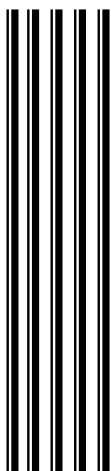


**Л. Л. МЕШКОВА  
И. И. БЕЛОУС  
Н. М. ФРОЛОВ**

# **ЛОГИСТИКА В СФЕРЕ МАТЕРИАЛЬНЫХ УСЛУГ**



**НА ПРИМЕРЕ  
СНАБЖЕНЧЕСКО-  
ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ И  
ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ**

**• ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ •**

Министерство образования Российской Федерации  
Тамбовский бизнес-колледж

Л. Л. Мешкова, И. И. Белоус, Н. М. Фролов

# **ЛОГИСТИКА В СФЕРЕ МАТЕРИАЛЬНЫХ УСЛУГ**

НА ПРИМЕРЕ  
СНАБЖЕНЧЕСКО-ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ И  
ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ

Издание второе, исправленное и переработанное



Тамбов  
• Издательство ТГТУ •  
2002

УДК 6Т  
ББК 39.1  
М55

Р е ц е н з е н т ы:

Кандидат экономических наук, профессор, ТГУ им. Г. Р. Державина

*А. М. Болтнев*

Кандидат экономических наук, профессор

*А. П. Романов*

**Мешкова Л. Л., Белоус И. И., Фролов Н. М.**

М55 Логистика в сфере материальных услуг (На примере снабженческо-заготовительных и транспортных услуг). 2-е изд. испр. и перераб. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. 188 с.

ISBN 5-8265-0170-7

Исследованы базовые понятия, принципы, содержание, модели и функции логистики, определены роль и значение данной науки в оптимизации внутрипроизводственных и межотраслевых товарно-материальных и транспортных потоков.

Монография будет полезна для научной и студенческой аудитории, а также для всех практических работников, связанных с проблемами материально-технического снабжения.

УДК 6Т  
ББК 39.1

ISBN 5-8265-0170-7

- © Мешкова Л. Л., Белоус И. И.,  
Фролов Н. М., 2002
- © Тамбовский бизнес-колледж, 2002
- © Тамбовский государственный

технический университет (ТГТУ), 2002

Научное издание

МЕШКОВА Людмила Леонидовна  
БЕЛОУС Ирина Игоревна  
ФРОЛОВ Николай Михайлович

**ЛОГИСТИКА В СФЕРЕ МАТЕРИАЛЬНЫХ УСЛУГ**

НА ПРИМЕРЕ СНАБЖЕНЧЕСКО-ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ И  
ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ

Монография

Издание второе, исправленное и переработанное

Редактор З. Г. Чернова

Инженер по компьютерному макетированию М. Н. Рыжкова

ЛР № 020851 от 27.09.99

П<sub>лр</sub> № 020079 от 28.04.97

Подписано в печать 26.02.2002.

Гарнитура Times New Roman. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Объем: 10,9 усл. печ. л.; 10,5 уч.-изд. л.

Тираж 500 экз. С. 126<sup>М</sup>.

Издательско-полиграфический центр  
Тамбовского государственного технического университета  
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛОГИСТИКИ .....	7
1.1 Понятие, виды и функции логистики .....	7
1.1.1 Понятие логистики .....	7
1.1.2 Виды логистики .....	9
1.1.3 Функции логистики .....	13
1.2 Концепция логистики .....	16
1.2.1 Эволюция концептуальных подходов к логистике .....	16
1.2.2 Основные принципы логистики .....	28
1.3 Информационные потоки в логистическом управлении .....	33
1.3.1 Значение информационного обеспечения в процессе осуществления функций логистики .....	33
1.3.2 Создание логистических информационных систем .....	34
1.3.3 Информационная инфраструктура .....	40
1.4 Логистика как фактор повышения конкурентоспособности фирм .....	43
2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СНАБЖЕНЧЕСКО-ЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ И ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКЕ .....	49
2.1 Планирование и управление запасами .....	49
2.1.1 Категория товарно-материальных запасов .....	49
2.1.2 Виды запасов .....	51
2.1.3 Основная модель управления запасами .....	55
2.1.3.1 Уравнение общей стоимости .....	55
2.1.3.2 Оптимальный размер заказа $q_0$ .....	57
2.1.3.3 Уровень и интервал повторного заказа .....	58
2.1.3.4 Модель экономичного размера партии .....	59
2.1.4 Скидка на количество .....	61
2.1.5 Другие модели управления запасами .....	64
2.1.5.1 Модель производства партии продукции .....	67
2.1.5.2 Модель планирования дефицита .....	72
2.1.5.6 Неопределенность и основная модель управления запасами .....	72
2.1.5.7 Другие аспекты теории управления запасами .....	74
2.2 Складирование .....	76
2.2.1 Роль складирования в логистической системе .....	76
2.2.2 Основные проблемы функционирования складов .....	78
2.2.2.1 Собственный склад фирмы или склад общего пользования .....	78
2.2.2.2 Количество складов и размещение складской сети .....	79
2.2.2.3 Размер склада и его расположение .....	81
2.2.2.4 Выбор системы складирования .....	83
2.2.3 Логистический процесс на складе .....	83
2.2.4 Система складирования как основа рентабельности работы склада .....	89
2.3 Транспортная логистика .....	100
2.3.1 Политика транспортных предприятий и изменения в характере их деятельности .....	100
2.3.2 Совершенствование оперативного планирования .....	107

доставки продукции автомобильным транспортом .....	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	118
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	121
1П Практические ситуации по планированию и управлению запасами .....	121
2П Транспортная задача и задача о назначениях: алгоритмы решения.....	148
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	187

## ВВЕДЕНИЕ

Среди многообразия поиска путей развития рынка средств производства, новых направлений деятельности коммерческо-посреднических организаций и предприятий вызывают значительный интерес научные исследования и практические новации, объединяемые понятием логистики. Хотя о логистике известно давно, тем не менее, она претендует на звание научной и учебной дисциплины XXI века. Подразделения логистики созданы на предприятиях промышленности, аграрно-промышленного комплекса, транспорта, в аппарате НАТО. Они включаются в состав организационных комитетов по проведению крупных международных соревнований и т.д.

