие уплачивает штраф и, кроме того, несет дополнительные расходы, связанные с доставкой бракованных изделий от потребителей, устранением дефектов и доставкой их обратно потребителям. Чем больше в системе контролеров, тем выше вероятность обслуживания заявок и меньше возможность пропуска изделий с браком, но тем больше издержки предприятия на содержание самой контрольной службы. Выберем в качестве критерия величину суммарных затрат предприятия на содержание контрольной службы и издержек, связанных с несвоевременно выявленным браком. Определим число каналов, которое образует такой критерий в минимум.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>Таблица 7.2. Решение задания 1</b>								
2	<b>Вид продукции</b>	<b>Нормы расхода материалов на единицу продукции, шт.</b>		<b>Обязательный минимум выпуска</b>		<b>Прибыль от реализации единицы</b>			$x_i$
3									
4	<b>А</b>								
5	<b>Б</b>								
6	<b>В</b>								
7	<b>Г</b>								
8	<b>Расход материалов по итогам решения задачи, шт.</b>								
9	<b>Ресурсы материалов, шт.</b>								
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									

**Параметры поиска решения** ✖

Оптимизировать целевую функцию:

До:  Максимум  Минимум  Значения:

Изменяя ячейки переменных:

В соответствии с ограничениями:

\$I\$7 = целое  
 \$I\$6 >= \$E\$6  
 \$I\$7 >= \$E\$7  
 \$B\$8 <= \$B\$9  
 \$I\$4 >= \$E\$4  
 \$I\$4 = целое  
 \$I\$5 = целое  
 \$I\$6 = целое  
 \$D\$8 <= \$D\$9  
 \$I\$4:\$I\$7 >= 0  
 \$C\$8 <= \$C\$9  
 \$I\$5 >= \$E\$5

Сделать переменные без ограничений неотрицательными

Выберите метод решения:

Рис. 7.1. Применение надстройки «Поиск решения» для задания 1 в программе Microsoft Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>Таблица 7.2. Решение задания 1</b>								
2	Вид продукции	Нормы расхода материалов на единицу продукции, шт.			Обязательный минимум выпуска продукции, ед.	Прибыль от реализации единицы продукции, руб.			$x_i$
3		1	2	3					
4	А	3	2	1	22	4			22
5	Б	2	3	2	15	5			240
6	В	3	4	2	0	7			0
7	Г	3	2	1	0	6			18
8	Расход материалов по итогам решения задачи, шт.	600	800	520					
9	Ресурсы материалов, шт.	600	800	700				$z =$	1396

Рис. 7.2. Решение задания 1 с помощью программы Microsoft Excel

Общие издержки предприятия определяются по формуле

$$F(n) = (nZ_k + \gamma K_6 Z_6 P_n)T, \quad (7.1)$$

где  $n$  – число каналов в системе (контролеров);

$Z_k$  – затраты на содержание одного контролера в единицу времени;

$\gamma$  – средний коэффициент брака;

$K_6$  – среднее относительное количество бракованных изделий, характерное для данного производства или для данного предприятия;

$Z_6$  – средние суммарные затраты предприятия, связанные с пропуском брака в изделиях;

$P_n$  – вероятность того, что брак будет пропущен;

$T$  – множитель, изменяет только общую величину издержек, но не влияет на характер изменения критерия.

Первое слагаемое функции возрастает с ростом числа каналов в системе (контролеров)  $n$ , а второе достаточно быстро и нелинейно уменьшается, стремясь к нулю. Сумма данных двух слагаемых имеет минимум, который соответствует оптимальному числу каналов.

Поведение функции  $F(n)$  можно проанализировать с помощью графика при значениях  $n = 0, 1, 2$  и т. д. По таблице значений функции  $F(n)$  и графику ее поведения определяется оптимальное число каналов в системе (контролеров).

Для решения задачи необходимо выполнить промежуточные расчеты и определить параметры, представленные в табл. 7.3.

Таблица 7.3. Параметры многоканальной системы массового обслуживания (СМО) с отказами

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Расчетное значение
Интенсивность поступления заявок (изделий на обследование к контролеру)	$\lambda$	шт/ч	60
Время обследования изделия контролером в часах	$t_{\text{обсл.ч}}$	ч	0,033
Интенсивность обслуживания заявок, или пропускная способность одного канала (количество изделий, осматриваемых одним контролером за час)	$\mu$	шт/ч	30
Загрузка системы (отношение интенсивности поступления заявок к интенсивности обслуживания)	$\rho$	у. е/ч	2,00
Затраты на содержание контролера в единицу времени	$S_{\text{контр.ч}}$	у. е.	2,27

Для дальнейшего расчета параметров используются формулы для анализа систем массового обслуживания (решение системы Колмогорова) и определения величины вероятности того, что в системе все каналы заняты в единицу времени  $P_0$ :

$$P_0 = \left(1 + \frac{\rho}{1!} + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^n}{n!}\right)^{-1}, \quad (7.2)$$

где  $n$  – число обслуживаемых приборов (контролеров);  
 $\rho$  – загрузка системы.

В нашем случае для 1 контролера:

$$P_0 = \left(1 + \frac{2}{1!}\right)^{-1} = 0,3333.$$

Для 2 контролеров:

$$P_0 = \left(1 + \frac{2}{1!} + \frac{2^2}{2!}\right)^{-1} = 0,2000.$$

Величина вероятности того, что брак будет пропущен,  $P_n$ :

$$P_n = \frac{\rho^n}{n!} P_0. \quad (7.3)$$

В нашем случае для 1 контролера:

$$P_n = \frac{2^1}{1!} \cdot 0,3333 = 0,6667.$$

Для 2 контролеров:

$$P_n = \frac{2^2}{2!} \cdot 0,2000 = 0,4000.$$

Величина вероятности того, что заявка будет обслужена (вероятность обнаружения брака)  $P_z$ , находится по формуле

$$P_z = 1 - P_n. \quad (7.4)$$

В нашем случае для 1 контролера:

$$P_z = 1 - 0,6667 = 0,3333.$$

Для 2 контролеров:

$$P_z = 1 - 0,4000 = 0,6000.$$

Число изделий с браком в единицу времени  $Q_{\text{брак.ч}}$ :

$$Q_{\text{брак.ч}} = \lambda K_6 P_n. \quad (7.5)$$

где  $\lambda$  – интенсивность поступления заявок (изделий на обследование к контролеру) в единицу времени, шт/ч.

Затраты в смену, вызванные появлением брака при различном числе контролеров  $S_{\text{брак}}$  (у. е.), рассчитываются как произведение числа изделий с браком в единицу времени (шт/ч), продолжительности смены (8 ч) и издержек, вызванных пропуском брака (у. е.).

Затраты в смену на содержание контролеров  $S_{\text{контр}}$  (у. е.) – это отношение произведения затрат на содержание контролера за месяц (у. е.) и количества контролеров к производству числа рабочих дней в месяц и продолжительности смены (8 ч).

Суммарные затраты предприятия в смену с учетом затрат от брака и на оплату контролеров  $S_{\text{сумм}}$  (у. е.) вычисляются как сумма затрат в смену, вызванных появлением брака при различном числе контролеров (у. е.), и затрат в смену на содержание контролеров (у. е.).

Оптимальное число контролеров  $n_{\text{онт}}$  позволяет минимизировать суммарные затраты предприятия в смену с учетом затрат от брака и на оплату контролеров.

Число контролеров для повышения имиджа предприятия  $n_{\text{повыш. им}}$  определяется исходя из того, что бракованный товар будет выявляться с вероятностью более 99 %.

Исходя из представленных выше формул рассчитаем параметры системы массового обслуживания с отказами (рис. 7.3). Графическое отображение решения данной задачи представлено на рис. 7.4.

Таким образом, оптимальное число контролеров – 5, число контролеров для повышения имиджа предприятия – 7.

**Задание 3.** Распределите три вида материалов для производства четырех видов продукции с максимально возможной прибылью. Нормы расхода материалов на изготовление единицы продукции, величина распределяемых ресурсов, обязательный минимум выпуска отдельных видов продукции и прибыль от реализации единицы каждого вида продукции приведены в табл. 7.4.

Таблица 7.4. Исходная информация для задания 3

Вид продукции	Нормы расхода материалов на единицу продукции, шт.			Обязательный минимум выпуска продукции, ед.	Прибыль от реализации единицы продукции, руб.
	1	2	3		
А	1	3	2	10	5
Б	4	2	3	20	4
В	5	4	3	Не лимитирован	4
Г	5	3	4	Не лимитирован	3
Ресурсы материалов, шт.	300	500	700		

Исходные данные												
1												
2	Продолжительность смены, ч		8									
3	Число рабочих дней		22									
4	Время обследования изделия контролером, мин		2									
5	Затраты на содержание контролера за месяц, у. е.		400									
6	Издержки, вызванные пропуском брака, за месяц, у. е.		200									
7	Средний процент брака, %		0,5									
8	Параметры многоканальной СМО с отказами											
9	Интенсивность поступления заявок (к контролеру на обследование изделий), шт/ч	$\lambda$	60									
10	Время обследования изделия контролером, ч	$t_{обсл. ч}$	0,033									
11	Интенсивность обслуживания заявок, или пропускная способность одного канала (число изделий, осматриваемых 1 контролером за час), шт/ч	$\mu$	30									
12	Загрузка системы (отношение интенсивности поступления заявок к интенсивности обслуживания)	$\rho$	2									
13	Затраты на содержание контролера в единицу времени, у. е/ч	$S_{контр. ч}$	2,27									
14	Число контролеров	$n$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	Величина $\sum p^n/n!$ (сумма ряда)	$\sum p^n/n!$	1	3,000	5,000	6,333	7,000	7,267	7,356	7,381	7,387	7,389
16	Величина вероятности $P_0$	$P_0$	1	0,3333	0,2000	0,1579	0,1429	0,1376	0,1360	0,1355	0,1354	0,1353
17	Величина вероятности $P_n$ пропуска брака контролерами (все контролеры заняты)	$P_n$	1	0,6667	0,4000	0,2105	0,0952	0,0367	0,0121	0,0034	0,0009	0,0002
18	Величина вероятности $P_z$ обнаружения брака	$P_z$	0	0,3333	0,6000	0,7895	0,9048	0,9633	0,9879	0,9966	0,9991	0,9998
19	Число изделий с браком в единицу времени, шт/ч	$Q_{брак. ч}$	0,3000	0,2000	0,1200	0,0632	0,0286	0,0110	0,0036	0,0010	0,0003	0,0001
20	Затраты в смену, вызванные появлением брака при различном числе контролеров, у. е.	$S_{брак}$	480,0	320,0	192,0	101,1	45,7	17,6	5,8	1,7	0,4	0,1
21	Затраты в смену на содержание контролеров, у. е.	$S_{контр}$	0,0	18,2	36,4	54,5	72,7	90,9	109,1	127,3	145,5	163,6
22	Суммарные затраты предприятия в смену с учетом затрат от брака и на содержание контролеров, у. е.	$S_{сумм}$	480,0	338,2	228,4	155,6	118,4	108,5	114,9	128,9	145,9	163,7
23	Результаты расчетов											
24	Оптимальное число контролеров для минимизации издержек предприятия	$n_{опт}$	5									
25	Число контролеров для повышения имиджа предприятия	$n_{повыш. им}$	7									

Рис. 7.3. Решения задания 2 с использованием программы Microsoft Excel

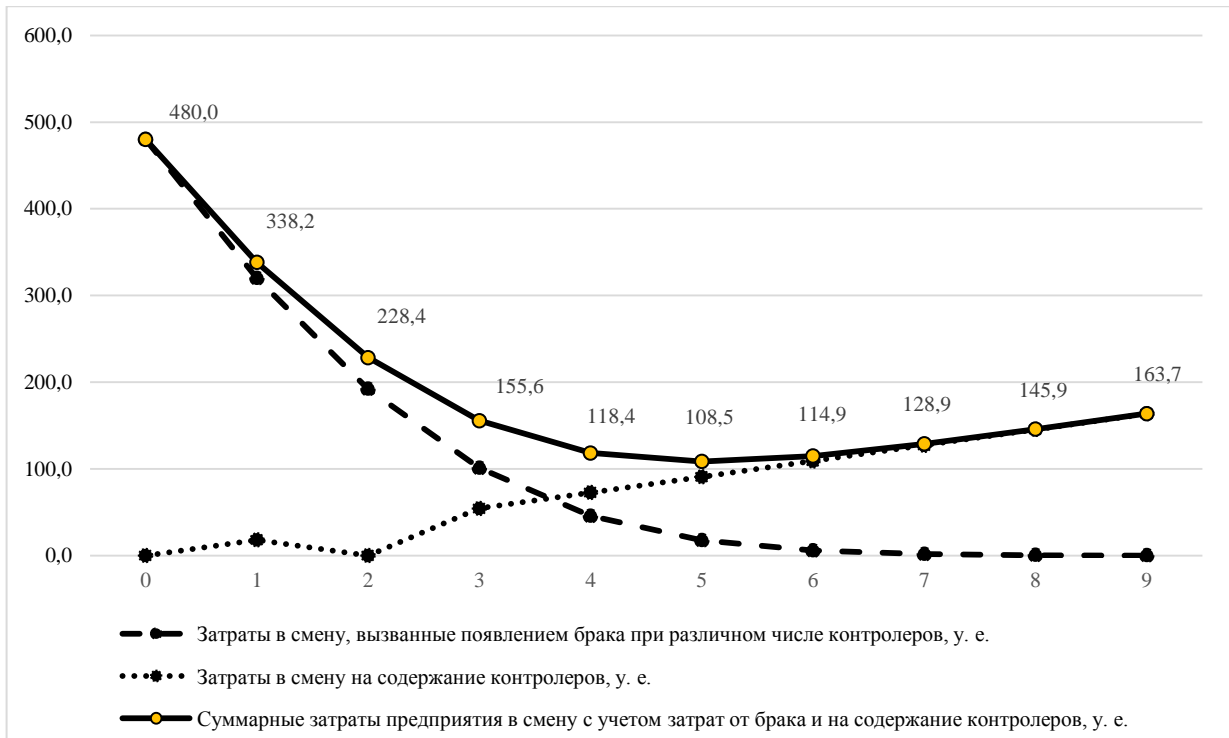


Рис. 7.4. Графическое решение задания 2 (определение оптимального числа контролеров)

**Задание 4.** Со сборочной линии предприятия в течение смены (8 ч) сходит 800 изделий. Контролер затрачивает на осмотр одного изделия 1,5 мин. Заработная плата контролера – 300 у. е. в месяц (при 23 рабочих днях). Издержки предприятия, вызванные несвоевременно выявленным браком, составляют 220 у. е. на одно изделие. Средний коэффициент брака на предприятии – не более 0,6 % от объема выпускаемой продукции.

Требуется: найти оптимальное число контролеров для минимизации издержек предприятия; определить число контролеров для повышения имиджа предприятия, при котором бракованный товар будет выявляться с вероятностью более 98 %; построить графики затрат, подтвердить расчет графически.

### **Занятие 8. ВЫБОР ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПОСРЕДНИКОВ ПУТЕМ РАСЧЕТА РЕЙТИНГОВ. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ С ПОСТАВЩИКАМИ**

Выбор поставщика является одной из наиболее важных задач закупочной логистики. Она является одной из четырех основных задач отдела снабжения/закупок компании. Некоторые менеджеры недооценивают значения правильного выбора поставщика для эффективного функционирования всей организации. Успех производителя в обеспечении потребителей качественной продукцией и услугами зависит во многом от того, насколько четко его поставщики выполняют свои функции. Некоторые исследования показывают, что во многих предприятиях в мире, по крайней мере, 50 % проблем, связанных с качеством, возникает из-за товаров и услуг, которыми их обеспечили поставщики. Поэтому выбор лучшего поставщика является основой успешного функционирования и создания устойчивой базы снабжения любого предприятия.

Возможны два направления выбора поставщика.

1. Выбор поставщика из числа предприятий, которые были поставщиками (или являются ими) и с которыми уже установлены деловые отношения. Это облегчает выбор, так как отдел закупок компании располагает точными данными о деятельности этих поставщиков (хотя так бывает не всегда).

Основные этапы решения этой задачи:

- сбор информации о поставщиках;
- анализ информации на основе критериев выбора поставщика;
- принятие решения о выборе поставщика.

2. Выбор нового поставщика в результате поиска и анализа интересующего рынка: рынка, с которым организация уже работает, или совершенно нового рынка (например, если принято решение диверсифицировать деятельность). Для проверки потенциального поставщика часто необходимы большие затраты времени и ресурсов, поэтому ее следует осуществлять только в отношении тех поставщиков из небольшого списка, которые действительно имеют серьезный шанс получить большой заказ. От потенциального поставщика, конкурирующего с существующими, ожидается более высокая эффективность.

Существует два принципиально отличающихся подхода к выбору логистического посредника:

1) аналитический, предполагающий осуществление отбора с помощью формул, которые включают ряд параметров, характеризующих логистического посредника;

2) экспертный, основанный на оценке параметров, характеризующих логистического посредника, специалистами-экспертами.

Выбор логистического посредника включает следующие положения.

1. Все критерии (показатели) разделены на три группы: количественные, качественные и релейные. Для всех логистических посредников разрабатываются стандартизированные таблицы критериев (показателей).

2. К релейным критериям отнесены такие, которые имеют только два варианта оценки: «да» или «нет». Например, наличие у логистического посредника соответствующего сертификата качества или лицензии, страховых полисов, допуск к каким-либо процедурам и др. Выделение релейных показателей повышает объективность процесса выбора, а также позволяет сократить объем работы экспертов.

3. Для определения значений количественных показателей помимо оценок экспертов используются различные источники информации (отчеты, справочники, прайс-листы, результаты обследований и опросов).

4. Для получения оценок качественных показателей используется функция желательности, что позволяет вести их к количественным.

5. Весовые коэффициенты, учитывающие степень влияния критериев на интегральную оценку, рассчитываются для количественных и качественных показателей с учетом их общего ранжирования. Для исчисления весовых коэффициентов могут использоваться различные зависимости: линейная, экспоненциальная, распределение по нормальному закону и др.

Алгоритм выбора перевозчика может быть следующим:

1. Отбор и ранжирование критериев.
2. Предварительный отбор перевозчиков на рынке транспортных услуг на базе маркетинговых исследований.
3. Определение веса каждого критерия.
4. Оценка степени удовлетворения перевозчика критериям на основе экспертного анализа. Оценку критериев можно производить по трехбалльной шкале, где балл «3» соответствует оценке «хорошо», «2» – «удовлетворительно», «1» – «плохо». Часто используются пятибалльная и десятибалльная шкала.
5. Вычисление рейтинга перевозчика по каждому критерию.
6. Выбор перевозчика на основании суммарного рейтинга каждого из них.

Выбор поставщика или группы поставщиков определяется системой критериев, но как для промышленной, так и для торговой организации обычно основными критериями выбора являются цена, качество товара и надежность поставки. Установление системы критериев для первоначального отбора поставщиков зависит от маркетинговой (производственной) и логистической стратегий конкретной организации. В ряде случаев (в зависимости от корпоративной стратегии) на первое место могут выходить такие параметры, как время доставки, надежность поставщика, предоставление поставщиком кредита, поставка товаров на основании взаимозачета и др.

Существует несколько **методов выбора поставщика**:

- затратно-коэффициентный;
- доминирующих характеристик;
- категорий предпочтения;
- рейтинговая оценка факторов и др.

**Метод оценки затрат.** Этот метод иногда называют затратно-коэффициентным методом, или «методом миссий». Он заключается в том, что весь исследуемый процесс снабжения делится на несколько возможных вариантов (миссий) и для каждого тщательно рассчитываются все расходы и доходы. В результате получают данные для сравнения и выбора вариантов решений (миссий). Для каждого поставщика рассчитываются все возможные издержки и доходы/выигрыши, при этом учитываются логистические риски. Затем из набора вариантов (миссий) по критерию общей прибыли выбирается наиболее выгодный. По существу, это разновидность метода ранжирования (критериев) по стоимости. Метод интересен с точки зрения фак-

торов и их стоимостной оценки и позволяет определять стоимость выбора поставщика. Недостаток метода состоит в том, что он требует сбора и анализа большого объема информации по каждому поставщику.

**Метод доминирующих характеристик.** Метод состоит в сосредоточении на одном выбранном параметре (критерии). Этот параметр может быть наиболее низкой ценой, наилучшим качеством, графиком поставок, внушающим наибольшее доверие, и т. п. Преимущество данного метода заключается в его простоте, а недостаток – в игнорировании остальных факторов-критериев отбора.

**Метод категорий предпочтения.** В этом случае оценка поставщика, в том числе и выбор способа его оценки, зависит от информации, стекающейся из многих подразделений организации. Инженерные службы дают свою оценку способности поставщика производить высокотехнологичную продукцию и могут компетентно судить о ее качестве, диспетчерская докладывает о сроках доставки закупаемых материальных ресурсов, производственные отделы – о простоте и удобстве использования материальных ресурсов в производственном процессе. Такой метод подразумевает наличие обширной и разнообразной информации из множества источников, которая позволяет рассматривать каждый фактор наравне с остальными, в то время как для организации, возможно, какой-то фактор является ключевым, например, простота использования продукции в производственном процессе.

**Метод рейтинговых оценок.** Наиболее распространенным методом выбора поставщика можно считать метод рейтинговых оценок, который, в свою очередь, является разновидностью метода категорий предпочтения. После отбора критериев выбора поставщика их значимость обычно устанавливается экспертным путем работниками службы снабжения/закупок или привлеченными экспертами. Итоговое значение рейтинга определяется путем суммирования произведений значений (удельного веса) критерия на его экспертную балльную оценку (например, по 10-балльной системе) для данного поставщика. Сравнивая полученные значения рейтинга для разных поставщиков, определяют наилучшего партнера. Если рейтинговая оценка дает одинаковые результаты для двух и более поставщиков по основным критериям, то процедуру повторяют с использованием дополнительных критериев оценки. При обращении к потенциальным поставщикам трудно, а иногда практически невозможно получить объективные данные, необходимые для работы экспертов.

Окончательный выбор поставщика производится лицом, принимающим решение в отделе логистики (закупки), и, как правило, не может быть полностью формализован.

**Пример 1. Рассчитаем рейтинг поставщика.** Допустим, что предприятию необходимо закупить товар, причем его дефицит недопустим. Соответственно, на первое место при выборе поставщика будет поставлен критерий надежности поставки. Значимость остальных критериев, установленная, как и значимость первого критерия, экспертным путем работниками отдела закупок, приведена в табл. 8.1.

Таблица 8.1. Пример расчета рейтинга поставщика

Критерий выбора поставщика	Удельный вес критерия	Оценка значения критерия по 10-балльной шкале у данного поставщика	Произведение удельного веса критерия на оценку
1. Надежность поставки	0,30	7	2,1
2. Цена	0,25	6	1,5
3. Качество товара	0,15	8	1,2
4. Условия платежа	0,15	4	0,6
5. Возможность внеплановых поставок	0,10	7	0,7
6. Финансовое состояние поставщика	0,05	4	0,2
Итого...	1,00	x	6,3

**Основные критерии**, на которых рекомендуется строить систему выбора поставщиков, следующие.

**1. Качество продукции** в современных условиях служит основным критерием выбора. Качество относится к способности поставщика обеспечить товары и услуги в соответствии со спецификациями. Качество может относиться также и к тому, удовлетворяет ли продукция требованиям потребителя, независимо от того, соответствует ли она спецификации. Если с данными поставщиками уже были установлены отношения, то желательно проанализировать статистику поставки бракованных материалов.

**2. Надежность поставщика** – достаточно емкий критерий, включающий следующие параметры: честность, отзывчивость, обязательность, заинтересованность в ведении бизнеса с компанией, финансовая стабильность, репутация в своей сфере, соблюдение ранее установленных объемов поставки и т. д. Сюда же необходимо включить и соблюдение поставщиком сроков поставки материальных ресурсов или готовой продукции. Оценка своевременности доставки упрощается, если ведется четкий учет запланированных и реально выполненных доста-

вок. В качестве примера можно привести балльную систему оценки своевременности доставки (табл. 8.2).

Таблица 8.2. Оценка своевременности доставки

Рейтинг	Обозначение рейтинга	Характеристика
Высший	<i>A</i>	Доставка осуществляется в срок без экспедирования
Высший	<i>B</i>	Поставщик выполняет требуемые сроки доставки
Хороший	<i>C</i>	Доставка осуществляется в срок без контроля
Хороший	<i>D</i>	Поставщик выполняет требуемые сроки доставки
Удовлетворительный	<i>E</i>	Сроки доставки иногда срываются, требуется значительный контроль
Неудовлетворительный	<i>F</i>	Сроки доставки обычно срываются, договорные сроки доставки редко выполняются, необходимы действия по ускорению работ

**3. Цена.** В цене должны учитываться все затраты на закупку конкретного вида материальных ресурсов или готовой продукции, которые включают транспортировку, административные расходы, риск изменения курсов валют, таможенные пошлины и т. д. В аналитическом поле логистического менеджера всегда должен находиться комплекс затрат. В качестве примера можно привести перечень логистических издержек, связанных с закупкой конкретного товара:

- маркетинговые затраты, связанные с изучением конъюнктуры цен на рынке данного товара;

- издержки, связанные с поиском возможных поставщиков и установлением с ними деловых контактов (командировки, телефонные переговоры, обработка данных и т. п.);

- издержки, связанные с поиском и получением информации о себестоимости производства аналогичных товаров у разных поставщиков (изготовителей);

- затраты, связанные с анализом качественных показателей товара у различных поставщиков (рекламации, затраты на отбраковку, потеря товарного вида, возможности ремонта или восстановления качественных показателей товара у заказчика, ущерб от утраты качества товара в связи с задержкой его доставки или сокращением срока реализации, расходы по гарантийным обязательствам);

- затраты на грузопереработку, складирование и хранение товаров;

- транспортные расходы поставщика и покупателя, оплата таможенных, экспедиторских, страховых услуг по пути доставки товара;

- расходы на потребительскую упаковку, транспортную тару, маркировку и кодирование товаров;
- издержки на финансовый учет товаров;
- непредвиденные расходы, ущерб и затраты на страхование логистических рисков.

Все эти затраты необходимо учитывать, оценивать и контролировать в реальном масштабе времени.

**4. Качество обслуживания.** Оценка по данному критерию требует сбора информации у достаточно широкого круга лиц из различных подразделений предприятия и сторонних источников. Необходимо собирать мнения о качестве технической помощи, об отношении поставщика к скорости реакции на изменяющиеся требования и условия поставок, к просьбам о технической помощи, о квалификации обслуживающего персонала и т. д.

**5. Условия платежа и возможность внеплановых поставок.** Нехватка оборотных средств существенно ограничивает возможности выбора поставщиков. В бизнесе случаются внештатные ситуации, требующие внеплановых поставок или отсрочки платежа. Поэтому поставщики, предлагающие выгодные условия платежа (например, с возможностью получения отсрочки, кредита) и гарантирующие возможность получения внеплановых поставок, позволяют избежать многих проблем снабжения.

**Пример 2.** Организация М расширила номенклатуру своей продукции и получила выгодный и ответственный заказ на разработку и последующую поставку препаратов одной аэрокосмической корпорации. Сроки выполнения контракта были очень жесткими. В течение первого года ежеквартально компания должна была предоставлять по одному промышленному образцу, проводя определенные усовершенствования по результатам его тестирования, чтобы через год иметь возможность начать поставку продукции на соответствующем уровне.

Компания уже работала с многолетними партнерами по поставке сырья, компаниями А и В, которые выразили готовность участвовать в проекте, хотя это было для них новым направлением. Кроме этого, очень хорошие условия по цене были предложены крупным сырьевым холдингом С, который был готов только одной поставкой обеспечить годовую потребность компании М в сырье. Итак, через год компания М назвала поставщика сырья для этого проекта.

Требуется ответить на следующие вопросы:

1) какого поставщика могла бы выбрать компания М при первоначальном анализе;

2) может ли измениться кандидатура поставщика после первого года совместной деятельности.

Для решения задачи используются следующие параметры:

- наиболее простые критерии выбора поставщика (табл. 8.3);
- пятибалльная оценка значения (веса) критерия выбора поставщика от 0 до 4;
- заявленное качество товара у всех трех поставщиков одинаково;
- данные по ценам и условиям поставки (табл. 8.4);
- критерии оценки деятельности поставщиков и результаты первого года работы (табл. 8.5 и 8.6) – в случае необходимости.

Таблица 8.3. Стандартные критерии выбора поставщика

Критерий выбора поставщика	Начальный удельный вес критерия
Надежность поставки	0,30
Себестоимость сырья	0,25
Заявленное качество сырья	0,15
Условия платежа и необходимость последующего хранения сырья	0,15
Возможность внеплановых поставок и корректирующих совместных действий	0,10
Финансовое состояние поставщика и динамика отношений с покупателем	0,05

Таблица 8.4. Цены и условия поставки сырья

Показатели	Компания А	Компания В	Холдинг С
Цена 1 т сырья, руб.	600	600	400
Расстояние от компании М до склада поставщика, км	150	100	200
Тариф за 1 т·км перевозки, руб.	1,6	1,2	1,4
График поставки	Ежеквартально партиями по 250 т	Ежеквартально партиями по 250 т	Один раз в год партией 1000 т
Объем поставки, т/год	1000	1000	1000
Форма поставки	Груз пакетирован на поддонах	Коробки	Груз пакетирован на поддонах
Расходы на разгрузку, руб/т·ч	8,0	12,0	8,0
Время на разгрузку всего объема поставки, ч	6 (на партию)	8 (на партию)	20 (на весь объем заказа)

Таблица 8.5. Критерии оценки деятельности поставщиков

Параметр	Баллы	Критерий
<b>Надежность поставщика</b>		
Объем поставки	4	Доставлен полностью
	3	5 % не соответствует условиям доставки
	2	5–10 % не соответствует условиям доставки
	1	10–20 % не соответствует условиям доставки
	0	Более 20 % не соответствует условиям доставки
Время поставки	4	Весь объем поставки доставлен вовремя
	3	До 5 % объема поставок – за пределами допустимого
	2	5–10 % объема поставок – за пределами допустимого
	1	10–20 % объема поставок – за пределами допустимого
	0	Свыше 20 % объема поставок – за пределами допустимого
Сопроводительная документация	4	Нет отсутствующих номеров партий, упаковочных листов, ошибок в документации и пр.
	3	До 5 % объема поставок – с ошибками в документации
	2	5–10 % объема поставок – с ошибками в документации
	1	10–20 % объема поставок – с ошибками в документации
	0	Свыше 20 % поставок – с ошибками в документации
Состояние полученного сырья	4	Все сырье получено в надлежащем состоянии
	3	До 5 % сырья поступило с поломанными поддонами, нарушенной упаковкой или вмятых коробках
	2	5–10 % сырья поступило с поломанными поддонами, нарушенной упаковкой или вмятых коробках
	1	10–20 % сырья поступило с поломанными поддонами, нарушенной упаковкой или вмятых коробках
	0	Свыше 20 % сырья поступило с поломанными поддонами, нарушенной упаковкой или вмятых коробках
<b>Качество полученного сырья</b>		
Соответствие стандартам	4	Нет не принятого или не соответствующего стандартам качества сырья
	3	До 5 % сырья не соответствует стандартам качества
	2	5–10 % сырья не соответствует стандартам качества
	1	10–20 % сырья не соответствует стандартам качества
	0	Свыше 20 % сырья не соответствует стандартам качества
<b>Совместные действия с покупателем</b>		
Корректирующие действия	4	Ответ поставщика на рекламацию и осуществление корректировок в течение 20 дн.
	3	Ответ поставщика на рекламацию и осуществление корректировок в течение 21–30 дн.
	2	Ответ поставщика на рекламацию в течение 20 дн.
	1	Ответ поставщика на рекламацию в течение 21–30 дн.
	0	Нет ответа поставщика на рекламацию в течение более 30 дн.
Готовность на совместные действия	4	Готовность поставщика на существенные изменения сроков, стоимости и объема партий
	2	Готовность поставщика на несущественные изменения сроков, стоимости и объема партий
	0	Отрицание поставщиком возможности изменения сроков, стоимости и объема партий

Таблица 8.6. Результаты первого года работы поставщиков

Параметр	Компания А				Компания В				Холдинг С			
	Квартал				Квартал				Квартал			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Всего поставлено, т	250	250	250	250	250	250	250	250	1000	–	–	–
Объем поставки, балл	3	3	4	4	4	4	3	2	4	–	–	–
Время поставки, балл	2	3	4	4	4	4	3	3	4	–	–	–
Сопроводительная документация, балл	3	3	4	4	4	4	3	3	3	–	–	–
Состояние полученных партий, балл	3	4	4	4	3	3	3	2	4	–	–	–
Соответствие сырья стандартам, балл	4	4	4	4	4	4	4	4	3	–	–	–
Корректирующие действия, балл	3	4	4	4	4	4	3	3	2	–	–	–
Готовность на совместные действия, балл	4	4	4	4	4	4	4	3	0	–	–	–

Сложность выбора поставщика часто заключается в необходимости принимать решение в условиях неопределенности. Результат зависит от правильности учета влияния различных факторов на критерии выбора поставщика и их оценки экспертами покупателя. При этом в ходе совместной деятельности рейтинг поставщиков может измениться или начнется работа с несколькими поставщиками. Ниже приведен один из распространенных способов выбора оптимального источника поставок сырья.

**Расчет начальных рейтингов поставщиков.** Рассмотрим стандартные критерии выбора поставщика (см. табл. 8.3 в условии задачи) и различные варианты их оценки. Результат расчета начальных рейтингов поставщиков приведен в табл. 8.7.

**Критерий 1 «Надежность поставки».** Рейтинг холдинга С, осуществляющего предпоставку, при прочих равных условиях выше, чем рейтинг компаний А и В, предпоставка всего объема заказа более надежна.

**Критерий 2 «Себестоимость сырья».** При расчете себестоимости сырья имеет значение не только закупочная цена, но условия поставки, себестоимость транспортировки (если эта транспортировка выполняется покупателем) и необходимость грузопереработки. Себестоимость одной тонны сырья в данном случае можно определить по формуле

$$C_{ij} = P_{ij}V_{ij}N_{ij} + L_jq_{ij}V_{ij}N_{ij} + T_{ij}V_{ij}N_{ij}m_{ij} / V_{ij}N_{ij}, \quad (8.1)$$

где  $C_{ij}$  – себестоимость 1 т сырья  $i$  организации  $j$ , руб.;

$P_{ij}$  – закупочная цена 1 т сырья  $i$  у организации  $j$ , руб.;

$V_{ij}$  – объем разовой поставки сырья  $i$  от организации  $j$ , т;

$N_{ij}$  – количество поставок сырья  $i$  от организации  $j$ ;

$L_j$  – расстояние до склада поставщика  $j$ , км;  
 $q_{ij}$  – тариф за 1 км перевозки сырья  $i$  для организации  $j$ , руб/т·км;  
 $T_{ij}$  – время на разгрузку объема поставки сырья  $i$  организации  $j$ , ч;  
 $m_{ij}$  – удельные расходы на разгрузку сырья  $i$  организации  $j$ , руб/т·ч.

Таблица 8.7. Расчет начальных рейтингов поставщиков

Критерий выбора поставщика	Начальный удельный вес критерия	Компания А	Компания В	Холдинг С	Компания А	Компания В	Холдинг С
		Оценка критерия по пятибалльной шкале			Произведение веса критерия на оценку		
1. Надежность поставки	0,30	3	3	4	0,90	0,90	1,20
2. Себестоимость сырья	0,25	3	2	4	0,75	0,50	1,00
3. Заявленное качество сырья	0,15	4	4	4	0,60	0,60	0,60
4. Условия платежа и необходимость последующего хранения сырья	0,15	4	4	3	0,60	0,60	0,45
5. Возможность внеплановых поставок и корректирующих совместных действий	0,10	4	4	1	0,40	0,40	0,10
6. Финансовое состояние поставщика и динамика отношений с покупателем	0,05	4	4	4	0,20	0,20	0,20
Итого...	1,00				3,45	3,20	3,55
Место поставщика в соответствии с первоначальной оценкой					2	3	1

Так как в условии задачи не указан базис поставки, необходимо рассматривать два варианта формирования себестоимости сырья: с учетом и без учета расходов на транспортировку. Результаты расчетов себестоимости сырья для двух вариантов приведены в табл. 8.8. Очевидно, что третий поставщик в обоих вариантах предпочтительней первого, а первый поставщик предпочтительней второго.

Таблица 8.8. Себестоимость сырья

Себестоимость одной тонны сырья	Компания А	Компания В	Холдинг С
С учетом транспортных расходов, тыс. руб.	1032	1104	840
Без учета транспортных расходов, тыс. руб.	792	984	560

**Критерий 3 «Заявленное качество сырья».** Для всех поставщиков рейтинг по этому критерию одинаков.

**Критерий 4 «Условия платежа и необходимость последующего хранения сырья».** Поставка годового объема сырья требует соответствующих оплаты и затрат на хранение. Рейтинг первых двух организаций выше, чем рейтинг холдинга С.

**Критерий 5 «Возможность внеплановых поставок и корректирующих совместных действий».** Характер и условия первого года совместной деятельности организаций (компания М проводит исследования с ежеквартальной поставкой промышленных образцов) могут потребовать корректировок количества и качества поставляемого сырья. Рейтинг первых двух организаций должен быть значительно выше третьей.

**Критерий 6 «Финансовое состояние поставщика и динамика отношений с покупателем».** Холдинг С может быть значительно крупнее и финансово устойчивее компаний А и В. Но компания М уже имеет опыт работы с компаниями А и В и это может выравнять оценку всех трех организаций по этому критерию.

Итог расчета начальных рейтингов поставщиков – предпочтение отдано холдингу С.

**Выбор поставщиков по результатам совместной деятельности.** Неопределенность в отношениях с поставщиками может быть снижена проведением одновременных или повторяющихся закупок с целью выбора оптимального источника поставок сырья. В условии задачи приведена упрощенная модель, при которой контрагенты могут наладить взаимодействие на этапе отработки промышленных образцов в течение первого года совместной работы. В этом случае компания М имеет возможность наблюдать результаты действий своих контрагентов и отслеживать динамику развития показателей этой деятельности на основе принятых критериев оценки.

В результате первого года совместной деятельности оценка надежности компании А повысилась до четырех баллов, а оценка надежности компании В снизилась до двух баллов. Холдинг С не подтвердил качество своего сырья (оценка по этому критерию три балла) и не выразил на практике заинтересованность в заключении долгосрочного договора на поставку сырья. Расчет итоговых рейтингов поставщиков по результатам деятельности приведен в табл. 8.9. Наиболее предпочтительный поставщик – компания А. Приведенный вариант решения задачи имеет упрощенный характер. Важно отметить, что при выборе поставщика покупатель должен учитывать совокупность различных факторов и вынужден принимать решение в условиях неопределенности.

Таблица 8.9. Расчет итоговых рейтингов поставщиков по результатам деятельности

Критерий выбора поставщика	Начальный удельный вес критерия	Компания А	Компания В	Холдинг С	Компания А	Компания В	Холдинг С
		Оценка критерия по пятибалльной шкале			Произведение веса критерия на оценку		
1. Надежность поставки	0,30	4	2	4	1,20	0,60	1,20
2. Себестоимость сырья	0,25	3	2	4	0,75	0,50	1,00
3. Заявленное качество сырья	0,15	4	4	3	0,60	0,60	0,45
4. Условия платежа и необходимость последующего хранения сырья	0,15	4	4	3	0,60	0,60	0,45
5. Возможность внеплановых поставок и корректирующих совместных действий	0,10	4	4	1	0,40	0,40	0,10
6. Финансовое состояние поставщика и динамика отношений с покупателем	0,05	4	4	1	0,20	0,20	0,05
Итого...	1,00				3,75	2,90	3,25
Место поставщика в соответствии с оценкой					1	3	2

Анализ мировой практики взаимодействия производителей с поставщиками показывает, что при выборе оптимального источника поставок сырья наиболее важными критериями являются не только надежность, качество и себестоимость сырья, но и динамика развития отношений между организациями. Как правило, предпочтение отдается компаниям, с которыми имеется определенный опыт взаимодействия. Даже если вначале показатель по какому-то критерию не удовлетворяет договаривающиеся стороны, многолетние партнеры стараются достичь соглашения по необходимым параметрам и условиям поставки и платежа.

**Задание.** Службой логистики предприятия НТК было проведено исследование рынка материалов. В результате были отобраны три наиболее привлекательных поставщика. Оценка поставщиков проводилась по 10-балльной шкале по семи критериям: 1) своевременность поставок; 2) качество поставляемого товара; 3) условия платежа (наличный, безналичный расчет, векселя и т. д.); 4) финансовое состояние поставщика; 5) ценовой фактор; 6) сохранность груза; 7) возможность внеплановых поставок. Результаты отбора и веса частных критериев, полученные экспертным путем, представлены в табл. 8.10. Необходимо принять решение о заключении договора с одним из поставщиков.

Таблица 8.10. Результаты экспертного отбора поставщиков

Критерий	Удельный вес критерия	Оценки поставщиков		
		А	В	С
1	0,15	7	8	1
2	0,13	8	6	6
3	0,08	6	9	9
4	0,15	9	7	8
5	0,20	10	8	7
6	0,12	7	10	6
7	0,17	6	7	8

### Занятие 9. РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ РЕШЕНИЙ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЛОГИСТИКЕ

**Задание 1.** В зависимости от объема материального потока осуществите выбор между собственным или арендуемым складом, основываясь на следующей исходной информации. Условно-постоянные затраты эксплуатации собственного склада составляют 300 000 у. е/год, условно-переменные удельные затраты собственного склада – 16 у. е/т, условно-переменные удельные затраты арендного склада – 26 у. е/т.

Обозначим через  $Q$  объем грузопереработки (материального потока) на складе (т/год). Тогда издержки эксплуатации собственного склада  $Z_p$  составят:

$$Z_p = 300\,000 + 16Q.$$

Издержки арендного склада  $Z_s$  определяются равенством:

$$Z_s = 26Q.$$

Из равенства  $Z_p = Z_s$  найдем значение материального потока, для которого форма собственности склада не важна (точку безразличия  $Q^*$ ). Получим:

$$Q^* = 300\,000 : (26 - 16) = 30\,000 \text{ т/год.}$$

Если объем материального потока на складе  $Q < Q^*$ , то издержки эксплуатации арендного склада не больше издержек собственного склада, в противном случае ( $Q > Q^*$ ) целесообразно использовать собственный склад.

Этот вывод подтверждают графики издержек эксплуатации собственного и арендного склада (рис. 9.1).

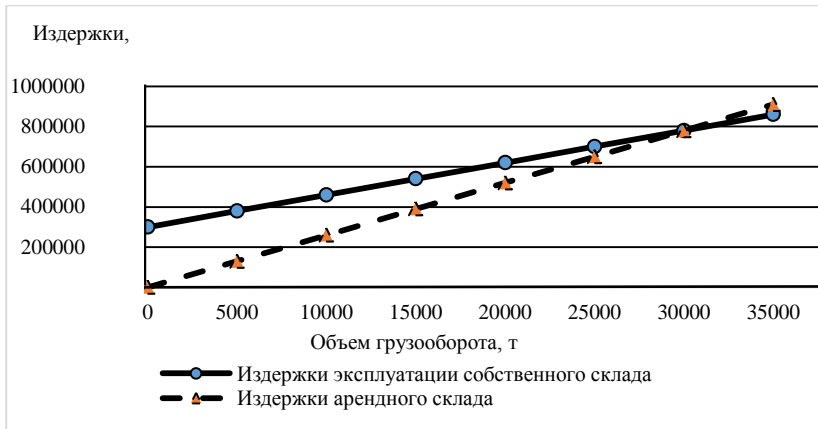


Рис. 9.1. Определение точки безразличия при выборе формы собственности склада

**Задание 2.** Аналитически и графически определить точку безубыточности склада оптово-торгового предприятия на основании данных, приведенных в табл. 9.1.

Таблица 9.1. Показатели деятельности оптово-торговой фирмы (для задания 2)

Показатель	Обозначение	Единица измерения	Значение
Средняя цена закупки товаров	$P$	у. е/т	600
Банковский процент за кредит	$k$	%	18
Торговая надбавка при продаже товаров на складе	$r$	%	8
Условно-постоянные издержки в год	$C_{\text{пост}}$	у. е.	10 000
Стоимость грузопереработки	$Z$	у. е/т	55

Для определения затрат аналитическим путем необходимо определить следующие показатели.

1. Доход предприятия  $D$ , у. е.:

$$D = P \left( 1 + \frac{k}{100} \right) \left( 1 + \frac{r}{100} \right) Q, \quad (9.1)$$

где  $P$  – средняя цена закупки товаров, у. е/т;

$k$  – годовая ставка процента банка за пользование кредитом, %;

$r$  – торговая надбавка при продаже товаров на складе, %;



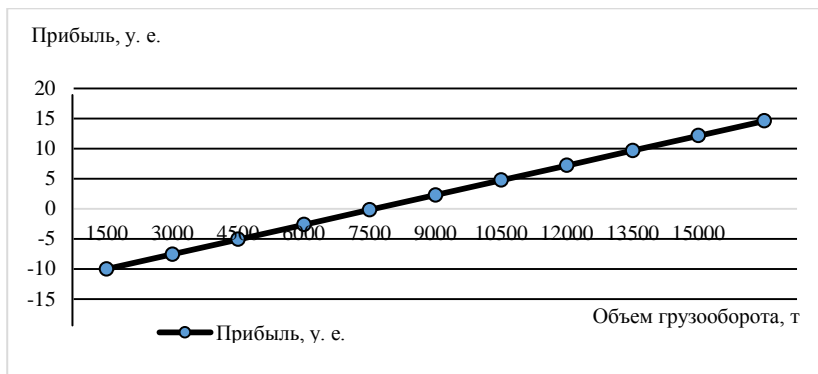


Рис. 9.2. Зависимость изменения прибыли от объема грузооборота

**Задание 3.** В зависимости от объема материального потока осуществите выбор между собственным или арендуемым складом, основываясь на следующей исходной информации. Условно-постоянные затраты эксплуатации собственного склада составляют 25 000 у. е/год, условно-переменные удельные затраты собственного склада – 15 у. е/т, условно-переменные удельные затраты арендного склада – 7 у. е/т.

**Задание 4.** Аналитически и графически определите точку безубыточности склада оптово-торгового предприятия на основании данных, приведенных в табл. 9.3.

Таблица 9.3. Показатели деятельности оптово-торговой фирмы (для задания 4)

Показатель	Обозначение	Единица измерения	Значение
Средняя цена закупки товаров	$P$	у. е/т	12 000
Банковский процент за кредит	$k$	%	21,50
Торговая надбавка при продаже товаров на складе	$r$	%	7,38
Условно-постоянные издержки	$C_{\text{пост}}$	у. е.	800 560
Стоимость грузопереработки	$Z$	у. е/т	1 021

## Занятие 10. ВЫБОР МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ ОПТОВОГО СКЛАДА. МЕТОД АВС

**Выбор места расположения оптового склада.** Одна из фундаментальных логистических задач – определение места расположения оптового (распределительного) склада в регионе.

Величина транспортных расходов может существенно меняться в зависимости от места расположения складов на обслуживаемой территории.

Задача размещения оптового склада приобретает актуальность при наличии развитой транспортной сети, так как в противном случае решение скорее всего будет очевидным. Например, если на территории района есть только две пересекающиеся магистрали, вдоль которых расположены все потребители, то, очевидно, оптовый склад целесообразно разместить на пересечении магистралей.

Задача размещения оптовых складов может быть сформулирована как поиск оптимального решения, или же как поиск субоптимального (близкого к оптимальному) решения. Наукой и практикой выработаны разнообразные методы решения задач обоих видов. Среди них:

- 1) метод полного перебора;
- 2) эвристические методы.

**Метод полного перебора.** Задача выбора оптимального места расположения решается полным перебором и оценкой всех возможных вариантов размещения оптовых складов и выполняется на ЭВМ методами математического программирования. Однако на практике в условиях разветвленных транспортных сетей метод может оказаться неприменим, так как число возможных вариантов по мере увеличения масштабов сети, а с ними и трудоемкость решения растут по экспоненте.

**Эвристические методы.** Гораздо менее трудоемки субоптимальные, или так называемые эвристические методы определения места размещения оптовых складов. Эти методы эффективны для решения больших практических задач; они дают близкие к оптимальным результаты при невысокой сложности расчетов, однако не обеспечивают отыскания оптимального решения. Название «эвристические» означает, что в основе методов лежит человеческий опыт и интуиция (в отличие от формальной процедуры, лежащей в основе метода полного перебора). По существу, метод основан на предварительном отказе от очевидно неприемлемых вариантов. Опытный специалист-эксперт, работая в диалоговом режиме с ЭВМ, анализирует транспортную сеть района и непригодные, на его взгляд, варианты исключает из задания

машины. Таким образом, проблема сокращается до управляемых размеров с точки зрения количества альтернатив, которые необходимо оценить. Остаются только спорные варианты, по которым у эксперта нет однозначного мнения. Для этих вариантов ЭВМ выполняет расчеты по полной программе.

При необходимости определения координат одного оптового склада в регионе задача значительно упрощается. Для ее решения следует знать:

- месторасположение (координаты  $x_i, y_i$ ) фирм-производителей и потребителей (клиентов) данной продукции;
- объемы поставок продукции ( $Q_i$ );
- маршруты доставки (характеристику транспортной сети);
- затраты (тарифы) на транспортные услуги ( $T_i$ ).

**Задание 1.** Определите координаты склада при различных вариантах и способах учета расстояний между объектами (кратчайшего расстояния, «манхэттенского расстояния») на основе исходных данных, представленных в табл. 10.1.

Таблица 10.1. Исходная информация для задания 1\*

Пункт	Координаты, км		Тариф за перевозку $T$ , руб/т·км	Объем поставки (потребления) $Q$ , т
	$x_i$	$y_i$		
<b>Поставщики</b>				
A <sub>1</sub>	159	390	0,82	600
A <sub>2</sub>	390	650	0,59	270
A <sub>3</sub>	715	286	2,17	330
Итого...				1200
<b>Потребители</b>				
A <sub>4</sub>	195	163	1,33	345
A <sub>5</sub>	273	546	1,33	188
A <sub>6</sub>	520	429	1,33	113
A <sub>7</sub>	585	130	1,33	165
A <sub>8</sub>	650	715	1,33	240
Итого...				1051

\*При определении координат склада методом «манхэттенского расстояния» склады не могут быть размещены у потребителей в пунктах A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub> и A<sub>8</sub>.

Данное задание решается по следующим формулам.

**Метод кратчайшего расстояния.**

$$r_{ij} = \sqrt{(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2}, \quad (10.1)$$

где  $r_{ij}$  – расстояние, которое проходит транспортное средство между двумя точками;

$x_i, x_c$  – абсцисса  $i$ -го элемента системы распределения и склада;

$y_i, y_c$  – ордината  $i$ -го элемента системы распределения и склада.

$$P_i = \sum Q_{ij} r_{ij}, \quad (10.2)$$

где  $Q_{ij}$  – объем грузопереработки;

$P_i$  – объем транспортной работы.

Координаты склада выбираются в том элементе распределительной сети, в котором будет наименьшая транспортная работа.

**Метод «манхэттенского расстояния».**

$$P_i \left\{ \begin{array}{l} Q_i |x_i - x_c| \\ Q_i |y_i - y_c| \end{array} \right. \quad (10.3)$$

Координаты склада выбираются в том элементе распределительной сети, для которого будет характерна наименьшая транспортная работа.

Решение задания с использованием первого метода представлено в табл. 10.2.

Исходя из представленного результата, склад целесообразно располагать в пункте  $A_1$ , так как в данном случае транспортная работа будет наименьшей (660 879 т·км).

Решение задания по второму методу представлено в табл. 10.3, из которой видно, что склад выгоднее размещать в пункте  $A_1$ . Это позволит минимизировать объем транспортной работы (до 846 095 т·км).

Таблица 10.2. Решение задания 1 с использованием метода кратчайшего расстояния

Пункт	$Q_i$ , т	Расстояние между пунктами, км							
		$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$A_7$	$A_8$
Координаты склада		(159; 390)	(390; 650)	(715; 286)	(195; 163)	(273; 546)	(520; 429)	(585; 130)	(650; 715)
$A_1$	600	0	348	566	230	193	363	499	589
$A_2$	270	348	0	488	525	157	256	555	268
$A_3$	330	566	488	0	534	513	242	203	434
$A_4$	345	230	525	534	0	391	420	391	715
$A_5$	188	193	157	513	391	0	273	520	413
$A_6$	113	363	256	242	420	273	0	306	314
$A_7$	165	499	555	203	391	520	306	0	589
$A_8$	240	589	268	434	715	413	314	589	0
Транспортная работа, т·км	<b>660879</b>	765050	916862	813080	678105	689047	925035	1025924	

Таблица 10.3. Решение задания 1 с использованием метода «манхэттенского расстояния»

Номер пункта	$Q_i$	$x_i$	$A_1$		$A_2$		$A_3$		$A_4$		$A_5$	
			$x_c = 159$		$x_c = 390$		$x_c = 715$		$x_c = 195$		$x_c = 273$	
			$ x_i - x_c $	$dx_i Q_i$	$ x_i - x_c $	$dx_i Q_i$	$ x_i - x_c $	$dx_i Q_i$	$ x_i - x_c $	$dx_i Q_i$	$ x_i - x_c $	$dx_i Q_i$
$A_1$	600	159	0	0	231	138600	556	333600	36	21600	114	68400
$A_2$	270	390	231	62370	0	0	325	87750	195	52650	117	31590
$A_3$	330	715	556	183480	325	107250	0	0	520	171600	442	145860
$A_4$	345	195	36	12420	195	67275	520	179400	0	0	78	26910
$A_5$	188	273	114	21432	117	21996	442	83096	78	14664	0	0
$A_6$	113	520	361	40793	130	14690	195	22035	325	36725	247	27911
$A_7$	165	585	426	70290	195	32175	130	21450	390	64350	312	51480
$A_8$	240	650	491	117840	260	62400	65	15600	455	109200	377	90480
$P$ по оси $X$			–	508625	–	444386	–	742931	–	470789	–	442631
Номер пункта	$Q_i$	$x_i$	$A_1$		$A_2$		$A_3$		$A_4$		$A_5$	
			$y_c = 390$		$y_c = 650$		$y_c = 286$		$y_c = 163$		$y_c = 546$	
			$ y_i - y_c $	$dy_i Q_i$	$ y_i - y_c $	$dy_i Q_i$	$ y_i - y_c $	$dy_i Q_i$	$ y_i - y_c $	$dy_i Q_i$	$ y_i - y_c $	$dy_i Q_i$
$A_1$	600	390	0	0	260	156000	104	62400	227	136200	156	93600
$A_2$	270	650	260	70200	0	0	364	98280	487	131490	104	28080
$A_3$	330	286	104	34320	364	120120	0	0	123	40590	260	85800
$A_4$	345	163	227	78315	487	168015	123	42435	0	0	383	132135
$A_5$	188	546	156	29328	104	19552	260	48880	383	72004	0	0
$A_6$	113	429	39	4407	221	24973	143	16159	266	30058	117	13221
$A_7$	165	130	260	42900	520	85800	156	25740	33	5445	416	68640
$A_8$	240	715	325	78000	65	15600	429	102960	552	132480	169	40560
$P$ по оси $Y$			–	337470	–	590060	–	396854	–	548267	–	462036
$P$			–	<b>846095</b>	–	1034446	–	1139785	–	1019056	–	904667

**Задание 2.** Определите координаты склада методом «центра тяжести грузовых потоков» и методом «центра равновесной системы транспортных затрат» на основе данных табл. 10.4.

Таблица 10.4. Исходные данные для задания 2

Исходные данные			
$x_i$	$y_i$	$T_i$	$Q_i$
10	55	0,1	20
35	25	0,2	40
45	40	0,1	30
15	30	0,3	8
20	50	0,2	12
25	15	0,1	15
30	45	0,1	13
40	50	0,2	5
45	10	0,2	7
55	30	0,3	10

**Метод «центра тяжести грузовых потоков».** Место расположения оптового склада определяется в виде координат центра тяжести грузовых потоков, когда тарифы на транспортные услуги постоянны и одинаковы для всех поставщиков и потребителей по формулам:

$$A_x = \frac{\sum Q_i x_i}{\sum Q_i}; \quad (10.4)$$

$$A_y = \frac{\sum Q_i y_i}{\sum Q_i}, \quad (10.5)$$

где  $A_x, A_y$  – координаты оптового склада.

**Метод «центра равновесной системы транспортных затрат».** Применяется, когда тарифы на транспортные услуги различны. Расчет координат склада производится по формулам:

$$A_x = \frac{\sum T_i Q_i x_i}{\sum T_i Q_i}; \quad (10.6)$$

$$A_y = \frac{\sum T_i Q_i y_i}{\sum T_i Q_i}. \quad (10.7)$$

Суммирование в формулах производится от  $i = 1$  до  $n$ , где  $n$  – общее количество поставщиков и потребителей.

Вспомогательные расчеты выполнены в табл. 10.5.

Таблица 10.5. Выполнение расчетов для определения координат оптового склада методом «центра тяжести грузовых потоков» и методом «центра равновесной системы транспортных затрат»

Исходные данные				По формулам (10.4), (10.5)		По формулам (10.6), (10.7)		
$x_i$	$y_i$	$T_i$	$Q_i$	$Q_i x_i$	$Q_i y_i$	$T_i Q_i x_i$	$T_i Q_i$	$T_i Q_i y_i$
10	55	0,1	20	200	1100	20	2	110
35	25	0,2	40	1400	1000	280	8	200
45	40	0,1	30	1350	1200	135	3	120
15	30	0,3	8	120	240	36	2,4	72
20	50	0,2	12	240	600	48	2,4	120
25	15	0,1	15	375	225	37,5	1,5	22,5
30	45	0,1	13	390	585	39	1,3	58,5
40	50	0,2	5	200	250	40	1	50
45	10	0,2	7	315	70	63	1,4	14
55	30	0,3	10	550	300	165	3	90
Итого...	x	x	160	5140	5570	863,5	26	857

Метод «центра тяжести грузовых потоков»:

$$A_x = 5140 : 160 = 32,1 \text{ (км);}$$

$$A_y = 5570 : 160 = 34,8 \text{ (км).}$$

Координаты оптового склада [32,1; 34,8].

Метод «центра равновесной системы транспортных затрат»:

$$A_x = 863,5 : 26 = 33,2 \text{ (км);}$$

$$A_y = 857 : 26 = 33,0 \text{ (км).}$$

Координаты оптового склада [33,2; 33,0].

Выполните самостоятельно расчеты по определению координат оптового склада методом «центра тяжести грузовых потоков» и методом «центра равновесной системы транспортных затрат» по данным табл. 10.1 и сравните полученные результаты с результатами решения задания 1.

**Задание 3. Метод ABC.** В логистике широко используется метод контроля и управления запасами – метод ABC, получивший также названия «правило Парето» и «правило 80/20». Метод ABC – способ формирования и контроля за состоянием запасов, заключающийся в разбиении номенклатуры реализуемых товарно-материальных ценностей на три неравнозначных подмножества А, В, С.

Суть данного метода состоит в том, что вся номенклатура материальных ресурсов располагается в порядке убывания суммарной стоимости всех позиций на складе. При этом цену единицы запаса умножают на его количество на складе и составляют список в порядке убывания произведений. Затем подразделяют все позиции номенклатуры на три группы – А, В, С (табл. 10.6).

Таблица 10.6. Упорядочение запасов по методу ABC (задание 3)

Первичный список			Упорядоченный список				Группа
№ позиции	средний запас по позиции, у. д. е.	доля позиции в общем запасе, %	№ позиции	средний запас по позиции, у. д. е.	доля позиции в общем запасе, %	доля нарастающим итогом, %	
1	100	1,0	8	2250	22,5	22,5	А
2	20	0,2	11	1950	19,5	42,0	
3	210	2,1	18	1870	18,7	60,7	
4	1650	16,5	4	1650	16,5	77,2	
5	50	0,5	17	370	3,7	80,9	В
6	110	1,1	10	310	3,1	84,0	
7	40	0,4	15	270	2,7	86,7	
8	2250	22,5	3	210	2,1	88,8	
9	90	0,9	20	200	2,0	90,8	
10	310	3,1	14	180	1,8	92,6	
11	1950	19,5	12	120	1,2	93,8	С
12	120	1,2	6	110	1,1	94,9	
13	60	0,6	1	100	1,0	95,9	
14	180	1,8	9	90	0,9	96,8	
15	270	2,7	19	80	0,8	97,6	
16	70	0,7	16	70	0,7	98,3	
17	370	3,7	13	60	0,6	98,9	
18	1870	18,7	5	50	0,5	99,4	
19	80	0,8	7	40	0,4	99,8	
20	200	2,0	2	20	0,2	100,0	
Итого...	10000	100,0	х	х	х	х	х

В группу А относят позиции номенклатуры, составляющие 60–80 % от стоимости всех запасов и 10–20 % от их общего количества. Позиции номенклатуры, отнесенные к группе А, немногочисленны, но на них приходится преобладающая часть денежных средств, вложенных в запасы. Основное внимание при контроле, нормировании и управлении запасами должно быть уделено группе А. Для этой группы целесообразно осуществлять постоянный (ежедневный) контроль за уровнем запаса. Это особая группа с точки зрения определения величины заказа, затрат на доставку и хранение.

В группу В относят позиции номенклатуры, сумма стоимости которых составляет примерно 10–20 %, а количество – 20–30 %. К этой группе относятся запасы, занимающие среднее положение. По сравнению с группой А, эти запасы требуют меньшего внимания: производится обычный контроль текущего запаса на складе и своевременности заказа.

В группу С относят позиции номенклатуры, сумма стоимости которых составляет примерно 5–20 %, а количество – 50–70 %. Таким образом, позиции номенклатуры, отнесенные к группе С, наиболее многочисленны, но на них приходится незначительная часть финансовых средств, вложенных в запасы. По позициям группы С, как правило, не ведется текущий учет, проверка наличия осуществляется периодически (раз в месяц, квартал, полугодие), не выполняются расчеты размера заказа и интервала времени между ними.

**Задание 4.** Определите координаты склада при различных вариантах и способах учета расстояний между объектами (кратчайшего расстояния, «манхэттенского расстояния») на основе исходных данных, представленных в табл. 10.7.

Таблица 10.7. Исходная информация для задания 4\*

Пункт	Координаты, км		Тариф за перевозку $T$ , руб/т·км	Объем поставки (потребления) $Q$ , т
	$x_i$	$y_i$		
<b>Поставщики</b>				
$A_1$	180	320	0,50	500
$A_2$	310	510	0,45	280
$A_3$	560	120	0,80	320
Итого...				1100
<b>Потребители</b>				
$A_4$	250	225	0,70	130
$A_5$	110	410	0,70	220
$A_6$	300	230	0,70	300
$A_7$	410	160	0,70	300
$A_8$	320	500	0,70	150
Итого...				1100

\*При определении координат склада методом «манхэттенского расстояния» склады не могут быть размещены у потребителей в пунктах  $A_6$ ,  $A_7$  и  $A_8$ .

**Задание 5.** Определите координаты склада методом «центра тяжести грузовых потоков» и методом «центра равновесной системы транспортных затрат» на основе исходных данных, представленных в табл. 10.8.

Таблица 10.8. Исходные данные для задания 5

Координаты фирм-производителей продукции		Тарифы на транспортные услуги, $T_i$	Объемы поставок продукции, $Q_i$
$x_i$	$y_i$		
35	35	0,4	50
30	40	0,3	60
25	25	0,5	70
35	20	0,3	80
20	10	0,4	60
15	15	0,3	50

**Задание 6.** На основании первичного списка составить упорядоченный список запасов и разделить их на группы А, В, С (табл. 10.9).

Таблица 10.9. Упорядочение запасов по методу ABC (задание 6)

Первичный список			Упорядоченный список				Группа
№ позиции	средний запас по позиции, у. д. е.	доля позиции в общем запасе, %	№ позиции	средний запас по позиции, у. д. е.	доля позиции в общем запасе, %	доля нарастающим итогом, %	
1	55						
2	80						
3	100						
4	120						
5	150						
6	250						
7	365						
8	420						
9	120						
10	70						
11	50						
12	45						
13	155						
14	185						
15	145						
16	135						
17	240						
18	310						
19	305						
20	470						
Итого...	3770		x	x	x	x	x

## Занятие 11. УПРАВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНЫМИ ЗАПАСАМИ С ПОМОЩЬЮ ABC-XYZ-АНАЛИЗА

ABC-анализ основан на данных о средних величинах спроса за установленный период, поэтому использование данного метода не позволяет спрогнозировать величину спроса на товары. Этот недостаток устраняет метод ABC-XYZ-анализа. Рассмотрим применение данного метода на следующем примере (табл. 11.1).

Таблица 11.1. Результаты сбора информации по девяти видам продукции

Неделя	Продукт								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	53	284	252	27	145	1235	567	121	987
2	64	301	260	32	208	1098	664	87	777
3	82	251	189	23	177	987	548	223	743
4	41	333	221	22	195	1154	602	304	680
5	73	276	232	27	211	1559	530	76	634
6	18	259	195	30	179	1209	650	377	655
7	40	242	217	31	205	993	612	156	598
8	53	310	225	23	187	1313	608	198	603
9	52	311	186	28	156	1405	596	94	621
10	21	336	265	23	182	1009	637	355	564
11	67	258	245	25	171	985	555	187	559
12	50	277	212	28	169	1237	589	209	519
13	22	263	224	31	210	1119	601	304	485
Объем повторного заказа	302	1220	1050	160	1120	6100	2520	900	4400
Объем заказа	450	2000	1500	245	1450	7900	4500	1950	6400
Стоимость единицы, у. е.	45,25	0,2	8,75	32,6	12,25	6,5	28,5	36	4,2
Стандартное отклонение	19,4	29,7	24,8	3,3	20,2	168,6	38,1	97,9	125,7
Среднее значение	49	285	225	27	184	1177	597	207	648
Коэффициент вариации	39,6	10,4	11,0	12,4	11,0	14,3	6,4	47,3	19,4

Прогнозируемость величины спроса на товар определяется с помощью коэффициента вариации спроса на товар:

$$\eta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \cdot 100\% , \quad (11.1)$$

где  $i$  – номер интервала;

$n$  – число интервалов, на которое разбивается заданный период;

$x_i$  – значение величины спроса по товарной позиции за  $i$ -й интервал времени;

$\bar{x}$  – среднее значение величины спроса по товарной позиции за один интервал времени в течение установленного периода.

При осуществлении расчетов в программе Microsoft Excel для определения стандартного отклонения используются статистические функции СТАНДОТКЛОНП или СТАНДОТКЛОНПА, среднего значения – СРЗНАЧ (диапазон значений соответствует количеству каждого продукта за исследуемый период). Коэффициент вариации определяется как отношение стандартного отклонения к среднему значению показателя, выраженное в процентах. В зависимости от значений коэффициента вариации товары разбиваются на группы X, Y, Z (табл. 11.2).

Таблица 11.2. Группы товаров XYZ-анализа

Группа	Значения коэффициента вариации	Номера товаров	Прогнозируемость спроса
X	$0\% \leq \eta \leq 10\%$	7	Хорошая
Y	$10\% < \eta \leq 25\%$	2, 3, 4, 5, 6, 9	Удовлетворительная
Z	$25\% < \eta$	1, 8	Неудовлетворительная

В табл. 11.3 представлены результаты ABC-анализа.

Таблица 11.3. Группы товаров ABC-анализа

Продукт	Первичный список				Упорядоченный список				Группа товаров
	Среднее количество товара	Стоимость единицы товара, у. е.	Стоимость группы товаров, у. е.	Доля группы товаров в общей стоимости товаров, %	Продукт	Стоимость группы товаров, у. е.	Доля группы товаров в общей стоимости товаров, %	Доля группы товаров в общей стоимости товаров нарастающим итогом, %	
1	49	45,25	2214	5,2	7	17010	40,3	40,3	A
2	285	0,2	57	0,1	6	7652	18,1	58,4	
3	225	8,75	1967	4,7	8	7452	17,7	76,1	
4	27	32,6	878	2,1	9	2722	6,4	82,5	
5	184	12,25	2257	5,3	5	2257	5,3	87,9	B
6	1177	6,5	7652	18,1	1	2214	5,2	93,1	
7	597	28,5	17010	40,3	3	1967	4,7	97,8	C
8	207	36	7452	17,7	4	878	2,1	99,9	
9	648	4,2	2722	6,4	2	57	0,1	100,0	
Итого...			42208	100,0		42208	100		

По итогам ABC-XYZ-анализа заполняется матрица (табл. 11.4).

Таблица 11.4. Матрица ABC-XYZ-анализа

AX 7	AY 6	AZ 8
BX –	BY 3, 5, 9	BZ 1
CX –	CY 2, 4	CZ –

В соответствующую клетку матрицы вносятся наименования товаров, одновременно относящиеся к двум группам, например А и Y.

Матрица позволяет охарактеризовать спрос на товары по величине и прогнозируемости. Например, для товаров группы AX характерен высокий спрос и хорошая прогнозируемость спроса. Товары группы CZ отличаются невысоким спросом и неудовлетворительной прогнозируемостью.

Расчет размера заказа приведен в табл. 11.5.

Таблица 11.5. Расчет размера заказа

Продукт	Среднее количество товара (средний спрос за неделю)	Максимальный спрос за неделю на товар	Время поставки, нед	Возможная задержка поставки, нед	Потребление за неделю для расчета размера заказа	Размер заказа, рассчитанный после применения ABC-XYZ-анализа	Прежний размер заказа	Цена единицы товара, у. е.	Полученная экономия, у. е.
1	49	82	1	0,29	Макс.	105	302	45,25	8895
2	285	336	1	0,29	Среднее	366	1220	0,2	171
3	225	265	1	0,29	Макс.	341	1050	8,75	6206
4	27	32	1	0,29	Среднее	35	160	32,6	4088
5	184	211	1	0,29	Макс.	271	1120	12,25	10397
6	1177	1559	1	0,29	Макс.	2004	6100	6,5	26621
7	597	664	1	0,29	Среднее	767	2520	28,5	49950
8	207	377	1	0,29	Макс.	485	900	36	14950
9	648	987	1	0,29	Макс.	1269	4400	4,2	13150
Итого...									134428

Для определения величины максимального спроса за неделю используется статистическая функция МАКС. Размер заказа, рассчитанный после применения ABC-XYZ-анализа, определяется как произве-

дение времени поставки и возможной задержки поставки и среднего (или максимального) спроса за неделю на товар.

Полученная экономия рассчитывается как произведение разницы между прежним размером заказа и размером заказа, рассчитанным после применения ABC-XYZ-анализа и цены единицы товара. В нашем примере полученная экономия составит 134 428 у. е.

**Задание.** Выполнить расчеты методом ABC-XYZ-анализа на основании данных табл. 11.6.

Таблица 11.6. Результаты сбора информации по девяти видам продукции

Неделя	Продукт								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	59	274	242	37	155	1245	557	131	977
2	60	351	220	22	218	1088	644	97	787
3	80	231	149	33	127	977	568	233	763
4	45	313	291	42	175	1134	612	314	670
5	74	286	242	37	231	1549	540	86	664
6	16	249	155	50	159	1219	630	387	685
7	47	262	227	61	235	973	682	146	578
8	58	380	295	43	167	1323	678	188	633
9	54	321	146	58	136	1425	586	74	621
10	22	346	275	24	192	1019	647	365	574
11	66	248	255	26	181	995	565	167	549
12	51	287	222	29	179	1247	579	239	529
13	23	253	234	32	220	1129	621	344	475
Объем повторного заказа	312	1210	1070	170	1160	6300	2540	910	4300
Объем заказа	440	2100	1600	255	1460	7700	4600	1960	6200
Стоимость единицы, у. е.	47,3	0,3	9,75	33,6	13,3	7,5	29,5	35	5,2

## Занятие 12. ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СООТНОШЕНИЯ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ И ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

К важнейшим характеристикам систем массового обслуживания (СМО) относятся:

$\lambda$  – среднее число требований, поступающих на обслуживание в единицу времени (интенсивность входящего потока);

$S$  – число обслуживающих приборов;

$\mu$  – среднее число требований, обслуживаемых одним прибором в единицу времени (интенсивность обслуживания);

$k$  – число требований, поступающих на обслуживание за период  $t$ ;

$n$  – среднее число требований, ожидающих обслуживания в очереди;

$m$  – среднее число свободных приборов;

$\varphi = \frac{\lambda}{\mu S}$  – суммарная загрузка системы.

При значении  $\varphi$  больше 1 очередь растет неограниченно, так как интенсивность входящего потока требований на обслуживание выше общей интенсивности обслуживания; установившегося режима в системе не существует, и такой вариант отвергается.

Очевидно, что очередей прибывающих машин можно избежать, используя достаточно большое число обслуживающих приборов (погрузочно-разгрузочных машин). Но каждый дополнительный прибор требует определенных затрат, и из соображений экономии небольшая очередь может быть оправдана.

Предположим,  $C_1$  – убытки от простоя в ожидании обслуживания одного требования в единицу времени и  $C_2$  – убытки от простоя одного обслуживающего прибора. Тогда функция суммарных потерь как некоторый критерий оптимальности СМО определяется из выражения:

$$C(S) = C_1 n + C_2 m \rightarrow \min, \quad (12.1)$$

где  $C_1 n$  – стоимость убытков от простоя требований в очереди;

$C_2 m$  – стоимость убытков от недогрузки приборов.

Во-первых, минимум выражения (12.1) может быть найден путем непосредственного сравнения значений функции нескольких целочисленных значений аргумента  $S$ .

Во-вторых, ввиду большой сложности реальных ситуаций при построении экономико-математической модели массового обслуживания многими факторами приходится пренебрегать, так что полученное решение может оказаться лишь приближенно оптимальным.

Фундаментальная роль вероятностных суждений объясняется тем, что в теории массового обслуживания моделируются лишь те процессы, для которых моменты поступления требований и (или) продолжительность обслуживания этих требований – случайные величины.

Математический аппарат теории содержит наиболее простые выкладки при условии распределения вероятностей поступления числа требований на обслуживание по закону Пуассона, а времени обслуживания – по показательному закону:

$$P(k) = \frac{(\lambda t)^k e^{-\lambda t}}{k!}, \quad \lambda > 0, \quad k = 0, 1, 2, \dots; \quad (12.2)$$

$$P(\tau < t) = 1 - e^{-\mu t}, \quad \mu > 0, \quad 0 \leq t < \infty. \quad (12.3)$$

Функциональные характеристики СМО рассчитываются по следующим зависимостям:

$$m = (1 - \varphi)S; \quad (12.4)$$

$$n = \frac{S^S \varphi^{S+1}}{S!(1 - \varphi)^2} P_0; \quad (12.5)$$

$$P_0 = \left( \frac{S^S \varphi^S}{S!(1 - \varphi)} + \sum_{k=1}^{S-1} \frac{S^k \varphi^k}{k} \right)^{-1}. \quad (12.6)$$

Легко заметить, что в зависимостях (12.4), (12.5), (12.6) в качестве аргументов выступают два взаимосвязанных параметра  $\varphi$  и  $S$ , различные значения которых и определяют в итоге критерий экономичности системы, так как стоимостные показатели  $C_1$  и  $C_2$  формируются, как правило, вне системы.

Требуется обосновать оптимальное число погрузчиков, необходимое для загрузки автомобилей, прибывающих на склад (базу), по следующим данным: стоимость простоя автомобиля  $C_1 = 6,2$  руб/ч; стоимость простоя погрузчика  $C_2 = 4,1$  руб/ч; среднее время, затрачиваемое на загрузку автомобиля,  $t = 0,45$  ч. Интенсивность прибытия автомобилей на базу характеризуется данными, представленными в табл. 12.1.

Таблица 12.1. Интенсивность прибытия автомобилей на базу

Показатели	Значения показателей						
Число прибывающих автомобилей	1	2	3	4	5	6	7
Наблюдаемая частота прибытия, $f$	9	11	15	28	21	6	5

На листе Excel необходимо внести в таблицу исходные данные (рис. 12.1).

Расчет средней интенсивности прибытия автомобилей производится по формуле

$$\lambda_{\text{cp}} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i f_i}{\sum_{i=1}^n f_i}. \quad (12.7)$$

В выражение (12.7) подставляются исходные данные:

$$\lambda_{\text{ср}} = \frac{1 \cdot 9 + 2 \cdot 11 + 3 \cdot 15 + 4 \cdot 28 + 5 \cdot 21 + 6 \cdot 6 + 7 \cdot 5}{100} = 3,8 \text{ автомобиля/ч.}$$

	А	В
1	Таблица 12.1 - Исходные данные для задания 1	
2		
3	Число прибывающих автомобилей $\lambda$	Наблюдаемая частота прибытия $f$ , %
4	1	9
5	2	11
6	3	15
7	4	28
8	5	21
9	6	6
10	7	5
11	Стоимость простоя автомобиля $C_1$ , руб/ч	7,0
12	Стоимость простоя погрузчика $C_2$ , руб/ч	4,5
13	Среднее время на погрузку автомобиля $t$ , ч	0,5

Рис. 12.1. Исходные данные

Расчет средней интенсивности прибытия  $\lambda_{\text{ср}}$  представлен в ячейке В18: =СУММПРОИЗВ(А4:А10;В4:В10)/СУММ(В4:В10).

Необходимо определить среднее число автомобилей, загружаемых за 1 ч одним погрузчиком (интенсивность обслуживания), по формуле

$$\mu = \frac{1}{t}. \quad (12.8)$$

Данный показатель равен 2,00 и рассчитан в ячейке В19 с помощью выражения =1/В13.

Результаты расчетов представлены на рис. 12.2.

	А	В	С	Д	Е	Ф	Г
15	Таблица 12.2 - Решение задания 1						
16							
17	Показатели	Значения	Формула для расчета	Значения			
18	Средняя интенсивность прибытия $\lambda_{\text{ср}}$ , автомобилей/ч	3,8	=СУММПРОИЗВ(А4:А10;В4:В10)/СУММ(В4:В10)				
19	Среднее число автомобилей, загружаемых за 1 ч одним погрузчиком (интенсивность обслуживания), $\mu$	2,00	=1/В13				

Рис. 12.2. Результаты расчетов

По выражению (12.9) необходимо определить суммарную загрузку системы для различного числа погрузчиков  $S$ :

$$\varphi = \frac{\lambda}{\mu S}. \quad (12.9)$$

Например, для двух погрузчиков суммарная загрузка составляет  $3,8 : (2,00 \cdot 2) = 0,96$ . Данный показатель рассчитан в ячейке B21 с помощью выражения  $=B\$18/(\$B\$19*B20)$ . Аналогичным образом необходимо рассчитать суммарную загрузку при 3, 4, 5 погрузчиках. Результаты расчета представлены на рис. 12.3.

	A	B	C	D	E	F	G
20	Число погрузчиков $S$	2		3	4	5	6
21	Суммарная загрузка $\varphi$	0,96	$=B\$18/(\$B\$19*B20)$	0,64	0,48	0,38	0,32

Рис. 12.3. Результаты расчета суммарной загрузки погрузчиков

По формуле (12.4) необходимо определить число незанятых погрузчиков. Например, для двух погрузчиков это число составляет  $(1 - 0,96) \cdot 2 = 0,08$ . Данный показатель рассчитан в ячейке B22 с помощью выражения  $=(1-B21)*B20$ . Аналогичным образом необходимо рассчитать число незанятых погрузчиков при 3, 4, 5 погрузчиках.

Вероятность простоя системы рассчитывается по формуле

$$P_{0,2} = \left( \frac{S^S \varphi^S}{S!(1 - \varphi)} + S\varphi \right)^{-1}. \quad (12.10)$$

Например, для двух погрузчиков вероятность составляет

$$P_{0,2} = \left( \frac{2^2 \cdot 0,96^2}{2!(1 - 0,96)} + 2 \cdot 0,96 \right)^{-1} = 0,022.$$

Данный показатель рассчитан в ячейке B23 с помощью выражения  $=(B20^B20*B21^B20/(ФАКТР(B20)*(1-B21))+B20*B21)^(-1)$ .

Аналогичным образом необходимо рассчитать вероятность простоя системы при 3, 4, 5 погрузчиках.

Результаты расчетов представлены на рис. 12.4.

	A	B	C	D	E	F	G
20	Число погрузчиков $S$	2		3	4	5	6
21	Суммарная загрузка $\Phi$	0,96	$=SBS18/(SBS19*B20)$	0,64	0,48	0,38	0,32
22	Число незанятых погрузчиков $m$	0,08	$=(1-B21)*B20$	1,08	2,08	3,08	4,08
23	Вероятность простоя системы $P_0$	0,022	$=(B20*B20*B21*(B20*(ФАКТР(B20)*(1-B21))+B20*B21)^(-1))$	0,194	0,334	0,442	0,496

Рис. 12.4. Результаты расчета числа незанятых погрузчиков и вероятности простоя системы

С учетом полученных значений вероятности простоя системы по формуле (12.5) определить среднее число автомобилей, ожидающих обслуживания в течение часа.

Например, для двух погрузчиков среднее число автомобилей, ожидающих обслуживания в течение часа, составляет 21,79. Данный показатель рассчитан в ячейке B24 с помощью выражения  $=(B20^2*B20*B21*(B20+1)/((ФАКТР(B20)*(1-B21)^2)))*B23$ . Аналогичным образом необходимо рассчитать среднее число автомобилей, ожидающих обслуживания в течение часа, при 3, 4, 5 погрузчиках.

Используя исходные данные (рис. 12.1) и результаты предыдущих вычислений, по формуле (12.1) необходимо определить суммарные потери средств от простоев погрузчиков и автомобилей за 1 ч.

Например, для двух погрузчиков суммарные потери средств от простоев погрузчиков и автомобилей за 1 ч составляют  $7,0 \cdot 21,79 + 4,5 \cdot 0,08 = 152,92$  руб. Данный показатель рассчитан в ячейке B25 с помощью выражения  $=SBS11*B24+SBS12*B22$ . Аналогичным образом необходимо рассчитать суммарные часовые потери при 3, 4, 5 погрузчиках. Результаты расчета представлены на рис. 12.5.

	A	B	C	D	E	F	G
22	Число незанятых погрузчиков $m$	0,08	$=(1-B21)*B20$	1,08	2,08	3,08	4,08
23	Вероятность простоя системы $P_0$	0,022	$=(B20*B20*B21*(B20*(ФАКТР(B20)*(1-B21))+B20*B21)^(-1))$	0,194	0,334	0,442	0,496
24	Число автомобилей, ожидающих обслуживания в течение часа, $n$	21,79	$=(B20^2*B20*B21*(B20+1)/((ФАКТР(B20)*(1-B21)^2)))*B23$	1,11	0,33	0,10	0,02
25	Потери средств от простоев погрузчиков и автомобилей за 1 ч C(\$), руб.	152,92	$=SBS11*B24+SBS12*B22$	12,65	11,69	14,55	18,54

Рис. 12.5. Суммарные часовые потери средств от простоев погрузчиков и автомобилей

Далее необходимо проанализировать полученные данные и сделать заключение об оптимальном числе погрузчиков, необходимым для обслуживания пунктов погрузки, обосновать мероприятия, которые позволили бы повысить эффективность работы пункта. В нашем случае минимальные суммарные потери средств от простоев погрузчиков и автомобилей за 1 ч наблюдаются при 4 погрузчиках (11,69 руб.).

**Задание 1.** Обоснуйте оптимальное число погрузчиков, необходимое для загрузки автомобилей, прибывающих на склад, по данным табл. 12.2.

Таблица 12.2. Частота прибытия автомобилей в пункт загрузки  $f_i$  ( $\sum f_i = 100$ )

Вариант	Число автомобилей, прибывающих за 1 ч, $\lambda$							$C_1^*$	$C_2^{**}$	$t^{***}$
	1	2	3	4	5	6	7			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	8	10	15	40	20	5	2	6,80	3,20	0,52
2	7	11	14	39	21	7	1	6,78	3,30	0,45
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	7	14	13	38	22	4	2	6,76	3,40	0,40
4	5	16	14	37	23	4	1	6,74	3,50	0,45
5	7	12	15	36	24	4	2	6,72	3,60	0,52
6	6	14	14	35	25	3	3	6,70	3,70	0,45
7	6	14	13	34	26	3	4	6,66	3,80	0,40
8	7	15	15	33	27	3	1	6,64	3,90	0,45
9	8	15	14	34	26	2	1	6,62	4,00	0,52
10	6	16	15	35	25	2	1	6,60	4,10	0,45
11	6	13	16	36	24	3	2	6,58	4,20	0,40
12	6	14	17	37	23	2	1	6,56	4,10	0,45

\* Стоимость простоя автомобиля, руб/ч.

\*\* Стоимость простоя погрузчика, руб/ч.

\*\*\* Среднее время на погрузку автомобиля, ч.

### **Занятие 13. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В СКЛАДСКИХ ПЛОЩАДЯХ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМЫ СОБСТВЕННОГО СКЛАДА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ СКЛАДА**

#### **Задание 1. Определение потребности в складских площадях.**

Торговая компания М занимается реализацией крупной бытовой техники. Годовой грузооборот склада  $Q$  – 56 тыс. т при среднем сроке хранения запасов  $t_{\text{хр}}$  20 дней. Данный груз занимает объем складских помещений 6 380 м<sup>3</sup>. Компания имеет склад площадью 5 000 м<sup>2</sup>, высота потолков – 5 м. Товар укладывается в штабеля по 2 блока. Блок состоит из 2 европоддонов, складируемых в 2 яруса. Габаритные размеры европоддона – 1 200×800 мм, высота поддона с товаром – 1,6 м. При данном виде укладки нагрузка на 1 м<sup>2</sup> площади складирования  $q$  равна 0,6 т. Коэффициент полезно используемой площади – 0,5. В последние годы бизнес идет удачно, и объемы продаж ежегодно растут. В сложившихся условиях руководство компании приняло решение об увеличении объема продаж до 80 тыс. т. Необходимо определить:

сможет ли склад торговой компании М поддерживать увеличение объема продаж, потребность в дополнительных складских площадях.

Определим максимально возможный объем хранения товаров на складе. Склад компании М может вместить не более  $8\,000\text{ м}^3$  товара. Эта величина получена следующим образом. Объем штабеля с товаром –  $12,288\text{ м}^3$ ; площадь склада –  $5\,000\text{ м}^2$ ; площадь основания штабеля –  $3,84\text{ м}^2$ ; коэффициент полезно используемой площади –  $0,5$ .

Максимальный возможный объем хранения товаров на складе  $V_{\max}$  составит:

$$V_{\max} = 12,288 : 3,84 \cdot 5\,000 \cdot 0,5 = 8\,000\text{ м}^3.$$

Определим складской объем  $V$ , занимаемый складированием грузов, по формуле

$$V = \frac{E}{q}, \quad (13.1)$$

где  $q$  – укрупненный показатель расчетных нагрузок на  $1\text{ м}^2$  площади складирования при высоте укладки  $1\text{ м}$ ;

$E$  – емкость склада, т.

Расчет емкости склада  $E$  произведем по следующей формуле:

$$E = \frac{Qt_{\text{хр}}}{T}, \quad (13.2)$$

где  $t_{\text{хр}}$  – средний срок хранения, дн.;

$T$  – число дней поступления грузов в год, дн.;

$Q$  – грузооборот склада за год.

$$E = 56\,000 \cdot 20 : 365 = 3068,5\text{ т.}$$

Тогда

$$V = 3068,5 : 0,6 = 5114,2\text{ м}^3.$$

Таким образом,  $V < V_{\max}$ . Следовательно, склад торговой компании М сможет поддержать увеличение объема продаж.

Определим необходимую площадь склада.

Для хранения увеличившегося количества товара ( $80\text{ тыс. т.}$  или  $9\,132\text{ м}^3$ ) потребуется дополнительная складская площадь  $S_{\text{доп}} = 708\text{ м}^2$ .

$$S_{\text{необх}} = 9\,132 \cdot 3,84 : (12,288 \cdot 0,5) = 5707,5\text{ м}^2.$$

$$S_{\text{доп}} = 5707,5 - 5\,000 = 707,5 \approx 708\text{ м}^2,$$

где  $S_{\text{необх}}$  – необходимая площадь для хранения увеличившегося количества товара,  $\text{м}^2$ ;

$5\,000\ \text{м}^2$  – имеющаяся площадь склада.

**Задание 2. Определение формы собственного склада.** В связи с решением об увеличении объемов продаж торговой компании М ее существующая собственная складская система не сможет поддерживать увеличение объема продаж. Вследствие этого компания вынуждена выбрать одну из двух альтернатив: приобрести склад в собственность или пользоваться услугами склада общего пользования. Исходные данные представлены в табл. 13.1. Определим точку безубыточности деятельности склада, минимальный объем работы, ниже которого работа собственного склада компании М становится убыточной при действующей системе расценок.

Таблица 13.1. Исходные данные (для задания 2)

Показатели	Значения показателей
Суммарная величина грузопотока, проходящего через склад $T$ , т/год	24 000
Условно-постоянные затраты собственного склада $C_{\text{пост}}$ , у. е/год	1 100 000
Удельная стоимость грузопереработки на собственном складе $C_{\text{уд}}$ , у. е/год	4,0
Средняя цена закупки партии товара $R$ , у. е/год	3 000
Средняя торговая надбавка при оптовой продаже товаров $N$ , %	13,0
Коэффициент для расчета оплаты процентов за кредит $k$	0,0099
Гариф на услуги арендуемого склада $a$ , у. е/ $\text{м}^2$	7,0
Потребная площадь арендуемого склада, $\text{м}^2$	708

Точка безубыточности ( $T_6$ ) – уровень грузооборота на складе, при котором доход от работы склада совпадает с общими издержками.

Точка безубыточности  $T_6$  определяется по формуле

$$T_6 = C_{\text{пост}} : (D - C_{\text{пер}}), \quad (13.3)$$

где  $C_{\text{пост}}$  – условно-постоянные затраты, размер которых напрямую связан с грузооборотом ( $Q$ ) на складе (амортизация, заработная плата персонала, страховые выплаты, проценты по долгам, затраты на рекламу, затраты на содержание помещений), у. е.;

$D$  – прибыль на единицу груза от работы склада, у. е.;

$C_{\text{пер}}$  – переменные затраты, величина которых изменяется с изменением объема грузооборота ( $Q$ ), складываются из процентов за кредит, взятый для оплаты партии товаров ( $C_{\text{кр}}$ ), и стоимости грузопереработки ( $C_{\text{гр}}$ ), у. е.

Показатель  $D$  определяется формуле

$$D = \frac{NR}{100}, \quad (13.4)$$

где  $N$  – средняя торговая надбавка при оптовой продаже товаров, %;

$R$  – средняя цена закупки партии товара, у. е.

Переменные затраты  $C_{\text{пер}}$  рассчитываются по формуле

$$C_{\text{пер}} = C_{\text{кр}} + C_{\text{гр}}. \quad (13.5)$$

Размер процентов за кредит на единицу груза определяется по формуле

$$C_{\text{кр}} = kR, \quad (13.6)$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от стоимости партии товаров и банковского процента.

Стоимость грузопереработки определяется объемом работ на складе и удельной стоимостью выполнения этих работ ( $C_{\text{уд}}$ ).

Следовательно, в развернутом виде формулу для определения точной безубыточности можно представить как:

$$T_{\text{б}} = C_{\text{пост}} : (NR - kR - C_{\text{уд}}). \quad (13.7)$$

$$T_{\text{б}} = 1\,100\,000 : (3\,000 \cdot 0,13 - 0,0099 \cdot 3\,000 - 4,0) = 3087,3 \text{ т/год.}$$

Иными словами, склад может работать безубыточно при грузообороте 3087,3 т/год, в то время как расчетный грузооборот компании составляет 24 000 т/год. Таким образом, компания М может рассматривать вариант строительства собственного склада.

Рассчитаем суммарные затраты  $C_{\text{сс}}$  при условии использования собственного склада компанией М.

Зависимость затрат на грузопереработку на собственном складе от объема грузооборота рассчитывается исходя из того, что удельная стоимость грузопереработки на собственном складе составит приблизительно 4,0 у. е. за 1 т/год.

Тогда

$$C_{\text{сс}} = C_{\text{уд}} \cdot T + C_{\text{пост}}. \quad (13.8)$$

$$C_{\text{сс}} = 4,0 \cdot 24\,000 + 1\,100\,000 = 1\,196\,000 \text{ у. е.}$$

Рассчитаем суммарные затраты при условии использования услуг склада общего пользования.

Затраты на хранение товаров на складе общего пользования (арендуемого склада)  $C_{\text{ас}}$  определяются по следующей формуле:

$$C_{\text{ас}} = a \cdot S_{\text{н}} \cdot 365, \quad (13.9)$$

где  $a$  – тариф на услуги арендуемого склада;

$S_{\text{н}}$  – необходимая площадь арендуемого склада, в нашем случае –  $1\,211\text{ м}^2$ ;

365 – число дней хранения на наемном складе за год.

$$C_{\text{ac}} = 7 \cdot 708 \cdot 365 = 1\,808\,940 \text{ у. е.}$$

Таким образом, получаем, что при грузообороте 24 000 т/год целесообразно иметь собственный склад, так как  $C_{\text{cc}} < C_{\text{ac}}$ .