Понятие логистики использовалось и используется в различных областях научной и хозяйственной деятельности, но чаще всего оно стало употребляться для определения взаимосвязанных функций заготовительного, производственного и распределительного процессов. В последние 10 ... 15 лет это понятие отождествляется в зарубежной литературе с физическим распределением продукции и в настоящее время трактуется большинством специалистов как управление товародвижением.

Как видно, управление товародвижением, прежде всего, неразрывно связано с реальным обеспечением экономии всех видов ресурсов, сокращением затрат живого и овеществленного труда на стыках различных отраслей. Соответствующие функции непосредственно сопрягаются с механизмом регулирования рынка, способствуя развитию комплексности и эффективности этого механизма. Субъекты и объекты в логистической системе управления составляют элементы рыночной инфраструктуры, и поэтому от развития их во многом зависит становление рынка средств производства.

По экспертным оценкам ученых и специалистов, широкое применение методов логистического управления позволит:

- сократить время движения продукции примерно на 25 ... 30 %;
- снизить уровень запасов продукции у потребителей на 30 ... 50 %;
- обеспечить комплексный учет всех затрат по завозу и вывозу грузов, а не только перевозочных тарифов, которые составляют лишь часть совокупных затрат на передвижение продукции;
- повысить уровень транспортного обслуживания, что достигается не только и не столько улучшением работы транспортных подразделений, сколько слаженным выполнением комплекса работ по снабжению, сбыту и перевозкам продукции.

Все это определяет актуальность изучения логистики в условиях развития рыночных отношений, популяризации практического опыта, координации научной и практической деятельности в области логистики.

# 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛОГИСТИКИ

## 1.1 ПОНЯТИЕ, ВИДЫ И ФУНКЦИИ ЛОГИСТИКИ

### 1.1.1 Понятие логистики

Логистика – наука о планировании, организации, управлении, контроле и регулировании движения материальных и информационных потоков в пространстве и во времени от их первичного источника до конечного потребителя.

Имеется множество различных трактовок логистики. Анализируя, нетрудно заметить ряд аспектов, через призму которых рассматривается логистика. Наибольшее распространение получили управленческие, экономические и оперативно-финансовые аспекты.

Так, профессор Г. Павеллек и сотрудники Национального совета США по управлению материальным распределением, определяя сущность логистики, акцентируют внимание на управленческом аспекте. Логистика, по их мнению, – это планирование, управление и контроль поступающего на предприятие, обрабатываемого там и покидающего это предприятие потока материальной продукции и соответствующего ему материального потока.

Многие специалисты исследуемой области, в том числе французские, отдают предпочтение экономической стороне логистики и трактуют ее как «...совокупность различных видов деятельности с целью получения с наименьшими затратами необходимого количества продукции в установленное время и в установленном месте, в котором существует конкретная потребность в данной продукции». В справочнике, выпущенном компанией «Данзас» (одна из крупнейших германских транспортно-экспедиторских фирм), логистика определяется как некая система, выработанная для каждого предприятия с целью оптимального, с точки зрения получения прибыли, ускорения движения материальных ресурсов и товаров внутри и вне предприятия, начиная от закупок сырья и материалов, прохождения их через производство и кончая поставками готовых изделий потребителям, включая связывающую эти задачи информационную систему.

Некоторые определения логистики отражают как управленческие, так и экономические аспекты. Наиболее типична в этом отношении характеристика логистики, данная профессором Пфолем (Германия), который увязывает воедино процессы планирования и контроля движения материальных ценностей с сокращением затрат на их перемещение и информационное обеспечение.

В ряде определений логистики подчеркивается ее оперативно-финансовый аспект. В них трактовка логистики исходит из времени расчета партнеров по сделке и деятельности, связанной с движением и хранением сырья, полуфабрикатов и готовых изделий в хозяйственном обороте с момента уплаты денег поставщику до момента получения денег за доставку конечной продукции потребителю.

В других определениях логистики находят отражение взгляды специалистов, акцентирующих внимание на отдельных функциях в рассматриваемом цикле.

В отмеченных выше трактовках логистики справедливо выделяются те или иные ее стороны, однако упускается из виду важнейший аспект логистики – возможность влиять на стратегию корпорации и на создание новых конкурентных преимуществ для фирмы на рынке, то есть на ее конечные цели, что, по существу, находит отражение во втором подходе к определению логистики.

Первыми практический потенциал логистики предугадали американские специалисты Пол Конверс и Питер Драккер. Они определили ее потенциальные возможности как «последний рубеж экономии затрат» и «неопознанный материк экономики».

В последствии их точку зрения разделили многие теоретики логистики. Такие американские исследователи, как М. Портер, Д. Сток и некоторые другие, полагают, что логистика вышла за границы ее традиционного узкого определения и имеет большое значение в стратегическом управлении и планировании фирмы.