**Задание 3. Определение площади склада.** Компания М является крупной торгово-посреднической компанией, которая занимается продажей бытовой и электронной техники. В связи с выходом на новые рынки и увеличением объема продаж компания планирует приобрести склад в Москве. Рассчитайте площади складских зон, принимая во внимание, что зона хранения будет разделена на два участка: участок А – стеллажное хранение товаров группы «мелкобытовая техника», участок В – штабельное хранение товаров группы «крупная бытовая техника». Исходные данные представлены в табл. 13.2.

Таблица 13.2. Исходные данные (для задания 3)

Показатели	Значения показателей
Среднедневное поступление товара на склад $q_{\text{ср}}$ , $\text{м}^2$	153,4 $\text{м}^2$
Коэффициент загрузки на 1 $\text{м}^2$ $\sigma_1$ , т	1,92
Коэффициент неравномерности поступления товаров на склад $K_{\text{н.п}}$	1,25
Количество дней нахождения товаров в зоне приемки $t_{\text{пр}}$	1
Годовой объем отгрузки продукции $q_{\text{отгр}}$ , $\text{м}^2$	151
Коэффициент неравномерности отгрузки продукции со склада $K_{\text{н.отгр}}$	1,27
Количество дней нахождения товара в зоне комплектации $t_{\text{отпр}}$	1
Ширина стеллажа $w_{\text{ст}}$ , м	1,2
Глубина стеллажа $d_{\text{ст}}$ , м	2,1
Количество стеллажей $N_{\text{ст}}$ , шт.	2 200
Ширина погрузчика $B$ , м	1,35
Ширина зазоров между транспортными средствами и между ними и стеллажами по обе стороны проезда $C_{\text{ст}}$ , см	20
Длина штабеля $l_{\text{шт}}$ , м	13
Ширина штабеля $w_{\text{шт}}$ , м	4,8
Количество штабелей $N_{\text{шт}}$ , шт.	65
Ширина зазоров между транспортными средствами и между ними и штабелями по обе стороны проезда $C_{\text{шт}}$ , см	20
Площадь офисных помещений $S_{\text{оп}}$ , $\text{м}^2$	1 000

Общая площадь склада  $S_{\text{общ}}$  определяется по формуле

$$S_{\text{общ}} = S_{\text{пол}} + S_{\text{пр}} + S_{\text{сл}} + S_{\text{отгр}} + S_{\text{всп}}, \quad (13.10)$$

где  $S_{\text{пол}}$  – полезная площадь, т. е. площадь, занятая непосредственно хранимыми ресурсами (стеллажами, штабелями, закромами, бункерами и другими приспособлениями для хранения данных ресурсов),  $\text{м}^2$ ;

$S_{\text{пр}}$  – площадь, занятая приемочными и отпускными площадками,  $\text{м}^2$ ;

$S_{\text{сл}}$  – служебная площадь (занятая конторскими и другими служебными помещениями),  $\text{м}^2$ ;

$S_{\text{отгр}}$  – площадь, занятая стационарным подъемно-транспортным и другим оборудованием (подъемниками, конвейерами),  $\text{м}^2$ ;

$S_{\text{всп}}$  – вспомогательная площадь, т. е. площадь, занятая проездами и проходами,  $\text{м}^2$ .

Рассчитаем площадь зоны разгрузки и приемки  $S_{\text{пр}}$ :

$$S_{\text{пр}} = \frac{q_{\text{ср}} K_{\text{н.пр}} t_{\text{пр}}}{\sigma_1}, \quad (13.11)$$

где  $q_{\text{ср}}$  – среднесуточное поступление ресурсов на склад, т;

$K_{\text{н.пр}}$  – коэффициент неравномерности поступления ресурсов на склад (при рациональной загрузке склада  $K_{\text{н.пр}} = 1,2-1,5$ );

$t_{\text{пр}}$  – количество дней нахождения ресурсов на приемочной площадке (до 2 дн.);

$\sigma_1$  – нагрузка на  $1 \text{ м}^2$  полезной площади по складу в зависимости от вида хранения ресурсов,  $\text{т}/\text{м}^2$ .

$$S_{\text{пр}} = 153,4 \cdot 1,25 \cdot 1 : 1,92 \approx 100 \text{ м}^2.$$

Рассчитаем полезную площадь. В данном примере полезную площадь  $S_{\text{пол}}$  будут составлять места для стеллажного хранения мелкой бытовой техники  $S_{\text{пол. ст}}$  и места для штабельного складирования крупной бытовой техники  $S_{\text{пол. шт}}$ :

$$S_{\text{пол}} = S_{\text{пол. ст}} + S_{\text{пол. шт}} = S_{\text{ст}} N_{\text{ст}} + S_{\text{шт}} N_{\text{шт}}, \quad (13.12)$$

где  $S_{\text{ст}}$ ,  $S_{\text{шт}}$  – площадь, занятая соответственно под один стеллаж, один штабель;

$N_{\text{ст}}$ ,  $N_{\text{шт}}$  – количество стеллажей и штабелей соответственно.

$$S_{\text{пол. ст}} = 1,2 \cdot 2,1 \cdot 2 \cdot 200 = 5 \, 544 \text{ м}^2.$$

$$S_{\text{пол. шт}} = 13 \cdot 4,8 \cdot 65 = 4 \, 056 \text{ м}^2.$$

$$S_{\text{пол}} = 5 \, 544 + 4 \, 056 = 9 \, 600 \text{ м}^2.$$

Рассчитаем вспомогательную площадь по следующей формуле:

$$S_{\text{всп}} = S_{\text{всп. ст}} + S_{\text{всп. шт}}, \quad (13.13)$$

где  $S_{\text{всп. ст}}$  – площадь, занятая проездами и проходами между стеллажами,  $\text{м}^2$ .

$S_{\text{всп. шт}}$  – площадь, занятая проездами и проходами между штабелями,  $\text{м}^2$ .

К вспомогательной площади склада относят площадь, занятую проходами и проездами. Размеры проходов и проездов в складских помещениях определяются в зависимости от габарита хранимых на складе ресурсов, размеров грузооборота, вида применимых для перемещения ресурсов подъемно-транспортных механизмов. Главные проходы, где перемещаются основные транспортные средства, должны быть проверены на возможность свободного поворота в них напольных подъемно-транспортных средств (тележек, погрузчиков и др.). В необходимых случаях они также должны рассчитываться на встречное движение механизмов. Для этого используют формулу

$$S_{\text{всп. ст}} = w_{\text{ст}} A_{\text{ст}} N_{\text{ст}} : 2, \quad (13.14)$$

где  $w_{\text{ст}}$  – ширина стеллажа, м;

$A_{\text{ст}}$  – ширина проезда между стеллажами, м;

$N_{\text{ст}}$  – количество стеллажей, шт.

$$A_{\text{ст}} = 2B + 3C_{\text{ст}} \text{ или } A_{\text{шт}} = 2B + 3C_{\text{шт}}, \quad (13.15)$$

где  $B$  – ширина транспортного средства, м;

$C_{\text{ст}}$  ( $C_{\text{шт}}$ ) – ширина зазора между транспортными средствами, между ними и стеллажами (штабелями) по обе стороны от проезда (принимается равной 15–20 см).

$$A_{\text{ст}} = 2 \cdot 1,35 + 3 \cdot 0,2 = 3,3 \text{ м}^2.$$

$$S_{\text{всп. ст}} = 1,2 \cdot 3,3 \cdot 2 \cdot 200 : 2 = 4 \cdot 356 \text{ м}^2.$$

Площадь, занятая проездами и проходами между штабелями,  $S_{\text{всп. шт}}$  составит:

$$S_{\text{всп. шт}} = l_{\text{шт}} A_{\text{шт}} (N_{\text{шт}} - 1), \quad (13.16)$$

$$A_{\text{шт}} = 2 \cdot 1,35 + 3 \cdot 0,2 = 3,3 \text{ м}^2.$$

$$S_{\text{всп. шт}} = 13 \cdot 3,3 \cdot (65 - 1) \approx 2 \cdot 746 \text{ м}^2.$$

Тогда

$$S_{\text{всп}} = 4 \cdot 356 + 2 \cdot 746 = 7 \cdot 102 \text{ м}^2.$$

Рассчитаем площади зоны комплектации и отгрузки. Площади зоны комплектации и отгрузки на складе совмещены, поэтому:

$$S_{\text{отгр}} = \frac{q_{\text{отгр}} K_{\text{н.отгр}} t_{\text{отгр}}}{\sigma_1}, \quad (13.17)$$

где  $q_{\text{отгр}}$  – среднесуточный объем отправки груза со склада, т;  
 $K_{\text{н.отгр}}$  – коэффициент неравномерности отправки грузов со склада  
(при рациональной загрузке склада  $K_{\text{н.отгр}} = 1,2-1,5$ );  
 $t_{\text{отгр}}$  – количество дней нахождения ресурсов в отправочной экспедиции (до 2 дн.).

$$S_{\text{отгр}} = 151 \cdot 1,27 \cdot 1 : 1,92 \approx 100 \text{ м}^2.$$

Таким образом, общая площадь склада будет равна:

$$S_{\text{общ}} = 9\,600 + 7\,102 + 100 + 100 + 1000 = 17\,902 \text{ м}^2.$$

**Задание 4.** Предприятию для обеспечения производства продукции необходимо иметь в запасе 1 000 т песка. Для хранения песка необходим склад. Способом определения нагрузки на 1 м<sup>2</sup> рассчитайте общую площадь склада, если величина допустимой нагрузки на 1 м<sup>2</sup> пола составляет 2 т/м<sup>2</sup>, коэффициент неравномерности поступления песка на склад – 1,5, песок находится на приемочной площадке 2 дня, на складе работают 4 человека, ширина транспортного средства – 3 м, ширина зазоров – 50 см.

**Задание 5.** Величина одновременно хранимого сырья равна 1 830 т, штат сотрудников – 6 человек, ширина погрузчика – 1,5 м, длина каждого из двух проездов составляет 30 м, между проездами установлены стеллажи. Ширина зазора между стеллажами и транспортными средствами – 1 м, между каждым стеллажом, стенами склада и проездами имеются проходы шириной 1,5 м и длиной 30 м. Определите полезную, служебную и вспомогательную площадь склада готовой продукции, если нагрузка на 1 м<sup>2</sup> площади пола равна 2,2 т.

**Задание 6.** Оптовая компания занимается реализацией широкоформатных телевизоров. Годовой грузооборот склада составляет 12 тыс. т при среднем сроке хранения запасов 20 дн. Компания имеет склад площадью 1 950 м<sup>2</sup>, высота потолков – 3 м. Товар укладывается в штабели по 20 блоков. Блок состоит из 4 европоддона, складированных в 2 яруса. Габаритные размеры европоддона – 2 400×1 600 мм, высота поддона с товаром – 0,8 м. При данном виде укладки нагрузка на 1 м<sup>2</sup> площади складирования равна 0,5. Руководство компании приняло решение об увеличении объема продаж до 14 тыс. т. Определите, сможет ли склад торговой компании поддерживать увеличение объема продаж и каковы размеры необходимой дополнительной площади склада.

**Задание 7.** Специализация склада оптовой компании – хранение продовольственных товаров. Годовой грузооборот склада составляет 34 тыс. т при среднем сроке хранения запасов 5 дней. Площадь склада – 880 м<sup>2</sup>, высота потолка – 3 м, зона хранения составляет 60 % от общей площади склада. Помещение склада не оборудовано стеллажными конструкциями, товар складывается на полу на паллетах евростандарта. Габариты европаллеты – 1 200×800 мм, высота паллеты с товаром – 1,8 м. При данном виде укладки нагрузка на 1 м<sup>2</sup> площади складирования равна 0,5 т. Руководство компании приняло решение об увеличении объема продаж до 50 тыс. т. Определите, сможет ли склад торговой компании поддерживать увеличение объема продаж и каковы размеры необходимой дополнительной площади склада.

**Задание 8.** В течение года на склад поступают мелкобытовая техника (2 250 т) и крупнобытовая техника (3 000 т), итого – 5 250 т. Для хранения мелкобытовой техники склад оборудован трехуровневыми полочными стеллажами (ширина полок – 2 000 мм, глубина – 600 мм, высота между уровнями – 2 000 мм). Крупнобытовая техника хранится в штабелях размером 4,8×13×2 м. Определите площадь склада через коэффициент использования площади в размере 0,4.

**Задание 9.** В связи с решением об увеличении объема продаж перед торговой компанией встал вопрос: приобрести склад в собственность или пользоваться услугами склада общего пользования. На основе данных табл. 13.3 выберите и обоснуйте одну из альтернатив.

Таблица 13.3. Исходные данные (для задания 9)

Показатели	Значения показателей
Суммарная величина грузопотока, проходящего через склад, т/год	9 000
Условно-постоянные затраты собственного склада, у. е/год	600 000
Удельная стоимость грузопереработки на собственном складе, у. е/год	3
Средняя цена закупки партии товара, у. е/год	2 500
Средняя торговая надбавка при оптовой продаже товаров, %	8
Коэффициент для расчета оплаты процентов за кредит	0,001
Тариф на услуги арендуемого склада, у. е/м <sup>2</sup>	5,5
Потребная площадь арендуемого склада, м <sup>2</sup>	300

**Задание 10.** На основе данных, приведенных в табл. 13.4, рассчитайте площади складских зон, принимая во внимание, что участок хранения будет поделен на две зоны: зону стеллажного и зону штабельного хранения.

Таблица 13.4. Исходные данные (для задания 10)

Показатели	Значения показателей
Среднедневное поступление товара на склад, м <sup>2</sup>	500
Коэффициент загрузки на 1 м <sup>2</sup>	1,6
Коэффициент неравномерности поступления товаров на склад	1,36
Количество дней нахождения товаров в зоне приемки	1
Годовой объем отгрузки продукции, м <sup>2</sup>	400
Коэффициент неравномерности отгрузки продукции со склада	1,54
Количество дней нахождения товара в зоне комплектации	1
Ширина стеллажа, м	1,2
Глубина стеллажа, м	2,1
Количество стеллажей, шт.	300
Ширина погрузчика, м	1,35
Ширина зазоров между транспортными средствами и между ними и стеллажами по обе стороны проезда, см	20
Длина штабеля, м	13
Ширина штабеля, м	4,8
Количество штабелей, шт.	30
Ширина зазоров между транспортными средствами и между ними и штабелями по обе стороны проезда, см	20
Площадь офисных помещений, м <sup>2</sup>	1 000

### **Занятие 14. МИНИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ НА ДОСТАВКУ ПРОДУКЦИИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКА ЗАМЕНЫ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА**

**Задание 1.** Четыре поставщика обеспечивают доставку груза четверем покупателям. Транспортные расходы в расчете на 1 т груза различные в зависимости от того, от какого поставщика и какому покупателю будет доставлен груз. Исходная информация приведена в табл. 14.1.

Таблица 14.1. Исходная информация

Поставщик	Затраты на перевозку 1 т груза покупателям, у. д. е.				Запасы поставщиков, т
	1-му	2-му	3-му	4-му	
1-й	1	2	4	2	400
2-й	3	2	1	2	700
3-й	2	3	2	4	800
4-й	1	2	3	4	1100
Потребности покупателей, т	600	800	600	800	2800/3000

Транспортные расходы по перевозке 1 т груза от 1-го поставщика до 1-го покупателя равны 1 у. д. е., от 1-го поставщика до 2-го покупа-

теля – 2 у. д. е. и т. д. Требуется составить план перевозок груза, чтобы потребности покупателей были удовлетворены полностью при минимальных транспортных издержках.

Решение данной задачи осуществляется с помощью надстройки «Поиск решения» программы Microsoft Excel по критерию минимальных транспортных затрат. Решение задачи возможно при условии баланса объемов поставок груза и потребностей покупателей. Анализируя исходную информацию, можно отметить, что ресурсы превышают потребность на 200 т. Для сбалансированности ресурсов и потребностей вводится дополнительный фиктивный покупатель (столбец) с потребностью 200 т. Показатели удельных транспортных расходов по фиктивному покупателю принимаются нулевые (рис. 14.1).

На экране компьютера появится диалоговое окно, которое необходимо заполнить согласно рис. 14.1 и рис. 14.2. Результат решения задания 1 – оптимальный план перевозок (рис. 14.3). Минимальные транспортные затраты на перевозку груза составят 5 000 у. д. е., объем перевозимого груза 4-му покупателю от 1-го поставщика – 400 т, 3-му покупателю от 2-го поставщика – 300 т, 4-му покупателю от 2-го поставщика – 400 т и т. д.

**Задание 2.** Автомобиль, купленный за 20 000 у. е., эксплуатировался 6 лет, ежегодно проезжая по 10 000 км. Годовые затраты на ремонт автомобиля и его рыночная стоимость к концу каждого года эксплуатации приведены в табл. 14.3. Определите срок замены автомобиля методом минимума общих затрат.

Таблица 14.3. Исходная информация

Год эксплуатации	Пробег автомобиля нарастающим итогом, км	Годовые затраты на ремонт, у. е.	Рыночная стоимость автомобиля к концу года, у. е.
1-й	10 000	158	17 000
2-й	20 000	422	14 800
3-й	30 000	1 000	12 950
4-й	40 000	1 579	11 400
5-й	50 000	2 264	10 250
6-й	60 000	3 106	9 200

Определим значения функции  $F_1(x)$  – зависимость расходов на ремонт в расчете на 1 км пробега автомобиля. Для этого затраты на ремонт к концу года, исчисленные нарастающим итогом, разделим на суммарный пробег автомобиля к концу этого же года. Вычисления занесем в табл. 14.4.

Определим значения  $F_2(x)$  – зависимости расходов стоимости (амортизации) автомобиля, приходящейся на 1 км пробега.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1													
2		Таблица 14.1 - Исходные данные задания 1											
3													
4		Поставщик	Затраты на перевозку 1 т груза покупателям, у. д. е.					Запасы поставщиков, т					
5			1-му	2-му	3-му	4-му	5-му						
6		1-й	1	2	4	2	0	400					
7		2-й	3	2	1	2	0	700					
8		3-й	2	3	2	4	0	800					
9		4-й	1	2	3	4	0	1100					
10		Потребности покупателей, т	600	800	600	800	200	3000	3000	'=СУММ(C10:G10)'			
11								'=СУММ(H6:H9)'					
12													
13													
14		Таблица 14.2 - Решение задания 1											
15													
16		Поставщик	Объемы перевозимых грузов покупателям, т					Запасы поставщиков, т					
17			1-му	2-му	3-му	4-му	5-му						
18		1-й						0		'=СУММ(C18:G18)'			
19		2-й						0					
20		3-й						0					
21		4-й						0					
22		Потребности покупателей, т	0	0	0	0	0	0	0	'=СУММ(C22:G22)'			
23			'=СУММ(C18:C21)'						'=СУММ(H18:H21)'				
24		Целевая ячейка	0	'=СУММПРОИЗВ(C6:G9;C18:G21)'									
25													

Рис. 14.1. Ввод данных задания 1

**Параметры поиска решения** ✖

Оптимизировать целевую функцию:

До:  Максимум  Минимум  Значения:

Изменяя ячейки переменных:

В соответствии с ограничениями:

$$\begin{aligned} & \$C\$18:\$G\$21 \geq 0 \\ & \$C\$22:\$G\$22 = \$C\$10:\$G\$10 \\ & \$H\$18:\$H\$21 \leq \$H\$6:\$H\$9 \end{aligned}$$

Сделать переменные без ограничений неотрицательными

Выберите метод решения:

**Метод решения**

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

Рис. 14.2. Ввод параметров поиска решения задания 1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
13									
14		Таблица 14.2 - Решение задания 1							
15									
16		Поставщик	Объемы перевозимых грузов покупателям, т					Запасы поставщиков, т	
17			1-му	2-му	3-му	4-му	5-му		
18		1-й	0	0	0	400	0	400	
19		2-й	0	0	300	400	0	700	
20		3-й	0	300	300	0	200	800	
21		4-й	600	500	0	0	0	1100	
22		Потребности покупателей, т	600	800	600	800	200	3000	3000
23									
24		Целевая ячейка	5000						

Рис. 14.3. Результаты решения задания 1

Таблица 14.4. Расчет значений функции  $F_1(x)$

Год эксплуатации	Пробег автомобиля нарастающим итогом, км	Годовые затраты на ремонт, у. е.	Годовые затраты на ремонт нарастающим итогом, у. е.	Значение функции $F_1(x)$
1-й	10 000	158	158	0,0158
2-й	20 000	422	580	0,0290
3-й	30 000	1 000	1 580	0,0527
4-й	40 000	1 579	3 159	0,0790
5-й	50 000	2 264	5 423	0,1085
6-й	60 000	3 106	8 529	0,1422

Для этого разницу между первоначальной стоимостью автомобиля и его рыночной стоимостью к концу года разделим на суммарный пробег автомобиля к концу этого же года. Расчеты приведены в табл. 14.5.

Таблица 14.5. Расчет значений функции  $F_2(x)$

Год эксплуатации	Пробег автомобиля нарастающим итогом, км	Рыночная стоимость автомобиля к концу года, у. е.	Величина амортизации, у. е.	Значение функции $F_2(x)$
1-й	10 000	17 000	3 000	0,3000
2-й	20 000	14 800	5 200	0,2600
3-й	30 000	12 950	7 050	0,2350
4-й	40 000	11 400	8 600	0,2150
5-й	50 000	10 250	9 750	0,1950
6-й	60 000	9 200	10 800	0,1800

Определим общие затраты эксплуатации автомобиля на 1 км пробега  $F_0(x)$  (табл. 14.6).

$$F_0(x) = F_1(x) + F_2(x). \quad (14.1)$$

Таблица 14.6. Значения функции  $F_0(x)$

Год эксплуатации	Значение функции $F_0(x)$
1-й	0,3158
2-й	0,2890
3-й	<b>0,2877</b>
4-й	0,2940
5-й	0,3035
6-й	0,3222

Анализ значений функции  $F_0(x)$  показывает, что автомобиль имеет смысл заменить на новый к началу 4-го года эксплуатации.

## Занятие 15. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ МАРШРУТОВ

Транспортные задачи (модели) – специальный класс задач линейного программирования. Они часто используются для оптимизации объемов перевозок из пунктов отправления в пункты назначения при минимальных суммарных затратах. При этом должны быть учтены как ограниченные возможности поставщиков по отправке грузов, так и заданные потребности получателей. Предполагается, что тарифы за перевозку единицы груза от любого поставщика к любому получателю известны и что стоимость перевозки по выбранному маршруту пропорциональна объему груза. При выполнении этих условий для решения задачи транспортного типа можно использовать специализированный алгоритм, основанный на методе потенциалов. В этом случае объем вычислительной работы сокращается настолько, что при небольшой размерности задачи ее можно решить даже без вычислительной техники. Решение задач транспортного типа симплекс-методом значительно увеличивает объем вычислений, однако при использовании современной вычислительной техники это несущественно. К преимуществам использования симплекс-метода следует отнести возможность его реализации в Excel и в других пакетах прикладных программ и простоту ввода различных дополнительных условий.

С точки зрения менеджера отдела логистики, транспортные задачи – это любые задачи, связанные с оптимизацией перевозок. Очень часто транспортная задача имеет целью минимизацию транспортных издержек при перевозке однотипных грузов от нескольких поставщиков (с различных складов), расположенных в разных местах, к нескольким потребителям. При этом в транспортной задаче принимают в расчет только переменные транспортные издержки, т. е. считают, что суммарные издержки пропорциональны количеству перевезенных единиц груза. Данными для решения транспортной задачи будут потребности клиентов, запасы поставщиков (складов) и транспортные издержки.

**Задание 1.** Имеется 4 склада с запасами товаров 240, 300, 360 и 420 т. Заказы сделали 6 клиентов на 240, 228, 216, 204, 192, 180 т соответственно. Транспортные издержки на единицу товара представлены в табл. 15.1.

Таблица 15.1. Матрица тарифов перевозок для задания 1, руб/т

Поставщик	Клиенты					
	К <sub>1</sub>	К <sub>2</sub>	К <sub>3</sub>	К <sub>4</sub>	К <sub>5</sub>	К <sub>6</sub>
П <sub>1</sub>	7	11	12	8	4	9
П <sub>2</sub>	8	10	4	3	10	7
П <sub>3</sub>	4	8	11	4	18	10
П <sub>4</sub>	5	5	3	5	15	5

Требуется на основе имеющегося спроса и предложения определить план перевозок в соответствии со следующими ситуациями.

**Ситуация 1** – рассчитать исходный план перевозок.

**Ситуация 2** – маршрут от поставщика 1 к клиенту 5 заблокирован (дорожные работы, пробка на автотрассе). Тариф на перевозку между данным поставщиком и клиентом в связи с этим увеличится в 10 раз.

**Ситуация 3** – запасы поставщика 1 должны быть израсходованы полностью.

**Ситуация 4:**

**ситуация 4а** – наблюдается дефицит товара, так как на складе поставщика 3 имеется 240 ед.;

**ситуация 4б** – на складе поставщика 3 имеется 240 ед., а клиенты 2 и 6 являются постоянными заказчиками, и их интересы обязательно надо учесть.

**Ситуация 5** – от каждого поставщика доставлять клиенту не более 50 % товара.

**Методические рекомендации.**

Для решения данной задачи нужно выполнить действия поэтапно, предварительно создав рабочую матрицу, и занести в Excel исходные данные (рис. 15.1).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Таблица 15.1 - Матрица тарифов перевозок для задания 1, руб/т								
2									
3			Клиенты						
4	Поставщик		K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	
5	П <sub>1</sub>		7	11	12	8	4	9	
6	П <sub>2</sub>		8	10	4	3	10	7	
7	П <sub>3</sub>		4	8	11	4	18	10	
8	П <sub>4</sub>		5	5	3	5	15	5	
9									
10	Таблица 15.2 - Рабочая таблица для задания 1								
11									
12			Потребности клиентов, т						Сумма по строке
13	Поставщик	Запасы поставщиков, т	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	(используемые запасы), т
14			240	228	216	204	192	180	
15	П <sub>1</sub>	240	0	0	0	0	192	0	192
16	П <sub>2</sub>	300	0	0	204	96	0	0	300
17	П <sub>3</sub>	360	240	0	0	108	0	0	348
18	П <sub>4</sub>	420	0	228	12	0	0	180	420

Рис. 15.1. Исходные данные по тарифам перевозок и размерам заказов/поставок для задания 1

Для определения соответствия спроса и предложения суммируются потребности клиентов и возможности поставщиков. В ячейку K14 вво-

дится формула =СУММ(C14:H14) для определения величины спроса, в ячейку B21 – формула =СУММ(B15:B18) для определения величины предложения.

Необходимо создать рабочий столбец и рабочую строку, в которые заносятся соответственно суммы по столбцам и строкам. Например, в ячейку I15 записывается =СУММ(C15:H15), а в ячейки I16–I18 – значения сумм по аналогии. В ячейку C19 записывается выражение =СУММ(C15:C18), а в ячейки D19–H19 – значения сумм по аналогии (рис. 15.2). Так как результатом решения должен являться вариант с минимальными транспортными издержками, то в ячейку B22 заносится формула =СУММПРОИЗВ(C15:H18;C5:H8). Исходные данные для каждой ситуации копируются на отдельный лист.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
10	Таблица 15.2 - Рабочая таблица для задания 1												
11													
12			Потребности клиентов, т										
13	Поставщик	Запасы поставщиков, т	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	Сумма по строке (используемые запасы), т	Спрос		Остаток	
14			240	228	216	204	192	180		=СУММ(C14:H14)	1260		
15	П <sub>1</sub>	240							0	=СУММ(C15:H15)		240	
16	П <sub>2</sub>	300							0			300	
17	П <sub>3</sub>	360							0			360	
18	П <sub>4</sub>	420							0			420	
19	Сумма по столбцу (удовлетворение потребностей), т		0	0	0	0	0	0					
20			=СУММ(C15:C18)										
21	Предложение	1320	=СУММ(B15:B18)										
22	Целевая функция	0	=СУММПРОИЗВ(C15:H18;C5:H8)										

Рис. 15.2. Ввод необходимых данных для решения задания 1

**Ситуация 1.** Для расчета исходного плана перевозок следует предварительно отметить, что предложение превышает спрос на 60 т. Поэтому задаются такие ограничения, которые не противоречили бы друг другу. Одним из ограничений будет обеспечение удовлетворения потребности потребителей, т. е. C19:H19 = C14:H14. Другим ограничением – реализация запасов не более имеющихся, т. е.

$$S_{I15}:S_{I18} \leq B_{S15}:B_{S18}.$$

Для того чтобы минимизировать транспортные издержки, в качестве целевой функции в диалоговом окне «Параметры поиска решения» задается ячейка B22. А в качестве изменяемых ячеек задаются ячейки переменных \$C\$15:\$H\$18 (рис. 15.3). Кроме того, все переменные должны быть неотрицательными, для этого в параметрах поиска решения ставится соответствующая отметка.

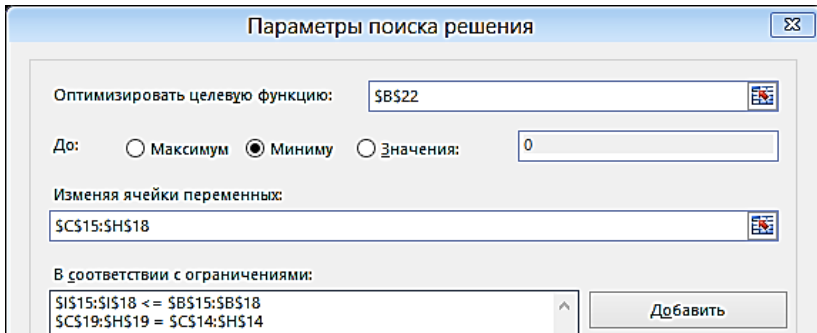


Рис. 15.3. Работа в диалоговом окне модуля «Поиск решения»

Остается указать метод решения. Для нахождения решения необходимо нажать на кнопку «Найти решение». Оптимальное решение задачи представлено на рис. 15.4.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Таблица 15.1 - Матрица тарифов перевозок для задания 1, руб/т												
2													
3			Клиенты										
4	Поставщик		K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>					
5	П <sub>1</sub>		7	11	12	8	4	9					
6	П <sub>2</sub>		8	10	4	3	10	7					
7	П <sub>3</sub>		4	8	11	4	18	10					
8	П <sub>4</sub>		5	5	3	5	15	5					
9													
10	Таблица 15.2 - Рабочая таблица для задания 1												
11													
12			Потребности клиентов, т										
13	Поставщик	Запасы поставщиков, т	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	Сумма по строке (используемые запасы), т		Спрос		Остаток
14			240	228	216	204	192	180			1260		
15	П <sub>1</sub>	240	0	0	0	0	192	0	192				48
16	П <sub>2</sub>	300	0	0	204	96	0	0	300				0
17	П <sub>3</sub>	360	240	0	108	0	0	0	348				12
18	П <sub>4</sub>	420	0	228	12	0	0	180	420				0
19	Сумма по столбцу (удовлетворение потребностей), т		240	228	216	204	192	180					
20													
21	Предложение	1320											
22	Целевая функция	5340											

Рис. 15.4. Оптимальное решение задания 1

Транспортные издержки составят 5 340 руб. Следовательно, план перевозок по клиентам следующий:

- поставщик 1 доставит 192 т товара клиенту 5;
- поставщик 2 доставит 204 т клиенту 3 и 96 т клиенту 4;
- поставщик 3 доставит 240 т клиенту 1 и 108 т клиенту 4;
- поставщик 4 доставит 228 т клиенту 2, 12 т клиенту 3 и 180 т клиенту 6.

Все заказы клиентов выполнены. У поставщика 1 останется 48 т товара ( $240 - 192 = 48$ ), у поставщика 3 – 12 т товара ( $360 - 348 = 12$ ).

**Ситуация 2.** Проезд от поставщика 1 к клиенту 5 заблокирован (дорожные работы, пробка на автотрассе). В связи с этим увеличивается тариф на соответствующем маршруте (рис. 15.5).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Таблица 15.3 - Матрица тарифов перевозок для задания 2, руб/т							
2								
3	Поставщик		Клиенты					
4			K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>
5	П <sub>1</sub>		7	11	12	8	40	9
6	П <sub>2</sub>		8	10	4	3	10	7
7	П <sub>3</sub>		4	8	11	4	18	10
8	П <sub>4</sub>		5	5	3	5	15	5

Рис. 15.5. Тариф увеличен в 10 раз

Остальные действия остаются прежними и соответствуют ситуации 1. Результат представлен на рис. 15.6. Закрытие маршрута обусловит дополнительные затраты в размере 396 руб. ( $5\ 736 - 5\ 340 = 396$ ).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
10	Таблица 15.4 - Рабочая таблица для задания 2												
11													
12	Поставщик	Запасы поставщиков, т	Потребности клиентов, т						Сумма по строке (используемые запасы), т	Спрос	Остаток		
13			K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>					
14			240	228	216	204	192	180		1260			
15	П <sub>1</sub>	240	0	48	0	0	192	0	240		0		
16	П <sub>2</sub>	300	0	60	0	0	0	180	240		60		
17	П <sub>3</sub>	360	0	0	216	144	0	0	360		0		
18	П <sub>4</sub>	420	240	120	0	60	0	0	420		0		
19	Сумма по столбцу (удовлетворение потребностей), т		240	228	216	204	192	180					
20													
21	Предложение	1320											
22	Целевая функция	5736											

Рис. 15.6. Результат решения для ситуации 2

Транспортные издержки составят 5 736 руб. Следовательно, план перевозок по клиентам:

- поставщик 1 доставит 48 т товара клиенту 2 и 192 т клиенту 5;
- поставщик 2 доставит 60 т клиенту 2 и 180 т клиенту 6;
- поставщик 3 доставит 216 т клиенту 3 и 144 т клиенту 4;
- поставщик 4 доставит 240 т клиенту 1, 120 т клиенту 2 и 60 т клиенту 4.

Все заказы клиентов выполнены. У поставщика 2 останется 60 т товара ( $300 - 240 = 60$ ).

**Ситуация 3.** Запасы поставщика 1 должны быть израсходованы полностью. Следовательно, объемы поставки товаров от поставщиков 2, 3 и 4 не должны превышать имеющиеся у них на складе запасы, а суммарное количество товаров от поставщика 3 должно быть равно складскому запасу.

Таким образом, ограничения примут следующий вид (рис. 15.7):  
 - полное удовлетворение потребности потребителей –

$$x_{19} + x_{18} = x_{14} + x_{15};$$

- реализация запасов на складе поставщика 1 –  $x_{15} = b_{15}$ ;

- реализация запасов на складе поставщиков 2, 3 и 4 –

$$x_{16} + x_{18} \leq b_{16} + b_{18}.$$

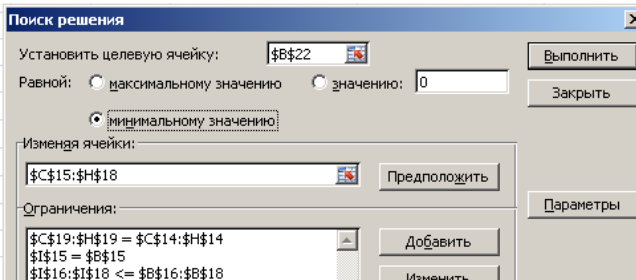


Рис. 15.7. Запись ограничений для ситуации 3

Результат представлен на рис. 15.8. По сравнению с исходной ситуацией (ситуация 1) затраты снизятся на 684 руб.

Таблица 15.5 - Рабочая таблица для задания 3												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Поставщик	Запасы поставщиков, т	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>					
П <sub>1</sub>	240	0	118	0	0	0	122			240	0	
П <sub>2</sub>	300	0	0	0	0	0	192	48		240	60	
П <sub>3</sub>	360	0	0	216	134	0	10			360	0	
П <sub>4</sub>	420	240	110	0	70	0	0			420	0	
Сумма по столбцу (удовлетворение потребностей), т		240	228	216	204	192	180					
Предложение		1320										
Целевая функция		4656										

Рис. 15.8. Результат решения для ситуации 3

Транспортные издержки составят 4 656 руб. План перевозок следующий:

- поставщик 1 доставит 118 т товара клиенту 2 и 122 т клиенту 6;
- поставщик 2 доставит 192 т клиенту 5 и 48 т клиенту 6;
- поставщик 3 доставит 216 т клиенту 3, 134 т клиенту 4, 10 т клиенту 6;
- поставщик 4 доставит 240 т клиенту 1, 110 т клиенту 2 и 70 т клиенту 4.

Все заказы клиентов выполнены. У поставщика 2 останется 60 т товара ( $300 - 240 = 60$ ).

**Ситуация 4а.** Исходя из условия задачи, запасы у поставщика 3 составят не 360, а 240 т. Возникает ситуация дефицита товаров: спрос на 60 т меньше предложения (рис. 15.9).

Таблица 15.6 - Рабочая таблица для задания 4а											
Поставщик	Запасы поставщиков, т	Потребности клиентов, т						Сумма по строке (используемые запасы), т	Спрос	Остаток	
		К <sub>1</sub>	К <sub>2</sub>	К <sub>3</sub>	К <sub>4</sub>	К <sub>5</sub>	К <sub>6</sub>				
П <sub>1</sub>	240	240	228	216	204	192	180		1260	240	
П <sub>2</sub>	300							0		300	
П <sub>3</sub>	240							0		240	
П <sub>4</sub>	420							0		420	
Сумма по столбцу (удовлетворение потребностей), т		0	0	0	0	0	0				
Предложение	1200										
Целевая функция	0										

Рис. 15.9. Снижение запасов на складе поставщика 3

Так как наблюдается дефицит, то все товары должны быть распределены, но каждый клиент должен получить не более заказанного, т. е. ограничение будет иметь вид  $\$C\$19: \$H\$19 \leq \$C\$14: \$H\$14$ . В то же время все запасы должны быть реализованы, т. е.  $\$I\$15: \$I\$18 = \$B\$15: \$B\$18$ .

Окно поиска решения будет выглядеть так, как показано на рис. 15.10.

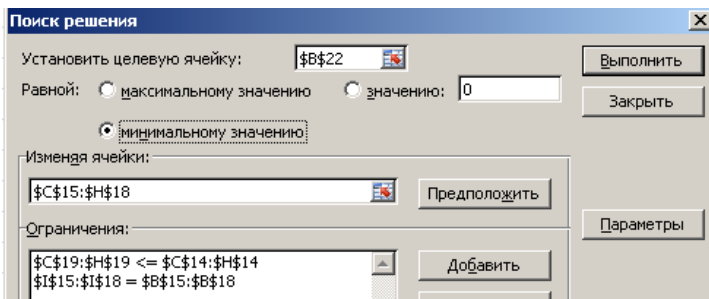


Рис. 15.10. Запись ограничений для ситуации 4а

Результат полученного решения представлен на рис. 15.11. По сравнению с исходной ситуацией (ситуация 1) затраты снизятся на 984 руб. Транспортные издержки составят 4 356 руб.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
10	Таблица 15.6 - Рабочая таблица для задания 4а												
11													
12			Потребности клиентов, т						Сумма по строке (используемые запасы), т		Спрос		Остаток
13	Поставщик	Запасы поставщиков, т	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$	$F_6$					
14		240	228	216	204	192	180	240		1260		0	
15	$Ц_1$	240	0	168	0	0	0	72				0	
16	$Ц_2$	300	0	0	0	0	192	108				0	
17	$Ц_3$	240	0	0	216	24	0	0				0	
18	$Ц_4$	420	240	0	0	180	0	0				0	
19	Сумма по столбцу (удовлетворение потребностей), т		240	168	216	204	192	180					
20													
21	Предложение	1200											
22	Целевая функция	4356											

Рис. 15.11. Результат решения для ситуации 4а

**Ситуация 4б.** В результате выбранного для ситуации 4а решения клиент 2 недополучит 60 т груза. Однако в условии задачи сказано, что клиенты 2 и 6 являются постоянными заказчиками и их интересы обязательно надо учесть. Таким образом, при решении ситуации 4б следует ввести следующие ограничения (рис. 15.12):

- клиенты 2 и 6 являются постоянными (необходимо учесть их интерес на 100 %):  $D_{19} = D_{14}$  и  $H_{19} = H_{14}$  соответственно;
- интересами клиентов 1, 3, 4 и 5 можно пренебречь –  $C_{19} \leq C_{14}$  и  $E_{19}; G_{19} \leq E_{14}; G_{14}$ .

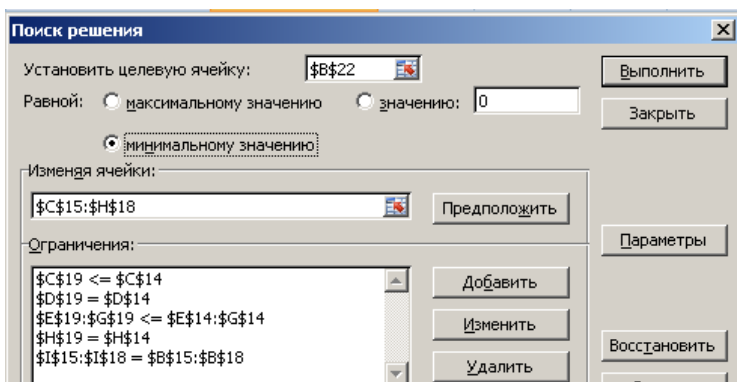


Рис. 15.12. Запись ограничений для ситуации 4б

Затраты в данном случае снизятся на 804 руб. по сравнению с ситуацией 4а, клиент 3 недополучит 60 т товара (рис. 15.13).

10	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	И	К	Л	М
11	Таблица 15.7 - Рабочая таблица для задания 4б											
12												
13	Поставщики	Запасы поставщиков, т	Потребности клиентов, т						Сумма по строке (используемые запасы), т	Спрос	Остаток	
14			$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_6$				
15			240	228	216	204	192	180				
16			$P_1$	240	0	168	0	0				72
17			$P_2$	300	0	0	0	0				192
18	$P_3$	240	0	0	156	84	0					
19	$P_4$	420	240	60	0	120	0					
20	Сумма по столбцу (удовлетворение потребностей), т		240	228	156	204	192	180				
21	Предложение	1200										
22	Целевая функция	4536										

Рис. 15.13. Результат решения для ситуации 4б

Следовательно, план перевозок следующий:

- поставщик 1 доставит 168 т товара клиенту 2 и 72 т клиенту 6;
- поставщик 2 доставит 192 т клиенту 5 и 108 т клиенту 6;
- поставщик 3 доставит 156 т клиенту 3 и 84 т клиенту 4;
- поставщик 4 доставит 240 т клиенту 1, 60 т клиенту 2 и 120 т клиенту 4.

Все товары со складов поставщиков доставлены. Однако клиенту 3 недопоставили 60 т товара ( $216 - 156 = 60$ ).

**Ситуация 5.** Решено от каждого поставщика доставлять клиенту не более 50 % товаров. Рассмотрим реализацию этой ситуации.

В ячейке В20 указывается требуемый процент. В ячейки С20–Н20 записывается допустимое количество груза (например, для клиента 1 =  $\$B\$20 * C19$ ), как показано на рис. 15.14.

10	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	И	К	Л	М
11	Таблица 15.8 - Рабочая таблица для задания 5											
12												
13	Поставщики	Запасы поставщиков, т	Потребности клиентов, т						Сумма по строке (используемые запасы), т	Спрос	Остаток	
14			$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_6$				
15			240	228	216	204	192	180				
16			$P_1$	240								0
17			$P_2$	300								0
18	$P_3$	360					0					
19	$P_4$	420					0					
20	Сумма по столбцу (удовлетворение потребностей), т		0	0	0	0	0	0				
21	Максимальная величина поставок товара от поставщика клиенту, %	50%										
22	Предложение	1320										
23	Целевая функция	0										

Рис. 15.14. Процентное ограничение

Параметры поиска решения дополняются условием, что величина каждого груза не превышает максимально допустимое количество груза, т. е. появляются дополнительные ограничения по сравнению с ситуацией 1. Ограничения в зависимости от данного условия отражены на рис. 15.15.

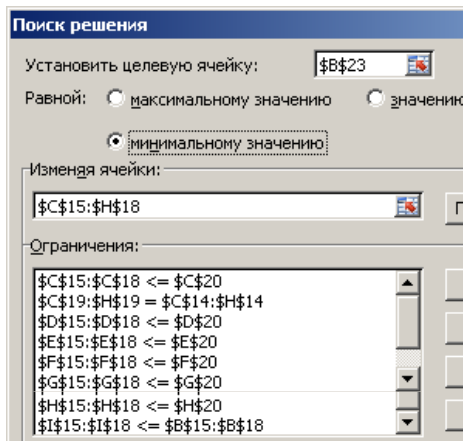


Рис. 15.15. Дополнительные ограничения для ситуации 5

После выполнения поставленной задачи получается, что затраты возрастут на 1 368 руб. по сравнению с ситуацией 1 (рис. 15.16).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
10	Таблица 15.8 - Рабочая таблица для задания 5											
11												
12			Потребности клиентов, т						Сумма по строке (используемые запасы), т		Спрос	Остаток
13	Поставщик	Запасы поставщиков, т	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>				
14			240	228	216	204	192	180			1260	
15	П <sub>1</sub>	240	18	0	0	0	96	66				60
16	П <sub>2</sub>	300	0	0	108	96	96	0				0
17	П <sub>3</sub>	360	120	114	0	102	0	24				0
18	П <sub>4</sub>	420	102	114	108	6	0	90				0
19	Сумма по столбцу (удовлетворение потребностей), т		240	228	216	204	192	180				
20	Максимальная величина поставок товара от поставщика клиенту, %	50%	120	114	108	102	96	90				
21			"=\$B\$20*\$C19"									
22	Предложение	1320										
23	Целевая функция	6708										

Рис. 15.16. Результат решения для ситуации 5

Следовательно, план перевозок следующий:

- поставщик 1 доставит 18 т товара клиенту 1, 96 т клиенту 5 и 66 т клиенту 6;
- поставщик 2 доставит 108 т клиенту 3, 96 т клиенту 4 и 96 т клиенту 5;
- поставщик 3 доставит 120 т клиенту 1, 114 т клиенту 2, 102 т клиенту 4, 24 т клиенту 6;
- поставщик 4 доставит 102 т клиенту 1, 114 т клиенту 2, 108 т клиенту 3, 6 т клиенту 4 и 90 т клиенту 6.

Все товары со складов поставщиков 2, 3 и 4 доставлены. На складе поставщика 1 останется 60 т товара ( $240 - 180 = 60$ ).

**Задание.** В табл. 15.9 представлены тарифы на перевозку для вариантов 1–10. В табл. 15.10 представлены запасы поставщиков и потребности клиентов.

Таблица 15.9. Тарифы на перевозку

Поставщик	Клиенты											
	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>	K <sub>8</sub>	K <sub>9</sub>	K <sub>10</sub>	K <sub>11</sub>	K <sub>12</sub>
П <sub>1</sub>	12	5	15	6	6	12	5	12	12	7	15	6
П <sub>2</sub>	12	8	10	14	9	7	10	13	12	15	6	15
П <sub>3</sub>	13	14	10	6	10	6	5	11	10	14	6	8
П <sub>4</sub>	7	7	8	9	6	5	5	14	8	13	11	5
П <sub>5</sub>	12	10	14	6	15	6	7	9	15	6	12	8
П <sub>6</sub>	11	11	6	13	12	11	15	5	5	11	15	14
П <sub>7</sub>	13	13	15	12	12	7	9	11	10	6	5	8
П <sub>8</sub>	11	14	12	15	6	15	8	11	7	14	5	6
П <sub>9</sub>	15	8	12	8	14	15	11	7	11	6	6	8
П <sub>10</sub>	9	6	15	8	13	5	8	12	13	8	8	12

Таблица 15.10. Запасы поставщиков и потребности клиентов

Вариант	Параметр	Номер											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Потребности клиента	260	210	200	140	190	130	290	240	220	150	170	280
	Запасы поставщика	260	290	260	240	300	340	340	280	200	400	–	–
2	Потребности клиента	160	240	280	150	160	210	190	220	180	260	210	250
	Запасы поставщика	300	280	290	210	200	310	240	400	230	300	–	–
3	Потребности клиента	150	130	170	260	140	240	140	240	160	150	120	120
	Запасы поставщика	290	400	200	400	240	310	380	320	310	320	–	–
4	Потребности клиента	110	280	170	260	300	220	130	270	260	260	150	220
	Запасы поставщика	300	200	220	320	380	230	230	340	300	340	–	–
5	Потребности клиента	300	240	100	220	120	110	210	220	140	170	270	230
	Запасы поставщика	340	310	390	330	330	340	220	230	340	260	–	–

Вариант	Параметр	Номер											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	Потребности клиента	300	170	170	120	260	230	110	180	250	220	290	240
	Запасы поставщика	280	220	320	260	340	220	340	390	340	290	–	–
7	Потребности клиента	250	200	200	290	150	300	220	220	300	200	270	210
	Запасы поставщика	300	200	200	280	240	360	230	320	390	210	–	–
8	Потребности клиента	170	120	240	170	200	150	220	120	290	160	160	250
	Запасы поставщика	270	230	200	320	350	320	250	300	230	210	–	–
9	Потребности клиента	110	100	270	290	240	140	130	190	190	170	300	290
	Запасы поставщика	400	280	270	360	270	200	270	310	280	210	–	–
10	Потребности клиента	170	280	220	100	280	300	250	210	100	110	290	160
	Запасы поставщика	400	310	310	220	230	210	240	380	240	210	–	–

Определить план перевозки при следующих производственных ситуациях (табл. 15.11):

**ситуация 1** – рассчитать исходный план перевозок;

**ситуация 2** – маршруты от поставщика к клиентам закрыты. В связи с этим тариф на перевозку между данным поставщиком и клиентом увеличится в  $N$  раз;

**ситуация 3** – запасы поставщиков должны быть израсходованы полностью;

**ситуация 4** – на складе поставщиков имеется на  $P$  единиц товара меньше исходного, потребности клиентов на  $M$  единиц меньше;

**ситуация 5** – от каждого поставщика доставлять клиенту не более  $Z$  % товаров.

Таблица 15.11. Исходные параметры для ситуаций 2–5

Вариант	Ситуация 2	Ситуация 3	Ситуация 4	Ситуация 5
1	Поставщик 1. Клиенты 2, 6 и 7. $N = 6$	Поставщики 1, 4 и 5	$P_{1-5} = 50$ . $P_{6-10} = 60$ . $M_{1-8} = 10$	$Z = 75$ %
2	Поставщик 2. Клиенты 4, 8 и 12. $N = 2$	Поставщики 2, 4 и 6	$P_{1-4} = 50$ . $P_{5-10} = 60$ . $M_{1-9} = 10$	$Z = 80$ %
3	Поставщик 3. Клиенты 2, 8 и 9. $N = 10$	Поставщики 1, 5 и 8	$P_{1-4} = 50$ . $P_{5-10} = 60$ . $M_{1-7} = 10$	$Z = 70$ %
4	Поставщик 4. Клиенты 3, 4 и 8. $N = 8$	Поставщики 2, 3 и 8	$P_{1-5} = 50$ . $P_{6-10} = 60$ . $M_{1-9} = 10$	$Z = 60$ %

Вариант	Ситуация 2	Ситуация 3	Ситуация 4	Ситуация 5
5	Поставщик 5. Клиенты 2, 4 и 5. $N = 12$	Поставщики 4, 7 и 10	$P_{1-4} = 50.$ $P_{5-10} = 60.$ $M_{3-10} = 10$	$Z = 90 \%$
6	Поставщик 6. Клиенты 2, 7 и 9. $N = 1$	Поставщики 5, 6 и 8	$P_{1-4} = 50.$ $P_{5-10} = 60.$ $M_{6-12} = 10$	$Z = 75 \%$
7	Поставщик 7. Клиенты 3, 6 и 7. $N = 8$	Поставщики 8, 9 и 10	$P_{1-5} = 50.$ $P_{6-10} = 60.$ $M_{6-11} = 10$	$Z = 55 \%$
8	Поставщик 8. Клиенты 10, 11 и 12. $N = 1$	Поставщики 7, 8 и 9	$P_{1-5} = 50.$ $P_{6-12} = 60.$ $M_{6-12} = 10$	$Z = 60 \%$
9	Поставщик 9. Клиенты 2, 5 и 7. $N = 14$	Поставщики 1, 3 и 10	$P_{1-5} = 50.$ $P_{6-10} = 60.$ $M_{1-9} = 10$	$Z = 80 \%$
10	Поставщик 10. Клиенты 2, 3 и 8. $N = 11$	Поставщики 2, 5 и 9	$P_{1-5} = 50.$ $P_{6-10} = 60.$ $M_{1-8} = 10$	$Z = 92 \%$

### Занятие 16. ВЫБОР ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ДОСТАВКИ ТОВАРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ ИХ ПРОДВИЖЕНИЯ

**Годовая оборачиваемость, или количество рейсов,  $N$**  определяется исходя из 365 дней в году и общего времени оборота товаров  $\sum t$ :

$$N = \frac{365}{\sum t}. \quad (16.1)$$

При этом общее время оборота определяется как сумма времени обработки заказов у покупателя и продавца, времени транспортировки в междугородном сообщении, времени нахождения товаров на складе (включая время доставки в местном сообщении) и времени нахождения товара в месте розничной торговли.

**Объем товарных запасов, или средний размер поставки за рейс,  $V_{\text{тз}}$**  для каждого альтернативного варианта доставки определяется по формуле

$$V_{\text{тз}} = \frac{V_n}{N}, \quad (16.2)$$

где  $V_n$  – объем продаж, млн. руб., или ед. товара.

**Издержки на перевозку за рейс каждым видом транспорта для каждого объема продаж  $S$  определяются следующим образом:**

$$S = \frac{S_{уд} V_n}{N} = S_{уд} V_{тз}, \quad (16.3)$$

где  $S_{уд}$  – удельные транспортные расходы, руб.

**Общие издержки за рейс при доставке товаров** для каждой из альтернативных схем доставки включают издержки на перевозку и издержки на товарные запасы.

**Издержки на товарные запасы  $S_{зап}$**  определяются в зависимости от времени транспортировки  $t_{тр}$  и времени нахождения товара на складе  $t_{скл}$ :

$$S_{зап} = V_{тз} r \frac{t_{тр} + t_{скл}}{365}, \quad (16.4)$$

где  $r$  – процентная ставка на стоимость запасов, %.

Объем спроса на товар достаточно стабильный и носит регулярный характер.

Объем продаж составляет:

3,84 млн. руб., или 96 тыс. ед. товара в год;

2,88 млн. руб., или 72 тыс. ед. товара в год;

2,40 млн. руб., или 60 тыс. ед. товара в год;

1,20 млн. руб., или 30 тыс. ед. товара в год.

Продажа, товара осуществляется равномерно день ото дня.

Альтернативные схемы доставки товаров:

а) транспортировка самолетом в малых контейнерах до места розничной торговли;

б) перевозка автомобильным транспортом в малых контейнерах до места розничной торговли;

в) перевозка автомобильным транспортом в больших контейнерах до места розничной торговли;

г) транспортировка по железной дороге в больших контейнерах до склада и от него малыми партиями до места розничной торговли.

Затраты времени при транспортировке самолетом:

время обработки заявки – 6 дн.;

время в пути – 1 дн.;

время нахождения в месте розничной торговли – 3 дн.

Затраты времени при транспортировке автомобильным транспортом в малых контейнерах:

время обработки заявки – 6 дн.;

время в пути – 2 дн.;

время нахождения в месте розничной торговли – 2 дн.

Затраты времени при транспортировке автомобильным транспортом в больших контейнерах:

время обработки заявки – 6 дн.;

время в пути – 2 дн.;

время нахождения в месте розничной торговли – 9 дн.

Затраты времени при перевозке железнодорожным транспортом в больших контейнерах на склад и далее малыми партиями:

время обработки заявки – 6 дн.;

время в пути – 4 дн.;

время нахождения на складе – 10 дн.;

время нахождения в месте розничной торговли – 6 дн.

Удельные транспортные расходы:

а) при объеме продаж 3,84 млн. руб., или 96 тыс. ед.;

- при транспортировке самолетом – 3,67 руб.;
- при транспортировке автомобилями малыми контейнерами – 2,97 руб.;
- при транспортировке автомобилями большими контейнерами – 1,74 руб.;
- при транспортировке железнодорожным транспортом – 0,21 руб.;

б) при объеме продаж 2,88 млн. руб., или 72 тыс. ед.:

- при транспортировке самолетом – 4,51 руб.;
- при транспортировке автомобилями малыми контейнерами – 3,65 руб.;
- при транспортировке автомобилями большими контейнерами – 2,58 руб.;
- при транспортировке железнодорожным транспортом – 1,26 руб.;

в) при объеме продаж 2,4 млн. руб., или 60 тыс. ед.:

- при транспортировке самолетом – 5,00 руб.;
- при транспортировке автомобилями малыми контейнерами – 4,02 руб.;
- при транспортировке автомобилями большими контейнерами – 3,12 руб.;
- при транспортировке железнодорожным транспортом – 1,92 руб.;

г) при объеме продаж 1,20 млн. руб., или 30 тыс. ед.:

- при транспортировке самолетом – 6,22 руб.;
- при транспортировке автомобилями малыми контейнерами – 5,91 руб.;

- при транспортировке автомобилями большими контейнерами – 5,65 руб.;

- при транспортировке железнодорожным транспортом – 4,50 руб.

Процентная ставка на стоимость запасов  $r$  равна 18 % годовых.

Стоимость 1 единицы товара составляет 40 руб.

Необходимо определить:

1) годовую оборачиваемость или количество рейсов для каждой схемы доставки и каждого объема продаж;

2) объем товарных запасов, или средний размер поставки за рейс (с экономической точки зрения, товары, находящиеся в пути, представляют собой запасы);

3) издержки на перевозку за рейс каждым видом транспорта для каждого объема продаж;

4) общие издержки за рейс при доставке товаров для каждой из альтернативных схем доставки, включая издержки на товарные запасы;

5) рациональные схемы доставки товаров для каждого объема продаж.

Расчеты сводятся в табл. 16.1–16.6.

Таблица 16.1. Годовая оборачиваемость, или количество рейсов, для каждой из альтернативных схем доставки\*

Альтернативные схемы доставки	Время обработки заявки, дн.	Время транспортировки товара, дн.	Время нахождения товара на складе, дн.	Время нахождения товара в месте розничной торговли, дн.	Общее время оборота $\sum t$ , дн.	Годовая оборачиваемость $N$ , об/год
а	6	1	0	3	10	36,5
б	6	2	0	2	10	36,5
в	6	2	0	9	17	21,5
г	6	4	10	6	26	14,0

\*По формуле (16.1).

Таблица 16.2. Объем товарных запасов, или средний размер поставки за рейс\*

Объем продаж, млн. руб.	Объем товарных запасов, или средний размер поставки за рейс, при альтернативных схемах доставки товаров $V_{тз}$ , тыс. руб.			
	а	б	в	г
3,84	105	105	179	274
2,88	79	79	134	205
2,40	66	66	112	171
1,20	33	33	56	85

\*По формуле (16.2).

Таблица 16.3. Удельные издержки на перевозку каждым видом транспорта

Объем продаж, млн. руб.	Удельные издержки на перевозку при альтернативных схемах доставки товаров $S_{уд}$ , руб.			
	а	б	в	г
3,84	3,67	2,97	1,74	0,21
2,88	4,51	3,65	2,58	1,26
2,40	5,00	4,02	3,12	1,92
1,20	6,22	5,91	5,65	4,50

Таблица 16.4. Издержки на перевозку за рейс каждым видом транспорта\*

Объем поставки $V_n$ , тыс. ед. товара	Издержки на перевозку за рейс при альтернативных схемах доставки товаров $S$ , тыс. руб.			
	а	б	в	г
96	9,653	7,812	7,780	1,436
72	8,896	7,200	8,652	6,462
60	8,219	6,608	8,719	8,206
30	5,112	4,858	7,895	9,616

\*По формуле (16.3).

Таблица 16.5. Издержки на товарные запасы за рейс каждым видом транспорта

Объем продаж, млн. руб.	Издержки на товарные запасы за рейс при альтернативных схемах доставки товаров $S_{зап}$ , тыс. руб.			
	а (1 день)	б (2 дня)	в (2 дня)	г / (14 дней)
3,84	0,052	0,104	0,176	1,889
2,88	0,039	0,078	0,132	1,416
2,40	0,032	0,065	0,110	1,180
1,20	0,016	0,032	0,055	0,590

\*По формуле (16.4).

Таким образом, при объемах продаж, составляющих 2,88, 2,40, 1,20 млн. руб., исходя из принципа минимизации общих издержек целесообразно перевозить грузы автомобильным транспортом в малых контейнерах, а при доставке товаров на сумму 3,84 млн. руб. – воздушным транспортом.

Таблица 16.6. Общие издержки за рейс при доставке товаров для каждой из альтернативных схем доставки

Объем продаж, млн. руб.	Общие издержки за рейс при альтернативных схемах доставки товаров $S + S_{зап}$ , тыс. руб.			
	а	б	в	г
3,84	9,704	7,915	7,956	<b>3,325</b>
2,88	8,935	<b>7,278</b>	8,784	7,879
2,40	8,252	<b>6,673</b>	8,829	9,386
1,20	5,129	<b>4,890</b>	7,950	10,207

**Задание 1.** Продукция транспортируется в стандартных контейнерах в ящиках или на поддонах. Если используются поддоны, то в контейнер вмещается 300 шт. продукции (25 поддонов в одном контейнере, 12 шт. на одном поддоне). Если штабелируются ящики, то в контейнер вмещается 480 шт. (40 ящиков в одном контейнере, 12 шт. в одном ящике).

Транспортные расходы в расчете на один контейнер: 1–3 варианты – 500 руб., 4–6 варианты – 800 руб., 7–9 варианты – 1 200 руб., 10–12 варианты – 2 000 руб., 13–15 варианты – 3 000 руб.

Почасовая ставка погрузочно-разгрузочных работ (ПРР): вручную – 36 руб., вилочным погрузчиком – 54 руб.

Затраты рабочего времени на погрузку: одного поддона: вручную – 4,8 мин, вилочным погрузчиком – 2,4 мин; одного ящика: вручную – 1,8 мин, вилочным погрузчиком – 0,9 мин.

Определите затраты на один поддон и один ящик при транспортировке продукции, на основе расчетов выберите наиболее рациональный вид тары. Данные для расчетов представлены в табл. 16.7.

Таблица 16.7. Общие затраты на транспортировку одного поддона и одного ящика

Вариант	Стоимость перевозки, руб.		Стоимость погрузки, руб.				Общие затраты на транспортировку, руб.			
			одного поддона		одного ящика		одного поддона		одного ящика	
	одного поддона	одного ящика	вручную	погрузчиком	вручную	погрузчиком	вручную	погрузчиком	вручную	погрузчиком
1	20	13	2,88	2,16	1,08	0,81	22,88	22,16	13,58	13,31
2	32	20	2,88	2,16	1,08	0,81	34,88	34,16	21,08	20,81
3	48	30	2,88	2,16	1,08	0,81	50,88	50,16	31,08	30,81
4	80	50	2,88	2,16	1,08	0,81	82,88	82,16	51,08	50,81
5	120	75	2,88	2,16	1,08	0,81	122,88	122,16	76,08	75,81
6	32	20	2,88	2,16	1,08	0,81	36,61	35,46	21,73	21,30
7	54	34	2,88	2,16	1,08	0,81	59,30	58,07	35,84	35,38
8	86	54	2,88	2,16	1,08	0,81	91,58	90,29	55,94	55,46
9	152	95	2,88	2,16	1,08	0,81	157,47	156,10	97,05	96,54
10	132	83	2,88	2,16	1,08	0,81	135,17	134,38	83,69	83,39
11	22	14	2,88	2,16	1,08	0,81	25,40	24,60	15,07	14,77
12	36	22	2,88	2,16	1,08	0,81	39,07	38,26	23,61	23,31
13	54	34	2,88	2,16	1,08	0,81	57,49	56,68	35,12	34,82
14	91	57	2,88	2,16	1,08	0,81	94,48	93,66	58,23	57,92
15	138	86	2,88	2,16	1,08	0,81	141,31	140,48	87,49	87,18

**Задание 2.** Сервисная компания решает вопрос, где закупать комплектующие изделия – в России или в Юго-Восточной Азии. В случае отгрузки из Юго-Восточной Азии необходимо преодолеть большие

расстояния, чем при отгрузке из России. Транспортные затраты будут значительно выше, а более длительные сроки перевозки потребуют дополнительных запасов в сети снабжения и дополнительных страховых запасов, гарантирующих бесперебойное производство. Более того, продукция из региона Юго-Восточной Азии подлежит обложению импортными пошлинами. В табл. 16.8 перечислены дополнительные факторы, возникающие при отгрузке из Юго-Восточной Азии.

Таблица 16.8. Характеристика транспортировки

Вариант	Тариф на транспортировку грузов морем, долл/м <sup>3</sup>	Импортная пошлина за ввоз товаров, %	Процентная ставка на запасы		Продолжительность транспортировки, дн.	Дополнительные страховые запасы у получателя, дн.
			в пути, %	страховые, %		
1	150	12	10	10	25	7
2	180	14	12	12	30	8
3	195	16	13	13	33	9
4	210	17	14	14	35	10
5	225	18	15	15	38	11
6	90	7	6	6	15	4
7	105	8	7	7	18	5
8	120	10	8	8	20	6
9	135	11	9	9	23	6
10	165	13	11	11	28	8
11	167	13	11	11	28	8
12	168	13	11	11	28	8
13	170	14	11	11	28	8
14	171	14	11	11	29	8
15	173	14	12	12	29	8

Удельная стоимость товара составляет 4 000 долл., 6 000 долл., 8 000 долл., 10 000 долл., 12 000 долл., за м<sup>3</sup>. Цена комплектующих изделий в России на 20 % выше, чем в регионе Юго-Восточной Азии, а их качество одинаковое. На основании указанных факторов и удельной стоимости товара определите дополнительные затраты, возникающие при отгрузках из Юго-Восточной Азии. Сравните их с затратами при покупке в России, выберите вариант доставки.

## **Занятие 17. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО УРОВНЯ ЛОГИСТИЧЕСКОГО СЕРВИСА**

Сервис представлен в логистической системе:

- сервисом потребительского спроса (сроки поставки, готовность и частота поставок, безотказность и своевременность, комплексность, качество, объем, погрузка и разгрузка, способ заказа);

- производственным сервисом (доработка и модификация, монтаж и наладка, шеф-надзор, испытания, устранение ошибок, обучение персонала, организация эксплуатации);

- послепродажным сервисом (гарантийные работы, ремонтные работы, подготовка ремонтного персонала, снабжение запчастями, инфраструктура сервиса, утилизация старой продукции);

- информационным сервисом (рекламная деятельность, каталоги и прейскуранты, техническая документация, эксплуатационная документация, включение в информационную сеть, правила приемки и гарантии);

- финансово-кредитным сервисом (вариантность оплаты, системы скидок и льгот, товарные и денежные кредиты, банковские коммерческие кредиты, новые дополнительные формы кредитов).

Все работы в области логистического сервиса можно разделить на три основные группы:

- 1) предпродажные, т. е. работы по формированию системы логистического обслуживания;

- 2) работы по оказанию логистических услуг, осуществляемые в процессе продажи товаров;

- 3) послепродажный логистический сервис.

До начала процесса реализации работа в области логистического сервиса включает в себя определение политики предприятия, фирмы в сфере оказания услуг, а также их планирование.

В процессе реализации товаров могут оказываться разнообразные логистические услуги:

- наличие товарных запасов на складе;

- исполнение заказа, в том числе подбор ассортимента, упаковка, формирование грузовых единиц и другие операции;

- обеспечение надежности доставки;

- предоставление информации о прохождении грузов.

Важным критерием, позволяющим оценить систему сервиса как с позиции поставщика, так и с позиции получателя услуг, является уро-

вень логистического сервиса. Расчет данного показателя осуществляется по формуле (17.1):

$$\eta = \frac{m}{M} 100, \quad (17.1)$$

где  $\eta$  – уровень логистического обслуживания;

$m$  – количественная оценка фактического объема логистического сервиса;

$M$  – количественная оценка теоретически возможного объема логистического сервиса.

Уровень сервиса можно оценивать также, сопоставляя время на выполнение фактически оказываемых в процессе поставки логистических услуг со временем, которое необходимо было бы затратить в случае оказания всего комплекса возможных услуг в процессе той же поставки. В этом случае расчет выполняется по формуле

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^N t_i} 100, \quad (17.2)$$

где  $n$  – фактическое количество реализуемых товаров (оказываемых услуг);

$N$  – количество товаров (услуг), которое теоретически может быть реализовано (оказано);

$t_i$  – время на оказание  $i$ -й услуги;

$\sum_{i=1}^n t_i$  – суммарное время, фактически затрачиваемое на оказание услуг;

$\sum_{i=1}^N t_i$  – время, которое теоретически может быть затрачено на выполнение всего комплекса возможных услуг.

Начиная с 70 % и выше затраты на логистический сервис растут экспоненциально в зависимости от уровня сервиса, а при достижении 90 % увеличение объема логистического сервиса становится не выгодно. При этом снижение уровня логистического сервиса приводит к снижению потерь, вызванных ухудшением качества сервиса.

**Задание 1.** Среднее количество услуг, оказываемых ежемесячно тремя агросервисами, и суммы затрат на логистический сервис представлены в табл. 17.1. Максимально возможное ежемесячное количество услуг по агросервисам А1–А3 может составлять 300 услуг. Определить уровень логистического сервиса. Отразить графически зависимость затрат на сервис от уровня сервиса по предприятиям.

Таблица 17.1. Основные показатели для расчета уровня логистического сервиса (для задания 1)

Период	Фактически оказываемый комплекс услуг, ед.			Затраты на логистический сервис, руб.		
	А1	А2	А3	А1	А2	А3
Январь	181	197	191	2314,7	2453,9	2411,2
Февраль	176	179	202	2271,2	2297,3	2497,4
Март	181	199	202	2325,9	2471,3	2499,8
Апрель	179	189	189	2297,3	2384,3	2384,3
Май	179	188	201	2307,5	2375,6	2488,7
Июнь	183	185	190	2332,1	2349,5	2393,0
Июль	174	180	191	2253,8	2306,0	2401,7
Август	175	181	195	2262,5	2314,7	2436,5
Сентябрь	190	176	103	2393,0	2271,2	2506,1
Октябрь	186	186	207	2358,2	2358,2	2540,9
Ноябрь	175	184	205	2265,3	2340,8	2523,5
Декабрь	174	187	190	2256,6	2366,9	2395,2

Для расчета уровня логистического сервиса вносим данные табл. 17.1 в соответствующую таблицу в программе Microsoft Excel.

Для определения уровня логистического сервиса необходимо воспользоваться формулой (17.1), при этом значение  $M$  для всех расчетов остается неизменным и составляет 300 ед.

Например, для агросервиса 1 в январе уровень логистического сервиса составляет  $181 : 300 \cdot 100 \% = 60,3 \%$ . Аналогичным образом рассчитывается уровень логистического сервиса для остальных месяцев года и для других агросервисов (табл. 17.2).

Далее необходимо построить график зависимости затрат на сервис от уровня сервиса по предприятиям. Согласно расчетам, полученным по формуле (17.1) и отраженным в табл. 17.2, зависимость затрат на сервис от уровня логистического сервиса для агросервисов 1, 2 и 3 отражена соответственно на рис. 17.1, 17.2 и 17.3. Для наглядности зависимости данные для построения графика предварительно отсортированы в порядке возрастания по уровню логистического сервиса.

Таблица 17.2. Расчет уровня логистического сервиса

Период	Фактически оказываемый комплекс услуг, ед.			Затраты на логистический сервис, руб.			Уровень логистического сервиса, %		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Январь	181	197	191	2314,7	2453,9	2400,0	60,3	65,7	63,7
Февраль	176	179	202	2271,2	2297,3	2497,4	58,7	59,7	67,3
Март	181	199	202	2325,9	2471,3	2499,8	60,3	66,3	67,3
Апрель	179	189	189	2297,3	2384,3	2384,3	59,7	63,0	63,0
Май	179	188	201	2307,5	2375,6	2488,7	59,7	62,7	67,0
Июнь	183	185	190	2332,1	2349,5	2393,0	61,0	61,7	63,3
Июль	174	180	191	2253,8	2306,0	2401,7	58,0	60,0	63,7
Август	175	181	195	2262,5	2314,7	2436,5	58,3	60,3	65,0
Сентябрь	190	176	203	2393,0	2271,2	2506,1	63,3	58,7	67,7
Октябрь	186	186	207	2358,2	2358,2	2540,9	62,0	62,0	69,0
Ноябрь	175	184	205	2265,3	2340,8	2523,5	58,3	61,3	68,3
Декабрь	174	187	190	2256,6	2366,9	2395,2	58,0	62,3	63,3

Таким образом, можно отметить, что все агросервисы имеют средний уровень логистического сервиса – от 58,0 % до 69,0 %, при этом из графиков на рис. 17.1–17.3 отчетливо видна зависимость затрат от уровня логистического сервиса. Чем выше уровень сервиса, тем выше затраты.

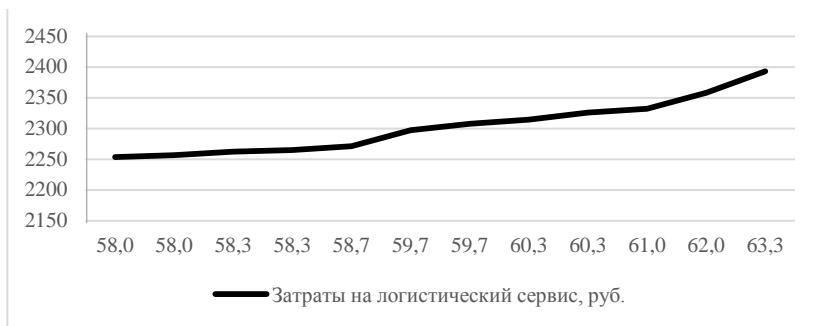


Рис. 17.1. Зависимость затрат на сервис от уровня логистического сервиса для агросервиса 1

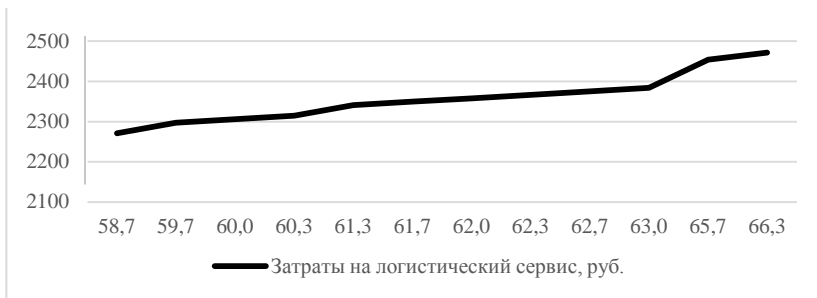


Рис. 17.2. Зависимость затрат на сервис от уровня логистического сервиса для агросервиса 2

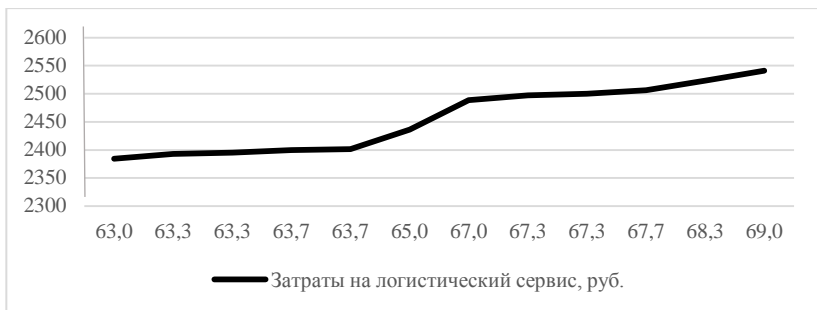


Рис. 17.3. Зависимость затрат на сервис от уровня логистического сервиса для агросервиса 3

**Задание 2.** Три агросервиса предоставляют комплекс услуг, при этом некоторые услуги у них одинаковы. Время, необходимое для оказания отдельной услуги, представлено в табл. 17.3. В марте каждый из агросервисов выполнил определенный комплекс услуг:

- агросервис 1 оказывал услуги № 1, 3, 4, 7, 8, 9;
- агросервис 2 оказывал услуги № 2, 5, 6, 8, 9, 10;
- агросервис 3 оказывал услуги № 1, 3, 4, 6, 7, 10.

Определите уровень логистического сервиса агросервисов в марте на основе данных табл. 17.3.

Для расчета уровня логистического сервиса вносим данные табл. 17.3 в соответствующие таблицы в программе Microsoft Excel (табл. 17.4, 17.5).

Таблица 17.3. **Время, необходимое для оказания услуги, чел.-ч**

Агросервис	№ услуги									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1	5	8	4	5	7	3	12	6	7	8
A2	6	7	5	6	8	4	11	7	6	8
A3	7	7	4	4	6	5	10	6	7	9

Таблица 17.4. **Перечень оказываемых агросервисами услуг в течение месяца**

Агросервис	Комплекс выполненных услуг					
A1	1	3	4	7	8	9
A2	2	5	6	8	9	10
A3	1	3	4	6	7	10

Таблица 17.5. **Расчет уровня логистического сервиса в зависимости от затрат времени на выполнение всех услуг в течение месяца**

Агросервис	Время, необходимое для оказания услуг, чел.-ч										Уровень логистического сервиса, %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A1	5	8	4	5	7	3	12	6	7	8	60,0
A2	6	7	5	6	8	4	11	7	6	8	58,8
A3	7	7	4	4	6	5	10	6	7	9	60,0

Уровень логистического сервиса по трем предприятиям необходимо рассчитать по формуле (17.2).

Например, для агросервиса 1 в марте уровень логистического сервиса составил  $(5 + 4 + 5 + 12 + 6 + 7) : (5 + 8 + 4 + 5 + 7 + 3 + 12 + 6 + 7 + 8) \cdot 100 \% = 60,0 \%$ . Аналогичным образом рассчитывается уровень логистического сервиса для других агросервисов.

Таким образом, все агросервисы имеют средний уровень логистического сервиса – от 58,8 % до 60,0 %, при этом наибольшее значение уровня логистического сервиса имеют агросервисы 1 и 3 – 60,0 %.

**Задание 3.** Среднее количество услуг, оказываемых ежемесячно тремя агросервисами, и величина затрат на логистический сервис представлены в табл. 17.6. Максимально возможное ежемесячное количество услуг по каждому агротехсервису – 500 услуг. Определите уровень логистического сервиса. Отрадите графически зависимость затрат на сервис от уровня сервиса по предприятиям.

Таблица 17.6. Основные показатели для расчета уровня логистического сервиса (для задания 3)

Период	Фактически оказываемый комплекс услуг, ед.			Затраты на логистический сервис, руб.		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Январь	291 + X	292	325 + X	3743,31 + Y	3750,32	3981,85 + Y
Февраль	273	288	349	3617,02	3722,26	4150,24
Март	279	297 + X	333	3659,11	3785,40 + Y	4037,98
Апрель	276	307	336	3638,06	3855,56	4059,03
Май	281 + X	298 + X	320	3673,15 + Y	3792,42 + Y	3946,77
Июнь	295	294	339 + X	3771,37	3764,35	4080,08 + Y
Июль	277	289	350	3645,08	3729,27	4157,26
Август	238	290	322	3371,45	3736,29	3960,81
Сентябрь	289	281 + X	320 + X	3729,27	3673,15 + Y	3946,77 + Y
Октябрь	299	282	347	3799,44	3680,16	4136,21
Ноябрь	274 + X	297	328	3624,03 + Y	3785,40	4002,90
Декабрь	278	293	332 + X	3652,10	3757,34	4030,97 + Y

Примечание. Значение X равно номеру варианта от 1 до 30, а значение Y рассчитано как  $Z = N \cdot 6,5$ .

**Задание 4.** Пять агросервисов A1–A5 предоставляют комплекс услуг, при этом некоторые услуги у них одинаковы. Время, необходимое для оказания отдельной услуги, приведено в табл. 17.7. В июле каждый из агросервисов выполнил определенный комплекс услуг (табл. 17.8). Определите уровень логистического сервиса агросервисов в июле на основе данных табл. 17.7 и 17.8.

Таблица 17.7. Основные показатели для расчета уровня логистического сервиса (для задания 4)

Агросервис	№ услуги									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1	18	18	13	21	18	11	11	17	15	12
A2	20	14	12	19	20	10	13	19	18	15
A3	21	17	14	17	19	9	16	20	21	17
A4	22	15	11	18	18	8	18	21	22	18
A5	23	16	13	19	17	9	17	19	20	14

Таблица 17.8. Комплекс выполненных услуг (для задания 4)

Вариант	Комплекс выполненных услуг для каждого агросервиса						
1	1	3	3	5	7	9	
2	2	4	5	7	8	9	
3	3	4	6	7	9	10	
4	4	5	7	8	9	10	
5	1	2	3	5	6	8	
6	1	2	3	4	6	7	
7	3	5	5	6	8	9	
8	4	5	6	7	8	9	
9	2	5	6	7	9	10	
10	2	3	4	5	6	8	

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

### Занятие 18. ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ ИЗДЕРЖЕК ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЗАПАСОВ. ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕРА ЗАКАЗА. ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕРА ЗАКАЗА ПРИ ШТАБЕЛЬНОМ РАЗМЕЩЕНИИ ЗАПАСОВ

В логистике запасов широкую известность получила зависимость по определению оптимального размера заказа, названная в честь ученого, представившего ее, – формула Уилсона.

При выводе ее ученый исходил из условия идеальной системы управления запасами, суть которой состоит в том, что доставка нового заказа осуществляется в момент, когда предыдущий полностью закончился. Тогда средний размер запаса (остатка) товара на складе будет равен половине величины заказываемой партии. Например, если размер одной заказываемой и доставляемой партии равен  $q$ , средняя величина запаса товара на складе составит:  $q / 2((q + 0) : 2)$ .

Ученым учитывались лишь *прямые (явные) издержки, связанные с приобретением товара, его доставкой и хранением*. Например, за определенный период объем оборота (потребления или сбыта) определенного наименования товара равен  $S$ . Тогда затраты на приобретение (закупку) товара – это произведение величины  $S$  и цены  $P$  за единицу товара. Установив транспортные и связанные с ними расходы на выполнение одного заказа на уровне  $C_o^e$ , совокупные издержки  $C_o$  по доставке товара в течение периода, за который потребляется величина  $S$ , ученый предложил определять по формуле

$$C_o = C_o^e \frac{S}{q}. \quad (18.1)$$

Отношение  $S/q$  показывает, какое количество заказов будет сделано за период потребления величины  $S$ .

Установив стоимость хранения единицы запасов в течение периода, за который потребляется величина  $S$ , равная  $C_{хр}^e$ , ученый предложил следующую зависимость по определению затрат на хранение  $C_{хр}$ :

$$C_{хр} = C_{хр}^e \frac{q}{2}. \quad (18.2)$$

Таким образом, было выведено основное уравнение по определению совокупных прямых издержек  $C_c$  при формировании и управлении запасами за заданный период потребления величины  $S$ :

$$C_c = PS + C_o^e \frac{S}{q} + C_{xp}^e \frac{q}{2}. \quad (18.3)$$

Следовательно, *оптимальный размер заказа товара* – это такой размер заказа, при котором совокупные издержки  $C_c$  при формировании и управлении запасами принимают минимальное значение.

Оптимальный размер заказа достигается, когда совокупные издержки минимальны или когда первая производная уравнения по размеру заказа равна нулю.

$$C_c' = -C_o^e \frac{S}{q^2} + \frac{C_{xp}^e}{2}. \quad (18.4)$$

Тогда оптимальный размер заказа  $q_o$  равен:

$$q_o = \sqrt{2 \frac{C_o^e S}{C_{xp}^e}}, \quad (18.5)$$

где  $q_o$  – оптимальный размер заказа по конкретному наименованию материальных запасов (товара), шт. (т, м<sup>3</sup>, рулонов);

$C_o^e$  – транспортные и связанные с ними расходы (оформление документов, погрузка, разгрузка и т. д.) на выполнение одного заказа по данному наименованию товара, руб.;

$S$  – величина спроса (потребления) данного наименования товара за установленный промежуток времени, шт/мес (шт/кв., шт/год);

$C_{xp}^e$  – издержки на хранение единицы (одной штуки, тонны и т. д.) товара в течение периода потребления величины  $S$ , руб/(шт/мес), (руб/(шт/кв.), руб/(шт/год) и т. д.).

Эту зависимость в теории управления запасами называют *формулой Уилсона*.

Данная формула не учитывает потери финансового капитала, вложенного в создание запасов, т. е. потери, обусловленные затормаживанием оборачиваемости вложенных в запасы денежных средств. Так, применение формулы для различных по стоимости материалов, цены на которые могут отличаться в несколько раз, при одинаковых исходных данных (за исключением цены) даст один и тот же результат.

Это неправомерно с экономической точки зрения. Чтобы сократить влияние отрицательного эффекта (замораживания денежного капитала, вложенного в создание запасов), совокупные издержки при формировании запасов должны включать *вмененные (неявные)* расходы, обусловленные потерями от недополучения дохода  $C_{\text{п}}$ . Величина этих потерь за период потребления величины  $S$  определяется по формуле

$$C_{\text{п}} = E \frac{q}{2} P, \quad (18.6)$$

где  $E$  – коэффициент эффективности финансовых вложений за период потребления величины  $S$ , 1/мес (1/кв., 1/год).

Коэффициент  $E$  показывает, какая доля суммы денежных (оборотных) средств ( $Pq / 2$ ), которая в среднем имеет место на складе, замораживается при создании запасов за период потребления величины  $S$ .

Величина  $C_{\text{п}}$  имеет двойственную экономическую природу. С одной стороны, она оценивает размер потерь, обусловленных вложением финансовых средств в создание запасов (замораживание), а с другой – устанавливает величину дополнительного дохода, который можно было бы получить в случае отказа от создания запасов. Например, финансовые средства, необходимые для создания среднего запаса  $q / 2$ , в размере  $Pq / 2$  можно было бы положить в банк и получать доход по депозиту или вложить в дальнейшее развитие организации с целью увеличения доходов в перспективе. По причине двойственной природы величину  $C_{\text{п}}$  не включают в структуру прямых производственных затрат при бухгалтерском учете. Однако при проведении расчетов по сравнительной экономической эффективности или при бизнес-планировании учет данной величины должен быть обязательным.

Коэффициент  $E$ , с помощью которого оценивают эффективность финансовых вложений за период потребления величины  $S$ , может варьироваться в определенных пределах.

1. Минимальный размер коэффициента  $E$ , обуславливающий максимальные размеры заказов, устанавливается при наличии у предприятия достаточного количества свободных денежных (оборотных) средств и должен быть равен величине, соответствующей проценту по депозиту за время потребления величины  $S$ . Например, если анализируемый период равен одному месяцу, то процент по депозиту за месяц при 12%-ном годовом составит 1 %, а коэффициент  $E$  будет равен 0,01 за месяц (1 : 100 %).

2. Максимальный размер коэффициента  $E$  устанавливается в случае отсутствия в организации свободных денежных средств или ее интенсивного развития. В этом случае размеры заказов будут минимальными, что позволит высвободить максимальное количество денежных (оборотных) средств для финансирования более важных сфер хозяйственной деятельности организации (оплата труда и т. п.).

Величина коэффициента  $E$  определяется в зависимости от источника свободных денежных средств:

2.1) если свободные денежные средства формируются за счет привлечения кредитных ресурсов банков, то размер коэффициента  $E$  должен соответствовать годовой процентной ставке по банковскому кредиту за время потребления величины  $S$  согласно следующей формуле:

$$E = \frac{1 + СК/100}{n}, \quad (18.7, a)$$

где СК – годовая процентная ставка по банковскому кредиту, %;

$n$  – количество повторений в течение года установленного промежутка времени (анализируемого периода), за которое потребляется величина  $S$ ;

2.2) если свободные денежные средства формируются за счет собственных резервов предприятия, то величина коэффициента  $E$  определяется по формуле

$$E = \frac{R}{n \cdot 100} N_{об}, \quad (18.7, б)$$

где  $R$  – достигнутый среднегодовой уровень рентабельности готовой продукции в производственной организации или рентабельности продаж в торговле, %;

$N_{об}$  – количество оборотов в течение года, которые совершают оборотные средства (денежные средства, необходимые для производства и реализации продукции, участвующей в одном кругообороте).

Например, достигнутый среднегодовой уровень рентабельности продукции на предприятии составляет 24 %; анализируемый период – один месяц; количество оборотов готовой продукции (оборотных средств) в течение года – 12. Тогда коэффициент  $E$  будет равен 0,24 за месяц. Таким образом, в большинстве случаев для производственных предприятий минимальная величина коэффициента  $E$  отличается от максимальной на порядок (в 10 раз).

В торговых организациях минимальная величина коэффициента  $E$  может отличаться от максимальной на два порядка (в 100 раз).

Следовательно, формула по определению оптимального размера заказа с учетом потерь от недополучения дохода  $C_{\Pi}$  будет иметь следующий вид:

$$q_o = \sqrt{2 \frac{C_o S}{C_{xp}^e + EP}}, \quad (18.8)$$

где  $P$  – цена за единицу товара, руб./шт. (руб/т и т. д.).

Такие составляющие формулы (18.8), как издержки на хранение единицы товара  $C_{xp}^e$  и коэффициент эффективности финансовых вложений  $E$ , должны быть привязаны к периоду, за который потребляется величина  $S$ . Например, если величина потребления или сбыта  $S$  определенного наименования товара рассматривается за квартал, то величины  $C_{xp}^e$  и  $E$  также должны рассчитываться за квартал.

**Существуют ограничения при применении формулы по расчету оптимального размера заказа:**

1) оптимизация размера заказа при имеющих место оптовых скидках. Это объясняется тем, что, во-первых, при выводе формулы не учитывалась зависимость затрат на закупку (произведение величины потребления  $S$  и цены  $P$  за единицу товара) от размера заказа, во-вторых, затраты на закупку имеют в подавляющем большинстве производственных ситуаций наибольшее значение по сравнению с другими статьями прямых затрат, связанных с управлением запасами;

2) при выводе формулы предусматривалось, что транспортные и связанные с ними расходы на выполнение одного заказа  $C_o^e$  не зависят от размера заказа (т. е. являются постоянными). На самом деле показатель  $C_o^e$  зависит от размера заказа, однако эта зависимость в большинстве случаев оказывает косвенное влияние на величину и характер изменения совокупных издержек  $C_o$  по доставке товара в течение периода, за который потребляется величина  $S$ ;

3) одно из условий применения формулы заключается в том, что издержки  $C_{xp}^e$  на хранение единицы товара в течение периода потребления величины  $S$  не должны зависеть от размера заказа. Это достигается в случае эффективного использования площади складского помещения. Например, если на площади в 1 м<sup>2</sup> может храниться 5 т товара, то эту возможность необходимо использовать на 80–100 %.

Расчет оптимального размера заказа при штабельном размещении запасов рассмотрим на примере следующей производственной ситуации.

Агросервисная организация планирует производство лемехов к плугам. Для этого будет использоваться полосовая сталь с линейными размерами  $100 \times 12$  мм. Длина одной полосы – 2 м. Годовая производственная программа по выпуску лемехов – 1 000 шт/год. Масса лемеха – 5,2 кг. Отходы стали в соответствии с технологией изготовления лемехов не превысят 15 %. Цена 1 т стали полосовой – 850 руб. Масса  $1 \text{ м}^3$  стали – 7,8 т. Удаленность поставщика стали – 30 км. Срок выполнения заказа – 2 дня. Допустимая нагрузка на  $1 \text{ м}^2$  пола для склада по хранению металла – 6 т. Издержки по содержанию  $1 \text{ м}^2$  за месяц – 2 руб. (собственное помещение). Среднее количество рабочих дней в месяце – 22. Организация нуждается в свободных денежных средствах. Оборотные средства при производстве лемехов совершают в среднем один оборот за месяц. Рентабельность продукции составляет 10 %. Доставка стали может осуществляться собственным автотранспортом.

Одна полоса стали занимает  $2\,000 \text{ мм} \cdot 100 \text{ мм} = 0,2 \text{ м}^2$  пола склада. На  $1 \text{ м}^2$  пола склада размещается  $1 \text{ м}^2 : 0,2 \text{ м}^2 = 5$  полос в один ряд.

Масса  $1 \text{ м}^3$  стали – 7,8 т. Тогда 1 т стали имеет объем  $0,1282 \text{ м}^3$ . Допустимая нагрузка на  $1 \text{ м}^2$  пола склада – 6 т. Сталь массой 6 т имеет объем  $0,1282 \text{ м}^3/\text{т} \cdot 6 \text{ т} = 0,7692 \text{ м}^3$ . Объем, занимаемый одной полосой стали, равен  $2 \text{ м} \cdot 0,1 \text{ м} \cdot 0,012 \text{ м} = 0,0024 \text{ м}^3$ . В ширину на полу помещается пять полос, занимающих объем  $5 \cdot 0,0024 = 0,012 \text{ м}^3$ . Тогда при укладке из пяти полос стали в ширину на полу высота данной укладки с учетом допустимой нагрузки составит 64 полосы ( $0,7692 \text{ м}^3 : 0,012 \text{ м}^3$ ). Следовательно, на  $1 \text{ м}^2$  пола склада можно разместить 320 полос стали.