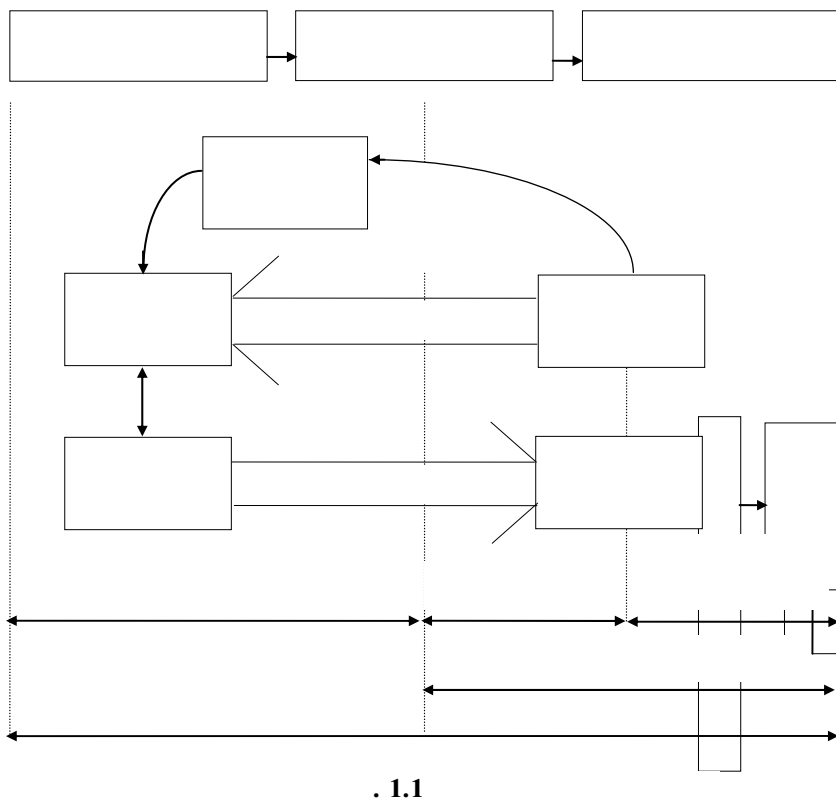
Приверженцами расширительного толкования логистики являются и французские специалисты Э. Мате и Д. Тиксье, которые подразумевают под ней способы и методы координации отношений фирмы с партнерами, средства координации предъявляемого рынком спроса и выдвигаемого компанией предложения ... способ организации деятельности предприятия, позволяющий объединить усилия различных единиц, производящих товары и услуги, с целью оптимизации финансовых, материальных и трудовых ресурсов, используемых фирмой для реализации своих экономических целей». Э. Мате и Д. Тиксье считают, что «... логистика находится в самом сердце осуществляемого компанией в различных областях выбора, в центре предпринимаемых действий; несомненно, она представляет собой важный фактор разработки общей политики фирмы».

К сторонникам расширительной трактовки логистики относятся также английские ученые Д. Бенсон и Дж. Уайтхэд. По их мнению, логистика охватывает исследования и прогнозирование рынка, планирование производства, закупку сырья, материалов и оборудования, включает контроль за запасами и ряд последовательных товародвиженческих операций, изучение обслуживания покупателей.

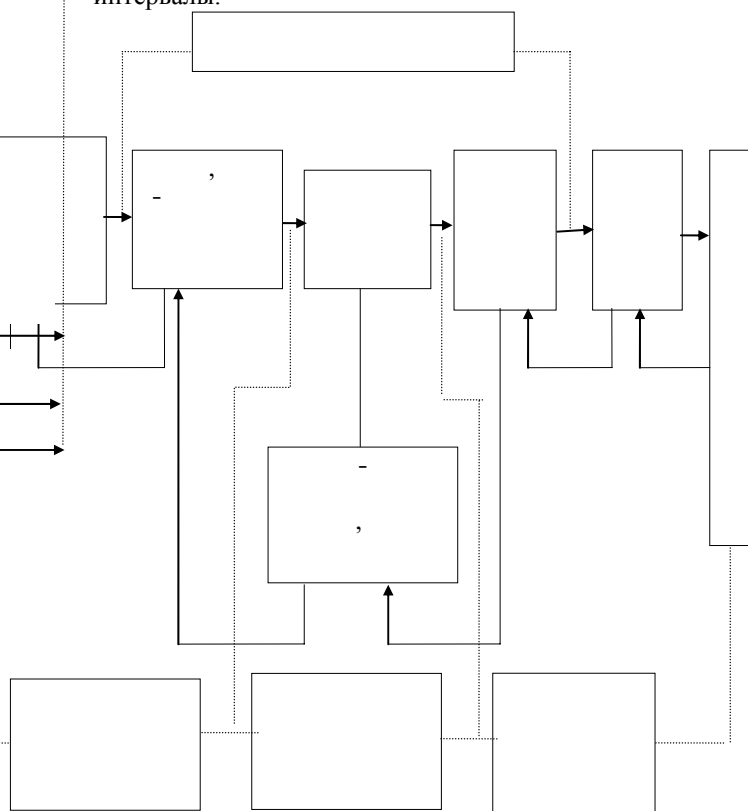
### 1.1.2 Виды логистики

В современных условиях западные специалисты выделяют несколько видов логистики: логистику, связанную с обеспечением производства материалами (закупочная логистика); производственную логистику, сбытовую (маркетинговую, или распределительную, логистику). Выделяют также и транспортную логистику, которая, в сущности, является составной частью каждого из трех видов логистики. Неотъемлемой частью всех видов логистики является также обязательное наличие логистического информационного потока, включающегося в себя сбор данных о товарном потоке, их передачу, обработку и систематизацию с последующей выдачей готовой информации. Эту подсистему логистики часто называют информационной логистикой (рис. 1.1).

Если следовать логике западных специалистов, то число видов логистики можно было бы продолжить. Представляется, что оперирование такими понятиями имеет не только чисто терминологическое значение. Оно находит отражение в расширении сферы деятельности логистики, в создании соответствующих новых организационных структур управления фирмами, специальных подразделений для руководства перемещением грузов на складах предприятия, осуществления маркетинга и материального распределения при реализации готовой продукции. Поэтому, вероятно, было бы корректнее вести речь не о видах логистики, а об ее функциональных областях.



Между указанными объектами логистики существует связь и взаимозависимость (рис. 1.2). Например, если в основном производстве используется технология, не требующая наличия существенных промежуточных запасов сырья и материалов, то в соответствии с логистикой поставки предусматривается осуществлять в строго определенное время через короткие интервалы.



**Рис. 1.2 Логистическая цепь:**

→ — материальный поток; ← — поток информации

Для выполнения нерегулярных заказов в минимальные сроки, когда для основного производства характерно пространственное сосредоточение оборудования, создание резервов производственных мощностей (так называемых систем «островов производства»), в области закупок используются соответствующие способы, позволяющие приобрести разнообразные материальные ресурсы, с тем, чтобы выполнить индивидуальные заказы. В логистической цепи, то есть цепи, по которой проходят товарный и информационный потоки от поставщика до потребителя, выделяются следующие главные звенья:

- поставка материалов, сырья и полуфабрикатов;
- хранение продукции и сырья;
- производство товаров;
- распределение, включая отправку товаров со склада готовой продукции;



- потребление готовой продукции.