С учетом необходимых проходов и проездов занимаемая площадь будет больше в 1,67 раза, т. е. для хранения 320 полос стали потребуется  $1,67 \text{ м}^2$  пола склада.

Годовая производственная программа составляет  $1\,000 \text{ лемехов/год} \times 5,2 \text{ кг/лемех} : (100 \% - 15 \%) \cdot 100 \% \approx 6,12 \text{ т}$ , где 15 % – отходы стали в соответствии с технологией изготовления лемехов.

Так как транспортные расходы на выполнение одного заказа  $C_o^e$ , а также затраты на хранение 1 т стали  $C_{xp}^e$  зависят от размера заказа, который еще предстоит определить, необходимо интуитивно установить размер заказа.

Принимаем размер заказа равным 6,12 т стали полосовой.

Для хранения данного количества стали потребуется  $6,12 \text{ т} : 6 \text{ т/м}^2 \times 1,67 \text{ м}^2 = 1,7 \text{ м}^2$  пола склада.

Затраты на хранение 1 т стали за год составят:

$$C_{\text{хр}}^e = 1,7 \text{ м}^2 \cdot 2 \text{ руб}/(\text{мес} \cdot \text{м}^2) \cdot 12 \text{ мес} : (6,12 \text{ т} : 2) = 13,33 \text{ руб}/\text{т},$$

где  $6,12 \text{ т} : 2$  – средний остаток (запас) стали на складе.

Транспортные затраты на выполнение одного заказа при перевозке собственным транспортным средством грузоподъемностью 10 т, стоимости 1 км, равной 0,9 руб., расстоянии перевозки 60 км (туда и обратно), использовании грузоподъемности транспортного средства на 61,2 % (перевозка от одного поставщика осуществляется совместно с другими товарами) составят:

$$C_o^e = (30 \text{ км} \cdot 2) \cdot 0,9 \text{ руб}/\text{км} \cdot 61,2 \% : 100 \% = 33,05 \text{ руб}.$$

Количество оборотов  $N_{\text{об}}$ , совершаемых оборотными средствами организации при производстве лемехов, за год составит:

$$N_{\text{об}} = S : (q : 2), \quad (18.9)$$

где  $S$  – потребление товара за установленный промежуток времени (т, шт.);

$q$  – размер заказа (т, шт.).

В нашем случае потребление стали за год составляет 6,12 т, размер заказа – 6,12 т. Отсюда

$$N_{\text{об}} = 6,12 \text{ т}/\text{год} : (6,12 \text{ т} : 2) = 2 \text{ об}/\text{год}.$$

Рассчитаем максимальное значение коэффициента эффективности финансовых вложений  $E$  по формуле (18.7, б):

$$E = 10 \% : (1 \text{ год} \cdot 100 \%) \cdot 2 \text{ об}/\text{год} = 0,2.$$

Поскольку организация нуждается в свободных денежных средствах, значение коэффициента  $E$  принимается на уровне 70–100 % от его максимального значения:  $E = 70 \% : 100 \% \cdot 0,2 = 0,14$ .

Рассчитаем оптимальный размер заказа с учетом коэффициента  $E$  по формуле (18.8):

$$q_o = \sqrt{2 \cdot \frac{33,05 \text{ руб} \cdot 6,12 \text{ т}/\text{год}}{13,33 \text{ руб}/\text{т} + 0,14 \cdot 850 \text{ руб}/\text{т}}} \approx 1,75 \text{ т}.$$

Сравним полученный результат с оптимальным размером заказа, рассчитанным без учета коэффициента  $E$  (т. е. по формуле (18.5)):

$$q_o = \sqrt{2 \cdot \frac{33,05 \text{ руб.} \cdot 6,12 \text{ т/год}}{13,33 \text{ руб/т}}} \approx 5,51 \text{ т.}$$

Принятый интуитивно размер заказа (6,12 т) отличается от оптимального размера заказа, рассчитанного без учета коэффициента  $E$  (5,51 т), на  $6,12 \text{ т} : 5,51 \text{ т} \cdot 100 \% - 100 \% = 11,1 \%$ , что допустимо для подобного рода расчетов (разница в значениях может составлять не более 20 %). При сравнении принятого интуитивно размера заказа (6,12 т) с оптимальным размером заказа, рассчитанным с учетом коэффициента  $E$  (1,75 т), разница в значениях более существенна.

Таким образом, размер заказа будет составлять 6,12 т.

Потребление стали за время выполнения заказа поставщиком составляет:

$$1\ 000 \text{ лемехов/год} \cdot 5,2 \text{ кг} : (100 \% - 15 \%) : (12 \text{ мес/год} \times \\ \times 22 \text{ раб. дня/мес}) : 2 \text{ дня} = 46,5 \text{ кг,}$$

где 1 000 лемехов – годовая производственная программа;

5,2 кг – масса одного лемеха;

15 % – отходы стали при производстве лемехов;

2 дня – время выполнения заказа поставщиком.

Поскольку потребление стали за время выполнения заказа поставщиком (46,5 кг) не превышает размера заказа (6,12 т), расчеты сделаны верно.

**Задание.** Определите оптимальный размер заказа при штабельном размещении товаров для следующей производственной ситуации. Агросервисная организация планирует производство лемехов к плугам. Для этого будет использоваться полосовая сталь с линейными размерами 100×12 мм. Длина одной полосы – 2 м. Годовая производственная программа по выпуску лемехов – 3 000 шт/год. Масса лемеха – 5,2 кг. Отходы стали в соответствии с технологией изготовления лемехов не превысят 15 %. Цена 1 т стали полосовой – 850 руб. Масса 1 м<sup>3</sup> стали – 7,8 т. Удаленность поставщика стали – 200 км. Срок выполнения заказа – 10 дней. Допустимая нагрузка на 1 м<sup>2</sup> пола для склада по хранению металла – 5,5 т/м<sup>2</sup>. Издержки по содержанию 1 м<sup>2</sup> за месяц – 3,5 руб. (собственное помещение). Среднее количество рабочих дней в месяце – 25. Организация нуждается в свободных денежных средствах. Оборотные средства при производстве лемехов совершают в среднем один оборот за месяц. Рентабельность продукции составляет 20 %. Доставка стали может осуществляться собственным автотранспортом.

## Занятие 19. ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕРА ЗАКАЗА ПРИ ХРАНЕНИИ ТОВАРОВ НА ПОДДОНАХ

Расчет оптимального размера заказа при хранении товаров на поддонах рассмотрим на примере следующей производственной ситуации.

Сельскохозяйственной организации для проведения весенних полевых работ, а также подкормки полевых культур в начальный период вегетации (до конца июня) требуются минеральные удобрения (аммиачная селитра). Потребление аммиачной селитры за сезон в соответствии с нормами внесения удобрения составляет 5 т. Удаленность поставщика – 10 км. Срок выполнения заказа – 3 дня. Доставка и хранение мешков с аммиачной селитрой осуществляются на поддонах размерами 1 200×1 000 мм и грузоподъемностью 1 500 кг. Масса одного мешка – 50 кг. Габаритные размеры мешка (длина×ширина×высота) – 800×400×150 мм. Размещение мешков на поддоне представлено на рис. 19.1.

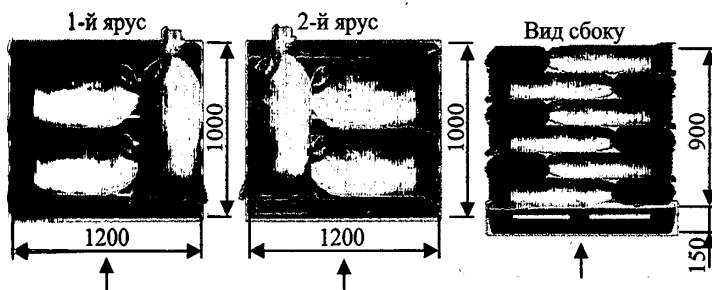


Рис. 19.1. Размещение мешков с аммиачной селитрой на поддоне

Высота укладки мешков на поддоне не должна превышать 1,8 м. Цена одного мешка аммиачной селитры в райгроссервисной организации – 10 руб. Издержки по содержанию 1 м<sup>2</sup> за месяц составляют 2 руб. (собственное помещение). Среднее количество рабочих дней в месяце – 22. Организация постоянно нуждается в свободных денежных средствах. Расчетная рентабельность продукции растениеводства – 30 %. Доставка минеральных удобрений может осуществляться собственным транспортом.

Примем интуитивно размер заказа равным 1,5 т (или 30 мешков).

Доставка селитры будет осуществляться собственным автотранспортом грузоподъемностью 1,5 т. Транспортные расходы на 1 км составят 0,8 руб.

Рассчитаем транспортные затраты на выполнение одного заказа:

$$C_o^e = (10 \text{ км} \cdot 2) \cdot 0,8 \text{ руб/км} = 16 \text{ руб.}$$

С учетом размеров поддона (1 200×1 000 мм), его грузоподъемности (1 500 кг), линейных размеров мешка (800×400×150 мм) на одном поддоне можно разместить десять рядов по три мешка в каждом ряду, т. е. 30 мешков.

Поддон площадью 1,2 м<sup>2</sup> (1 200×1 000 мм) с учетом проходов и проездов будет занимать 2 м<sup>2</sup> пола склада.

Рассчитаем затраты на хранение одного мешка в течение месяца:

$$C_{xp}^e = 2 \text{ м}^2 \cdot 2 \text{ руб/}(\text{мес} \cdot \text{м}^2) \cdot 0,9 \text{ мес} : (30 \text{ мешков} : 2) = \\ = 0,24 \text{ руб/мешок},$$

где 0,9 мес – время хранения заказанного количества товара на складе.

Его можно определить с учетом того, что потребность в удобрениях за месяц составляет 33,3 мешка (100 мешков/сезон : 3 мес/сезон), т. е. 0,9 мес = 30 мешков (размер заказа) : 33,3 мешка/мес.

Количество оборотов  $N_{об}$ , совершаемых оборотными средствами организации, составит:

$$N_{об} = 100 \text{ мешков/сезон} : (30 \text{ мешков} : 2) = 6,7 \text{ об/сезон.}$$

Рассчитаем максимальное значение коэффициента эффективности финансовых вложений  $E$  по формуле (18.7, б):

$$E = 30 \% (\text{за год}) : (4 \text{ сезона/год} \cdot 100 \%) \cdot 6,7 \text{ об/сезон} = 0,5.$$

Поскольку организация нуждается в свободных денежных средствах, значение коэффициента  $E$  принимается на уровне 70–100 % от его максимального значения:  $E = 70 \% : 100 \% \cdot 0,5 = 0,35$ .

Рассчитаем оптимальный размер заказа по формуле (18.8):

$$q_o = \sqrt{2 \cdot \frac{16 \text{ руб.} \cdot 100 \text{ мешков/сезон}}{0,24 \text{ руб/мешок} + 0,35 \cdot 10 \text{ руб/мешок}}} \approx 30 \text{ мешков.}$$

Поскольку принятый интуитивно размер заказа (30 мешков) не отличается от оптимального, оставляем размер заказа равным 30 мешкам селитры.

Потребление удобрений за время выполнения заказа поставщиком составляет:

$$33,3 \text{ мешка/мес} : 22 \text{ раб. дня/мес} \cdot 3 \text{ дня} = 4,54 \text{ мешка,}$$

где 33,3 мешка/мес – потребность в удобрениях;

3 дня – время выполнения заказа поставщиком.

Поскольку потребление удобрений за время выполнения заказа поставщиком (4,54 мешка) не превышает размера заказа (30 мешков), расчеты сделаны верно.

**Задание.** Рассчитайте оптимальный размер заказа при хранении товаров на поддонах для следующей производственной ситуации. Сельскохозяйственной организации для проведения весенних посевных работ, а также подкормки полевых культур требуется аммиачная селитра. Потребление аммиачной селитры за сезон в соответствии с нормами внесения удобрения составляет 15 т. Удаленность поставщика – 50 км. Срок выполнения заказа – 7 дней. Доставка и хранение мешков с аммиачной селитрой осуществляются на поддонах размерами 1 200×1 000 мм и грузоподъемностью 1 500 кг. Масса одного мешка – 50 кг. Габаритные размеры мешка (длина×ширина×высота) – 800×400×150 мм. Размещение мешков на поддоне представлено на рис. 19.1. Высота укладки мешков на поддоне не должна превышать 1,8 м. Цена одного мешка аммиачной селитры в райагросервисной организации – 11 руб. Издержки по содержанию 1 м<sup>2</sup> за месяц составляют 2,5 руб. (собственное помещение). Среднее количество рабочих дней в месяце – 25. Организация постоянно нуждается в свободных денежных средствах. Расчетная рентабельность продукции растениеводства – 20 %. Доставка минеральных удобрений может осуществляться собственным транспортом.

## **Занятие 20. ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕРА ЗАКАЗА ПРИ СТЕЛЛАЖНОМ РАЗМЕЩЕНИИ ЗАПАСОВ**

Расчет оптимального размера заказа при стеллажном размещении запасов рассмотрим на примере следующей производственной ситуации.

Райагросервисная организация осуществляет розничную и мелкооптовую торговлю запасными частями, в том числе фильтрами к тракторам, автомобилям и сельскохозяйственным машинам. Фильтры доставляются и хранятся в коробках, вмещающих по 24 фильтра. Габаритные размеры коробки (длина×ширина×высота) – 400×300×380 мм. Закупочная цена – 6 руб/фильтр. Масса брутто одной коробки – 16,0 кг.

Коробки хранятся на полках стеллажей модели СТ-031 (рис. 20.1). Издержки, связанные с эксплуатацией  $1 \text{ м}^2$  собственного склада в течение месяца, составляют 3 руб. Среднее потребление фильтров за год – 200 шт. Удаленность поставщика – 50 км. Время выполнения заказа – 2 дн. Доставка обеспечивается собственным транспортным средством грузоподъемностью 500 кг и вместимостью грузовой платформы  $2,0 \text{ м}^3$ . Тарифная ставка на внутрихозяйственные грузоперевозки для него составляет 0,14 руб/км. Доставка фильтров может производиться параллельно с другими видами запасных частей. Организация постоянно нуждается в свободных денежных средствах. Средняя рентабельность продаж составляет 3 %.

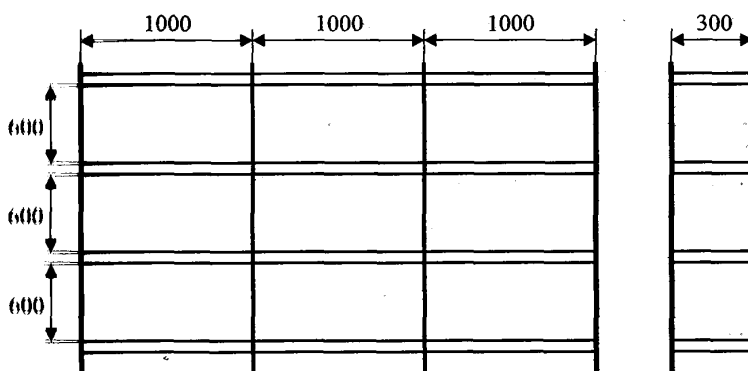


Рис. 20.1. Размеры стеллажа СТ-031

Примем интуитивно размер заказа равным восьми коробкам, или 192 фильтрам ( $8 \text{ коробок} \cdot 24 \text{ фильтра/коробку}$ ).

Масса заказываемой партии фильтров составит  $8 \text{ коробок} \times 16 \text{ кг/коробку} = 128 \text{ кг}$ .

Доставка фильтров будет осуществляться собственным автотранспортом грузоподъемностью 0,5 т. При поставке фильтров от данного поставщика доставка других видов запасных частей не производится. Транспортные расходы на 1 км составляют 0,28 руб. Рассчитаем транспортные затраты на выполнение одного заказа:

$$C_o^e = (50 \text{ км} \cdot 2) \cdot 0,28 \text{ руб/км} = 28 \text{ руб.}$$

Линейные размеры одной ячейки стеллажа (длина×ширина×высота) –  $1000 \times 300 \times 600 \text{ мм}$  – позволяют разместить на ней две коробки размерами  $400 \times 300 \times 380 \text{ мм}$ . Следовательно, для хранения восьми коробок

нужно четыре ячейки. В стеллаже – 12 ячеек. Одна ячейка занимает  $3 \text{ м} \cdot 0,3 \text{ м} : 12 \text{ ячеек} = 0,075 \text{ м}^2$  пола склада, а с учетом проходов и проездов – не более  $0,1 \text{ м}^2$ . Тогда площадь, занимаемая четырьмя ячейками, равна  $0,4 \text{ м}^2$ .

Издержки на хранение одного фильтра в течение месяца составят:

$$\begin{aligned} C_{\text{хр}}^e &= 0,4 \text{ м}^2 \cdot 3 \text{ руб}/(\text{мес} \cdot \text{м}^2) \cdot 12 \text{ мес} : (192 \text{ фильтра} : 2) = \\ &= 0,15 \text{ руб}/\text{фильтр}. \end{aligned}$$

Количество оборотов  $N_{\text{об}}$ , совершаемых оборотными средствами организации, составит:

$$N_{\text{об}} = 200 \text{ фильтров}/\text{год} : (192 \text{ фильтра} : 2) = 2,08 \text{ об}/\text{год}.$$

Рассчитаем максимальное значение коэффициента эффективности финансовых вложений  $E$  по формуле (18.7, б):

$$E = 3 \% : (1 \text{ год} \cdot 100 \%) \cdot 2,08 \text{ об}/\text{год} = 0,0624.$$

Поскольку организация нуждается в свободных денежных средствах, значение коэффициента  $E$  принимается на уровне 70–100 % от его максимального значения:  $E = 70 \% : 100 \% \cdot 0,0624 = 0,044$ .

Рассчитаем оптимальный размер заказа по формуле (18.8):

$$q_o = \sqrt{2 \cdot \frac{28 \text{ руб.} \cdot 200 \text{ фильтров}/\text{год}}{0,15 \text{ руб}/\text{фильтр} + 0,044 \cdot 6 \text{ руб}/\text{фильтр}}} \approx 165 \text{ фильтров}.$$

Полученный расчетный размер заказа (165 фильтров) отличается от принятого интуитивно (192 фильтра) на  $192 \text{ фильтра} : 165 \text{ фильтров} \times 100 \% - 100 \% = 16,4 \%$ , что допустимо для подобного рода расчетов, поэтому оставляем размер заказа равным 192 фильтрам.

Потребность в фильтрах за время выполнения заказа поставщиком составляет:

$$200 \text{ фильтров}/\text{год} : (12 \text{ мес}/\text{год} \cdot 22 \text{ раб. дня}/\text{мес}) \cdot 2 \text{ дня} = 2 \text{ фильтра},$$

где 2 дня – время выполнения заказа поставщиком.

Поскольку потребность в фильтрах за время выполнения заказа поставщиком (2 фильтра) не превышает размера заказа (192 фильтра), расчеты сделаны верно.

**Задание.** Рассчитайте оптимальный размер заказа при стеллажном размещении запасов для следующей производственной ситуации. Рай-агросервисная организация осуществляет розничную и мелкооптовую торговлю запасными частями, в том числе фильтрами к тракторам, ав-

томобиям и сельскохозяйственным машинам. Фильтры доставляются и хранятся в коробках, вмещающих по 24 фильтра. Габаритные размеры коробки (длина×ширина×высота) – 400×300×380 мм. Закупочная цена – 7 руб/фильтр. Масса брутто одной коробки – 16,0 кг. Коробки хранятся на полках стеллажей модели СТ-031 (см. рис. 20.1). Издержки, связанные с эксплуатацией 1 м<sup>2</sup> собственного склада в течение месяца, составляют 4,5 руб. Среднее потребление фильтров за год – 800 шт. Удаленность поставщика – 200 км. Время выполнения заказа – 8 дн. Доставка обеспечивается собственным транспортным средством грузоподъемностью 500 кг и вместимостью грузовой платформы 2,0 м<sup>3</sup>. Тарифная ставка на внутрихозяйственные грузоперевозки для него составляет 0,5 руб/км. Доставка фильтров может производиться параллельно с другими видами запасных частей. Организация постоянно нуждается в свободных денежных средствах. Средняя рентабельность продаж составляет 15 %.

## **Занятие 21. СРАВНЕНИЕ СТРАТЕГИИ ЗАКУПКИ РЕСУРСОВ ПРИ ОПЛАТЕ К МОМЕНТУ ПОСТАВКИ И ФОРВАРДНЫХ СТРАТЕГИЙ ЗАКУПОК. СРАВНЕНИЕ СТРАТЕГИИ ЗАКУПКИ РЕСУРСОВ ПРИ ОПЛАТЕ К МОМЕНТУ ПОСТАВКИ И СТРАТЕГИИ ЗАКУПКИ РЕСУРСОВ ПРИ УСРЕДНЕНИИ ЦЕНЫ**

Одной из типичных задач логистики закупок является определение объемов закупаемых ресурсов и времени их оплаты. Для этого необходимо проанализировать цены на закупаемые ресурсы, транспортные расходы, затраты на содержание запасов. В связи с этим организация может использовать несколько стратегий оплаты ресурсов:

- стратегию оплаты к моменту поставки (ежемесячные закупки);
- форвардную стратегию закупок на несколько месяцев и др.

Если цены имеют ярко выраженный сезонный характер, возможно применение смешанных стратегий оплаты ресурсов. В этом случае на этапе снижения цен будет использоваться стратегия оплаты к моменту поставки, а на этапе повышения цен – форвардная оплата.

Общие затраты при различных стратегиях закупок будут меняться.

Стратегия оплаты к моменту поставки связана с внесением платежей по факту поставки ресурсов или незадолго до этого. Оплата осуществляется по ценам периода, в котором осуществляется непосредственная поставка ресурсов. Данная стратегия предполагает, что вся

партия ресурсов, поставленная в начале месяца, к концу его будет полностью востребована.

Форвардная стратегия закупок предполагает закупку крупной партии сырья, необходимой для производства продукции в течение нескольких месяцев. Например, при использовании форвардной стратегии закупок на 2 мес оплата за поставленное сырье производится за 2 мес, на 6 мес – за 6 мес. Закупая ресурсы с отсрочкой поставки, организация стремится застраховать себя от возможного повышения цен в будущем.

Рассчитаем затраты при различных стратегиях закупок. В связи с инфляцией и ростом курса доллара в течение года возможно изменение цены накупаемые ресурсы. Объем закупаемых средств защиты растений постоянный – 100 л в месяц. Затраты на хранение 1 л средств защиты растений в течение года – 0,25 руб. Необходимо выбрать оптимальную стратегию закупок ресурсов (табл. 21.1).

Таблица 21.1. Расчет затрат на средства защиты растений при различных стратегиях закупок

Показатели	Цена, руб/л	Объем поставки, л	Затраты при стратегии оплаты к моменту поставки, руб.	Затраты при форвардных сделках, руб.		
				на 2 мес	на 3 мес	на 6 мес
Апрель	40,0	100	4000	8000	12000	24000
Май	40,8	100	4080	–	–	–
Июнь	41,6	100	4160	8320	–	–
Июль	42,4	100	4240	–	12720	–
Август	43,3	100	4330	8660	–	–
Сентябрь	44,2	100	4420	–	–	–
Затраты на закупку			25230	24980	24720	24000
Затраты на хранение			6,25	12,5	18,75	37,5
Совокупные затраты			25236,25	24992,5	24738,75	24037,5

Выбор наилучшей стратегии оплаты и поставок ресурсов базируется на соотношении затрат на оплату и содержание ресурсов в необходимых запасах. Уменьшение затрат на закупку ресурсов при форвардных сделках связано с увеличением затрат на поддержание запасов.

Совокупные затраты на хранение средств защиты растений составят:

$$3X_{\text{Оп}} = 100 \text{ л} : 2 \cdot 6 \text{ мес} : 12 \text{ мес} \cdot 0,25 \text{ руб/л} = 6,25 \text{ руб.};$$

$$3X_{\text{Ф}_2} = 200 \text{ л} : 2 \cdot 6 \text{ мес} : 12 \text{ мес} \cdot 0,25 \text{ руб/л} = 12,5 \text{ руб.};$$

$$3X_{\text{Ф}_3} = 300 \text{ л} : 2 \cdot 6 \text{ мес} : 12 \text{ мес} \cdot 0,25 \text{ руб/л} = 18,75 \text{ руб.};$$

$$3X_{\text{Ф}_6} = 600 \text{ л} : 2 \cdot 6 \text{ мес} : 12 \text{ мес} \cdot 0,25 \text{ руб/л} = 37,5 \text{ руб.},$$

где  $ZX_{\text{оп}}$ ,  $ZX_{\text{ф2}}$ ,  $ZX_{\text{ф3}}$ ,  $ZX_{\text{ф6}}$  – соответственно совокупные затраты на хранение ресурсов при использовании стратегии оплаты к моменту поставки, форвардной сделке на 2, 3, 6 мес.

Таким образом, наилучшей стратегией сделок при закупке средств защиты растений в нашем примере будет форвардная сделка на 6 мес, поскольку ее реализация обеспечивает организации получение минимальных совокупных затрат (24037,5 руб.).

Распространенной ценовой стратегией закупок является стратегия усреднения цены. При ее использовании закупки ресурсов осуществляются через равные интервалы времени по средней на протяжении данного периода цене. Усреднение происходит за счет установления бюджета закупок по цене первого месяца выбранного интервала.

При использовании стратегии усреднения цены фактические затраты на закупочную деятельность сравниваются с объемом средств, определенных для этой цели бюджетом. Недостаток данной стратегии заключается в том, что в связи с тем, что бюджет фиксирован, закупаемых ресурсов может не хватить для удовлетворения потребностей производства в течение данного интервала времени.

Рассмотрим применение стратегии усреднения цены на следующем примере. Сельскохозяйственная организация планирует ежемесячно осуществлять закупку средств защиты растений в объеме 100 л в течение полугода. В связи с инфляцией и ростом курса доллара в течение года возможно изменение цены на закупаемые ресурсы. Затраты на хранение 1 л средств защиты растений в течение года – 0,25 руб. Средняя цена на закупаемые организацией средства защиты растений в прошлом году составила 38 руб/л. Ожидаемый рост цен в планируемом году – 20 %. Сельскохозяйственная организация испытывает недостаток свободных денежных средств, что не позволяет осуществлять закупку партии средств защиты растений в объеме, превышающем двухмесячную потребность. Необходимо сравнить совокупные затраты при использовании стратегии закупки ресурсов при оплате к моменту поставки и стратегии закупки ресурсов при усреднении цены.

Предположим, что сельскохозяйственная организация ежемесячно будет закупать 100 л средств защиты растений с периодичностью оплаты один раз в 2 мес (т. е. применять форвардную оплату).

При разработке стратегии закупки средств защиты растений при усреднении цены необходимо установить размер бюджета закупок ресурсов на 2 мес. Он составит:

$$38 \text{ руб/л} \cdot 100 \text{ л} \cdot 2 \text{ мес} \cdot (100 \% + 20 \%) : 100 \% = 9 \text{ 120 руб.}$$

Далее нужно определить количество закупаемых ресурсов в течение каждых двух месяцев. Для проведения расчетов воспользуемся прогнозом цен на планируемый год, представленным в табл. 21.2.

Таблица 21.2. Прогноз изменения цен на средства защиты растений в планируемом году

Месяц	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Цена, руб/л	40,0	40,8	41,6	42,4	43,3	44,2

По данным табл. 21.2 можно определить, что средняя цена за 1 л средств защиты растений за полгода – 42,05 руб.

Объем первой закупаемой партии ресурсов составит:

$$9\ 120\ \text{руб.} : 40\ \text{руб/л} = 228\ \text{л.}$$

Дальнейшие вычисления сведем в табл. 21.3.

Таблица 21.3. Расчет средних цен и объемов поставок средств защиты растений

Месяц	Объем поставки ресурсов, л	Цена за 1 л, руб.	Бюджет закупок, руб.	Средний уровень запаса, л
Апрель	228	40,0	9120	114
Июнь	219	41,6	9120	110
Август	210	43,3	9120	105
Итого (в среднем)	657		27360	110

По данным табл. 21.3, средние затраты на 1 л средств защиты растений равны:

$$27\ 360\ \text{руб.} : 657\ \text{л} = 41,64\ \text{руб/л.}$$

Таким образом, уменьшение затрат на закупку ресурсов по сравнению со средней прогнозируемой ценой составит:

$$(42,05\ \text{руб/л} - 41,64\ \text{руб/л}) : 42,05\ \text{руб/л} \cdot 100\ \% = 0,98\ \%.$$

Совокупные средние затраты на закупку средств защиты растений были бы равны:

$$657\ \text{л} \cdot 42,05\ \text{руб/л} = 27626,9\ \text{руб.}$$

Затраты на поддержание запасов средств защиты растений при условии оплаты к моменту поставки ресурсов составят:

$$100\ \text{л} : 2 \cdot 6\ \text{мес} : 12\ \text{мес} \cdot 0,25\ \text{руб/л} = 6,25\ \text{руб.}$$

При стратегии усреднения цены они будут равны:

$$110 \text{ л} \cdot 6 \text{ мес} : 12 \text{ мес} \cdot 0,25 \text{ руб/л} = 13,75 \text{ руб.}$$

Суммируя затраты на поддержание запасов средств защиты растений с общими затратами на их закупку, получим:

- для стратегии оплаты к моменту поставки ресурсов:

$$27626,9 \text{ руб.} + 6,25 \text{ руб.} = 27633,15 \text{ руб.};$$

- для стратегии усреднения цены:

$$27360,0 \text{ руб.} + 13,75 \text{ руб.} = 27373,75 \text{ руб.}$$

Согласно результатам расчетов, для нашего примера стратегия усреднения цены более выгодна, чем стратегия оплаты к моменту поставки ресурсов, поскольку в результате ее применения экономия денежных средств составит 259,4 руб.

Таким образом, выбор стратегии закупки ресурсов базируется на соотношении затрат на оплату ресурсов и содержание товаров в запасах. Если затраты на приобретение и доставку ресурсов растут быстрее, чем расходы на поддержание запасов, более выгодной будет стратегия усреднения цены. В противном случае более предпочтительной будет стратегия оплаты ресурсов к моменту поставки.

**Задание 1.** В связи с инфляцией в течение года возможно изменение цены на закупаемые ресурсы (апрель – 45,0 руб/л, май – 45,9, июнь – 46,8, июль – 47,8, август – 48,7, сентябрь – 49,7 руб/л). Объем закупаемых средств защиты растений является постоянным – 120 л в месяц. Затраты на хранение 1 л средств защиты растений в течение года – 0,3 руб. Определите оптимальную стратегию закупки ресурсов.

**Задание 2.** Сельскохозяйственная организация планирует ежемесячно осуществлять закупку средств защиты растений в объеме 120 л в течение полугода. В связи с инфляцией и ростом курса доллара в течение года возможно изменение цены на закупаемые ресурсы. Затраты на хранение 1 л средств защиты растений в течение года – 0,3 руб. Средняя цена на закупаемые организацией средства защиты растений в прошлом году составила 43 руб/л. Ожидаемый рост цен в планируемом году – 18 %. Сельскохозяйственная организация испытывает недостаток свободных денежных средств, что не позволяет ей осуществлять закупку партии средств защиты растений в объеме, превышающем двухмесячную потребность. Сравните совокупные затраты при использовании стратегии закупки ресурсов при оплате к моменту поставки и стратегии закупки ресурсов при усреднении цены.

## Занятие 22. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УЩЕРБА ОТ НЕСВОЕВРЕМЕННОСТИ ПОСТАВОК

В практике статистического анализа поставок ресурсов широко используются методы расчета показателей колеблемости: коэффициента вариации  $\eta$  или коэффициента равномерности  $\rho$  поставок.

Коэффициент вариации поставок материальных ресурсов  $\eta$  рассчитывается по следующей формуле:

$$\eta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n \bar{x}}} 100, \quad (22.1)$$

где  $n$  – число интервалов, на которое разбивается заданный период;

$i$  – номер интервала;

$x_i$  – поставка материальных ресурсов за  $i$ -й интервал времени;

$\bar{x}$  – средний размер поставки в течение установленного периода.

Существуют различные методы оценки уровня равномерности поставок. Один из них – расчет удельного веса объема поставки за каждый договорный период и сравнение его с нормативным. Нормативный удельный вес объема поставки определяется как  $\frac{1}{n}$  часть запланированного объема поступления ресурсов, где  $n$  – число периодов (интервалов) между поступлениями партий ресурсов. Чем больше сумма отклонений, тем больше неравномерность поставок.

Данные для расчета коэффициентов вариации  $\eta$  и равномерности  $\rho$  приведены в табл. 22.1.

Таблица 22.1. Данные для расчета коэффициентов вариации  $\eta$   
и равномерности  $\rho$

Дни недели	Поставка сырья за сутки, т	Поставка сырья нарастающим итогом, т	Отклонение от среднего уровня $x_i - \bar{x}$ , т	Квадрат отклонения от среднего уровня $(x_i - \bar{x})^2$
1	13,5	13,5	-0,8	0,64
2	14,0	27,5	-0,3	0,09
3	15,0	42,5	0,7	0,49
4	14,0	56,5	-0,3	0,09
5	15,0	71,5	0,7	0,49
6	14,5	86,0	0,2	0,04
Итого...	86,0			1,84
В среднем	14,3			

В нашем примере коэффициент вариации  $\eta$  составляет 3,9 % ( $\sqrt{(1,84 \text{ т} : 6 \text{ дн.}) : 14,3 \text{ т} \cdot 100 \%}$ ). Коэффициент равномерности  $\rho$  равен 96,1 % ( $100 - 3,9$ ), что свидетельствует о достаточной равномерности поставок ресурсов.

Отклонения от условий поставки ресурсов могут привести к экономическому ущербу деятельности организации-покупателя данных ресурсов, в связи с чем возникает необходимость его компенсации за счет предъявления санкций организациям-поставщикам.

Рассчитаем ущерб (убытки) при уменьшении объема производства продукции у организации-потребителя ресурсов. Из-за недопоставки 4 т сырья потерпевшая сторона не изготовила 4 т продукции А и 0,5 т продукции Б. В табл. 22.2 отражены экономические параметры выпускаемой продукции и последовательность определения ущерба от несвоевременности поставок сырья. Ущерб (убытки), причиненный потерпевшей стороне, рассчитан в табл. 22.3. Он составил 3 486 руб.

Таблица 22.2. Данные для определения ущерба от несвоевременности поставок

Наименование продукции	Потери в объеме выпуска продукции, т	Цена 1 т продукции, руб.	Полная плановая себестоимость 1 т продукции, руб.	Условно-постоянные расходы в себестоимости продукции, руб/т	Прибыль от реализации 1 т продукции, руб.	Полученная от поставщика сырья пеня, руб.
А	4,0	900	710	284	190	42
Б	0,5	6000	4500	1800	1500	18
Итого...						60

Таблица 22.3. Расчет ущерба, причиненного организации-потребителю в связи со срывом поставки сырья

Наименование продукции	Потери в объеме выпуска продукции, т	Условно-постоянные расходы в себестоимости 1 т продукции, руб.	Ущерб (убытки) по условно-постоянным расходам, руб.	Прибыль от реализации 1 т продукции, руб.	Ущерб (недополученная прибыль), руб.	Пеня, полученная по оплаченному поставщиком сырьем санкциям, руб.	Ущерб (убытки), всего, руб.
А	4,0	284	-1136	190	-760	+42	-1854
Б	0,5	1800	-900	1500	-750	+18	-1632
Итого...			-2036		-1510	+60	-3486

Организация-потребитель сырья также несет ущерб (убытки) при простоях и последующем форсировании производства (сверхурочная работа, работа в выходные и праздничные дни). Так, расходы по заработной плате составили 1 630 руб., в том числе: за время простоев – 490 руб., доплаты за сверхурочную работу – 740 руб., доплата за работу в выходные и праздничные дни – 400 руб. Отчисления в резерв на оплату отпусков составляют 8,3 % от начисленного заработка, отчисления на социальные нужды – 34 % от заработной платы. Из-за нарушения графика поставки продукции организацией-потребителем сырья уплачены штрафные санкции в сумме 80 руб. Ущерб (убытки), нанесенный потерпевшей стороне, представлен в табл. 22.4.

Таблица 22.4. Расчет ущерба, причиненного организации-потребителю сырья при простоях и форсировании производства, руб.

Заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Сумма уплаченных штрафных санкций	Ущерб (убытки), всего
1765	600	80	2445

Организация-потребитель сырья может также нести ущерб (убытки) при замене сырья. Из-за недопоставок контрагентом 4 т сырья по цене 350 руб. за 1 т потерпевшая сторона использовала 4 т другого сырья по цене на 10 % выше цены прежнего поставщика. Ущерб при замене сырья рассчитан в табл. 22.5. Он составил 140 руб.

Таблица 22.5. Расчет ущерба, причиненного организации-потребителю при замене сырья

Показатель	Фактически использованное сырье	Замененное сырье	Ущерб (убытки)
Количество сырья, т	4	4	
Цена 1 т, руб.	385	350	
Стоимость сырья, руб.	1540	1400	140

**Задание.** Рассчитайте коэффициенты вариации и равномерности поставок материальных ресурсов, если за 1-й день недели поступило 18 т сырья, 2-й – 17,5, 3-й – 17, 4-й – 16, 5-й – 19, 6-й день – 17,5 т.

Определите ущерб при уменьшении объема производства продукции потребителя ресурсов, если его производственные мощности по переработке данного сырья составили 18 т в сутки. Из-за недопоставки 3 т сырья потерпевшая сторона не изготовила 3,6 т продукции А и 0,6 т продукции Б. В табл. 22.6 отражены экономические параметры продукции.

Таблица 22.6. Данные для определения ущерба от несвоевременности поставок  
(для выполнения задания)

Наименование продукции	Потери в объеме выпуска продукции, т	Цена 1 т продукции, руб.	Полная плановая себестоимость 1 т продукции, руб.	Условно-постоянные расходы в себестоимости продукции, руб/т	Прибыль от реализации 1 т продукции, руб.	Полученная от поставщика сырья пеня, руб.
А	3,6	800	650	250	150	40
Б	0,6	5000	4000	1500	1000	15
Итого...						55

Потребителем сырья был понесен ущерб при простоях и последующем форсировании производства. Расходы по заработной плате составили 1 400 руб. Из-за нарушения графика поставки продукции потребителем сырья уплачены штрафные санкции в сумме 70 руб. Потребителю сырья также нанесен ущерб при замене сырья. Из-за недопоставок контрагентом 3 т сырья по цене 300 руб. за 1 т потерпевшая сторона использовала 3 т другого сырья по цене на 15 % выше цены прежнего поставщика. Рассчитайте общий ущерб потребителя сырья.

### Занятие 23. ВЫБОР ПОСТАВЩИКА МЕТОДОМ ОЦЕНКИ ЗАТРАТ

Представим алгоритм выбора поставщика методом оценки затрат для следующей ситуации. Расстояние от сельскохозяйственной организации до поставщика удобрений А – 125 км, Б – 175 км, В – 75 км. Потребность в удобрениях данного вида на квартал – 200 т. Цены реализации 1 т удобрений у поставщиков А, Б, В в зависимости от размера заказа отражены в табл. 23.1. Удобрения хранятся в мешках на поддонах на складе, затраты на содержание 1 м<sup>2</sup> площади пола которого за месяц составляют 1 руб.

Доставка удобрений может осуществляться собственными автотранспортными средствами сельскохозяйственной организации грузоподъемностью 5, 10 и 20 т, тарифные ставки на внутривозвратные грузоперевозки для которых составляют соответственно 0,3; 0,4 и 0,65 руб/км.

Сельскохозяйственная организация нуждается в свободных денежных средствах. Оборотные средства в результате производственной деятельности сельскохозяйственной организации совершают три оборота в течение года. Средняя рентабельность товарной продукции – 40,0 %. Необходимо выбрать поставщика удобрений.

Таблица 23.1. Цена удобрений в зависимости от размера заказа, руб/т

Наименование поставщика	Размер заказа, т			
	До 5	От 5 до 10	От 10 до 15	От 15
А	1145	1140	1135	1100
Б	1140	1135	1130	1095
В	1160	1155	1150	1115

Затраты на доставку удобрений для сельскохозяйственной организации ее собственным автотранспортом от поставщиков А, Б и В при размере заказа до 5 т (или 4,5 т) составят:

$$\begin{aligned} C_{oA}^e &= (125 \text{ км} \cdot 2) \cdot 0,3 \text{ руб/км} = 75 \text{ руб.}; \\ C_{oB}^e &= (175 \text{ км} \cdot 2) \cdot 0,3 \text{ руб/км} = 105 \text{ руб.}; \\ C_{oB}^e &= (75 \text{ км} \cdot 2) \cdot 0,3 \text{ руб/км} = 45 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Сравним затраты на закупку и доставку удобрений для сельскохозяйственной организации от поставщиков А, Б и В:

$$C = PS + C_o^e \frac{S}{q}, \quad (23.1)$$

где  $P$  – цена 1 т удобрений у поставщика при определенном размере заказа, руб/т (в нашем примере размер заказа не превышает 5 т);

$S$  – потребление удобрений за установленный промежуток времени, т (в нашем случае – за квартал);

$C_o^e$  – затраты на доставку удобрений для сельскохозяйственной организации ее собственным автотранспортом от поставщика, руб.;

$q$  – размер заказа, т.

$$\begin{aligned} C_A &= 1145 \cdot 200 + 75 \cdot 200 : 4,5 = 232333,3 \text{ руб.}; \\ C_B &= 1140 \cdot 200 + 105 \cdot 200 : 4,5 = 232666,7 \text{ руб.}; \\ C_B &= 1160 \cdot 200 + 45 \cdot 200 : 4,5 = 234000,0 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Следовательно, при размере заказа до 5 т (или 4,5 т) предпочтение следует отдать поставщику А, поскольку затраты на закупку и доставку удобрений для сельскохозяйственной организации от него являются наименьшими (232333,3 руб.).

Аналогично выполняются расчеты для заказа от 5 до 10 т (или 9 т):

$$\begin{aligned} C_{oA}^e &= (125 \text{ км} \cdot 2) \cdot 0,4 \text{ руб/км} = 100 \text{ руб.}; \\ C_{oB}^e &= (175 \text{ км} \cdot 2) \cdot 0,4 \text{ руб/км} = 140 \text{ руб.}; \\ C_{oB}^e &= (75 \text{ км} \cdot 2) \cdot 0,4 \text{ руб/км} = 60 \text{ руб.} \\ C_A &= 1140 \cdot 200 + 100 \cdot 200 : 9 = 230222,2 \text{ руб.}; \end{aligned}$$

$$C_B = 1135 \cdot 200 + 140 \cdot 200 : 9 = 230111,1 \text{ руб.};$$

$$C_B = 1155 \cdot 200 + 60 \cdot 200 : 9 = 232333,3 \text{ руб.}$$

Таким образом, при размере заказа от 5 до 10 т (или 9 т) сельскохозяйственной организации следует выбрать поставщика Б.

При размере заказа от 10 до 15 т (или 14,4 т)

$$C_{oA}^e = (125 \text{ км} \cdot 2) \cdot 0,65 \text{ руб/км} = 162,5 \text{ руб.};$$

$$C_{oB}^e = (175 \text{ км} \cdot 2) \cdot 0,65 \text{ руб/км} = 227,5 \text{ руб.};$$

$$C_{oB}^e = (75 \text{ км} \cdot 2) \cdot 0,65 \text{ руб/км} = 97,5 \text{ руб.}$$

$$C_A = 1135 \cdot 200 + 162,5 \cdot 200 : 14,4 = 229256,9 \text{ руб.};$$

$$C_B = 1130 \cdot 200 + 227,5 \cdot 200 : 14,4 = 229159,7 \text{ руб.};$$

$$C_B = 1150 \cdot 200 + 97,5 \cdot 200 : 14,4 = 231354,2 \text{ руб.}$$

Следовательно, при размере заказа от 10 до 15 т (или 14,4 т) предпочтение следует отдать поставщику Б.

При размере заказа от 15 до 20 т (или 18 т)

$$C_{oA}^e = (125 \text{ км} \cdot 2) \cdot 0,65 \text{ руб/км} = 162,5 \text{ руб.};$$

$$C_{oB}^e = (175 \text{ км} \cdot 2) \cdot 0,65 \text{ руб/км} = 227,5 \text{ руб.};$$

$$C_{oB}^e = (75 \text{ км} \cdot 2) \cdot 0,65 \text{ руб/км} = 97,5 \text{ руб.}$$

$$C_A = 1100 \cdot 200 + 162,5 \cdot 200 : 18 = 221805,6 \text{ руб.};$$

$$C_B = 1095 \cdot 200 + 227,5 \cdot 200 : 18 = 221527,8 \text{ руб.};$$

$$C_B = 1115 \cdot 200 + 97,5 \cdot 200 : 18 = 224083,3 \text{ руб.}$$

Таким образом, при размере заказа от 15 до 20 т (или 18 т) сельскохозяйственной организации следует выбрать поставщика Б.

Размер заказываемой партии у соответствующего поставщика должен иметь оптимальную величину.

Рассчитаем оптимальный размер заказа удобрений у поставщика А при размере заказа до 5 т.

Найдем затраты на хранение 1 т удобрений в течение квартала ( $C_{xp}^e$ ).

Удобрения хранятся в мешках по 50 кг на поддонах. На поддоне можно разместить 18 мешков (или 0,9 т) удобрений. Площадь поддона – 1,2 м<sup>2</sup>, а с учетом проходов и проездов занимаемая площадь будет 1,4 м<sup>2</sup>. Для размещения 4,5 т удобрений потребуется пять поддонов, а занимаемая ими площадь пола склада составит 7 м<sup>2</sup> (5 · 1,4 м<sup>2</sup>). Отсюда

$$C_{xp}^e = 7 \text{ м}^2 \cdot 1 \text{ руб/}(\text{мес} \cdot \text{м}^2) \cdot 3 \text{ мес} : 2,25 \text{ т} = 9,3 \text{ руб/т},$$

где 2,25 т – средний остаток удобрений, который будет иметь место на складе (4,5 т : 2).

Рассчитаем коэффициент эффективности финансовых вложений  $E$  по формуле (18.7, б):

$$E = \frac{40 \%}{4 \text{ кв/год} \cdot 100 \%} \cdot 3 \text{ об/год} = 0,3,$$

где 40 % – средняя рентабельность товарной продукции, %;

4 – количество повторений в течение года установленного промежутка времени (квартала), за которое потребляется величина  $S$ ;

3 – число оборотов оборотных средств организации за год.

Так как организация нуждается в свободных денежных средствах, оставляем  $E$  на уровне его максимального значения (0,3).