Каждое звено логистической цепи включает свои элементы, что в совокупности образует материальную основу логистики. К материальным элементам логистики относятся:

- транспортные средства и обустройства;
- складское хозяйство;
- средства связи и управления;

Логистическая система, естественно, охватывает и кадры, то есть тех работников, которые выполняют все последовательные операции.

На макроуровне в логистике ставится ряд принципиальных научных проблем междисциплинарного характера, среди которых:

- оптимизация технических и технологических структур автоматизированных комплексов на базе гибких и робототехнических систем;
  - прогнозирование спроса и предложения продукции при стратегическом планировании деятельности логистических систем;
  - анализ моделей логистических систем и исследование устойчивости их функционирования;
- комплексная оптимизация транспортировки и распределения продукции, предполагающая обоснование и создание сетей складских систем и идентификацию торговых зон.

Микрологистика решает локальные вопросы в рамках отдельных звеньев и элементов логистики с позиций стратегических целей фирм и оптимизации основных оперативных процессов. Примером может служить внутрипроизводственная логистика, когда в пределах предприятия планируются различные логистические операции, такие как транспортно-складские, погрузо-разгрузочные и т.д. Микрологистика обеспечивает операции по планированию, подготовке, реализации и контролю за процессами перемещения товаров внутри промышленных предприятий.

Усложнение производства и обострение конкуренции в 80 – 90-х годах нашего столетия потребовали более точной увязки логистики со стратегическими целями фирмы, а также активизации роли логистики в повышении гибкости фирм, их способности быстро реагировать на рыночные сигналы. В связи с этим главной задачей логистики стала разработка тщательно взвешенного и обоснованного предложения, которое способствовало бы достижению наибольшей эффективности работы фирмы, повышению ее рыночной доли и получению преимуществ перед конкурентами. Как показала практика, недоучет тесной связи концепции логистики с активной рыночной стратегией часто приводил и приводит к тому, что сама по себе закупка сырья, полуфабрикатов и комплектующих становится стимулом для начала выпуска той или иной продукции без наличия должного спроса на нее. В современной рыночной ситуации такой подход к выпуску продукции чреват коммерческим провалом. Разумеется ориентация на минимизацию издержек остается в силе, но лишь при условии нахождения оптимального уровня сочетания издержек и рентабельности основного и оборотного капитала, задействованного в рамках рыночной стратегии.

### 1.1.3 Функции логистики

Одна из основных задач логистики заключается также в создании интегрированной эффективной системы регулирования и контроля материальных и информационных потоков, обеспечивающей высокое качество поставки продукции. С этой задачей самым тесным образом сопряжено решение таких проблем, как:

- соответствие друг другу материальных и информационных потоков;
- контроль за материальным потоком и передача данных о нем в единый центр;
- определение стратегии и технологии физического перемещения товаров;
- разработка способов управления операциями движения товаров;
- установление норм стандартизации полуфабрикатов и упаковки;
- определение объема производства, транспортировки и складирования;
- расхождение между намеченными целями и возможностями закупки и производства.

В соответствии с современными задачами логистики различают два вида ее функций: оперативные и координационные.

Оперативный характер функций связан с непосредственным управлением движением материальных ценностей в сфере снабжения, производства и распределения и, по существу, мало чем отличается от функций материально-технического обеспечения.

К функциям в сфере снабжения относится управление движением сырья и материалов, отдельных частей или запасов готовой продукции от поставщика или пункта их приобретения к производственным предприятиям, складам или торговым хранилищам.

В фазе производства функцией логистики становится управление запасами, включающее контроль движения полуфабрикатов и компонентов через все стадии производственного процесса, а также перемещение готовой продукции на оптовые склады и розничные рынки сбыта.

Функции управления распределением продукции охватывают оперативную организацию потоков конечной продукции от предприятия-производителя к потребителям.

К числу функций логистической координации относятся:

- выявление и анализ потребностей в материальных ресурсах различных фаз и частей производства;
- анализ рынков, на которых действует предприятие;
- прогнозирование поведения других участников этих рынков;
- обработка данных, касающихся заказов и потребностей клиентуры.

Перечисленные функции логистики заключаются в координации спроса и предложения на товар. В этом смысле маркетинг и логистика тесно взаимосвязаны, а утвердившаяся формула – «маркетинг формирует спрос, а логистика его реализует» – имеет под собой весомое основание.

### 1.1 Взаимосвязь функций логистики и маркетинга в предпринимательских структурах

Функции маркетинга	Общие функции маркетинга и логистики	Функции логистики
<ul style="list-style-type: none"> <li>• исследование рынка</li> <li>• изучение платежеспособности спроса</li> <li>• прогноз потребностей</li> <li>• разработка рекомендаций подразделениям производства и сбыта</li> <li>• информационно-посреднические услуги</li> <li>• разработка рекомендаций по производству новых товаров и услуг</li> <li>• реклама</li> <li>• стратегический маркетинг с использованием методов имитационного регулирования</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• изучение конъюнктуры рынка</li> <li>• ценообразование</li> <li>• управление совокупными (производственными, бытовыми, товарно-транспортными) запасами и НЗП</li> <li>• ведение деловых переговоров и заключение сделок (договоров, контрактов, соглашений и т.д.)</li> <li>• оказание дополнительных (сервисных) услуг в процессе поставки продукции</li> <li>• осуществление оптимальных вариантов производства и поставок продукции в соответствии с нуждами и требованиями потребителей</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• определение потребности в материальных ресурсах</li> <li>• расчет средств на приобретение материальных ресурсов</li> <li>• выбор хозяйственной связи с поставщиками</li> <li>• определение каналов товародвижения</li> <li>• выбор различных видов транспорта и их рациональных комбинаций</li> <li>• определение условий поставки и оплаты</li> <li>• выбор франко-цены</li> <li>• определение оптимальных размеров партии и интервала поставок</li> <li>• выбор тары и упаковки</li> <li>• минимизация и оптимизация производственных и товарных запасов</li> <li>• определение способов и режимов складирования и хранения</li> <li>• управление движением внешних (товарных) и внутренних (материальных) потоков средств производства</li> </ul>

В известной степени формула применима и к координации взаимоотношений логистики и производства. Таким образом, логистика занимается «состыковкой» двух сфер: предъявляемого рынком спроса и выдвигаемого компанией предложения, базирующегося на соответствующей информации.