Оптимальный размер заказа  $q_o$  определим по формуле (18.8):

$$q_o = \sqrt{\frac{2 \cdot 75 \text{ руб.} \cdot 200 \text{ т}}{9,3 \text{ руб/т} + 0,3 \cdot 1145 \text{ руб/т}}} = 9,2 \text{ т},$$

где 75 руб. – совокупные издержки по доставке товара в течение периода, за который потребляется величина  $S$ ;

200 т – величина спроса (потребления) данного наименования товара за установленный промежуток времени;

9,3 руб/т – издержки на хранение единицы товара в течение периода потребления величины  $S$ ;

0,3 – коэффициент эффективности финансовых вложений;

1145 руб/т – цена единицы продукции.

Расчетный размер заказа (9,2 т) отличается от принятого (4,5 т) на 104,4 % ( $9,2 \text{ т} : 4,5 \text{ т} \cdot 100 \% - 100 \%$ ), что недопустимо.

Найдем оптимальный размер заказа удобрений у поставщика Б при размере заказа от 5 до 10 т:

$$q_o = \sqrt{\frac{2 \cdot 140 \text{ руб.} \cdot 200 \text{ т}}{9,3 \text{ руб/т} + 0,3 \cdot 1135 \text{ руб/т}}} = 12,65 \text{ т}.$$

Расчетный размер заказа (12,65 т) отличается от принятого (9 т) на 40,6 % ( $12,65 \text{ т} : 9 \text{ т} \cdot 100 \% - 100 \%$ ), что неприемлемо.

Определим оптимальный размер заказа удобрений у поставщика Б при размере заказа от 10 до 15 т:

$$q_o = \sqrt{\frac{2 \cdot 227,5 \text{ руб.} \cdot 200 \text{ т}}{9,3 \text{ руб/т} + 0,3 \cdot 1130 \text{ руб/т}}} = 16,16 \text{ т}.$$

Расчетный размер заказа (16,16 т) отличается от принятого (14,4 т) на 12,2 %, что допустимо для подобного рода расчетов.

Расчитаем оптимальный размер заказа удобрений у поставщика Б при размере заказа от 15 до 20 т:

$$q_o = \sqrt{\frac{2 \cdot 227,5 \text{ руб.} \cdot 200 \text{ т}}{9,3 \text{ руб/т} + 0,3 \cdot 1095 \text{ руб/т}}} = 16,41 \text{ т.}$$

Расчетный размер заказа (16,41 т) отличается от принятого (18 т) на –8,8 %.

Таким образом, с экономической точки зрения наиболее целесообразно осуществлять доставку удобрений для сельскохозяйственной организации от поставщика Б, принимая размер заказа равным 18 т, при доставке транспортным средством грузоподъемностью 20 т.

**Задание.** Обоснуйте выбор поставщика методом оценки затрат для следующей ситуации. Расстояние от сельскохозяйственной организации до поставщика удобрений А – 100 км, Б – 120 км, В – 70 км. Потребность в удобрениях данного вида на квартал – 250 т. Цены реализации 1 т удобрений у поставщиков А, Б, В в зависимости от размера заказа отражены в табл. 23.2. Удобрения хранятся в мешках на поддонах на складе, затраты на содержание 1 м<sup>2</sup> площади пола которого за месяц составляют 1,5 руб. Доставка удобрений может осуществляться собственными автотранспортными средствами сельскохозяйственной организации грузоподъемностью 5, 10 и 20 т, тарифные ставки на внутрихозяйственные грузоперевозки для которых составляют соответственно 0,35; 0,5 и 0,7 руб/км. Сельскохозяйственная организация не остро нуждается в свободных денежных средствах. Оборотные средства в результате производственной деятельности сельскохозяйственной организации совершают два оборота в течение года. Средняя рентабельность товарной продукции – 25,0 %.

Таблица 23.2. Цена удобрений в зависимости от размера заказа, руб/т (для выполнения задания)

Наименование поставщика	Размер заказа, т			
	До 5	От 5 до 10	От 10 до 15	От 15
А	1090	1085	1080	1045
Б	1085	1080	1075	1045
В	1105	1100	1095	1065

## Занятие 24. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГА РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ПРОДУКЦИИ

В закупочной логистике к задаче типа «сделать или купить» относится принятие одного из двух альтернативных решений:

- самостоятельно формировать ассортимент, закупая товарные ресурсы непосредственно у изготовителя;

- закупать товарные ресурсы у посредника, который специализируется на разукрупнении производственных партий, формировании широкого ассортимента и поставках его потребителям в скомплектованном виде.

Рассмотрим возможные причины, по которым закупка у посредника может оказаться более выгодной, чем закупка непосредственно у изготовителя.

1. Закупая товарные ресурсы у посредника, организация, как правило, имеет возможность приобрести широкий ассортимент относительно небольшими партиями. В результате сокращается потребность в запасах, складах, уменьшается объем договорной работы с изготовителями отдельных позиций ассортимента.

2. Цена товара у посредника может оказаться ниже, чем у изготовителя. Предположим, что изготовитель реализует товар по следующему ценам: для мелкооптовых покупателей – 10 у. д. е. за единицу; для крупнооптовых покупателей – 8 у. д. е. за единицу. Посредник, закупив крупную партию по 8 у. д. е., разукрупняет ее и реализует мелкооптовым покупателям с 12%-ной наценкой, т. е. по 8,96 у. д. е. за единицу. Посредник может позволить себе это, так как он специализируется на разукрупнении партий. Изготовителю разукрупнение обходится дороже, и он вынужден продавать мелкооптовые партии по цене 10 у. д. е., а не 8,96 у. д. е. за единицу.

3. Изготовитель товара может располагаться территориально на более отдаленном расстоянии, чем посредник. Дополнительные транспортные расходы в этом случае могут превысить разницу в ценах изготовителя и посредника.

Решать задачу типа «сделать или купить» можно на основе метода определения порога рентабельности продукции. Для этого используется следующая формула:

$$Q = \frac{F}{C - V}, \quad (24.1)$$

где  $Q$  – количество изделий, необходимое для выпуска запланированного объема продукции, ед.;

$F$  – постоянные расходы организации, у. д. е.;

$C$  – цена покупки одного изделия, у. д. е.;

$V$  – переменные расходы организации в расчете на одно изделие, у. д. е.

Определяя издержки организации на изготовление продукции, а также затраты на закупку изделий у поставщика при различных значениях  $Q$ , можно прийти к однозначному выводу по решаемой проблеме. Пусть необходимо определить порог рентабельности продукции **аналитическим методом**. Постоянные издержки организации  $F$  составляют 100 у. д. е. Переменные расходы на одно изделие  $V = 0,5$  у. д. е. Цена покупки у поставщика  $C = 1$  у. д. е.

Тогда количество изделий  $Q$ , необходимое для выпуска запланированного объема продукции, составит  $100 : (1 - 0,5) = 200$ .

Если объем производства продукции будет менее 200 изделий, эти товары будут выгоднее приобретать у поставщика, если более 200 изделий, выгоднее будет производить их в данной организации.

Для определения порога рентабельности продукции также можно использовать **графический метод**. Исходные данные представлены в табл. 24.1. Переменные расходы на одно изделие составляют 0,5 у. д. е., цена покупки у поставщика – 1 у. д. е./шт. На рис. 24.1 показано определение порога рентабельности продукции графическим методом.

Таблица 24.1. Данные для определения порога рентабельности продукции графическим методом

Объем производства, шт.	Постоянные затраты, у. д. е.	Переменные затраты, всего, у. д. е.	Совокупные затраты, у. д. е.	Выручка от реализации, у. д. е.	Прибыль (убыток), у. д. е.
0	100	0	100	0	-100
100	100	50	150	100	-50
200	100	100	200	200	0
300	100	150	250	300	50
400	100	200	300	400	100
500	100	250	350	500	150

На пересечении кривых совокупных затрат и выручки от реализации находится точка безубыточности. В данном примере – это 200 ед. продукции.

Если совокупные затраты превышают выручку от реализации, организация несет убытки. Если выручка больше совокупных затрат, организация получает прибыль. Таким образом, если объем производства продукции будет менее 200 шт., эти товары будет выгоднее приобретать у поставщика, если более 200 шт., то выгоднее будет производить их в данной организации.



Рис. 24.1. Определение порога рентабельности продукции графическим методом

**Задание.** По имеющимся данным определите показатель порога рентабельности продукции аналитическим и графическим методами.

Исходные данные представлены в табл. 24.2. Переменные расходы на единицу продукции составляют 1 у. д. е., цена покупки у поставщика – 3 у. д. е/шт.

Таблица 24.2. Исходные данные для выполнения задания по определению порога рентабельности продукции графическим методом

Объем производства, шт.	Постоянные затраты, у. д. е.	Переменные затраты, всего, у. д. е.	Совокупные затраты, у. д. е.	Выручка от реализации, у. д. е.	Прибыль (убыток), у. д. е.
0	400				
50	400				
100	400				
150	400				
200	400				
250	400				
300	400				

## Занятие 25. ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕРА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПАРТИИ

Оптимальная продолжительность работы производственного оборудования по выпуску одного наименования продукции будет достигнута при запуске в производство оптимальной с экономической точки зрения производственной партии данного наименования продукции.

Определим оптимальный размер производственной партии полнорационного комбикорма, произведенного мобильным комбикормовым заводом МКЗ-3214. Производительность оборудования – 10–15 т/ч. Балансовая стоимость оборудования – 50 000 руб. Себестоимость 1 т комбикорма – 160 руб. Рентабельность продукции – 4 %. Затраты времени на проведение одной переналадки – 0,5 ч. Тариф на проведение одной переналадки – 2,5 руб/чел.-ч.

Издержки производства  $C_{\text{п}}^e$  включают в себя не только прямые расходы на проведение одной переналадки, но и потери, связанные с остановкой данного оборудования в течение периода переналадки:

$$C_{\text{п}}^e = T_{\text{пн}} t_{\text{н}} + \sum_{k=1}^z (P_k t_{\text{пк}} B_k) + \Pi_{\text{пр}}, \quad (25.1)$$

где  $T_{\text{пн}}$  – величина тарифа на проведение операций по переналадке оборудования, руб/чел.-ч;

$t_{\text{н}}$  – трудоемкость работ, связанных с одной переналадкой оборудования, чел.-ч;

$z$  – количество наименований (моделей) необходимого оборудования согласно технологическому процессу изготовления продукции;

$k$  – номер наименования (модели) оборудования;

$P_k$  – коэффициент, отражающий размер убытков (без учета потерь прибыли) от часа простоя  $k$ -го наименования оборудования, 1/ч;

$t_{\text{пк}}$  – продолжительность одной переналадки  $k$ -го наименования оборудования, ч;

$B_k$  – балансовая (амортизируемая) стоимость  $k$ -го наименования оборудования, руб.;

$\Pi_{\text{пр}}$  – потери прибыли, связанные с одной переналадкой оборудования, руб.

С учетом дальности перевозок (60–70 км) примем размер производственной партии комбикорма равным 60 т (10 т/ч · 6 ч/день).

Максимальная производительность МКЗ-3214 (производственная мощность) составит:  $60 \text{ т/день} \cdot 289 \text{ раб. дн/год} = 17\,340 \text{ т/год}$ .

С учетом интуитивно установленного размера производственной партии (60 т) в течение года МКЗ-3214 остановится не менее 289 раз ( $17\,340 \text{ т/год} : 60 \text{ т/партию}$ ), что обусловит сокращение годовой производственной программы на 1 445 т ( $289 \text{ остановок/год} \cdot 0,5 \text{ ч/остановку} \times 10 \text{ т/ч}$ ), т. е. до 15 895 т ( $17\,340 \text{ т} - 1\,445 \text{ т}$ ).

Издержки производства, связанные с одной переналадкой оборудования для выпуска партии комбикорма одного вида, составят 45,75 руб. ( $2,5 \text{ руб/чел.-ч} \cdot 0,5 \text{ чел.-ч} + 0,0005 \cdot 0,5 \text{ ч} \cdot 50\,000 \text{ руб.} + 32 \text{ руб.}$ , где 32 руб. – потери прибыли, связанные с одной переналадкой оборудования ( $0,5 \text{ ч/остановку} \cdot 10 \text{ т/ч} \cdot 160 \text{ руб/т} \cdot 4 \% : 100 \%$ )).

Определим издержки на хранение 1 т комбикорма в течение да ( $C_{\text{хр}}^{\text{ед}}$ ) с учетом затрат на содержание 1 м<sup>2</sup> площади пола склада, составляющих за месяц 1 руб., и площади пола склада, занимаемой 1 т комбикорма. Комбикорм хранится в мешках по 50 кг на поддонах, позволяющих разместить на каждом поддоне по 18 мешков (или 0,9 т). Поддон площадью 1,2 м<sup>2</sup> с учетом проходов и проездов будет занимать 1,4 м<sup>2</sup> пола склада. Отсюда

$$C_{\text{хр}}^{\text{ед}} = 1,4 \text{ м}^2 \cdot 1 \text{ руб}/(\text{мес} \cdot \text{м}^2) \cdot 12 \text{ мес} : 0,9 \text{ т} = 18,7 \text{ руб/т}.$$

Рассчитаем количество оборотов, совершаемых оборотными средствами организации в течение года  $N_{\text{об}}$ :

$$N_{\text{об}} = N_n : (n : 2), \quad (25.2)$$

где  $N_n$  – годовая производственная программа, т;

$n$  – средний запас (остаток) на складе комбикорма в течение года, т.

$$N_{\text{об}} = 15\,895 \text{ т} : (60 \text{ т} : 2) = 529,8 \text{ об/год}.$$

Для расчета коэффициента эффективности финансовых вложений  $E$  воспользуемся формулой (18.7, б):

$$E = \frac{4 \%}{1 \text{ год} \cdot 100 \%} \cdot 529,8 \text{ об/год} = 21.$$

Организация не нуждается в свободных денежных средствах, поэтому принимаем коэффициент эффективности финансовых вложений на уровне 15 % от максимального значения:

$$E = 15 \% : 100 \% \cdot 21 = 3,15.$$

Оптимальный размер производственной партии  $n_{\text{опт}}$  определяется по следующей формуле:

$$n_{\text{опт}} = \sqrt{2 \frac{C_{\text{п}}^e N_{\text{п}}}{C_{\text{хр}}^{\text{ед}} + EC_{\text{изг}}^{\text{ед}}}}, \quad (25.3)$$

где  $C_{\text{п}}^e$  – затраты на проведение одной переналадки оборудования, руб.;

$N_{\text{п}}$  – годовая производственная программа, т;

$C_{\text{хр}}^{\text{ед}}$  – издержки на хранение 1 т комбикорма в течение года, руб.;

$C_{\text{изг}}^{\text{ед}}$  – себестоимость 1 т комбикорма, руб.

$$n_{\text{опт}} = \sqrt{2 \cdot \frac{45,75 \text{ руб.} \cdot 15 \, 895 \text{ т}}{18,7 \text{ руб/т} + 3,15 \cdot 160 \text{ руб/т}}} = 52,75 \text{ т.}$$

Расчетный размер производственной партии комбикорма отличается от принятого интуитивно на  $-12\%$  ( $52,75 \text{ т} : 60 \text{ т} \cdot 100\% - 100\%$ ), что допустимо для подобного рода расчетов. Поэтому принимаем размер производственной партии комбикорма на уровне 60 т.

**Задание.** Определите оптимальный размер производственной партии комбикорма, произведенного мобильным комбикормовым заводом. Производительность оборудования – 10–15 т/ч. Балансовая стоимость оборудования – 48 000 руб. Себестоимость 1 т комбикорма – 180 руб. Рентабельность продукции – 20%. Затраты времени на проведение одной переналадки – 0,45 ч. Тариф на проведение одной переналадки – 3 руб/чел.-ч. Комбикорм хранится в мешках по 50 кг на поддонах, позволяющих разместить на каждом поддоне по 18 мешков (или 0,9 т). Затраты на содержание 1 м<sup>2</sup> площади пола склада за месяц – 1,5 руб. Организация не нуждается в свободных денежных средствах.

## Занятие 26. УПРАВЛЕНИЕ КОММЕРЧЕСКИМИ РИСКАМИ

Коммерческие риски возникают в процессе реализации товаров и услуг, произведенных или купленных организацией. К ним относятся: риск упущенной выгоды, риск снижения доходности, риск прямых финансовых потерь и др.

Основными причинами возникновения коммерческих рисков являются: снижение объемов реализации в результате падения спроса на товар, реализуемый организацией, вытеснение его конкурирующими товарами, введение ограничений на продажу; повышение закупочной цены товара в процессе осуществления проекта; непредвиденное

снижение объемов закупок по сравнению с намеченными, что уменьшает масштаб всей операции и увеличивает затраты на единицу объема реализуемого товара (за счет условно-постоянных расходов); потери товара; потери качества товара в процессе обращения, что приводит к снижению его цены; повышение издержек обращения по сравнению с намеченными в результате выплаты штрафов, непредвиденных пошлин и отчислений, что приводит к снижению прибыли, и др.

Вероятность возникновения коммерческих рисков составляет порядка 20 %. Кроме того, они могут повлечь за собой возникновение других видов рисков. В результате сумма потерь в несколько раз может превысить сумму контракта. Поэтому анализ данного вида рисков является важной задачей.

Производителям и посредникам часто приходится принимать рискованные решения, при которых результаты вложения капитала не определены. Для снижения уровня рисков необходимо наличие полной достоверной информации, позволяющей делать точные прогнозы.

Стоимость полной информации рассчитывается как разница между ожидаемой стоимостью какого-либо приобретения или вложения капитала, когда имеется полная информация, и ожидаемой стоимостью, когда информация неполная.

Например, посреднику необходимо решить, сколько закупить товара: 2 000 ед. или 4 000 ед. При покупке 2 000 ед. товара затраты составят 3 руб/ед., а при покупке 4 000 ед. товара – 2,5 руб/ед. Посредник будет продавать данный товар по цене 3,5 руб/ед. Однако ему неизвестна величина спроса на товар. При отсутствии спроса ему придется значительно снизить цену, в результате чего он понесет убыток. При продаже товара вероятность составляет 50×50 %, т. е. существует вероятность 50 % для продажи 2 000 ед. товара и 50 % для продажи 4 000 ед. товара.

Прибыль при продаже 2 000 ед. товара составит 1 000 руб. ( $2\,000 \text{ ед.} \times (3,5 \text{ руб/ед.} - 3,0 \text{ руб/ед.})$ ); при продаже 4 000 ед. товара – 4 000 руб. ( $4\,000 \text{ ед.} \cdot (3,5 \text{ руб/ед.} - 2,5 \text{ руб/ед.})$ ); средняя ожидаемая прибыль – 2 500 руб. ( $50\% : 100\% \cdot 1\,000 \text{ руб.} + 50\% : 100\% \cdot 4\,000 \text{ руб.}$ ).

Ожидаемая стоимость информации при условии определенности составляет 2 500 руб., а при условии неопределенности (покупка 4 000 ед. товара) – 2 000 руб. ( $50\% : 100\% \cdot 4\,000 \text{ руб.}$ ). Тогда стоимость полной информации равна 500 руб. ( $2\,500 \text{ руб.} - 2\,000 \text{ руб.}$ ). Следовательно, для более точного прогноза необходимо получить информацию о величине спроса на товар, заплатив за нее 500 руб. Даже если прогноз окажется не совсем точным, посреднику выгодно вло-

жить данные средства в изучение спроса и рынка сбыта, обеспечивающее лучший прогноз сбыта на перспективу.

Владея полной информацией, посредник может принимать решения, направленные на минимизацию коммерческих рисков.

Коммерческие риски посредников зависят от продолжительности периода от момента отгрузки товарной продукции от производителя до момента продажи ее потребителю, коэффициента оборачиваемости оборотных средств посредника и эластичности спроса на товар.

Для товаров с неэластичным спросом сократить величину потерь посредника позволит повышение их торговой надбавки.

Для товаров с неэластичным спросом посредник может сократить объемы торговли вплоть до исключения из товарной номенклатуры товаров, по которым он несет потери, либо снизить цены в пределах торговой надбавки и наблюдать за величиной спроса на товар в течение определенного периода (например, месяца).

Например, размер заказа посредника – 4 000 ед. товара. Закупочная цена – 2,5 руб/ед. Оформление и доставка нового заказа осуществляются за один день в тот момент времени, когда товар из предыдущего заказа полностью закончился. Оборотные средства посредника в среднем совершают четыре оборота в месяц. Однако для указанного товара коэффициент оборачиваемости оказался равным трем. Средняя торговая надбавка посредника – 40 %. Для всех товаров, реализуемых посредником, характерен эластичный спрос. Модуль коэффициента эластичности спроса на данный товар равен шести. Необходимо определить величину коммерческих рисков посредника.

Количество приобретаемого посредником товара за месяц составит:  $4\ 000\ \text{ед.} \cdot 4 = 16\ 000\ \text{ед.}$

Фактический объем продаж посредника составил 12 000 ед. ( $4\ 000\ \text{ед.} \cdot 3$ ).

Тогда величина потерь посредника равна сумме денежных средств, остающихся в его распоряжении от продажи 4 000 ед. товара ( $16\ 000 - 12\ 000$ ), т. е.  $40\ \% : 100\ \% \cdot 4\ 000\ \text{ед.} \cdot 2,5\ \text{руб/ед.} = 4\ 000\ \text{руб.}$ , где 40 % – торговая надбавка посредника.

Предположим, что посредник решает снизить розничную цену реализации товара с 3,5 руб/ед. ( $2,5\ \text{руб/ед.} \cdot (1 + 40\ \% : 100\ \%)$ ) до 3,2 руб/ед. ( $2,5\ \text{руб/ед.} \cdot (1 + 28\ \% : 100\ \%)$ ).

Модуль коэффициента эластичности спроса на данный товар  $|E_P^D|$  определяется следующим образом:

$$|E_P^D| = \frac{D_1 - D_0}{D_0} : \frac{P_1 - P_0}{P_0}, \quad (26.1)$$

где  $D_1$  – величина спроса при цене  $P_1$ ;

$D_0$  – величина спроса при исходной цене  $P_0$ .

В нашем примере

$$\left| \frac{D_1 - 12\,000}{12\,000} : \frac{3,2 - 3,5}{3,5} \right| = 6.$$

Тогда  $D_1 = 18\,171$  ед.

Сумма денежных средств, остающихся в распоряжении посредника от продажи 18 171 ед. товара, составит:  $18\,171 \text{ ед.} \cdot 2,5 \text{ руб/ед.} : 100 \% \times 28 \% = 12\,719,7 \text{ руб.}$

Это больше, чем в исходной ситуации ( $12\,000 \text{ ед.} \times 2,5 \text{ руб/ед.} : 100 \% \cdot 40 \% = 12\,000 \text{ руб.}$ ), на  $12\,719,7 - 12\,000 = 719,7 \text{ руб.}$

Следовательно, дальнейшая работа с данным товаром при сниженной торговой надбавки (с 40 до 28 %) экономически целесообразна.

**Задание.** Посреднику необходимо решить, сколько закупить товара: 1 000 или 2 000 ед. При покупке 1 000 ед. товара затраты составят 4 руб/ед., а при покупке 2 000 ед. товара – 3,5 руб/ед. Посредник будет продавать данный товар по цене 4,725 руб/ед. При продаже товара существует вероятность 50 % для продажи 1 000 ед. товара и 50 % для продажи 2 000 ед. товара. Определите стоимость полной информации.

Окончательный размер заказа посредника – 2 000 ед. товара. Оформление и доставка нового заказа осуществляются за один день в тот момент времени, когда товар из предыдущего заказа полностью закончился. Оборотные средства посредника в среднем совершают три оборота в месяц. Однако для указанного товара коэффициент оборачиваемости оказался равным 2,5. Средняя торговая надбавка посредника – 35 %. Для товаров, реализуемых посредником, характерен эластичный спрос. Модуль коэффициента эластичности спроса на данный товар равен пяти. Определите величину коммерческих рисков посредника.

## **Занятие 27. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА СКЛАДОВ НА ОБСЛУЖИВАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ**

При решении данной задачи независимой переменной является количество складов, через которые должно осуществляться снабжение потребителей. В качестве зависимых переменных, как правило, определяют следующие виды издержек: расходы на транспортировку; рас-

ходы на содержание запасов; расходы, связанные с эксплуатацией складского хозяйства; расходы, связанные с управлением складской системой. Состав издержек может быть иным и определяется при рассмотрении каждого конкретного случая. Рассмотрим зависимость издержек каждого вида от количества складов.

1. Зависимость величины затрат на транспортировку от количества складов в системе распределения. Примем допущение, что расположение складов на обслуживаемой территории обеспечивает минимум затрат на транспортировку. Транспортные расходы делят на две группы: расходы по доставке товаров на склады системы распределения (с увеличением количества складов данные расходы повышаются) и расходы по доставке товаров со складов системы распределения потребителям (с увеличением количества складов данные расходы снижаются). Суммарные транспортные расходы при увеличении количества складов в системе распределения, как правило, убывают.

2. Зависимость затрат на содержание запасов от количества складов в системе распределения. При увеличении количества складов совокупный размер запасов в системе распределения увеличивается, соответственно, увеличиваются затраты на их содержание.

3. Зависимость затрат по эксплуатации складского хозяйства от количества складов в системе распределения. При увеличении количества складов затраты, связанные с эксплуатацией одного склада, снижаются. Однако совокупные затраты распределительной системы на содержание всего складского хозяйства возрастают.

4. Зависимость затрат, связанных с управлением распределительной системой, от количества входящих в нее складов. Увеличение количества складов влечет за собой увеличение затрат на систему управления складским хозяйством.

При наличии необходимых данных по видам затрат на функционирование системы распределения можно произвести расчет суммарных затрат по каждому количеству складов (один, два, три и т. д.) и выбрать их оптимальное количество (табл. 27.1).

В соответствии с табл. 27.1 совокупные затраты на функционирование системы распределения достигают минимума (42,8 тыс. у. д. е.) при количестве складов, равном четырем.

Если в распоряжении логиста имеется функциональная зависимость, необходимо построить графики зависимости приведенных выше видов затрат от количества складов.

Таблица 27.1. Расчет совокупных затрат на функционирование системы распределения

Количество складов	Эксплуатационные затраты, тыс. у. д. е.	Затраты на хранение запасов, тыс. у. д. е.	Затраты по управлению системой распределения, тыс. у. д. е.	Затраты по доставке товаров на склад, тыс. у. д. е.	Затраты по доставке товаров потребителям, тыс. у. д. е.	Совокупные затраты на функционирование системы распределения, тыс. у. д. е.
1	5,0	7,65	2,7	4,0	31,8	51,1
2	6,1	8,70	3,4	4,8	22,3	45,2
3	7,2	9,80	4,1	5,6	16,5	43,2
4	8,5	10,90	4,6	6,5	12,4	<b>42,8</b>
5	9,8	12,00	5,0	7,5	9,7	44,1
6	11,3	13,10	5,4	8,5	7,8	46,2
7	12,9	14,20	5,9	9,6	6,3	48,9
8	14,6	15,30	6,2	10,7	5,2	52,0

Путем сложения всех графиков определяем зависимость совокупных затрат на функционирование системы распределения от количества входящих в нее складов (рис. 27.1).

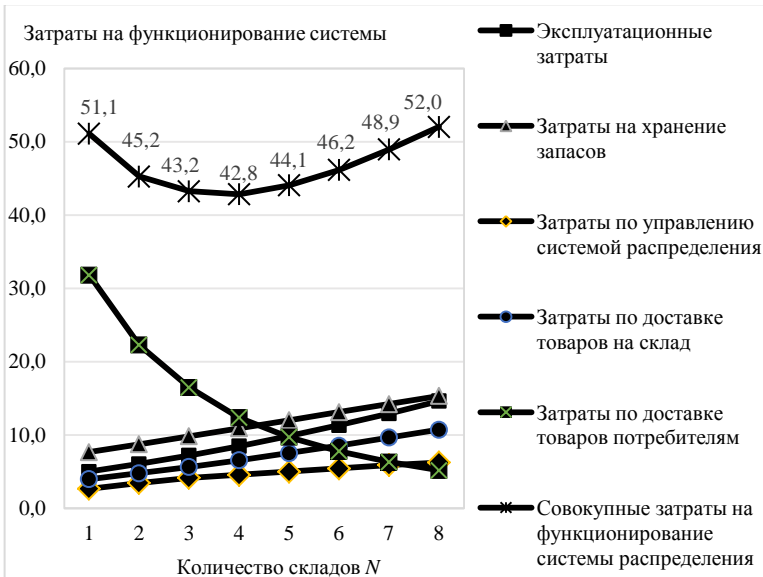


Рис. 27.1. Зависимость совокупных затрат на функционирование системы распределения от количества входящих в нее складов

Оптимальное значение количества складов в системе распределения находится как абсцисса минимума кривой совокупных затрат. Согласно рис. 27.1, минимальные совокупные затраты будут достигнуты при условии использования четырех складов.

**Задание.** Определите оптимальное количество складов на обслуживаемой территории аналитическим и графическим методами. Затраты на функционирование системы распределения приведены в табл. 27.2.

Таблица 27.2. Затраты на функционирование системы распределения (для выполнения задания)

Количество складов	Эксплуатационные затраты, тыс. у. д. е.	Затраты на хранение запасов, тыс. у. д. е.	Затраты по управлению системой распределения, тыс. у. д. е.	Затраты по доставке товаров на склад, тыс. у. д. е.	Затраты по доставке товаров потребителям, тыс. у. д. е.
1	6,0	9,2	3,2	4,8	38,2
2	7,3	10,5	4,1	5,7	26,7
3	8,6	11,8	5,0	6,8	19,8
4	10,2	13,1	5,5	7,9	14,8
5	11,8	14,4	6,0	9,0	11,6
6	13,6	15,7	6,5	10,2	9,3
7	15,5	17,0	7,1	11,6	7,6
8	17,5	18,4	7,5	12,8	6,2

## Занятие 28. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО СКЛАДА И ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА АВТОМОБИЛЕЙ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО СКЛАДА

Требуется определить рациональный радиус действия регионального склада. Исходные данные приведены в табл. 28.1.

Таблица 28.1. Исходные данные

Период $n$	Расстояние перевозок $l$ , км	Объем материала-потока $q$ , т	Постоянные издержки $C_{пост}$ , у. д. е.	Переменные издержки $C_{пер}$ , у. д. е.	Тариф на перевозку 1 т, у. д. е.
1	2	3	4	5	6
1	0	0	100	0	0
2	5	50	100	115	2,00
3	10	115	100	165	1,90
4	15	190	100	225	1,80
5	20	280	100	290	1,70
6	25	375	100	364	1,60

1	2	3	4	5	6
7	30	500	100	440	1,50
8	35	584	100	531	1,44
9	40	640	100	630	1,30
10	45	685	100	735	1,20
11	50	655	100	850	1,20

Рациональный радиус действия склада определяется в точке равенства предельного дохода и предельных издержек. Расчеты представлены в табл. 28.2.

Таблица 28.2. Расчет предельного дохода и предельных издержек

Период <i>n</i>	Валовой доход, у. д. е.	Предельный доход на 1 км, у. д. е.	Общие издержки $C_{\text{общ}}$ , у. д. е.	Средние издержки на 1 км, у. д. е.		Предельные издержки <i>MC</i> на 1 км, у. д. е.	Совокупная прибыль (убытки), у. д. е.
				переменные $AC_{\text{пер}}$	общие $AC_{\text{общ}}$		
1	0,0	0,0	100	–	–	–	–100,0
2	100,0	20,0	215	23,0	43,0	43,0	–115,0
3	218,5	23,7	265	16,5	26,5	10,0	–46,5
4	342,0	24,7	325	15,0	21,7	12,0	17,0
5	476,0	26,8	390	14,5	19,5	13,0	86,0
6	600,0	24,8	464	14,6	18,6	14,8	136,0
7	750,0	30,0	540	14,7	18,0	15,2	210,0
8	841,0	<b>18,2</b>	631	15,2	18,0	<b>18,2</b>	<b>210,0</b>
9	832,0	–1,8	730	15,8	18,3	19,8	102,0
10	822,0	–2,0	835	16,3	18,6	21,0	–13,0
11	786,0	–7,2	950	17,0	19,0	23,0	–164,0

Предельные издержки рассчитываются следующим образом:

$$MC = \frac{C_{\text{общ}}^n - C_{\text{общ}}^{n-1}}{L_n - L_{n-1}}, \quad (28.1)$$

где  $C_{\text{общ}}^n$ ,  $L_n$  – общие издержки и расстояние перевозок в рассматриваемом периоде соответственно;

$C_{\text{общ}}^{n-1}$ ,  $L_{n-1}$  – общие издержки и расстояние перевозок в периоде  $n - 1$  соответственно.

Из данных табл. 28.2 видно, что предельный доход равен предельным издержкам (18,2 у. д. е.), когда расстояние перевозок составляет 35 км. В этом случае совокупная прибыль максимальная (210 у. д. е.).

Работа склада будет эффективной также, если расстояние перевозок составит от 15 до 40 км, но полученная при этом прибыль будет меньше. Если радиус действия склада будет менее 15 км или более 45 км, организация понесет убытки.

Эффективная работа склада связана с определением оптимального количества автомобилей, которые ежедневно поступают для его обслуживания. В табл. 28.3 приведен пример расчета оптимального количества автомобилей для обслуживания регионального склада.

Таблица 28.3. Расчет оптимального количества автомобилей для обслуживания регионального склада

Количество занятых автомобилей $A$ , ед.	Суточный объем перевозок $Q$ , т	Средняя производительность автомобиля: $W_{cp,i} = \frac{Q_i}{A_i}$ , т	Предельная производительность автомобиля: $W_{пр,i} = \frac{Q_i - Q_{i-1}}{A_i - A_{i-1}}$ , т
0	0	0,0	0,0
3	50	16,7	16,7
6	130	21,7	26,7
9	230	25,6	33,3
12	380	31,7	50,0
15	500	33,3	40,0
<b>18</b>	<b>600</b>	<b>33,3</b>	<b>33,3</b>
21	680	32,4	26,7
24	750	31,3	23,3
27	810	30,0	20,0
30	860	28,7	16,7
33	900	27,3	13,3

Как показывают данные табл. 28.3, при увеличении числа занятых автомобилей суточный объем перевозок растет, средняя производительность автомобиля увеличивается до тех пор, пока количество занятых автомобилей не достигнет 15 ед., затем некоторое время держится на уровне, близком к постоянному, а при дальнейшем увеличении количества автомобилей – уменьшается. Предельная производительность ведет себя также, но быстрее достигает максимального значения. Когда средняя производительность достигает максимума, ее значение становится равным предельной производительности ( $W_{cp} = W_{пр} = 33,3$  т) при количестве автомобилей 18 ед. Следовательно, оптимальным вариантом в данном случае является использование 18 автомобилей при суточном объеме перевозок 600 т.

**Задание 1.** Определите рациональный радиус действия регионального склада. Издержки склада, расстояние перевозок, объем материалопотока и тарифы приведены в табл. 28.4.

Таблица 28.4. Исходные данные (для задания 1)

Период $n$	Расстояние перевозок $l$ , км	Объем материалопотока $q$ , т	Постоянные издержки $C_{\text{пост}}, \text{ у. д. е.}$	Переменные издержки $C_{\text{пер}}, \text{ у. д. е.}$	Тариф на перевозку $l$ т, у. д. е.
1	0	0	100	0	0,000
2	5	50	100	200	1,950
3	10	110	100	240	1,900
4	15	175	100	295	1,850
5	20	245	100	365	1,800
6	25	315	100	440	1,750
7	30	385	100	510	1,700
8	35	445	100	575	1,650
9	40	505	100	635	1,600
10	45	560	100	690	1,541
11	50	610	100	740	1,450

Расчеты необходимо представить в табл. 28.5.

Таблица 28.5. Расчет предельного дохода и предельных издержек (для задания 1)

Период $n$	Валовой доход, у. д. е.	Предельный доход на 1 км, у. д. е.	Общие издержки $C_{\text{общ}}, \text{ у. д. е.}$	Средние издержки на 1 км, у. д. е.		Предельные издержки $MC$ на 1 км, у. д. е.	Совокупная прибыль (убытки), у. д. е.
				переменные $AC_{\text{пер}}$	общие $AC_{\text{общ}}$		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							

**Задание 2.** По данным табл. 28.6 определите оптимальное количество автомобилей для обслуживания регионального склада.

Таблица 28.6. Расчет оптимального количества автомобилей для обслуживания регионального склада (для задания 2)

Количество занятых автомобилей $A_i$ , ед.	Суточный объем перевозок $Q$ , т	Средняя производительность автомобиля: $W_{ср_i} = \frac{Q_i}{A_i}$ , т	Предельная производительность автомобиля: $W_{пр_i} = \frac{Q_i - Q_{i-1}}{A_i - A_{i-1}}$ , т
0	0		
2	50		
4	105		
6	165		
8	230		
10	300		
12	360		
14	415		
16	465		
18	510		

## Занятие 29. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ СКЛАДА

**Показатели работы** склада можно представить тремя укрупненными группами показателей, характеризующих:

- 1) интенсивность работы склада;
- 2) интенсивность использования складских площадей;
- 3) финансово-экономические показатели работы склада.

1. К **показателям интенсивности работы склада** относятся:

а) *складской товарооборот* – количество продукции, отпущенной со склада за определенный период, выраженное в стоимостных показателях. Данный показатель отражает не только общий объем продаж продукции со склада, но и продажу ее по отдельным товарным группам;

б) *грузооборот склада* – показатель, характеризующий трудоемкость работы и исчисляемый объемом продукции различных наименований, прошедшей через склад за установленный отрезок времени (сутки, месяц, год). Возможен расчет грузооборота склада по прибытии либо по отправлении (односторонний грузооборот) продукции. Количество продукции, отпущенной со склада в течение определенного периода, выражается в натуральных показателях (килограмм, тонна);

в) *тонно-сутки хранения груза* – характеризует суммарную работу склада за период; определяется как произведение количества тонн в каждой партии груза и числа суток ее хранения; далее суммируется по всем партиям груза за период.

**2. Показатели интенсивности использования складских площадей и объема** показывают, насколько рационально используется складское пространство:

а) *удельная нагрузка склада* – характеризует массу груза, приходящегося на 1 м<sup>2</sup> складской площади;

б) *коэффициент перегрузки* – среднее количество операций, произведенное с каждой физической тонной груза в процессе выполнения перегрузочных работ. Коэффициент перегрузки исчисляется путем деления суммы тонно-операций (законченное перемещение 1 т груза с транспорта на транспорт, с транспорта на склад) на количество физических тонн. Чем меньше коэффициент перегрузки, тем рациональнее организованы эти работы;

в) *коэффициент неравномерности загрузки склада* – определяется как отношение грузооборота наиболее напряженного месяца к среднемесячному грузообороту склада;

г) *вместимость склада* – характеризует количество груза, которое может одновременно вместить склад (в тоннах или кубических метрах);

д) *коэффициент использования вместимости склада* – характеризует степень использования технической вместимости склада с учетом неравномерности загрузки склада во времени;

е) *грузонапряженность склада* – характеризует его загрузку в тоннах в расчете на площадь склада, предназначенную для непосредственного хранения продукции;

ж) *полезная площадь склада* – характеризует ту часть общей площади склада (м<sup>2</sup>), которая может использоваться под хранение грузов.

**3. К финансово-экономическим показателям работы склада** относятся:

а) *коэффициент оборачиваемости продукции на складе* – характеризует интенсивность прохождения продукции через склад определенной вместимости;

б) *производительность труда персонала склада* – вычисляется исходя из размеров грузооборота склада, а также численности всех складских работников и подсобных рабочих, закрепленных за складом;

в) *число случаев несохранности грузов и технологического брака* – характеризует качество выполнения складских работ, фиксируя все случаи брака по вине работников склада;

г) *доходы складов* – определяются исходя из действующих ставок сборов, устанавливаемых по видам грузов за тонно-сутки хранения;

д) *расходы складов* – определяются по сумме затрат на организа-

цию хранения различных грузов и сумме административных расходов;

е) *себестоимость хранения грузов* – определяется как отношение суммарных расходов, связанных с выполнением складских работ, к числу тонно-суток хранения.

Определим величину суммарного материального потока на складе с грузооборотом  $T = 7\,000$  т/год. Оценка факторов, влияющих на величину суммарного материального потока на складе, представлена в табл. 29.1.

Таблица 29.1. Факторы объема складской грузопереработки

Обозначение фактора	Наименование фактора	Значение фактора, %
$A_1$	Доля товаров, поставляемых на склад в нерабочее время и проходящих через приемочную экспедицию	18
$A_2$	Доля товаров, проходящих через участок приемки склада	14
$A_3$	Доля товаров, подлежащих комплектованию на складе	82
$A_4$	Уровень централизованной доставки, т. е. доля товаров, попадающих на участок погрузки из отправочной экспедиции	37
$A_5$	Доля доставленных на склад товаров, требующих ручной выгрузки с укладкой на поддоны	54
$A_6$	Доля товаров, загружаемых в транспортное средство при отпуске со склада вручную	18
$A_7$	Кратность обработки товаров на участке хранения (количество раз)	2 раза (200 %)

На складах материальные потоки рассчитывают для отдельных участков или по отдельным операциям. При этом суммируют объемы работ по всем операциям на данном участке или в рамках данной операции. Суммарный внутренний материальный поток (грузовой поток) склада определяется сложением материальных потоков, проходящих через его отдельные участки и между участками.

Величина суммарного материального потока на складе зависит от того, по какому пути пойдет груз на складе, будут или нет выполняться с ним какие-либо операции. Маршрут материального потока определяется факторами, перечисленными в табл. 29.1.

Объем работ по отдельной операции, рассчитанный за определенный промежуток времени (месяц, квартал, год), представляет собой материальный поток по соответствующей операции.

Величина суммарного материального потока на складе ( $P$ ) определяется сложением величин материальных потоков, сгруппированных

либо по признаку выполняемой логистической операции, либо по признаку места выполнения логистической операции.

К одной из групп материальных потоков относятся грузы, рассматриваемые в процессе внутрискладского перемещения.

Перемещение осуществляется с участка на участок, а суммарный материальный поток по данной группе ( $P_{п.г}$ ), или грузы, рассматриваемые в процессе внутрискладского перемещения, равен сумме выходящих грузовых потоков всех участков без последнего:

$$P_{п.г} = T (\text{с участка разгрузки}) + T \cdot A_1 : 100 (\text{из приемочной экспедиции}) + T \cdot A_2 : 100 (\text{с участка приемки}) + T (\text{из зоны хранения}) + T \cdot A_3 : 100 (\text{с участка комплектования}) + T \cdot A_4 : 100 (\text{из отправочной экспедиции}), \quad (29.1)$$

где  $T$  – грузооборот склада, т/год.

В скобках в формуле (29.1) указаны соответствующие участки склада, из которых выходит поток.

Первая группа материальных потоков – грузы, рассматриваемые в процессе выполнения операций на участках разгрузки и погрузки.

Операции разгрузки и погрузки могут выполняться вручную или с применением машин и механизмов.

Грузопоток при ручной разгрузке груза  $P_{р.р}$ , т/год:

$$P_{р.р} = T \cdot A_5 : 100. \quad (29.2)$$

Остальная разгрузка является механизированной. Грузопоток при механизированной разгрузке груза  $P_{м.р}$ , т/год:

$$P_{м.р} = T \cdot (100 - A_5) : 100. \quad (29.3)$$

Ручная погрузка будет необходима в случае, если транспортное средство нельзя загрузить с помощью средств механизации.

Грузопоток при ручной погрузке груза  $P_{р.п}$ , т/год:

$$P_{р.п} = T \cdot A_6 : 100. \quad (29.4)$$

Грузопоток при механизированной погрузке груза  $P_{м.п}$ , т/год:

$$P_{м.п} = T \cdot (100 - A_6) : 100. \quad (29.5)$$

Следующая группа материальных потоков – грузы, рассматриваемые в процессе ручной переборки при приемке товаров  $P_{пр}$ , т/год:

$$P_{пр} = T \cdot A_2 : 100. \quad (29.6)$$

Еще одна группа материальных потоков – грузы, рассматриваемые в процессе ручной переборки при комплектации заказов покупателей товаров  $P_{км}$ , т/год:

$$P_{км} = T \cdot A_3 : 100. \quad (29.7)$$

Следующая группа материальных потоков – грузы, рассматриваемые в процессе выполнения операций в приемочной ( $P_{п.э}$ ) и отправочной ( $P_{о.э}$ ) экспедициях (т/год).

Если груз прибыл в рабочее время, то он сразу по мере разгрузки поступает на участок приемки или в зону хранения. Если же груз прибыл в нерабочее время, то он разгружается в экспедиционное помещение и лишь в ближайший рабочий день подается на участок приемки или в зону хранения. Следовательно, в приемочной экспедиции появляется новая операция, которая увеличивает совокупный материальный поток на величину  $P_{п.э}$ .

$$P_{п.э} = T \cdot A_1 : 100. \quad (29.8)$$

Если на предприятии оптовой торговли имеется отправочная экспедиция, то в ней появляется новая операция, которая увеличивает совокупный материальный поток на величину  $P_{о.э}$ .

$$P_{о.э} = T \cdot A_4 : 100. \quad (29.9)$$

В итоге операции в экспедициях увеличивают совокупный материальный поток на величину  $P_{эк}$ .

$$P_{эк} = P_{п.э} + P_{о.э} = T(A_1 + A_4) : 100. \quad (29.10)$$

Еще одна группа материальных потоков – грузы в зоне хранения.

Весь поступивший на склад товар сосредоточивается в местах хранения, где выполняются следующие обязательные операции: укладка груза на хранение, выемка груза из мест хранения.

Объем работ за определенный период по каждой из этих операций равен грузообороту склада за этот же период (при условии сохранения запасов на одном уровне).

В результате всех операций в зоне хранения возникает группа материальных потоков, величина которой равна  $P_{хр}$ , т/год:

$$P_{хр} = T \cdot A_7 : 100. \quad (29.11)$$

Величина суммарного материального потока на складе  $P$  определяется по следующей формуле:

$$P = P_{п.г} + P_{р.р} + P_{м.р} + P_{р.п} + P_{м.п} + P_{пр} + P_{км} + P_{п.э} + P_{о.э} + P_{хр}. \quad (29.12)$$

Расчет величины суммарного материального потока на складе выполнен в табл. 29.2.

Таким образом, величина суммарного материального потока на складе составляет 63 140 т/год.