В рамках координационной функции логистики выделилось еще одно из ее направлений – оперативное планирование, продиктованное стремлением сократить запасы, не снижая эффективности производственной и сбытовой деятельности фирмы. Суть его состоит в том, что на основании прогноза спроса, корректируемого позднее при поступлении реальных заказов, разрабатываются графики перевозок и в целом порядок управления запасами готовой продукции, который в итоге и определяет планирование производства, разработку программ снабжения его сырьем и комплектующими изделиями.

## 1.2 КОНЦЕПЦИЯ ЛОГИСТИКИ

### 1.2.1 Эволюция концептуальных подходов к логистике

История возникновения и развития логистики уходит далеко в прошлое. Профессор Гамбургского университета Г. Павеллек отмечает, что еще в период Римской империи существовали служители, носящие титул

«логисты»; они занимались распределением продуктов питания. В первом тысячелетии нашей эры в военном лексиконе ряда стран с логистикой связывали деятельность по обеспечению вооруженных сил материальными ресурсами и содержанию их запасов.

По мнению ряда ученых, логистика выросла в науку благодаря военному делу. Создателем первых научных трудов по логистике принято считать французского военного специалиста начала XIX века Джомини, который дал такое определение логистики: «практическое искусство маневра войсками». Он утверждал, что логистика включает не только перевозки, но и широкий круг вопросов, таких, как планирование, управление и снабжение, определение места дислокации войск, а также строительство мостов, дорог и т.д. Считается, что некоторые принципы логистики использовались армией Наполеона. Однако как военная наука логистика сформировалась лишь в начале XIX века.

Логистика стала активно применяться в период второй мировой войны. Четкое взаимодействие военной промышленности, тыловых и фронтовых снабженческих баз и транспорта позволило своевременно и систематически обеспечивать американскую армию поставками вооружения, горюче-смазочных материалов и продовольствия в необходимых количествах.

Как и другие методы прикладной математики (математическая оптимизация, сетевые модели и т.д.), логистика стала постепенно переходить из военной области в сферу хозяйственной практики.

В последние 15 ... 20 лет в экономике западных стран и Японии произошли существенные изменения. В хозяйственную практику фирм стали внедряться новые методы и технологии доставки товаров. Они базировались на концепции интеграции транспорта и материально-технического обеспечения, на развитии новейшей техники в области информатики и коммуникаций. В период своего зарождения эта концепция рассматривалась как рационализация управления движением материальных ресурсов только в сфере обращения и получила название «логистика», что в переводе с греческого означает искусство вычислять, рассуждать. Позднее интеграционная основа логистики расширилась и стала охватывать производственный процесс. Тогда прежняя трактовка данного понятия трансформировалась в теорию управления материальными потоками в сфере обращения и производства.

Логистика развивалась под воздействием следующих факторов:

- превращение рынка продавцов в рынок покупателя;
- усложнение структуры товара;
- требование глубокой переработки грузов и снижение доли массовых грузов с низкой стоимостью;
- технические и технологические изменения в средствах и процессах доставки товаров;
- стремление к сокращению издержек и времени, связанных с товародвижением, в том числе и с транспортировкой.

Этот процесс был длительным и постепенным.

В зарубежной литературе выделяются три периода развития систем товародвижения материальной продукции:

- дологистический,
- период классической логистики,
- период неологистики.

Каждый из периодов характеризуется соответствующими концептуальными подходами к созданию и управлению названных систем и адекватными им критериями.

В дологистический период, до 50-х годов, управление материальным распределением носило фрагментарный характер. Транспорт и материально-техническое снабжение рассматривалось как две несвязанные одна с другой сферы деятельности. На практике это означало, что транспортный отдел нередко рассматривался как инородный, даже «паразитирующий элемент» в организационной структуре компании, как придаток оптовой торговли. Ответственность за данный участок деятельности в масштабах фирмы возлагалась на одно из низших звеньев управленческой вертикали. Поэтому не случайно транспортировку и материально-техническое обеспечение довольно часто называли «Золушкой» компании.

Происходившее в дологистический период быстрое развитие нерельсового транспорта, особенно автомобильного, заметно повысило его роль в товародвижении. Предпочтение стало отдаваться оптимизации перевозок. В качестве критерия эффективности последних выступали цена за перевозку грузов транспортом общего пользования и минимальные транспортные затраты за перевозку собственным подвижным составом. Вследствие этого функцию управления грузопотоками сначала выполняли специалисты по тарифам и маршрутам, а затем в их обязанности был включен выбор вариантов транспортного обслуживания и различных дополнительных услуг. Соответственно возникла необходимость контроля за перевозками и экспедированием грузов, проверки грузовых счетов, упаковки, взвешивания, погрузо-разгрузочных работ и т.д. Начиная с 40-х годов работа управляющего грузовыми перевозками стала более распространенной. Это наряду с изложенными выше факторами заложило фундамент для развития логистики.

В своей основе логистика не является феноменом совершенно новым и неизвестным практике. Проблема наиболее рационального движения материалов, сырья и готовой продукции всегда была предметом пристального внимания. Новизна логистики заключается, во-первых, в смене приоритетов в хозяйственной практике фирм, где центральное место стало занимать управление процессами товародвижения. Во-вторых, новизна логистики

состоит в использовании комплексного подхода к вопросам движения материальных ценностей в процессе воспроизводства. При фрагментарном способе управления материальными потоками координация действий явно недостаточна, не соблюдается необходимой последовательности и увязки в действиях различных подразделений фирмы. Логистика же, опираясь на комплексный подход, предполагает согласование процессов, связанных с материальными потоками, производством и маркетингом. В-третьих, новизна логистики заключается в использовании теории компромиссов в хозяйственной практике фирм. Все это вместе взятое позволило отойти от обособленного управления различными функциями товародвижения и осуществить их интеграцию, что дало возможность получать такой общий результат деятельности, который превосходит сумму отдельных эффектов.