Таблица 29.2. Расчет величины материального потока на складе

Наименование группы материальных потоков	Группа	Значение фактора, %	Величина материального потока по данной группе, т/год
Грузы, рассматриваемые в процессе внутрискладского перемещения	$P_{п.г}$	$A_7 + A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = 200 + 18 + 14 + 82 + 37 = 351$	24 570
Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения ручной разгрузки	$P_{р.р}$	$A_5 = 54$	3 780
Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения механизированной разгрузки	$P_{м.р}$	$100 - A_5 = 100 - 54 = 46$	3 220
Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения ручной погрузки	$P_{р.п}$	$A_6 = 18$	1 260
Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения механизированной погрузки	$P_{м.п}$	$100 - A_6 = 100 - 18 = 82$	5 740
Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения операций на участке приемки	$P_{пр}$	$A_2 = 14$	980
Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения операций на участке комплектования заказов	$P_{км}$	$A_3 = 82$	5 740
Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения операций в экспедициях	$P_{эк}$	$A_1 + A_4 = 18 + 37 = 55$	3 850
Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения операций в зоне хранения	$P_{хр}$	$A_7 = 200$	14 000
Суммарный внутренний материальный поток	$P$		63 140

Определим стоимость грузопереработки на складе, используя данные табл. 29.3.

Стоимость грузопереработки зависит от объема работ по каждой операции и удельной стоимости выполнения каждой операции. Пооперационные объемы работ были указаны в табл. 29.2. Удельная стоимость выполнения каждой операции приведена в табл. 29.3. Эти данные позволяют представить общую стоимость грузопереработки на складе в виде суммы затрат на выполнение отдельных операций.

Выбор состава операций с грузом на складе можно осуществить на основании критерия минимума затрат на грузопереработку.

Таблица 29.3. Группы материальных потоков на складе

Наименование группы материальных потоков	Условное обозначение группы	Удельная стоимость работ на потоках данной группы	
		Условное обозначение	Величина, у. е/т
Внутрискладское перемещение грузов	$P_{п.г}$	$S_1$	0,4
Операции в экспедициях	$P_{эк}$	$S_2$	1,9
Операции с товаром в процессе приемки и комплектации	$P_{пр}, P_{км}$	$S_3$	3,7
Операции в зоне хранения	$P_{хр}$	$S_4$	1,1
Ручная разгрузка и погрузка	$P_{р.р}, P_{р.п}$	$S_5$	4,5
Механизированная разгрузка и погрузка	$P_{м.р}, P_{м.п}$	$S_6$	0,8

Суммарная стоимость работ с материальными потоками (стоимость грузопереработки  $C_{гр}$ ) определяется по формуле

$$C_{гр} = S_1 \cdot P_{п.г} + S_2 \cdot P_{эк} + S_3 \cdot (P_{пр} + P_{км}) + S_4 \cdot P_{хр} + S_5 \times (P_{р.р} + P_{р.п}) + S_6 \cdot (P_{м.р} + P_{м.п}). \quad (29.13)$$

Стоимость грузопереработки рассчитана в табл. 29.4.

Таблица 29.4. Расчет стоимости грузопереработки на складе

Наименование группы материальных потоков	Группа	Удельная стоимость работ на потоке данной группы, у. е/т	Стоимость работ на потоке данной группы, у. е/год
1	2	3	4
Грузы, рассматриваемые в процессе внутрискладского перемещения	$P_{п.г}$	$S_1 = 0,4$	9 828
Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения ручной разгрузки	$P_{р.р}$	$S_5 = 4,5$	17 010
Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения механизированной разгрузки	$P_{м.р}$	$S_6 = 0,8$	2 576
Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения ручной погрузки	$P_{р.п}$	$S_5 = 4,5$	5 670
Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения механизированной погрузки	$P_{м.п}$	$S_6 = 0,8$	4 592
Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения операций на участке приемки	$P_{пр}$	$S_3 = 3,7$	3 626
Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения операций на участке комплектования заказов	$P_{км}$	$S_3 = 3,7$	21 238

1	2	3	4
Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения операций в экспедициях	$P_{\text{эк}}$	$S_2 = 1,9$	7 315
Грузы, рассматриваемые в процессе выполнения операций в зоне хранения	$P_{\text{хр}}$	$S_4 = 1,1$	15 400
Суммарный внутренний материальный поток	$P$		87 255

Таким образом, стоимость грузопереработки на складе составляет 87 255 у. е/год.

Проанализируем грузооборот склада, если поступило 7 000 т продукции за год (320 дней).

Для определения грузооборота склада ( $\Gamma$ ) – показателя, характеризующего мощность склада, – используется формула

$$\Gamma = \frac{Q}{T}, \quad (29.14)$$

где  $Q$  – количество тонн, поступивших на склад за определенный период;

$T$  – продолжительность периода, дн.

В нашем примере грузооборот склада составит 21,9 т/день.

На основе данных табл. 29.5 определим коэффициент неравномерности поступления (отпуска) груза со склада.

Таблица 29.5. Исходные данные для определения коэффициента неравномерности поступления (отгрузки) груза

Месяц	Значение, т
Январь	550
Февраль	610
Март	670
Апрель	700
Май	580
Июнь	560

Для определения коэффициента неравномерности загрузки склада используется формула

$$K_n = \frac{\Gamma_{\text{макс}}}{\Gamma_{\text{ср}}}, \quad (29.15)$$

где  $\Gamma_{\text{макс}}$  – грузооборот самого напряженного месяца, т/день;

$\Gamma_{\text{ср}}$  – среднемесячный грузооборот склада, т/день.

Грузооборот за январь составит 17,7 т/день (550 т : 31 день), февраль – 21,8, март – 21,6, апрель – 23,3, май – 18,7, июнь – 18,7 т/день. Следовательно,  $\Gamma_{\text{макс}} = 23,3$  т/день,  $\Gamma_{\text{ср}} = 20,3$  т/день  $((17,7 + 21,8 + 21,6 + 23,3 + 18,7 + 18,7) : 6)$ .

Отсюда  $K_{\text{н}} = 1,15$  (23,3 т/день : 20,3 т/день).

На основе данных табл. 29.5 определим удельный складской грузооборот, если известно, что площадь склада составляет 300 м<sup>2</sup>.

Для определения удельного грузооборота склада – показателя, характеризующего мощность склада, приходящуюся на 1 м<sup>2</sup>, – используется следующая формула:

$$\Gamma_{\text{уд}} = \frac{\Gamma}{S}, \quad (29.16)$$

где  $\Gamma$  – грузооборот склада, т/день;

$S$  – площадь склада, м<sup>2</sup>.

В нашем примере в январе  $\Gamma_{\text{уд}} = 0,059$  т/м<sup>2</sup> (17,7 т/день : 300 м<sup>2</sup>), феврале – 0,073, марте – 0,072, апреле – 0,078, мае – 0,062, июне – 0,062 т/м<sup>2</sup>.

**Задание 1.** Определите величину суммарного материального потока на складе с грузооборотом  $\Gamma = 10\,000$  т/год. Оценка факторов, влияющих на величину суммарного материального потока на складе, представлена в табл. 29.6.

Таблица 29.6. Факторы объема складской грузопереработки (для задания 1)

Обозначение фактора	Наименование фактора	Значение фактора, %
A <sub>1</sub>	Доля товаров, поставляемых на склад в нерабочее время и проходящих через приемочную экспедицию	21
A <sub>2</sub>	Доля товаров, проходящих через участок приемки склада	16
A <sub>3</sub>	Доля товаров, подлежащих комплектованию на складе	77
A <sub>4</sub>	Уровень централизованной доставки, т. е. доля товаров, попадающих на участок погрузки из отправочной экспедиции	41
A <sub>5</sub>	Доля доставленных на склад товаров, требующих ручной выгрузки с укладкой на поддоны	49
A <sub>6</sub>	Доля товаров, загружаемых в транспортное средство при отпуске со склада вручную	22
A <sub>7</sub>	Кратность обработки товаров на участке хранения (количество раз)	2 раза (200 %)

**Задание 2.** Определите стоимость грузопереработки на складе, используя данные табл. 29.7.

Таблица 29.7. Группы материальных потоков на складе (для задания 2)

Наименование группы материальных потоков	Условное обозначение группы	Удельная стоимость работ на потоках данной группы	
		Условное обозначение	Величина, у. д. е/т
Внутрискладское перемещение грузов	$P_{п.г}$	$S_1$	0,7
Операции в экспедициях	$P_{эк}$	$S_2$	2,2
Операции с товаром в процессе приемки и комплектации	$P_{пр}, P_{км}$	$S_3$	4,3
Операции в зоне хранения	$P_{хр}$	$S_4$	0,9
Ручная разгрузка и погрузка	$P_{р.р}, P_{р.п}$	$S_5$	4,7
Механизированная разгрузка и погрузка	$P_{м.р}, P_{м.п}$	$S_6$	0,8

**Задание 3.** Проанализируйте грузооборот склада, если поступило 178 750 т продукции за год (325 дн.).

На основе данных табл. 29.8 определите коэффициент неравномерности поступления (отпуска) груза со склада.

Таблица 29.8. Исходные данные для определения коэффициента неравномерности поступления (отгрузки) груза (для задания 3)

Месяц	Значение, т
Январь	300
Февраль	350
Март	400
Апрель	370
Май	350
Июнь	410

На основе данных табл. 29.8 определите удельный складской грузооборот, если известно, что площадь склада составляет 400 м<sup>2</sup>.

### Занятие 30. РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ РАБОЧИХ ЗОН НА ТЕРРИТОРИИ СКЛАДА

Одна из задач логистики – организация внутреннего пространства склада. Цель – расположить рабочие зоны на территории склада таким образом, чтобы минимизировать затраты по перемещению грузов между ними. Объемы перемещаемых грузов между рабочими зонами (грузовых единиц в месяц) приведены в табл. 30.1. Среднемесячный спрос на услуги склада  $S$  принимается на основе прогноза и составляет 800 грузовых единиц. Стоимость перемещения единицы груза между смежными зонами – 1 у. д. е., между разобщенными – 2 у. д. е. (табл. 30.1).

Для минимизации затрат на перемещение грузов внутри склада нужно расположить рабочие зоны с большими потоками грузов как можно ближе друг к другу. Найдем решение за несколько этапов, используя граф потоков грузов (рис. 30.1).

Таблица 30.1. Объемы перемещаемых в течение месяца грузов на складе

Номера рабочих зон	Номера рабочих зон							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	–	0	0,06C	0	0,02C	0,04	0	0,7C
2		–	0,02C	0,1C	0	0	0,02C	0
3			–	0,01C	0	0,05C	0,6C	0,2C
4				–	0	0	0,08C	0
5					–	0	0	1,3C
6						–	0	0,8C
7							–	0,4C
8								–

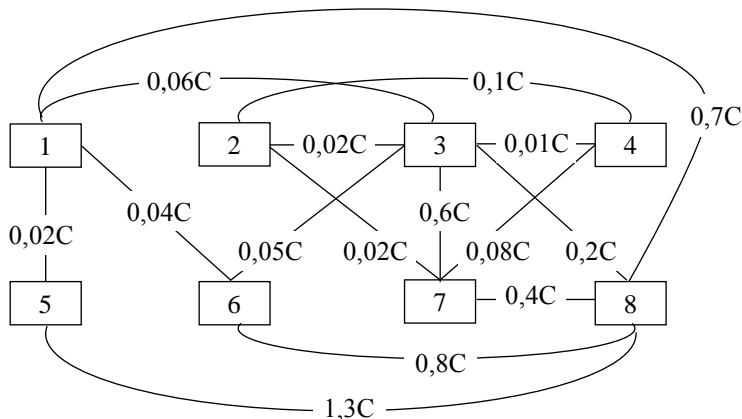


Рис. 30.1. Граф потока грузов между рабочими зонами (числа показывают объемы грузов, перемещаемых за месяц)

Этап 1. Анализ начального решения (рис. 30.2).

1	2	3	4
5	6	7	8

Рис. 30.2. Начальное решение о размещении рабочих зон на территории склада

Затраты на внутрискладское перемещение грузов определяются по формуле

$$Z = \sum \sum x_{ij} C_{ij}, \quad (30.1)$$

где  $x$  – удельные затраты на перемещение, у. д. е.;

$C$  – перемещаемый объем грузов, шт. (т).

$$Z_1 = C \cdot (0,06 \cdot 2 + 0,02 \cdot 1 + 0,1 \cdot 2 + 0,01 \cdot 1 + 0,7 \cdot 2 + 0,02 \cdot 1 + \\ + 0,04 \cdot 1 + 0,05 \cdot 1 + 0,02 \cdot 1 + 0,6 \cdot 1 + 0,08 \cdot 1 + 0,2 \cdot 1 + 0,4 \cdot 1 + \\ + 0,8 \cdot 2 + 1,3 \cdot 2) = 7,26C = 7,26 \cdot 800 = 5\,808 \text{ у. д. е.}$$

*Этап 2.* Анализ решения при изменении расположения 6, 7 и 8-й зон (рис. 30.3).

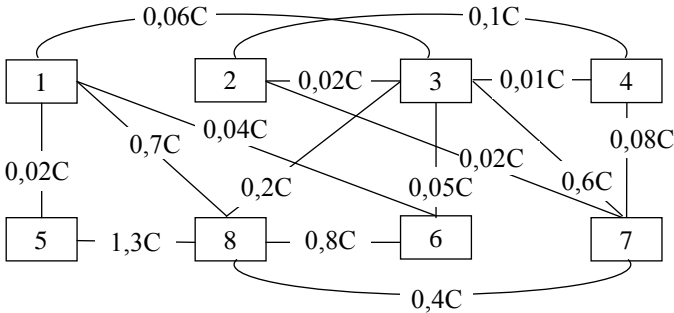


Рис. 30.3. Граф потока грузов между рабочими зонами при изменении расположения 6, 7 и 8-й зон

$$Z_2 = C \cdot (0,06 \cdot 2 + 0,1 \cdot 2 + 0,02 \cdot 1 + 0,01 \cdot 1 + 0,02 \cdot 1 + 0,7 \cdot 1 + \\ + 1,3 \cdot 1 + 0,04 \cdot 2 + 0,2 \cdot 1 + 0,8 \cdot 1 + 0,05 \cdot 1 + 0,02 \cdot 2 + 0,6 \cdot 1 + \\ + 0,08 \cdot 1 + 0,4 \cdot 2) = 5,02C = 5,02 \cdot 800 = 4\,016 \text{ у. д. е.}$$

*Этап 3.* Анализ решения при изменении расположения 2, 6 и 7-й зон (рис. 30.4).

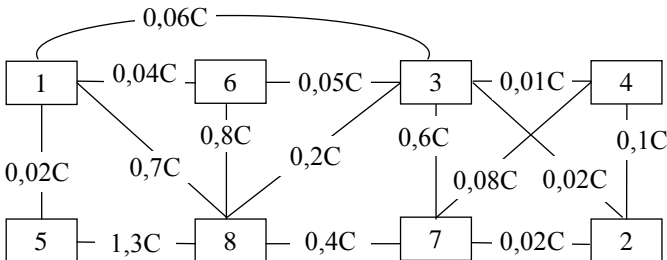


Рис. 30.4. Граф потока грузов между рабочими зонами при изменении расположения 2, 6 и 7-й зон

$$Z_3 = C \cdot (0,04 \cdot 1 + 0,05 \cdot 1 + 0,06 \cdot 2 + 0,01 \cdot 1 + 0,02 \cdot 1 + 0,7 \cdot 1 + 1,3 \cdot 1 + 0,8 \cdot 1 + 0,2 \cdot 1 + 0,4 \cdot 1 + 0,6 \cdot 1 + 0,08 \cdot 1 + 0,02 \cdot 1 + 0,02 \cdot 1 + 0,1 \cdot 1) = 4,46C = 4,46 \cdot 800 = 3\,568 \text{ у. д. е.}$$

Предполагаем, что предприятие устроит суммарная величина затрат на перевозки между рабочими зонами в размере 3 568 у. д. е., что соответствует организации потоков, приведенной на рис. 30.5.

1	6	3	4
5	8	7	2

Рис. 30.5. Конечное решение о размещении рабочих зон на территории склада

Таким образом, рационализация размещения рабочих зон на территории склада позволила сократить затраты на внутрискладское перемещение грузов на 2 240 у. д. е., или 38,6 %.

Определим размер склада с учетом следующих данных. Оптовое предприятие планирует увеличить объем продаж. Анализ рынка складских услуг показал целесообразность организации собственного склада. Исходные данные для расчета размера склада приведены в табл. 30.2.

Таблица 30.2. Исходные данные для расчета размера склада

Показатель	Обозначение	Единица измерения	Значение показателя
Прогноз годового товарооборота	$Q$	у. д. е/год	3 000 000
Прогноз товарных запасов	$z$	дн. оборота	30
Количество рабочих дней в году	$q_{р.д.}$	дн.	258
Коэффициент неравномерности загрузки склада	$K_n$	—	1,15
Коэффициент использования грузового объема склада	$K_{н.г.о.}$	—	0,67
Примерная стоимость 1 м <sup>3</sup> хранимого на складе товара	$C_v$	у. д. е/м <sup>3</sup>	300
Примерная стоимость 1 т хранимого на складе товара	$C_p$	у. д. е/т	600
Высота укладки грузов (стеллажный способ хранения)	$H$	м	5,7
Доля товаров, проходящих через участок приемки склада	$A_2$	%	55
Доля товаров, подлежащих комплектованию на складе	$A_3$	%	48
Доля товаров, проходящих через отправочную экспедицию	$A_4$	%	74
Укрупненный показатель расчетных нагрузок на 1 м <sup>2</sup> на участках приемки и комплектования	$q$	т/м <sup>2</sup>	0,6
Укрупненный показатель расчетных нагрузок на 1 м <sup>2</sup> экспедиций	$q_э$	т/м <sup>2</sup>	0,6
Число дней нахождения товара на участке приемки	$t_{пр}$	дн.	0,5
Число дней нахождения товара на участке комплектования	$t_{км}$	дн.	1
Число дней нахождения товара в приемочной экспедиции	$t_{п.э}$	дн.	2
Число дней нахождения товара в отправочной экспедиции	$t_{о.э}$	дн.	1
Площадь рабочего места заведующего складом	$S_{р.м}$	м <sup>2</sup>	12

Технологические зоны склада отражены на рис. 30.6.

Железнодорожная рампа		
Приемочная экспедиция	Зона хранения – основное поме- щение склада с единой материаль- ной ответственностью	Участок приемки
Отправочная экспедиция		Участок комплектования
Автомобильная рампа		

Рис. 30.6. Технологические зоны склада

Общая площадь склада  $S_{\text{общ}}$  ( $\text{м}^2$ ) определяется по формуле

$$S_{\text{общ}} = S_{\text{гр}} + S_{\text{всп}} + S_{\text{пр}} + S_{\text{км}} + S_{\text{п.э}} + S_{\text{о.э}} + S_{\text{р.м}}, \quad (30.2)$$

где  $S_{\text{гр}}$  – грузовая площадь, т. е. площадь, занятая непосредственно под хранимыми товарами;

$S_{\text{всп}}$  – вспомогательная площадь, т. е. площадь, занятая проходами и проездами;

$S_{\text{пр}}$  – площадь участка приемки;

$S_{\text{км}}$  – площадь участка комплектования;

$S_{\text{п.э}}$  – площадь приемочной экспедиции;

$S_{\text{о.э}}$  – площадь отправочной экспедиции;

$S_{\text{р.м}}$  – площадь рабочих мест складских работников.

Грузовая площадь склада  $S_{\text{гр}}$  ( $\text{м}^2$ ) находится по формуле

$$S_{\text{гр}} = \frac{QZK_{\text{н}}}{q_{\text{р.д}} C_{\text{в}} K_{\text{н.г.о}} H}, \quad (30.3)$$

где  $Q$  – прогноз годового товарооборота, у. д. е/год;

$Z$  – прогноз величины товарных запасов, дн. оборота;

$K_{\text{н}}$  – коэффициент неравномерности загрузки склада (определяется как отношение грузооборота самого напряженного месяца к среднемесячному грузообороту склада), равный 1,1–1,3;

$q_{\text{р.д}}$  – количество рабочих дней в году;

$C_{\text{в}}$  – примерная стоимость 1  $\text{м}^3$  хранимого на складе товара, у. д. е.;

$K_{\text{н.г.о}}$  – коэффициент использования грузового объема склада, равный 0,64–0,67;

$H$  – высота укладки грузов (стеллажный способ хранения), м.

В нашем случае

$$S_{\text{гр}} = (3\,000\,000 \cdot 30 \cdot 1,15) : (258 \cdot 300 \cdot 0,67 \cdot 5,7) = 330,15 \text{ м}^2.$$

Площадь проходов и проездов зависит от выбора варианта механизации и типа используемых в технологическом процессе подъемно-транспортных машин. Если ширина рабочего коридора машин, передвигающихся между стеллажами, равна ширине стеллажного оборудо-

вания, то вспомогательная площадь ( $S_{\text{всп}}$ ) будет приблизительно соответствовать грузовой площади:

$$S_{\text{всп}} = S_{\text{гр}} = 330,15 \text{ м}^2.$$

Площади участков приемки и комплектования (соответственно  $S_{\text{пр}}$  и  $S_{\text{км}}$ ) определяются по формулам:

$$S_{\text{пр}} = \frac{QK_{\text{н}}A_2t_{\text{пр}}}{q_{\text{р.д}}C_pq \cdot 100}; \quad (30.4)$$

$$S_{\text{км}} = \frac{QK_{\text{н}}A_3t_{\text{км}}}{q_{\text{р.д}}C_pq \cdot 100}, \quad (30.5)$$

где  $A_2$  – доля товаров, проходящих через участок приемки склада, %;  
 $A_3$  – доля товаров, подлежащих комплектованию на складе, %;  
 $t_{\text{пр}}$  – число дней нахождения товара на участке приемки;  
 $t_{\text{км}}$  – число дней нахождения товара на участке комплектования;  
 $C_p$  – примерная стоимость 1 т хранимого на складе товара, у. д. е.;  
 $q$  – укрупненный показатель расчетных нагрузок на 1 м<sup>2</sup> на участках приемки и комплектования, т.

В нашем случае

$$S_{\text{пр}} = (3\,000\,000 \cdot 1,15 \cdot 55 \cdot 0,5) : (600 \cdot 258 \cdot 0,6 \cdot 100) = 10,21 \text{ м}^2,$$

$$S_{\text{км}} = (3\,000\,000 \cdot 1,15 \cdot 48 \cdot 1) : (600 \cdot 258 \cdot 0,6 \cdot 100) = 17,83 \text{ м}^2.$$

Приемочная экспедиция создается для размещения товара, поступившего в нерабочее время. Ее площадь ( $S_{\text{п.э}}$ ) определяется по формуле

$$S_{\text{п.э}} = \frac{Qt_{\text{п.э}}K_{\text{н}}}{C_p \cdot 365q_3}, \quad (30.6)$$

где  $t_{\text{п.э}}$  – число дней нахождения товара в приемочной экспедиции;  
 $q_3$  – укрупненный показатель расчетных нагрузок на 1 м<sup>2</sup> в экспедиционных помещениях, т.

Площадь отправочной экспедиции применяется для комплектования отгрузочных партий. Значение площади отправочной экспедиции  $S_{\text{о.э}}$  находится по формуле

$$S_{\text{о.э}} = \frac{Qt_{\text{о.э}}A_4K_{\text{н}}}{C_pq_{\text{р.д}}q_3 \cdot 100}, \quad (30.7)$$

где  $t_{\text{о.э}}$  – число дней нахождения товара в отправочной экспедиции;  
 $A_4$  – доля товаров, проходящих через отправочную экспедицию, %.

В нашем случае:

$$S_{п.э} = (3\,000\,000 \cdot 2 \cdot 1,15) : (600 \cdot 365 \cdot 0,6) = 52,51 \text{ м}^2,$$

$$S_{о.э} = (3\,000\,000 \cdot 1 \cdot 74 \cdot 1,15) : (600 \cdot 258 \cdot 0,6 \cdot 100) = 27,49 \text{ м}^2.$$

Рабочее место заведующего складом площадью  $12 \text{ м}^2$  ( $S_{р.м}$ ) оборудуют вблизи участка комплектования с максимально возможным обзором складского помещения.

Результаты расчетов заносим в табл. 30.3.

Таблица 30.3. Результаты расчета размеров технологических зон склада

Наименование технологической зоны	Площадь зоны, $\text{м}^2$
Грузовая площадь (зона хранения) $S_{гр}$	330,15
Вспомогательная площадь (площадь проходов и проездов) $S_{всп}$	330,15
Участок приемки товаров $S_{пр}$	10,21
Участок комплектования товаров, $S_{км}$	17,83
Приемочная экспедиция $S_{п.э}$	52,51
Отправочная экспедиция $S_{о.э}$	27,49
Рабочее место заведующего складом $S_{р.м}$	12,00
Общая площадь склада $S_{общ}$	790,32

Таким образом, общая площадь склада составит  $790,32 \text{ м}^2$ .

**Задание 1.** Расположите рабочие зоны на территории склада таким образом, чтобы минимизировать перемещение грузов между ними. Объемы перемещаемых грузов между рабочими зонами (грузовых единиц в месяц) приведены в табл. 30.4. Среднемесячный спрос на услуги склада  $C$  составляет 900 грузовых единиц. Стоимость перемещения единицы груза между смежными зонами –  $0,7 \text{ у. д. е.}$ , между разобщенными –  $1,4 \text{ у. д. е.}$

Таблица 30.4. Объемы перемещаемых в течение месяца грузов на складе (для задания 1)

Номера рабочих зон	Номера рабочих зон							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	–	0,08C	0,05C	0,2C	0,5C	0	0	0
2		–	0,1C	0,04C	0,08C	0	0,03C	1,6C
3			–	0,06C	1,4C	0,15C	0,04C	0
4				–	0,05C	0	0	0,18C
5					–	0	0	0
6						–	0,7C	0
7							–	0,7C
8								–

**Задание 2.** Оптовая фирма планирует создание собственного склада в связи с расширением объема продаж. Определите размер склада, используя данные табл. 30.5.

Таблица 30.5. Исходные данные для расчета размера склада (для задания 2)

Показатель	Обозначение	Единица измерения	Значение показателя
Прогноз годового товарооборота	$Q$	у. д. е/год	12 000 000
Прогноз товарных запасов	$z$	дн. оборота	55
Количество рабочих дней в году	$q_{р.д.}$	дн.	258
Коэффициент неравномерности загрузки склада	$K_n$	–	1,25
Коэффициент использования грузового объема склада	$K_{н.г.о.}$	–	0,64
Примерная стоимость 1 м <sup>3</sup> хранимого на складе товара	$C_v$	у. д. е/м <sup>3</sup>	250
Примерная стоимость 1 т хранимого на складе товара	$C_p$	у. д. е/т	500
Высота укладки грузов (стеллажный способ хранения)	$H$	м	5,4
Доля товаров, проходящих через участок приемки склада	$A_2$	%	59
Доля товаров, подлежащих комплектованию на складе	$A_3$	%	52
Доля товаров, проходящих через отправочную экспедицию	$A_4$	%	78
Укрупненный показатель расчетных нагрузок на 1 м <sup>2</sup> на участках приемки и комплектования	$q$	т/м <sup>2</sup>	0,6
Укрупненный показатель расчетных нагрузок на 1 м <sup>2</sup> экспедиций	$q_о$	т/м <sup>2</sup>	0,6
Число дней нахождения товара на участке приемки	$t_{пр}$	дн.	0,5
Число дней нахождения товара на участке комплектования	$t_{км}$	дн.	1
Число дней нахождения товара в приемочной экспедиции	$t_{п.э}$	дн.	2
Число дней нахождения товара в отправочной экспедиции	$t_{о.э}$	дн.	1
Площадь рабочего места заведующего складом	$S_{р.м}$	м <sup>2</sup>	12

### Занятие 31. РАСЧЕТ ПОЛЕЗНОЙ ПЛОЩАДИ СКЛАДА

Общая площадь склада включает: полезную площадь склада, т. е. минимально необходимую площадь пола склада, которая требуется для размещения определенного наименования товаров; площадь, занятую приемочными и отпускными площадками; служебную площадь склада, занятую конторскими и другими служебными помещениями; вспомогательную площадь склада, занятую проездами и проходами.

Различают два способа укладки товаров: штабельный и стеллажный.

Штабельную укладку используют при хранении различных продовольственных и непродовольственных товаров, затаренных в мешки, кипы, кули, ящики, бочки.

При стеллажном способе укладки распакованные товары и товары во внешней таре различными способами укладываются на стеллажи.

При размещении товара на поддонах возможно либо штабелирование поддонов с товаром, либо размещение поддонов на полках стеллажей.

На выбор способа укладки влияют свойства, форма и масса товара, масса каждого тарного места, форма тары, особенности упаковки и другие факторы. Предпочтение отдается такому способу укладки, при котором не допускается повреждение товара и тары, рационально используются площадь и объем складского помещения и имеющееся подъемно-транспортное оборудование.

Полезную площадь склада можно рассчитать двумя методами: методом по нагрузке на  $1 \text{ м}^2$  площади пола и с помощью коэффициента заполнения объема.

#### **Штабельный способ укладки товаров.**

Для определения полезной площади пола склада  $f_{\text{пол}}^i$ , которая требуется для размещения  $i$ -го наименования товара при штабельной укладке, обычно используется метод «*по нагрузке на  $1 \text{ м}^2$  пола*»:

$$f_{\text{пол}}^i = \frac{q_{\text{max зап}}^i}{p}, \quad (31.1)$$

где  $q_{\text{max зап}}^i$  – установленный максимальный запас  $i$ -го наименования товара на складе, т;

$p$  – допустимая нагрузка на  $1 \text{ м}^2$  площади пола, т/м<sup>2</sup>.

Допустимая нагрузка на  $1 \text{ м}^2$  пола зависит от назначения складского помещения. Для магазинов она составляет 0,6–1,0 т/м<sup>2</sup>, для складов по хранению металлов – 3,0–8,0, для формовочных материалов – 2,0–7,0 т/м<sup>2</sup>.

Если номенклатура подлежащих хранению товаров включает  $n$  наименований, зависимость по определению полезной площади склада будет иметь следующий вид:

$$f_{\text{пол}} = \sum_{i=1}^n f_{\text{пол}}^i. \quad (31.2)$$

#### **Стеллажный способ укладки товаров.**

Для определения полезной площади пола склада  $f_{\text{пол}}^i$  для размещения  $i$ -го наименования товара при стеллажном способе укладки обычно используется метод «*по коэффициенту заполнения объема ячеек, стеллажей*».

При применении данного метода в зависимости от количества товара, подлежащего хранению, вначале определяют вместимость одной ячейки стеллажа  $q_{\text{яч}}$  или вместимость одного стеллажа  $q_{\text{ст}}$ :

$$q_{\text{яч}} = V_{\text{яч}}\rho\beta; \quad (31.3)$$

$$q_{\text{ст}} = V_{\text{ст}}\rho\beta, \quad (31.4)$$

где  $V_{\text{яч}}$  – геометрический объем одной ячейки стеллажа, м<sup>3</sup>;

$V_{\text{ст}}$  – геометрический объем одного стеллажа, м<sup>3</sup>;

$\rho$  – плотность материала, подлежащего хранению, т/м<sup>3</sup>;

$\beta$  – коэффициент заполнения объема (плотность укладки).

Затем рассчитывают необходимое количество ячеек  $n_{\text{яч}}$  или стеллажей  $n_{\text{ст}}$  для размещения товара:

$$n_{\text{яч}} = \frac{q_{\text{max зап}}}{q_{\text{яч}}}; \quad (31.5)$$

$$n_{\text{ст}} = \frac{q_{\text{max зап}}}{q_{\text{ст}}}. \quad (31.6)$$

После этого находят полезную площадь для размещения товара. Если рассчитывается необходимое количество ячеек  $n_{\text{яч}}$ , ее размер определяют по формуле

$$f_{\text{пол}} = lb \frac{n_{\text{яч}}}{n_{\text{ст}}}, \quad (31.7)$$

где  $l$  – длина стеллажа, м;

$b$  – ширина стеллажа, м;

$n_{\text{ст}}^{\text{ст}}$  – количество ячеек в стеллаже.

Если рассчитывается необходимое количество стеллажей  $n_{\text{ст}}$ , полезную площадь определяют по следующей формуле:

$$f_{\text{пол}} = lbn_{\text{ст}}. \quad (31.8)$$

Рассчитаем полезную площадь склада при стеллажном способе хранения микроудобрений. Микроудобрения поставляются и хранятся в канистрах по 1 л с габаритными размерами 120×40×220 мм (длина×ширина×высота). Для хранения микроудобрений используется стеллаж универсальный (рис. 31.1). Полки стеллажа крепятся специальными зацепами. Частый шаг перфорации (43,5 мм) позволяет выбрать наиболее удачное месторасположение полок и экономно исполь-

зовать площадь, занимаемую стеллажом. Максимальная нагрузка на одну полку стеллажа – 200 кг.

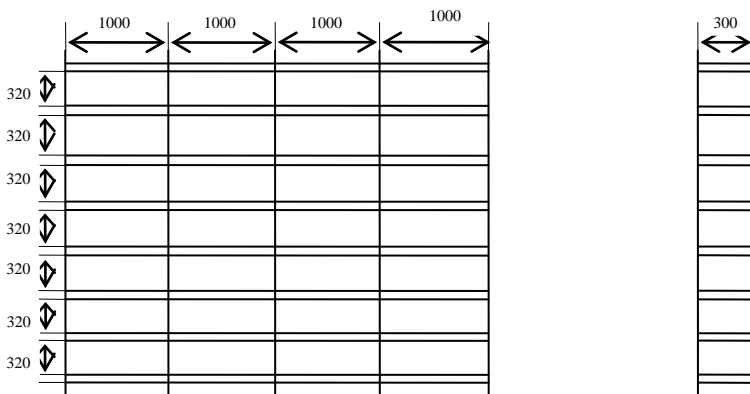


Рис. 31.1. Размеры стеллажа универсального на зацепках

Определим оптимальный размер заказа микроудобрений.

Потребность в микроудобрениях для сельскохозяйственной организации за сезон составляет 160 л. Стоимость 1 л микроудобрений – 4,5 руб. Удаленность поставщика микроудобрений – 250 км. Для доставки микроудобрений от поставщика используется собственный автотранспорт сельскохозяйственной организации грузоподъемностью 0,5 т и вместимостью грузовой платформы 2 м<sup>3</sup>, тарифная ставка на внутрихозяйственные перевозки для которого составляет 0,2 руб/км.

Затраты на доставку микроудобрений для организации ее собственным автотранспортом от поставщика  $C_o^e$  составят:

$$C_o^e = (250 \text{ км} \cdot 2) \cdot 0,2 \text{ руб/км} = 100 \text{ руб.}$$

Затраты по содержанию 1 м<sup>2</sup> пола склада за месяц – 5 руб.

С учетом габаритных размеров канистры и объема ячейки стеллажа в одной ячейке можно разместить 56 канистр, т. е.  $56 \cdot 4 = 224$  канистры на одной полке. Однако с учетом максимальной нагрузки на одной полке стеллажа будет размещаться 160 канистр (200 кг : 1,25 кг, где 1,25 кг – масса брутто одной канистры), или по 40 канистр в каждой ячейке.

Стеллаж имеет восемь полок. Занимаемая одной полкой площадь пола склада составит:  $4\ 000\ \text{мм} \cdot 300\ \text{мм} : 8\ \text{полок} = 0,15\ \text{м}^2$ .

Найдем затраты на хранение одной канистры микроудобрений  $C_{\text{хр}}^e$  в течение квартала:  $0,15\ \text{м}^2 \cdot 5\ \text{руб}/(\text{мес} \cdot \text{м}^2) \cdot 3\ \text{мес} : (160\ \text{канистр} : 2) = 0,028\ \text{руб}/\text{канистру}$ .

Рассчитаем коэффициент эффективности финансовых вложений  $E$ . Сельскохозяйственная организация нуждается в свободных денежных средствах. Оборотные средства организации совершают три оборота в течение года. Средняя рентабельность товарной продукции – 40 %.

$$E = \frac{40\ \%}{4\ \text{кв}/\text{год} \cdot 100\ \%} \cdot 3\ \text{об}/\text{год} = 0,3.$$

Оптимальный размер заказа  $q_o$  определим по формуле (18.8):

$$q_o = \sqrt{\frac{2 \cdot 100\ \text{руб} \cdot 160\ \text{канистр}}{0,028\ \text{руб}/\text{канистру} + 0,3 \cdot 4,5\ \text{руб}/\text{канистру}}} = 153\ \text{канистры}.$$

Расчетный размер заказа (153 канистры) отличается от принятого (160 канистр) на –4,4 % ( $153\ \text{канистры} : 160\ \text{канистр} \cdot 100\ \% - 100\ \%$ ), что допустимо для подобного рода расчетов. Поэтому оставляем размер заказа равным 160 канистрам.

Создание гарантийного запаса микроудобрений не предусмотрено.

В одном стеллаже можно разместить 160 канистр/полку  $\cdot$  8 полок = 1 280 канистр ( $q_{\text{ст}}$ ). Рассчитаем необходимое количество стеллажей по формуле (31.6):

$$n_{\text{ст}} = \frac{160\ \text{канистр}}{1\ 280\ \text{канистр}} = 0,125\ \text{стеллажа}.$$

Следовательно, для хранения микроудобрений потребуется одна полка стеллажа.

Аналогичные результаты можно получить иным образом. Так, для хранения заказанной партии микроудобрений требуется четыре ячейки стеллажа, вместимость стеллажа – 32 ячейки. Тогда площадь пола склада  $f_{\text{пол}}$  для хранения заказанной партии микроудобрений можно определить по формуле (31.7):

$$f_{\text{пол}} = 4\ \text{м} \cdot 0,3\ \text{м} \cdot \frac{4\ \text{ячейки}}{32\ \text{ячейки}} = 0,15\ \text{м}^2,$$

где 4 м – длина стеллажа;

0,3 м – ширина стеллажа.

**Задание.** Рассчитайте полезную площадь склада при стеллажном способе хранения микроудобрений. Для хранения микроудобрений используется стеллаж универсальный (см. рис. 31.1). Микроудобрения поставляются и хранятся в канистрах по 1 л с габаритными размерами 120×40×240 мм (длина×ширина×высота). Потребность в микроудобрениях для сельскохозяйственной организации за сезон составляет 200 л. Стоимость 1 л микроудобрений – 4 руб. Удаленность поставщика микроудобрений – 200 км. Для доставки микроудобрений от поставщика используется собственный автотранспорт сельскохозяйственной организации грузоподъемностью 0,5 т и вместимостью грузовой платформы 2 м<sup>3</sup>, тарифная ставка на внутривозвратные перевозки для которого составляет 0,25 руб/км. Затраты по содержанию 1 м<sup>2</sup> пола склада за месяц – 6 руб. Сельскохозяйственная организация нуждается в свободных денежных средствах. Оборотные средства организации совершают два оборота в течение года. Средняя рентабельность товарной продукции – 35 %. Создание гарантийного запаса микроудобрений не предусмотрено.

### **Занятие 32. РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ТОВАРОВ НА СКЛАДЕ**

Суть задачи поиска приемлемого варианта размещения товаров на складе заключается в определении оптимальных мест хранения для каждой товарной группы. Разработаны различные методы, предлагающие решать эту задачу с помощью ЭВМ. Несмотря на очевидное достоинство, применение данных методов сдерживается необходимостью наличия на складах соответствующего программного обеспечения, вычислительной техники и персонала, владеющего этой техникой.

Для быстрого размещения и отбора, обеспечения требуемых режимов хранения разрабатывают схемы размещения товаров, предусматривая постоянные места хранения, возможность наблюдения за сохранностью товаров и ухода за ними. При разработке схем принимаются во внимание периодичность и объемы поступления и отгрузки товаров, оптимальные способы укладки, условия их отгрузки, а для некоторых видов товаров и «правильное соседство». В отдельных случаях, если нужна свобода маневра, применяют переменные места хранения товаров. При размещении товаров используется принцип «чаще спрос – ближе к проходу». Товары ежедневного спроса хранятся в непосредственной близости от зоны отгрузки, а в случае склада торгового предприятия – в непосредственной близости от зоны ком-

плектации. Один из методов реализации данного принципа – правило Парето, или правило 20/80.

Метод, основанный на правиле Парето (20/80), предполагает, что на 20 % наименований товаров, как правило, приходится 80 % от оборота фирмы, а на оставшиеся 80 % наименований товаров – 20 % от всего оборота. Исходя из этого рассуждения для минимизации количества перемещений грузов на складе выделяются «горячие» линии и зоны для 20 % ассортимента с наибольшим спросом (часто отпускаемые товары), расположенные вдоль проездов и в ближайшем доступе от зоны комплектации, а остальной ассортимент размещается в «холодной» зоне – там, где доступ к товару затруднен или требует больше перемещений грузов до зоны комплектации. Вдоль «горячих» линий могут располагаться также крупногабаритные товары и товары, хранящиеся без тары, так как их перемещение связано со значительными трудностями. Таким образом, на складе применение метода Парето позволяет минимизировать количество перемещений посредством разделения всего ассортимента на группы товаров, требующих большого количества перемещений, и группы товаров, к которым обращаются достаточно редко.

В зависимости от характеристик склада может быть выбрано различное деление полезной площади на «горячую» и «холодную» зоны. Для прямоугольного помещения могут быть применены варианты, показанные на рис. 32.1. Стрелками обозначена «горячая» зона, крестиками – «холодная».

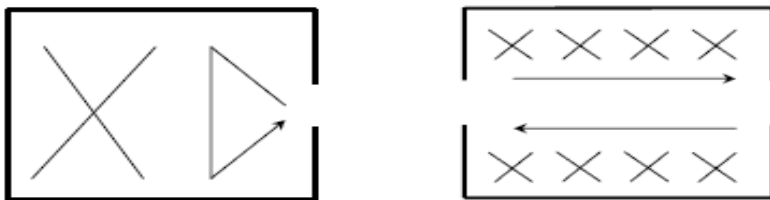


Рис. 32.1. «Горячие» и «холодные» зоны хранения товаров

Предположим, что предприятие владеет складом прямоугольной формы, оборудованным тремя рядами стеллажей. Два крайних ряда состоят из 10 стеллажей вместимостью по 100 кг каждый; средний ряд состоит из 8 двусторонних стеллажей, вместимость каждой ячейки которых составляет 75 кг. На складе хранится шесть наименований това-

ров. Общий объем хранения и месячное потребление по каждому наименованию приведены в табл. 32.1.

Таблица 32.1. Количество товаров и их месячное потребление

Показатель	Наименования товаров					
	A	B	C	D	E	F
Общий объем хранения	200	300	300	600	800	1000
Месячное потребление	200	150	300	300	150	200

Эти товары необходимо эффективно разместить на складе, обеспечив наименьшее перемещение их по складу в течение месяца. Один товар можно размещать не более чем на двух площадках.

**Площадка хранения** – это группа стоящих рядом стеллажей. Размещение товаров на множестве площадок сильно затрудняет контроль остатков и увеличивает неразбериху на складе. На одном стеллаже запрещено размещать товары разных наименований. Внутреннее устройство склада представлено на рис. 32.2.

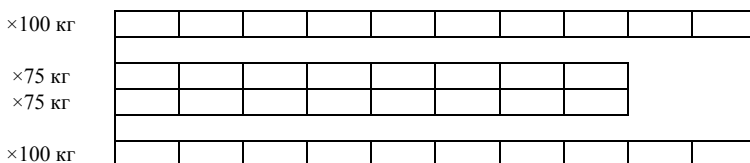


Рис. 32.2. Внутреннее устройство склада

Чтобы обеспечить наименьшее перемещение товаров по складу в течение месяца, месячная потребность должна находиться на «горячей» линии (ближе к входу), а остальные товары – на «холодной» линии (дальше от входа). Выполним размещение товаров на складе с учетом числа площадок хранения каждого товара, стараясь располагать месячную потребность ближе к входу на склад и стремясь к тому, чтобы граница, разделяющая «горячую» и «холодную» зоны, оказалась выровненной (рис. 32.3).

Оценим эффективность размещения товаров на складе. Для этого отделим товары, которые будут выданы со склада в течение месяца, от остальных товаров. «Горячая» линия получилась достаточно равномерной. Это означает, что нужно будет пройти меньшее расстояние, чтобы взять товары со склада. Такое размещение целесообразно по критерию «величина внутрискладского перемещения товаров».

×100 кг	E	E	D	D	D	D	D	D	A	A
×75 кг	E	E	E	E	E	E	E	E		
×75 кг	F	F	F	F	B	B	B	B		
×100 кг	F	F	F	F	F	F	F	C	C	C

Рис. 32.3. Размещение товаров на складе

Полученное размещение можно признать эффективным, так как любая попытка улучшить ситуацию (спрямить границу «горячей» и «холодной» зон) приведет к тому, что выступ окажется на другом ряду. Суммарное перемещение товаров по складу в течение месяца при этом не изменится.

В целом рационализация размещения товаров на складе обеспечивает максимальное использование площади склада, минимальное время выдачи товаров со склада, сокращение объемов внутрискладского перемещения грузов.

**Задание.** Предприятие владеет складом (см. рис. 32.2), оборудованным стеллажами (в двух крайних рядах – по 10 стеллажей вместимостью 100 кг каждый, в среднем ряду – 8 двусторонних стеллажей вместимостью 75 кг каждый). Информация о количестве хранимых на складе товаров приведена в табл. 32.2. Разместите товары на складе, обеспечив наименьшее перемещение их на складе в течение месяца. Один товар можно размещать не более чем на двух площадках.

Таблица 32.2. Количество товаров и их месячное потребление (для выполнения задания)

Показатель	Наименования товаров					
	A	B	C	D	E	F
Общий объем хранения	450	900	700	150	300	600
Месячное потребление	150	400	200	150	300	150

### Занятие 33. РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ НОМОГРАММ НАГРУЗОК МАШИН И МЕХАНИЗМОВ НА СКЛАДАХ

Крупные склады и торговые организации принимают огромное количество грузов, значительная часть которых поступает в мешках, ящиках, бочках и т. п. Большая часть грузов перерабатывается вручную. Именно погрузочно-разгрузочные и транспортно-складские работы являются наиболее трудоемкими. Применение простейших видов подъемно-транспортного оборудования способствует облегчению трудоемких и тяжелых работ по перемещению грузов, повышению производитель-

ности труда, созданию единой технологической системы товароснабжения, которая позволяет ликвидировать многочисленные (до 10–15 раз) перекладки, перегрузки товаров, повысить коэффициент использования автомобильного транспорта. Комплексная механизация погрузочно-разгрузочных работ также дает возможность ускорить торгово-технологический процесс, сократить товарные потери и численность работников, рациональнее использовать площадь и объем торгово-складских помещений и транспортные средства.

Для определения необходимого количества машин и механизмов в зависимости от условий их функционирования (загрузки в течение суток и рабочего периода) и установления оптимального режима работы складского оборудования используются номограммы.