Отличительная черта периода классической логистики, начавшегося в начале 60-х годов, состоит в том, что вместо организации оптимальных перевозок на фирмах стали создаваться логистические системы. В этот период можно выделить три концептуальных подхода к их созданию, отличавшихся сферой применения компромиссов (гармонизацией экономических интересов) и критериями. Вместе с тем, в рамках каждого подхода компромиссы носили внутрилогистический функциональный характер и не затрагивали собственно производственную деятельность фирмы.

Область действия компромиссов при первом подходе составляли затраты на отдельные логистические операции одной фирмы, а критерием был минимум общих затрат на материальное распределение. Такой подход позволял добиться определенных результатов. Увеличивая затраты на одни операции с целью большего снижения расходов на другие операции, оказывалось возможным сводить к минимуму издержки на всю логистическую систему. Характерный пример такого подхода – увеличение затрат на транспортировку и их сокращение на управление запасами и складирование.

Ориентация на минимизацию общих затрат дала положительный экономический эффект на основе использования внутрифункциональных компромиссов. Однако время показало, что затратный критерий ограничивает финансовые возможности фирмы, поскольку не отражает влияние спроса на соотношение ее доходов и расходов. В результате наметился переход к иному критерию (извлечение максимальной прибыли фирмы от логистических операций), который ориентирован одновременно и на затраты, и на спрос. Но и новый подход имел определенные ограничения.

Акцент на внутрифирменные функции логистики при сравнительно небольшом внимании к аналогичным функциям, выполняемым другими фирмами-участниками одного и того же логистического процесса, ущемлял интересы последних. Поэтому в конце периода классической логистики произошли изменения в ее концепции. Критерием формирования оптимальной системы управления распределением стала максимальная прибыль от логистических операций всех фирм-участниц. Акценты были перенесены на межфирменные компромиссы в сфере логистики.

Началом 80-х годов можно датировать новый период в развитии логистики – период неологистики, или логистики второго поколения. В этот период логистика характеризуется расширением сферы действия компромиссов.

Необходимость такой экспансии обосновывалась тем, что ни одна из функциональных зон внутри фирмы, включая и логистику, обычно не располагает достаточными ресурсами и возможностями для того, чтобы «в одиночку» должным образом реагировать на существенные изменения внешних условий и самостоятельно эффективно работать. Для более эффективного реагирования требовались совместные усилия всех структурных подразделений фирмы и предприятия. Кроме того, необходимо было использовать знания и опыт менеджеров, рассматривающих деятельность фирмы как единое целое.

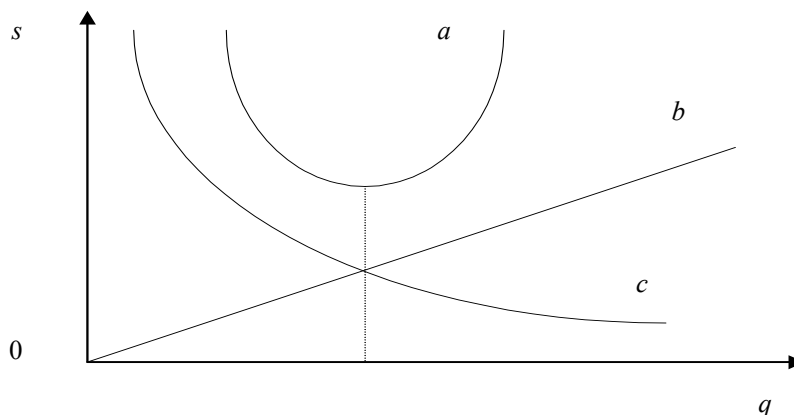
Концептуальный подход к развитию систем логистики, воплощающий эту идею, получил название «комплексный» или «подход на основе всего предприятия». В рамках этого подхода функции логистики рассматриваются как важнейшая подсистема общефирменной системы. Это означает, что логистические системы должны создаваться и управляться, исходя из общей цели – достижения максимальной эффективности работы всей фирмы.

Поэтому внимание стало фокусироваться на межфункциональных компромиссах фирмы, включая собственно производственные и другие нелогистические ее подразделения. Критерием такого подхода стала минимизация издержек всего предприятия.

Еще одним доводом в пользу развития межфункциональных компромиссов послужила взаимозависимость расходов на логистические, производственные и другие операции фирмы, поскольку какое-либо изменение в одном из этих видов деятельности непременно оказывает влияние на другие, но не обязательно благоприятное. Очень часто попытка максимально снизить издержки за счет любого элемента может привести к более высоким общим затратам. Например, низкие издержки на транспортировку грузов могут оказаться дорогостоящим делом для фирмы в целом. Такое положение может возникнуть, если транспортное подразделение добивается достижения этой цели, принося в жертву скорость и, в особенности, надежность доставки. Поэтому предложение об изменении одного из видов деятельности необходимо рассматривать в увязке с общей суммой затрат на обращение и производство.

Собственно критерий минимума общих издержек товародвижения и производства требует нахождения определенных компромиссов между интересами всех структурных подразделений фирмы в целях достижения наилучшего соотношения между издержками и полученными результатами. Однако интересы различных отделов, естественно, разные. Например, руководители отдела маркетинга заинтересованы в увеличении доли рынка и, в связи с этим, в высоком уровне запасов. Так, только при этом условии, можно обеспечить ритмичность, надежность регулярность поставок минимально необходимого потребителям количества товаров, то есть добиться высокого качества обслуживания клиентуры. Со своей стороны, отдел

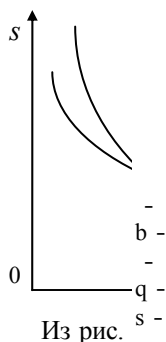
производства, стремясь избежать возможных срывов поставок, также выступает за высокий уровень запасов. Но при такой политике одновременно снижается другой показатель уровня обслуживания – выполнение индивидуальных заказов, на которое отдел неохотно идет из-за того, что затраты производства растут при уменьшении размеров партий изделий и увеличении числа переналадок в технологическом процессе. Финансовые и контролирующие подразделения стремятся к сокращению объемов запасов, а транспортный отдел требует большего объема однократно поставляемых грузов (это влечет снижение ритмов поставок, увеличиваются объемы складских запасов и у поставщиков, и у клиентуры). Отдел хранения запасов заинтересован в их сокращении, но следование этому ведет к снижению степени надежности работы всей сети сбыта, производства и, в конечном счете, ослабляет конкурентные позиции фирмы. Специалисты же в области логистики, как менеджеры по управлению материальными потоками, занимают компромиссную позицию и пытаются найти и удержать оптимальный баланс затрат, запасов и качества обслуживания (рис. 1.3).



**Рис. 1.3** Зависимость затрат на выполнение заказа от размеров партий поставок:

*a* – общие затраты на выполнение заказа, *b* – затраты на хранение, *c* – затраты на транспорт, *q* – размер партии, *s* – затраты

Большая работа проводится ими по координации различных функций. Например, своевременная отгрузка, к которой стремятся многие компании, требует координации действий в сфере производственной и маркетинговой логистики. Поскольку одна и та же задача может быть выполнена разными путями при неодинаковых затратах и уровне эффективности, то более точная и обоснованная оценка средствами логистики взаимосвязей и расходов может оказать решающее воздействие на прибыльность компаний. В более сложных логистических моделях для разрешения противоречий учитываются и другие требования. При этом исходят из особенностей выпускаемой продукции, типа предприятия, стратегии и тактики фирмы. В свою очередь, в стратегических и тактических планах должно быть обосновано, какую территорию и, соответственно, какой сектор рынка можно охватить поставками при различной комбинации складирования и способов перевозки в установленное время.



**Рис. 1.4** Зависимость затрат на размещение от времени

. 2.1. .

Из рис. 1.4 видно, что при увеличении времени поставок затраты падают до определенного момента в связи с увеличением времени поставок, а затем, с удлинением цикла поставок, затраты практически не меняются. Транзитная форма поставок характеризуется более тесной связью затрат с возможным временем поставок, причем до определенного момента более эффективной оказывается складская форма, а при несрочных или ритмичных поставках – транзитная форма.

С середины 80-х годов в западных странах наметился новый подход к развитию логистики, который можно охарактеризовать в целом как логическое и естественное продолжение вышеуказанного комплексного подхода. Его специфика – в выходе логистической системы за пределы экономической среды и учете социальных, экологических и политических аспектов; критерий – максимальное соотношение выгод и затрат. Новый подход получил название концепции «общей ответственности».

Предполагается, что на рубеже XX и XXI веков общественное значение проблем профессионального обучения, защиты окружающей среды и прав потребителей будут возрастать. В этих условиях продолжится расширение сферы компромиссов, и, что особенно важно, она включит в себя балансирование целей получения прибылей и решения социальных задач.

Развитие логистики характеризуется тем, что одновременно с эволюцией ее концепции идет процесс разработки методических основ калькуляции издержек, хотя он протекает не столь быстро и однозначно. Проблема здесь в первую очередь заключается в выявлении структуры себестоимости продукции и услуг.

Импульсом к анализу логистических издержек послужила нестабильность экономического положения западных стран в середине 50-х годов, ставшая причиной снижения прибылей компаний. Первоначально к таким издержкам относили совокупность затрат на операции по перемещению товаров (расходы на транспортировку, складирование, обработку заказов и т.д.). Затем логистические издержки стали рассматриваться как оптимизация затрат на перемещение готовой продукции, включая ее хранение и содержание запасов, упаковку и поддерживающую деятельность (запасные части, послепродажный сервис). Что касается доли расходов на послепродажное обслуживание в странах Бенилюкс, США, Франции, ФРГ, Канаде, Италии и Великобритании, то, например, в структуре полной стоимости электронного оборудования она держалась на уровне 42 ... 43 % в течение целого десятилетия.

В связи с интеграцией логистических функций и развитием идеи функциональных компромиссов многие компании в своей логистической деятельности приняли на вооружение концепцию «полных издержек распределения». В их состав включили расходы по обеспечению производства материальными ресурсами, объяснив это тем, что решения, относящиеся к уровню обслуживания, существенно влияют на размер товарно-материальных запасов, которые необходимо поэтому включить в систему логистики. Анализ соотношения расходов, связанных, с одной стороны, с материально-техническим обеспечением производства, а с другой – с распределением готовой продукции различных отраслей промышленности, показал, что, например, во Франции первые из них составляют порядка 1,5 ... 9 % продажной цены, а вторые – 3 ... 24 %, то есть в два-три раза больше первых.

В дальнейшем, когда получили распространение межфункциональные компромиссы, произошел отказ от изолированного рассмотрения мероприятий по рационализации сферы обращения и производства, и в коммерческую практику фирм стал внедряться метод суммарных издержек. Другими словами, фирмы стали проводить анализ общей величины затрат, получивший название «принцип одного зонтика».

Комплексный подход к развитию логистики изменил концепцию ее издержек. Калькуляция расходов стала осуществляться не по функциональному принципу, а с ориентацией на конечный результат, когда первоначально определяются объем и характер работы логистической системы, а затем затраты, связанные с ее выполнением.

В этих условиях получил развитие новый подход к исчислению издержек, заключающийся в разработке «миссий», то есть определением целей, которые должны быть достигнуты логистической системой в рамках определенной ситуации «продукт-рынок». Миссия может быть определена с точки зрения типа обслуживаемого рынка, вида продукции и ограничений по обслуживанию и издержкам. Миссия может, например, формулироваться как достижение с минимальными расходами наибольшей доли суммарных поставок товаров потребителям в удобные для них сроки при соблюдении требуемой партионности и интервалов отправок (возможно и включение других целей компании).

В настоящее время в соответствии с подходом «миссий» одним из базовых принципов калькуляции логистических издержек стало требование обязательного отражения материальных потоков, пересекающих традиционные функциональные границы, возникающие при выполнении отдельных операций (то есть издержки по обслуживанию потребителей на рынке должны быть идентифицированы). Это означает, что данный принцип должен дать возможность осуществить отдельный анализ издержек и доходов по типам потребителей и сегментам рынка или каналам распределения. Такое требование возникает в связи с тем, что оперирование средними величинами функциональных расходов таит в себе опасность, поскольку в случаях идентифицирования затрат могут не попасть в поле зрения значительные отклонения, находящиеся по обе стороны средних значений. Таким образом, современная система калькуляции издержек рассматривается, с одной стороны, как система, определяющая общие затраты на логистику в соответствии с ее целями («выходами»), а с другой – как сумма расходов, связанных с выполнением традиционных функций логистики («входов»). При этом издержки по «выходам» и «входам» согласовываются между собой.