Расчет и построение номограмм нагрузок машин и механизмов на складах основаны на предположении о детерминированных грузопотоках и технологии их переработки. Детерминированный режим работы грузового пункта характеризуется регулярным входящим потоком транспортных средств (автомобилей, вагонов) или поступлением их на грузовой фронт по расписанию примерно через одинаковые интервалы, при этом количество автомобилей (вагонов) в подаче и время выполнения грузовых операций практически не отклоняются от своих средних значений. При детерминированном режиме работы автомобиля и вагоны обслуживаются без задержки, исключаются время ожидания грузовых операций и вероятность образования очереди у грузового фронта. Для расчетов берется эксплуатационная производительность – это количество груза, перерабатываемого погрузочно-разгрузочными машинами за 1 ч с учетом внутрисменных технологических перерывов (прием-сдача смены, обед, техническое обслуживание механизма и др.). Эксплуатационная производительность обычно составляет 70–80 % от технической производительности погрузочно-разгрузочной машины. Под **технической производительностью** понимают количество груза (т, м<sup>3</sup>, шт.), которое может переработать погрузочно-разгрузочная машина за 1 ч непрерывной работы в условиях максимальной загрузки.

Построение номограмм нагрузок возможно, если количество моделей машин минимально, а число машин каждой модели оптимально.

Каждая номограмма нагрузок машин и механизмов на складах строится для определенной величины материального потока  $Q$ , проходящего через склад за заданный промежуток времени (месяц, год):

$$Q = \text{Ч}_p \cdot \text{Н}_н \cdot \text{Д}_p \cdot N, \quad (33.1)$$

где  $Q$  – материальный поток, проходящий через склад за определенный период (постоянная величина) (т/мес, т/год);

$Ч_p$  – часовая эксплуатационная производительность единицы подъемно-транспортного оборудования, т/(ч · ед.);

$Н_n$  – количество подъемно-транспортного оборудования, ед.;

$Д_p$  – количество рабочих дней в течение данного периода (дн/мес, дн/год);

$N$  – загрузка подъемно-транспортного оборудования в течение рабочего дня, ч/день.

Например, требуется построить номограмму нагрузок электрокаров производительностью 5, 10, 15 и 20 т/ч, которые в течение месяца могут эксплуатироваться 5, 10, 15 или 20 дней. Загрузка электрокаров в течение рабочего дня может различаться. Величина материального потока склада за месяц – 1 000 т.

Графики функции  $Ч_p \cdot Н_n$  (где  $Н_n$  – переменная величина) для данных электрокаров показаны на номограмме с левой стороны (рис. 33.1).

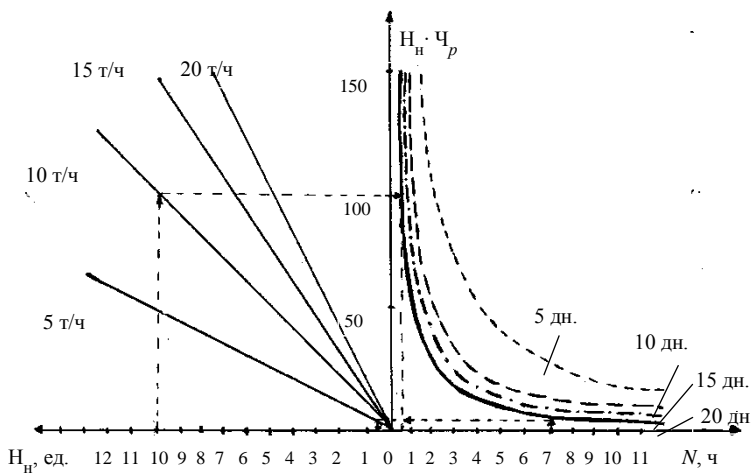


Рис. 33.1. Номограмма нагрузок

Например, при использовании 10 электрокаров производительностью 10 т/ч получим объем работ, равный 100 т/ч, при применении 0 электрокаров производительностью 10 т/ч объем работ составит 0 т/ч. Соединив точки с координатами [0; 0], [10; 100] на левой ча-

сти графика, получим номограмму для электрокаров производительностью 10 т/ч.

Графики гиперболических зависимостей на правой части номограммы соответствуют количеству рабочих дней машин за месяц.

Для каждой гиперболы количество рабочих дней ( $D_p$ ) – величина неизменная (см. рис. 33.1). Так, для переработки материального потока величиной 100 т/день при производительности электрокаров 10 т/ч потребуется 10 электрокаров, работающих 1 ч/день ( $100 \text{ т/ч} = 10 \text{ т/ч} \times 10 \text{ ед.} = 1000 \text{ т/мес} : (10 \text{ раб. дн/мес} \cdot 1 \text{ ч/день})$ ). Аналогично  $50 \text{ т/ч} = 10 \text{ т/ч} \cdot 5 \text{ ед.} = 1000 \text{ т/мес} : (10 \text{ раб. дн/мес} \cdot 2 \text{ ч/день})$ ;  $20 \text{ т/ч} = 10 \text{ т/ч} \times 2 \text{ ед.} = 1000 \text{ т/мес} : (10 \text{ раб. дн/мес} \cdot 5 \text{ ч/день})$  и т. д.

Соединив последовательно точки с координатами [1; 100], [2; 50], [5; 20], получим правую часть номограммы, соответствующую работе электрокаров в течение 10 дней в месяц. Аналогично строятся номограммы для машин, работающих 5, 15, 20 дней в месяц.

С помощью построенной номограммы нагрузок, например, можно определить, что необходимое количество электрокаров производительностью 15 т/ч, которые будут эксплуатироваться 7 ч в течение рабочего дня 20 дней в месяц, составит 0,5, а загрузка в течение рабочего дня работающих на складе 10 электрокаров производительностью 10 т/ч, используемых 20 дн/мес, будет равна 0,5 ч/день.

Результаты, полученные на основе применения графического метода, можно проверить аналитическим методом:  $1000 \text{ т} : (7 \text{ ч} \times 20 \text{ дн/мес} \cdot 15 \text{ т/ч}) = 0,5 \text{ электрокаров}$ ;  $1000 \text{ т} : (10 \text{ ед.} \cdot 10 \text{ т/ч} \times 20 \text{ дн/мес}) = 0,5 \text{ ч/день}$ .

**Задание.** Постройте номограмму нагрузок электрокаров производительностью 5, 10, 15 и 20 т/ч, которые в течение месяца могут эксплуатироваться 5, 10, 15 или 20 дней. Загрузка электрокаров в течение рабочего дня может различаться. Величина материального потока склада за месяц – 5000 т.

С помощью построенной номограммы нагрузок определите необходимое количество электрокаров производительностью 10 т/ч, которые будут эксплуатироваться 5 ч в течение рабочего дня 10 дн/мес, и загрузку в течение рабочего дня работающих на складе 5 электрокаров производительностью 20 т/ч, используемых 15 дн/мес.

### Занятие 34. ВЫБОР ВИДА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Сельскохозяйственной организации для осуществления перевозок необходимо выбрать автомобильное транспортное средство.

Найдем равноценное расстояние, при котором производительность автомобиля и тягача со сменным прицепом или полуприцепом будет одинаковой.

Величина равноценного расстояния определяется следующим образом:

- для автомобиля ( $P_{ч. а}$ ):

$$P_{ч. а} = \frac{q_a \gamma_c \beta V_{т. а}}{L_{ea} + \beta V_{т. а} t_{пр}}; \quad (34.1)$$

- для тягача с прицепом или полуприцепом ( $P_{ч. тр}$ ):

$$P_{ч. тр} = \frac{q_{тр} \gamma_c \beta V_{тр}}{L_{етр} + \beta V_{тр} t_{п. п}}, \quad (34.2)$$

где  $q_a, q_{тр}$  – соответственно грузоподъемность автомобиля или прицепа (полуприцепа), буксируемого тягачом, т;

$\gamma_c$  – статический коэффициент использования грузоподъемности;

$\beta$  – коэффициент использования пробега;

$V_{т. а}, V_{тр}$  – соответственно техническая скорость автомобиля или тягача с груженым прицепом (полуприцепом), км/ч;

$L_{ea}$  – расстояние перевозки груза автомобилем, км;

$t_{пр}$  – время простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой, ч;

$t_{п. п}$  – время перецепки прицепов (полуприцепов), ч.

Для обоих вариантов перевозки груза считаем равными производительности подвижного состава за время в наряде ( $P_{ч. а} = P_{ч. тр}$ ), среднее расстояние одной груженой ездки ( $L_p = L_{ea} = L_{етр}$ ), коэффициенты статического использования грузоподъемности и пробега.

Приравняв выражения (34.1) и (34.2) и решая полученное уравнение относительно  $L_p$ , получим

$$L_p = \frac{\beta V_{т. а} V_{тр} (q_{тр} t_{пр} - q_a t_{п. п})}{q_a V_{т. а} - q_{тр} V_{тр}}. \quad (34.3)$$

Сравнивая полученное расчетным путем равноценное расстояние с расстоянием перевозки, выбирают то или иное транспортное средство. Если расстояние перевозки меньше равноценного, следует при-

менять тягач; если расстояние перевозки больше равноценного, следует использовать автомобиль, т. е. для тягача  $L_{\text{пер}} < L_p$ , для автомобиля  $L_{\text{пер}} > L_p$ .

Определим целесообразность использования бортового автомобиля или тягача, если грузоподъемность каждого из них составляет 7,5 т, техническая скорость: автомобиля  $V_{т. а} = 25$  км/ч, тягача  $V_{тг} = 20$  км/ч, коэффициент использования пробега  $\beta = 0,5$ , время простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой  $t_{\text{пр}} = 0,7$  ч, время на перецепку прицепа (полуприцепа)  $t_{п. п} = 0,2$  ч. Расстояние перевозки – 30 км.

Равноценное расстояние  $L_p$  составит:

$$L_p = \frac{0,5 \cdot 25 \text{ км/ч} \cdot 20 \text{ км/ч} \cdot (7,5 \text{ т} \cdot 0,7 \text{ ч} - 7,5 \text{ т} \cdot 0,2 \text{ ч})}{7,5 \text{ т} \cdot 25 \text{ км/ч} - 7,5 \text{ т} \cdot 20 \text{ км/ч}} = 25 \text{ км.}$$

Поскольку  $L_{\text{пер}} = 30$  км больше, чем  $L_p = 25$  км, следует выбрать бортовой автомобиль.

Сравним выгодность применения бортового автомобиля и самосвала. Выбор транспортного средства в данном случае рекомендуется производить по следующей формуле:

$$L_p = \beta V_{тг} \left( \frac{q_{а.б} \Delta t}{\Delta q} - t_{\text{пр}} \right), \quad (34.4)$$

где  $q_{а.б}$  – грузоподъемность бортового автомобиля, т;

$\Delta t$  – выигрыш по времени на разгрузку самосвала, ч;

$\Delta q$  – разность между грузоподъемностями бортового автомобиля и самосвала, т.

Сравнивая производительность бортового автомобиля и самосвала, определяют равноценное расстояние  $L_p$  (формула (34.4)). Если расстояние перевозки меньше равноценного, следует применять самосвал, если больше – бортовой автомобиль, т. е. для самосвала  $L_{\text{пер}} < L_p$ , для бортового автомобиля  $L_{\text{пер}} > L_p$ .

Определим выгодность применения бортового автомобиля на перевозках груза, если расстояние грузовой ездки  $L_{\text{пер}} = 30$  км, грузоподъемность бортового автомобиля – 10 т, самосвала – 9 т, время погрузки и разгрузки бортового автомобиля  $t_{\text{пр}} = 0,7$  ч, самосвала – 0,25 ч, коэффициент использования пробега  $\beta = 0,5$ , техническая скорость транспортных средств  $V_{тг} = 25$  км/ч.

Величина снижения грузоподъемности самосвала по сравнению с бортовым автомобилем

$$\Delta q = 10 - 9 = 1 \text{ т.}$$

Выигрыш во времени разгрузки самосвала составляет:

$$\Delta t = 0,7 - 0,25 = 0,45 \text{ ч.}$$

Равноценное расстояние равно:

$$L_p = 0,5 \cdot 25 \text{ км/ч} \cdot (10 \text{ т} \cdot 0,45 \text{ ч} : 1 \text{ т} - 0,7 \text{ ч}) = 47,5 \text{ км.}$$

Поскольку заданное расстояние перевозки  $L_{\text{пер}}$  меньше равноценного  $L_p$  (т. е.  $30 \text{ км} < 47,5 \text{ км}$ ), следует выбрать самосвал.

**Задание.** Обоснуйте целесообразность использования бортового автомобиля или тягача, если грузоподъемность каждого из них составляет 9 т, техническая скорость: автомобиля  $V_{\text{т. а}} = 20 \text{ км/ч}$ , тягача  $V_{\text{тг}} = 15 \text{ км/ч}$ , коэффициент использования пробега  $\beta = 0,5$ , время простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой  $t_{\text{пр}} = 0,6 \text{ ч}$ , время на перецепку прицепа (полуприцепа)  $t_{\text{п. п}} = 0,15 \text{ ч}$ , расстояние перевозки – 25 км.

Определите выгодность применения бортового автомобиля на перевозках груза, если расстояние грузовой езды  $L_{\text{пер}} = 25 \text{ км}$ , грузоподъемность бортового автомобиля – 7,5 т, самосвала – 7 т, время погрузки и разгрузки бортового автомобиля  $t_{\text{пр}} = 0,6 \text{ ч}$ , самосвала – 0,2 ч, коэффициент использования пробега  $\beta = 0,5$ , техническая скорость транспортных средств  $V_{\text{т}} = 20 \text{ км/ч}$ .

### **Занятие 35. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА ПЕРЕВОЗОК ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ ПОСТАВЩИКАМИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ. ВЫБОР ВАРИАНТА ТРАНСПОРТИРОВКИ ПРОДУКТОВ. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУЗОВЫХ ОТПРАВОК МЕЖДУ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ**

Составим план перевозок при обслуживании поставщиками ОДО «Амкодор», ЗАО «Белснабподшипник», ОАО «Бобруйскагромаш» потребителей ОАО «Стасевка», СПК «Гигант», ОАО «Михалевская Нива» в региональной сети физического распределения компании. Спрос в сети принимается на основе данных прогноза и составляет 2 160 единиц груза (грузовая единица – паллета (поддон)). В табл. 35.1 приведена транспортная матрица задачи.

По правилу северо-западного угла заполняем транспортную матрицу (табл. 35.2).

Затраты на грузоперевозки при данном варианте составят:  $(0,3 \cdot 15 + 0,2 \cdot 40 + 0,2 \cdot 27 + 0,1 \cdot 21 + 0,2 \cdot 15) \cdot 2160 = 23 \cdot 2160 = 49,68 \text{ руб.}$

Таблица 35.1. Транспортная матрица

Поставщики	Потребители			Мощности поставщиков
	ОАО «Стасевка»	СПК «Гигант»	ОАО «Михалевская Нива»	
ОДО «Амкодор»	15*	12*	11*	$0,3 \cdot 2160 = 648$
ЗАО «Белснабподшипник»	40*	12*	11*	$0,2 \cdot 2160 = 432$
ОАО «Бобруйск-агромаш»	27*	21*	15*	$0,5 \cdot 2160 = 1080$
Спрос потребителей	$0,7 \cdot 2160 = 1512$	$0,1 \cdot 2160 = 216$	$0,2 \cdot 2160 = 432$	2160

\*Транспортные затраты на единицу груза, руб.

Таблица 35.2. Транспортная матрица, заполненная по правилу северо-западного угла

Поставщики	Потребители				Мощности поставщиков
	ОАО «Стасевка» (D)		СПК «Гигант» (E)		
ОДО «Амкодор» (A)	648	15	12	11	$0,3 \cdot 2160 = 648$
ЗАО «Белснабподшипник» (B)	432	40	12	11	$0,2 \cdot 2160 = 432$
ОАО «Бобруйскагромаш» (C)	432	27	216	21	$0,5 \cdot 2160 = 1080$
Спрос потребителей	1512	216	432	2160	2160

Для обеспечения минимума затрат рассмотрим другие варианты грузоперевозок. Воспользуемся МОДИ-методом, а затем методом последовательного улучшения решения.

Рассчитаем оценки для каждой строки и колонки (каждой занятой ячейки) в виде набора

$$R_i + K_j = C_{ij}, \quad (35.1)$$

где  $R_i$  – оценка, назначенная строке  $i$ ;

$K_j$  – оценка, назначенная графе  $j$ .

$$R_1 + K_1 = 15; \text{ если } R_1 = 0, \text{ то } K_1 = 15$$

$$R_2 + K_1 = 40 \quad \Rightarrow R_2 = 25$$

$$R_3 + K_1 = 15 \quad \Rightarrow R_3 = 12$$

$$R_3 + K_2 = 15 \quad \Rightarrow K_2 = 15$$

$$R_3 + K_3 = 15 \quad \Rightarrow K_3 = 15$$

Для каждой пустой клетки рассчитываем индекс улучшения:

$$I_{ij} = C_{ij} - R_i - K_j. \quad (35.2)$$

$$A - E: I_{12} = C_{12} - R_1 - K_2 = 12 - 0 - 9 = 3;$$

$$A - F: I_{13} = C_{13} - R_1 - K_3 = 11 - 0 - 3 = 8;$$

$$B - E: I_{22} = C_{22} - R_2 - K_2 = 12 - 25 - 9 = -22;$$

$$B - F: I_{23} = C_{23} - R_2 - K_3 = 11 - 25 - 3 = -17.$$

Отрицательные индексы ( $I_{22}$  и  $I_{23}$ ) свидетельствуют о том, что есть возможность улучшения полученного ранее решения, это отражено в табл. 35.3.

Таблица 35.3. Улучшенная транспортная матрица

Поставщики	Потребители			Мощности поставщиков		
	D	E	F			
A	648	15	12	11	$0,3 \cdot 2160 = 648$	
B	40	216	12	216	11	$0,2 \cdot 2160 = 432$
C	864	27	21	216	15	$0,5 \cdot 2160 = 1080$
Спрос потребителей	$0,7 \cdot 2160 = 1512$	$0,1 \cdot 2160 = 216$	$0,2 \cdot 2160 = 432$			2160

Проверка нового решения МОДИ-методом показала, что  $K_1 = 15$ ,  $K_2 = 4$ ,  $K_3 = 3$ ,  $R_1 = 0$ ,  $R_2 = 8$ ,  $R_3 = 12$ , следовательно:

$$A - E: I_{12} = 12 - 0 - 4 = 8;$$

$$A - F: I_{13} = 11 - 0 - 3 = 8;$$

$$B - D: I_{21} = 40 - 8 - 15 = 17;$$

$$B - F: I_{32} = 27 - 12 - 4 = 11.$$

Отсутствие отрицательных индексов улучшения свидетельствует о том, что возможности дальнейшего улучшения полученного решения нет. В таком случае стоимость перевозок будет равна:

$$191C = 19,1 \cdot 2160 = (0,3 \cdot 15 + 0,1 \cdot 12 + 0,1 \cdot 11 + 0,4 \cdot 27 + 0,1 \cdot 15) \cdot 2160 = 41,256 \text{ тыс. руб.}$$

Таким образом, затраты на транспортировку можно сократить на  $49,680 - 41,256 = 8,424$  тыс. руб.

**Обоснование выбора варианта транспортировки грузов.** Тариф за подачу транспорта к месту погрузки  $T_{\text{подачи}}$  составляет 1,05 руб/км, объем перевозок груза по договору  $Q = 1\,200$  т, грузоподъемность автомобиля  $q = 10$  т.

Стоимость подачи транспортных средств под погрузку

$$C_{\text{подачи}} = T_{\text{подачи}} N L_{\text{подачи}}, \quad (35.3)$$

$$N = Q / q, \quad (35.4)$$

где  $L_{\text{подачи}}$  – расстояние между АТП и складом при подаче транспортного средства под погрузку, км;

$N$  – количество рейсов.

Стоимость транспортировки

$$C_{\text{тр}} = T_{\text{тр}} Q L_{\text{пер}} = T_{\text{тр}} Q_{\text{т} \cdot \text{км}}, \quad (35.5)$$

где  $T_{\text{тр}}$  – величина транспортного тарифа, руб/км;

$L_{\text{пер}}$  – расстояние перевозок, км;

$Q_{\text{т} \cdot \text{км}}$  – количество тонно-километров.

Стоимость перевалки продуктов на складах

$$C_{\text{пер}} = T_{\text{пер}} Q, \quad (35.6)$$

где  $T_{\text{пер}}$  – величина тарифа на перевалку грузов, руб/т.

Полные затраты по схемам транспортировки грузов

$$Z_{\text{тр}} = C_{\text{тр}} + C_{\text{подачи}} + C_{\text{пер}}. \quad (35.7)$$

Данные по вариантам транспортировки грузов представлены в табл. 35.4–35.7.

Таблица 35.4. **Варианты транспортировки продуктов**

Показатель	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Перевалка	Через склад С	Через склад В	Через склад В
Перевозчик	Конкурентная организации	Конкурентная организации	ОАО «Красный пищевик – Агросервис»
Маршрут	С – Е – Х	В – F – X	В – F – X

Таблица 35.5. **Тарифы за транспортировку грузов**

Перевозчик	Единица измерения	Размер тарифа $T_{\text{тр}}$
Конкурентная организации	руб/т · км	0,18
ОАО «Красный пищевик – Агросервис»	руб/т · км	0,16

Таблица 35.6. **Тарифная стоимость перевалки грузов**

Склад	Единица измерения	Размер тарифа $T_{\text{пер}}$
Склад С	руб/т	21,0
Склад В	руб/т	26,2

Таблица 35.7. Расчет полных затрат по схемам транспортировки грузов

Вариант	Наименование показателя	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
1	Объем перевозки грузов, т	1 200	1 200	1 200
2	Расстояние перевозки, км	250	210	210
3	Количество тонно-километров	300 000	252 000	252 000
4	Стоимость транспортировки продуктов, тыс. руб.	54,00	45,36	40,32
5	Стоимость подачи транспортных средств под погрузку, тыс. руб.	1,89	2,14	0,00
6	Стоимость перевалки продуктов на складах, тыс. руб.	25,20	31,44	31,44
Итого затрат, тыс. руб.		81,09	78,94	71,76

Наиболее экономичным является вариант 3; наименьшие полные затраты составляют 71,76 тыс. руб.

Таким образом, рационализация плана перевозок партии груза в 1 200 т позволит сократить затраты на транспортировку на 8,42 тыс. руб. При выборе потребителями ОАО «Красный пищевик – Агросервис» в качестве перевозчика они смогут сэкономить от 7,18 до 9,33 тыс. руб. для партии груза в 1 200 т по сравнению с конкурентной организацией.

**Определение оптимального варианта распределения грузовых отправок А, В, С между транспортными средствами 1, 2, 3.** Размер грузовой отправки А составляет 40 % экономичного размера партии поставки  $Q = 500$  шт., грузовой отправки В – соответственно 25 %, отправки С – 35 %. Данные о затратах назначений представлены в табл. 35.8.

Таблица 35.8. Затраты назначений, у. д. е/шт.

Грузовая отправка	Транспортные средства		
	1	2	3
А	16,0	20,5	9,5
В	11,5	14,5	16,0
С	13,0	17,5	10,5

Методом назначений минимизируем общие затраты назначений в 3 шага (табл. 35.9).

Таким образом, наиболее экономичное назначение следующее: А – 3, В – 2, С – 1. При этом минимальные затраты назначений составят:

$$40 \% : 100 \% \cdot 500 \text{ шт.} \cdot 9,5 \text{ у. д. е/шт} + 25 \% : 100 \% \cdot 500 \text{ шт.} \times \\ \times 14,5 \text{ у. д. е/шт} + 35 \% : 100 \% \cdot 500 \text{ шт.} \cdot 13,0 \text{ у. д. е/шт} = 5987,5 \text{ у. д. е.}$$

Таблица 35.9. Минимизация общих затрат назначений, у. д. е/шт.

Шаг 1. Вычитаем минимальное число каждой строки из каждой строки			
Грузовая отправка	Транспортные средства		
	1	2	3
А	6,5	11,0	0,0
В	0,0	3,0	4,5
С	2,5	7,0	0,0
Шаг 2. Вычитаем минимальное число каждого столбца из каждого столбца			
Грузовая отправка	Транспортные средства		
	1	2	3
А	6,5	8,0	0,0
В	0,0	0,0	4,5
С	2,5	4,0	0,0
Шаг 3. Вычитаем минимальное незачеркнутое число из каждого незачеркнутого числа			
Грузовая отправка	Транспортные средства		
	1	2	3
А	4,0	5,5	0,0
В	0,0	0,0	2,0
С	0,0	1,5	0,0

**Задание 1.** Составьте план перевозок при обслуживании поставщиками А, В, С потребителей D, Е, F в региональной сети физического распределения компании. Спрос в сети (С) принимается на основе данных прогноза и составляет 864 единицы груза (грузовая единица – паллета (поддон)). В табл. 35.10 приведена транспортная матрица задачи.

Таблица 35.10. Транспортная матрица (для задания 1)

Поставщики	Потребители			Мощности поставщиков
	D	E	F	
А	15*	12*	11*	0,20С
В	40*	12*	11*	0,15С
С	27*	21*	15*	0,65С
Спрос потребителей	0,60С	0,05С	0,35С	С

\*Транспортные затраты на единицу груза, руб.

**Задание 2.** Осуществите выбор варианта транспортировки грузов. Исходные данные приведены в табл. 35.11.

Таблица 35.11. Исходные данные (для задания 2)

Показатель	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
1. Тариф за транспортировку грузов $T_{тр}$ , у. д. е/км	0,08	0,07	0,07
2. Тариф за перевалку грузов $T_{пер}$ , у. д. е/т	7	7	9
3. Расстояние перевозок $L_{пер}$ , км	600	500	500
4. Расстояние при подаче транспортного средства под погрузку $L_{подачи}$ , км	30	0	40
5. Тариф при подаче транспортного средства под погрузку $T_{подачи}$ , у. д. е/км	0,5	0,5	0,5
6. Объем перевозок груза по договору $Q$ , т	30 000	30 000	30 000
7. Грузоподъемность транспортного средства $q$ , т	10	10	10

**Задание 3.** Определите оптимальный вариант распределения грузовых отправок А, В, С между транспортными средствами 1, 2, 3. Размер грузовой отправки А составляет 20 % экономичного размера партии поставки  $Q = 380$  шт., грузовой отправки В – соответственно 35 %, отправки С – 45 %. Данные о затратах назначений представлены в табл. 35.12.

Таблица 35.12. Затраты назначений (для задания 3), у. д. е/шт.

Грузовая отправка	Транспортные средства		
	1	2	3
А	16	10	13
В	12	15	11
С	15	14	17

### Занятие 36. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОЧЕРЕДНОСТИ ПОДАЧИ ПОД РАЗГРУЗКУ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Определим очередность подачи под разгрузку транспортных средств с грузами равных приоритетов с разным временем разгрузки с помощью специальных погрузочно-разгрузочных устройств. Данные о марках машин ОАО «Красный пищевик – Агросервис» представлены в табл. 36.1.

Определим очередность разгрузки, основываясь на **правилах приоритетов**: **FCFS** (First Come First Serve) – первым пришел – первым обслужен; **SPT** (Shortest-processing-task-first) – кратчайшее время исполнения; **LPT** (Longest Processing Time) – наиболее продолжительное время исполнения; **правило Джонсона**.

Правило Джонсона заключается в следующем. Отбирается работа с кратчайшим временем выполнения. Если кратчайшее время выполнения приходится на первую машину, то работу записываем в расписании

сание первой; если на вторую машину, то записываем ее последней. Записываем оставшиеся работы в направлении середины формирующейся последовательности.

Таблица 36.1. Данные для определения очередности подачи под разгрузку транспортных средств ОАО «Красный пищевик – Агросервис»

Транспортное средство	Объем груза, ед.	Время операции 1, мин/ед.	Время операции 2, мин/ед.
ГАЗ-2705-216-1 (А)	120	0,19	0,46
ГАЗ-27057-408 (В)	100	0,42	0,28
FORD Transit (С)	180	0,31	0,28
МАЗ-533742 (D)	485	0,16	0,42
МАЗ-642205 (Е)	810	0,11	0,06
МАЗ-938662 (F)	365	0,33	0,14

Возможные варианты представим в табл. 36.2.

Таблица 36.2. Варианты очередности разгрузки

Транспортное средство	Объем груза, ед.	Время операции 1, мин/ед.	Время операции 2, мин/ед.	Время разгрузки партии 1, мин/ед.	Время разгрузки партии 2, мин/ед.	Время разгрузки потока 1, мин/ед.	Время разгрузки потока 2, мин/ед.
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>FCFS операции 1 и FCFS операции 2</b>							
А	120	0,19	0,46	22,80	55,20	22,80	55,20
В	100	0,42	0,28	42,00	28,00	64,80	97,20
С	180	0,31	0,28	55,80	50,40	120,60	153,00
Д	485	0,16	0,42	77,60	203,70	198,20	230,60
Е	810	0,11	0,06	89,10	48,60	287,30	319,70
F	365	0,33	0,14	120,45	51,10	407,75	440,15
Сумма				407,75	437,00	1101,45	1295,85
<b>SPT операции 1 = FCFS операции 1</b>							
<i>SPT операции 2</i>							
В	100		0,28		28,00		28,00
Е	810		0,06		48,60		76,60
С	180		0,28		50,40		127,00
F	365		0,14		51,10		178,10
А	120		0,46		55,20		233,30
Д	485		0,42		203,70		437,00
Сумма					437,00		1080,00
<b>LPT операции 1</b>							
F	365	0,33		120,45		120,45	
Е	810	0,11		89,10		209,55	

Окончание табл. 36.2

1	2	3	4	5	6	7	8
D	485	0,16		77,60		287,15	
C	180	0,31		55,80		342,95	
B	100	0,42		42,00		384,95	
A	120	0,19		22,80		407,75	
Сумма				407,75		1752,80	
<b>LPT операции 2</b>							
D	485		0,42		203,70		203,70
A	120		0,46		55,20		258,90
F	365		0,14		51,10		310,00
C	180		0,28		50,40		360,40
E	810		0,06		48,60		409,00
B	100		0,28		28,00		437,00
Сумма					437,00		1979,00

Результаты использования каждого правила оцениваются следующими показателями:

$$\begin{aligned} & \text{Среднее время завершения работы} = \\ & = \text{Сумма потоков времен} : \text{Количество работ}; \end{aligned} \quad (36.1)$$

$$\begin{aligned} & \text{Среднее число работ в системе} = \\ & = \text{Сумма потоков времен} : \text{Общее время процесса}. \end{aligned} \quad (36.2)$$

Рассчитанные показатели заносим в табл. 36.3.

Таблица 36.3. Выбор правила приоритетов

Правило	Операция 1		Операция 2	
	Среднее время завершения, мин	Среднее число работ в системе	Среднее время завершения, мин	Среднее число работ в системе
FCFS	183,58	2,70	215,98	2,97
SPT	183,58	2,70	180,00	2,47
LPT	292,13	4,30	329,83	4,53

Наилучшие результаты имеем при использовании правила SPT, следовательно, выбираем его: очередность А – В – С – D – E – F при выполнении первой операции и В – E – C – F – A – D при выполнении второй. Установленные последовательности иллюстрируются графиком, изображенным на рис. 36.1. Общее время выполнения составит 486,2 мин.

Для сравнения определим очередность по правилу Джонсона (табл. 36.4).

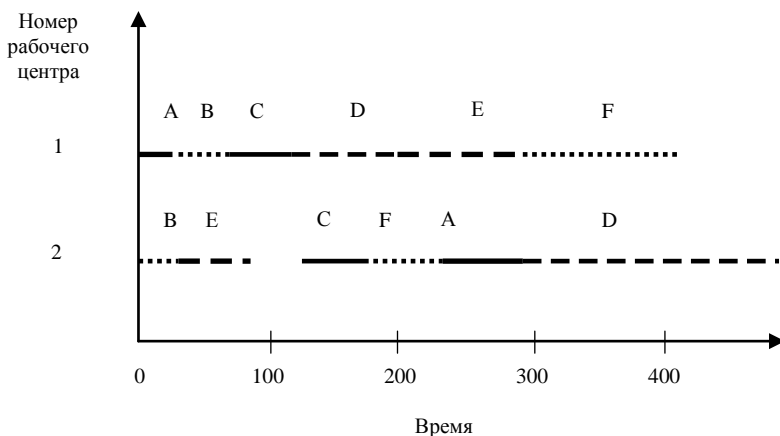


Рис. 36.1. Временные фазовые характеристики разгрузки в соответствии с SPT-правилом

Таблица 36.4. Исходные данные для решения задачи по правилу Джонсона

Транспортное средство	Время операции 1, мин	Время операции 2, мин
A	22,80	55,20
B	42,00	28,00
C	55,80	50,40
D	77,60	203,70
E	89,10	48,60
F	120,45	51,10
Сумма	407,75	437,00

В соответствии с правилом Джонсона получается единая для обеих операций очередность постановки транспортных средств под разгрузку: A – D – F – C – E – B. Общее время разгрузки всех транспортных средств составит 459,8 мин.

Временные фазовые характеристики операций разгрузки представлены на рис. 36.2.

Следовательно, при использовании правила приоритетов SPT общее время разгрузки составило 486,2 мин, время ожидания – 49,2 мин. При использовании правила Джонсона общее время разгрузки сократилось до 459,8 мин, а время ожидания – до 22,8 мин. В целом можно сделать вывод о целесообразности использования в данном случае правила Джонсона.

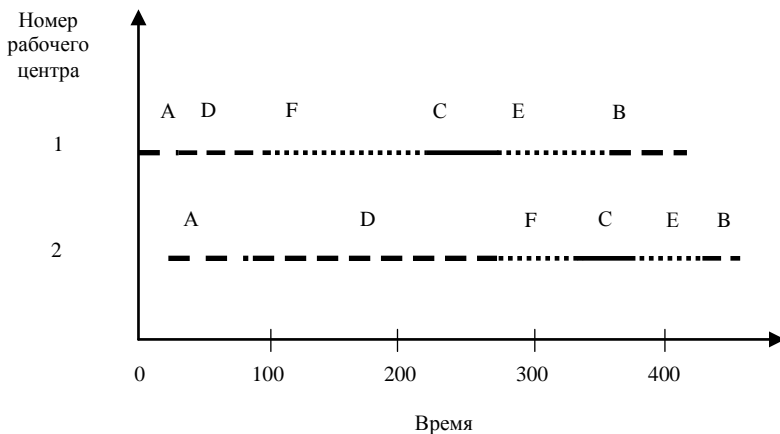


Рис. 36.2. Временные фазовые характеристики разгрузки в соответствии с правилом Джонсона

Таким образом, использование правила приоритетов позволит сократить время ожидания грузовых машин и усовершенствовать процесс оказания транспортных услуг.

**Задание.** Определите очередность подачи под разгрузку транспортных средств с грузами равных приоритетов с разным временем разгрузки с помощью специальных погрузочно-разгрузочных устройств, основываясь на правилах приоритетов: FCFS, SPT, LPT, правило Джонсона. Данные о марках машин предприятия представлены в табл. 36.5.

Таблица 36.5. Данные для определения очередности подачи под разгрузку транспортных средств предприятия (для выполнения задания)

Транспортное средство	Объем груза, ед.	Время операции 1, мин/ед.	Время операции 2, мин/ед.
А	115	0,18	0,44
В	95	0,41	0,29
С	175	0,32	0,27
Д	480	0,17	0,43
Е	800	0,12	0,07
F	350	0,34	0,15

### Занятие 37. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЗОН ПОТЕНЦИАЛЬНОГО СБЫТА ПРОДУКЦИИ

Для определения размеров зон потенциального сбыта продукции торговой или перерабатывающей организации рассмотрим следующий пример.

Организация расположена в точке  $N$ , ее конкуренты – в точках  $M$  и  $L$ , потребитель – в точке  $P$ . Расстояние от организации до конкурента  $M$  составляет  $T_M$ , до конкурента  $L$  –  $T_L$ , до потребителя –  $T_N$ . Удаленность потребителя от конкурента  $M$  определяется отрезком  $t_M$ , от конкурента  $L$  – отрезком  $t_L$ . Расстояние  $ML$  обозначим  $T_K$  (рис. 37.1).

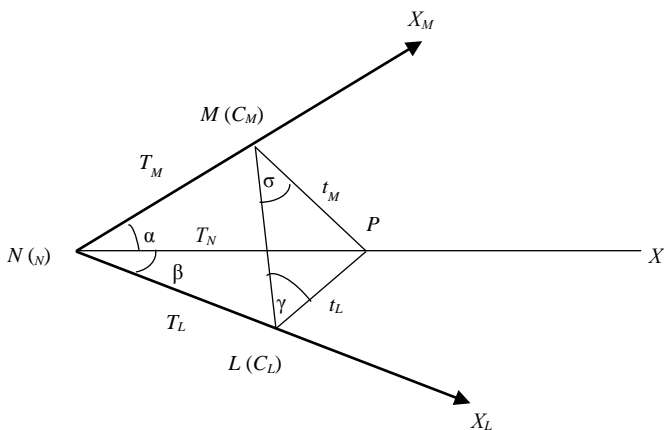


Рис. 37.1. Схема расположения организации  $N$ , ее конкурентов  $M$  и  $L$ , потребителя продукции  $P$

В условиях выбора пункта приобретения товара у покупателя есть три варианта совершения сделки: в точках  $N$ ,  $M$ ,  $L$ . Для каждого из этих вариантов затраты с учетом транспортных расходов составляют соответственно:

$$C_1 = C_N + pT_N; \quad (37.1)$$

$$C_2 = C_M + pT_M; \quad (37.2)$$

$$C_3 = C_L + pT_L, \quad (37.3)$$

где  $C_N$ ,  $C_M$ ,  $C_L$  – цена за единицу продукции у производителя и у конкурентов  $M$  и  $L$ , руб.;

$p$  – транспортный тариф, руб/км.

Если у покупателя есть дополнительные (кроме ценовых) приоритеты при приобретении продукции, возникает необходимость в использовании величины  $X$ :

$$X = C_j - C_i, \quad (37.4)$$

где  $X$  – денежная сумма, которую готов доплатить потребитель к цене продукции, назначенной одной из организаций-поставщиков  $C_i$ , по сравнению с ценой продукции другой организации  $C_j$ . Предполагается, что потребитель обладает полной информацией о ценовой ситуации на рынке, в том числе сведениями о том, что у конкурентов, возможно, цены на продукцию будут ниже.

Значения  $C_j$  и  $C_i$  соответствуют величинам  $C_1, C_2, C_3$  в зависимости от сравниваемых вариантов, например:

$$C_3 - C_1 = (C_L + pT_L) - (C_N + pT_N). \quad (37.5)$$

Используя формулу (37.5), потребителю  $P$  несложно определить наиболее экономичный для него вариант приобретения продукции. Поставщиков интересуют места расположения потребителей, которые могут иметь выгоду от приобретения продукции именно у данных организаций. Эти места входят в состав зоны потенциального сбыта продукции. Для определения этих зон воспользуемся полярной системой координат.

Полярные координаты – это точки на плоскости, характеризуемые полярным радиусом  $\rho$  и полярным углом  $\gamma$ . Например, на рис. 37.1 ось  $NX$  является полярной осью, координаты точки  $M$  описываются полярным радиусом  $TM$  и полярным углом  $\alpha$ .

Уравнение (37.5) содержит две неизвестные величины –  $t_L$  и  $T_N$ . По теореме косинусов

$$t_L = \sqrt{T_N^2 + T_L^2 - 2T_N^2 T_L^2 \cos \beta}. \quad (37.6)$$

Воспользуемся линейным показателем  $F$ , который в случае конкуренции между организациями  $N$  и  $L$  имеет следующий вид:

$$F = \frac{C_L - C_M \pm X}{p}. \quad (37.7)$$

Расстояние от организации до потребителя  $T_N$  определяется по формуле

$$T_N = \frac{T_L^2 - F^2}{2(F + T_L \cos \beta)}. \quad (37.8)$$

В зависимости от конкретной ситуации линейный показатель  $F$  может быть представлен следующим образом:

- при разграничении рынка между организацией и ее региональным дистрибьютором:

$$F = T_L + \frac{\delta_L \pm X}{p}; \quad (37.9)$$

- при разграничении рынка между двумя региональными дистрибьюторами, реализующими продукцию одной организации:

$$F = T_L - T_M + \frac{\delta_L - \delta_M \pm X}{p}, \quad (37.10)$$

где  $\delta_L, \delta_M$  – надбавка к цене производителя, учитывающая прибыль и накладные расходы дистрибьюторов организаций  $L, M$ ;

- при разграничении рынка между дистрибьюторами, реализующими продукцию разных производителей:

$$F = T_L - T_M + \frac{C_L - C_M + \delta_L - \delta_M \pm X}{p}; \quad (37.11)$$

- при разграничении рынка между производителем  $N$  и дистрибьютором, реализующим продукцию производителя-конкурента  $M$ :

$$F = \frac{C_N - C_M - \delta_M \pm X}{p} - T_M. \quad (37.12)$$

Последовательность расчетов и построения линий разграничения зон потенциального сбыта продукции следующая:

1) исходя из условий конкуренции по известным исходным данным рассчитываем линейный показатель  $F$  (формулы (37.7), (37.9)–(37.12));

2) при известных значениях расстояния между организациями-конкурентами  $T_L, F$  и совокупности переменных значений  $\beta$  от 0 до 360° (при необходимости) с определенным шагом, например 10°, определяем

совокупность радиус-векторов  $T_N$  в полярной системе координат. Далее, принимая  $\beta = 10^\circ$ , находим значение  $T_{N10}$ , которое следует отложить на осях, повернутых относительно нулевой оси на данные  $10^\circ$ , и т. д.;

3) соединяем полученные точки окончаний радиус-векторов  $T_N$  единой линией гиперболической формы в полярной системе координат, которая позволяет разграничить зоны потенциального сбыта каждой организации-конкурента. При этом следует точно определить, какой населенный пункт берется за нулевую точку отсчета.

Анализируя формулу (37.8), нужно отметить наличие на прямой, соединяющей места расположения конкурирующих организаций, точки разграничения – значения функции  $T_N = f(\beta)$  при  $\beta = 0$ . При этом формула (37.8) сводится к следующему выражению:

$$T_N = (T_L - F) : 2. \quad (37.13)$$

Рассчитаем параметры линии разграничения зон потенциального сбыта продукции. Цена за 1 т продукции организации  $M - 450$  руб., организации  $N - 490$  руб. Расстояние между организациями – 300 м. Транспортный тариф – 0,5 руб/км.  $X = 0$ .

Определяем значение линейного показателя  $F$  (формула (37.7)):

$$F = (490 - 450) : 0,5 = 80 \text{ км.}$$

Используя формулу (37.8), вычисляем радиус-векторы зоны потенциального сбыта продукции организации  $L$ :

$$\begin{aligned} t_{L0} &= (300^2 - 80^2) : (2 \cdot (80 + 300 \cdot 1)) = 110 \text{ км;} \\ t_{L10} &= (300^2 - 80^2) : (2 \cdot (80 + 300 \cdot 0,9848)) = 111,3 \text{ км;} \\ t_{L20} &= (300^2 - 80^2) : (2 \cdot (80 + 300 \cdot 0,9397)) = 115,5 \text{ км и т. д.} \end{aligned}$$

Результаты расчетов заносим в табл. 37.1.

Таблица 37.1. Результаты расчета размеров зоны потенциального сбыта продукции организации  $L$

$\beta$ , град	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$t_L$ , км	110,0	111,3	115,5	123,0	134,9	153,2	181,7	228,9	316,4	522,5

**Задание.** Рассчитайте параметры линии разграничения зон потенциального сбыта продукции. Цена за 1 т продукции организации  $A$  составляет 520 руб., организации  $B - 550$  руб. Расстояние между организациями – 250 км. Транспортный тариф – 0,45 руб/км.  $X = 0$ .

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	4
<b>ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ</b> .....	5
Занятие 1. Система управления запасами с фиксированным размером заказа.....	5
Занятие 2. Система управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами.....	9
Занятие 3. Система управления запасами с установленной периодичностью пополнения запасов до установленного уровня.....	12
Занятие 4. Система управления запасами «минимум-максимум».....	17
Занятие 5. Определение оптимальных параметров однономенклатурной модели управления запасами.....	23
Занятие 6. Расчет потребности в материальном ресурсе.....	29
Занятие 7. Рационализация использования материальных ресурсов.....	40
Занятие 8. Выбор логистических посредников путем расчета рейтингов. Оценка результатов работы с поставщиками.....	49
Занятие 9. Рационализация решений в распределительной логистике.....	62
Занятие 10. Выбор места расположения оптового склада. Метод ABC.....	66
Занятие 11. Управление материальными запасами с помощью ABC-XYZ-анализа.....	75
Занятие 12. Обоснование оптимального соотношения погрузочно-разгрузочных и транспортных машин.....	78
Занятие 13. Определение потребности в складских площадях. Определение формы собственного склада. Определение площади склада.....	84
Занятие 14. Минимизация затрат на доставку продукции. Определение срока замены транспортного средства.....	93
Занятие 15. Определение оптимальных транспортных маршрутов.....	99
Занятие 16. Выбор логистической схемы доставки товаров в зависимости от времени их продвижения.....	111
Занятие 17. Определение оптимального уровня логистического сервиса.....	118
<b>ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ</b> .....	125
Занятие 18. Основное уравнение издержек при формировании запасов. Оптимизация размера заказа. Оптимизация размера заказа при штабельном размещении запасов.....	125
Занятие 19. Оптимизация размера заказа при хранении товаров на поддонах.....	133
Занятие 20. Оптимизация размера заказа при стеллажном размещении запасов.....	135
Занятие 21. Сравнение стратегии закупки ресурсов при оплате к моменту поставки и форвардных стратегий закупок. Сравнение стратегии закупки ресурсов при оплате к моменту поставки и стратегии закупки ресурсов при усреднении цены.....	138
Занятие 22. Определение ущерба от несвоевременности поставок.....	143
Занятие 23. Выбор поставщика методом оценки затрат.....	146
Занятие 24. Определение порога рентабельности продукции.....	151
Занятие 25. Оптимизация размера производственной партии.....	154
Занятие 26. Управление коммерческими рисками.....	156

Занятие 27. Определение оптимального количества складов на обслуживаемой территории .....	159
Занятие 28. Определение рационального радиуса действия регионального склада и оптимального количества автомобилей для обслуживания регионального склада .....	162
Занятие 29. Расчет показателей работы склада .....	166
Занятие 30. Рационализация размещения рабочих зон на территории склада.....	175
Занятие 31. Расчет полезной площади склада .....	182
Занятие 32. Рационализация размещения товаров на складе .....	187
Занятие 33. Расчет и построение номограмм нагрузок машин и механизмов на складах .....	190
Занятие 34. Выбор вида транспортного средства .....	194
Занятие 35. Составление плана перевозок при обслуживании поставщиками потребителей. Выбор варианта транспортировки продуктов. Распределение грузовых отправок между транспортными средствами .....	196
Занятие 36. Определение очередности подачи под разгрузку транспортных средств .....	202
Занятие 37. Определение размеров зон потенциального сбыта продукции .....	207