Поскольку при реализации миссии предполагается срез функциональных сфер логистической деятельности, то достижение определенных целей связано с затратами большого числа функциональных операций, выполняемых центрами деятельности в рамках фирмы.

Практика показывает, что наивысшая эффективность калькуляции издержек сферы распределения достигается при отдельном определении расходов, связанных с выполнением конкретных задач («выходов») данной сферы, и различных «вводимых ресурсов», задействованных в достижении этих «выходов» (целей).

Различие между ориентацией на «конечный результат», основанной на идеи миссии фирмы, и ориентацией на «вход», базирующейся на функциональном подходе, схематично показано на рис.1.5.

- Миссия А: обслуживать западноевропейские рынки компании с 95 % надежности доставки за десять дней при минимальных общих издержках.

Миссии	Закупка	Складирование	Перевозки и	Другие сферы деятельности	Общие издержки миссии
	100	90	20	80	290
	50	70	200	20	340
	70	30	50	70	220

Издержки функциональных областей (центров деятельности)	220	190	270	170	850
---	-----	-----	-----	-----	-----

Рис. 1.5 Миссии сферы логистики

- *Миссия Б*: обслужить покупателей продукции компании, удовлетворить их требования в отношении размера отправок и частоты доставки при минимальных общих издержках.
- *Миссия В*: удовлетворить спрос внутренних потребителей при помощи существующих каналов распределения и организационно-технической базы с целью получения максимальной прибыли компании посредством балансировки требований розничной торговли относительно издержек.

Из рисунка видно, как сформулированные миссии сферы распределения могут оказывать различное влияние на издержки функциональных областей и при этом обеспечивают вполне логичную основу для калькуляции издержек фирмы. Иными словами, в настоящее время на конкурентных рынках функциональные логистические расходы определяются потребностями выполняемой миссии, то есть суммированием затрат по вертикали.

Сочетание функционального подхода и реализации конкретных целевых установок в сфере логистики используется также и при анализе прибылей компаний.

Взаимодействие двух отмеченных выше принципов калькуляции издержек и прибыли в части, связанной с логистикой, привело к необходимости с четкой последовательностью разработать наиболее экономичную для фирм схему товародвижения. В первую очередь определяются цели логистики и альтернативы их реализации. Затем намечаются функции, выполнение которых должно привести к достижению поставленных целей, и исчисляются связанные с ними затраты для каждого альтернативного варианта. На заключительной фазе разработки логистической схемы, исходя из критерия сравнительной эффективности таких вариантов, производится выбор наиболее приемлемого из них.

Таким образом, калькулируя издержки по методу «миссий», фирма при помощи вышеуказанной матричной модели может отобрать наиболее выгодные варианты с точки зрения выбора целей обслуживания.

В случае пользования услугами нескольких конкурирующих между собой центров активности (например, транспортных компаний) метод «миссий» предоставляет возможность выбрать такой центр, который способен с минимальными для фирмы-заказчика или приемлемыми для обеих сторон расходами осуществить логистические операции в рамках поставленных целей.

## 1.2.2 Основные принципы логистики

По мнению ряда западных специалистов, принципы логистики вполне естественны и просты. Тем не менее, руководители фирм не всегда считаются с их здравым смыслом и не все убеждены в том, что следование этим принципам должно стать неукоснительным принципом в деятельности фирм. Однако опыт показывает: фирмы, пренебрегающие принципами логистики, как правило, обладают меньшей конкурентоспособностью и меньшим потенциалом для увеличения прибыли.

Логистика способствует повышению эффективности работы фирмы при соблюдении следующих принципов.

- 1 *Поддержание связи логистики с корпоративной стратегией.* Общеизвестно, что все аспекты логистических операций должны быть непосредственно связаны со стратегическим планом корпорации или фирмы. Это первое и самое главное условие достижения высоких прибылей от применения логистики (рис. 1.6).

Руководители, применяющие логистику на своих предприятиях, стремятся к достижению общей цели и управляют логистическими операциями в интересах реализации стратегии компании, направленной на обеспечение конкурентоспособности за счет сокращения затрат и дифференцирования услуг. Такие руководители, как правило, работают исходя из принципа, что их отдел или подразделение вносит свою лепту в увеличение общей прибыли фирмы.



**Рис. 1.6** Схема операций при выработке стратегий корпорации

Одним из наиболее общепринятых подходов к завоеванию рыночных позиций руководство считает максимальное «приближение к потребителю» при обеспечении должного качества продукции и логистических операций.

• 2 *Совершенствование организации движения материальных потоков.* Это требование призывает к такой организации логистических операций, которая дала бы возможность контролировать все функции по выполнению задач, связанных с закупкой, транспортировкой, складированием, хранением запасов и сбытом под эгидой единого коммерческого подразделения. Другими словами, все логистические функции должны быть объединены под соответствующим контролем централизованного и децентрализованного руководства с учетом того, что эффективные решения легче принять, если спецподразделение отвечает за все тесно связанные между собой логистические операции.

В настоящее время все большее количество фирм объединяют под общим руководством две важные области деятельности: управление запасами и распределение материальной продукции. Это позволяет лучше использовать такие сложные сферы бизнеса, какими являются транспортировка и складирование. В таких фирмах осуществляется контроль над всей логистической цепочкой как за единым целостным потоком с использованием широкого диапазона структур и подструктур обеспечения.

• 3 *Поступление необходимой информации и современная технология ее обработки.* Выполнение данного требования в логистических системах позволяет фирмам извлекать немалую выгоду, поэтому успешно функционирующие логистические подразделения рассматривают компьютеризацию как важный источник реализации потенциальных возможностей логистики. Используя сети электронного обмена данными с потребителями, можно повышать конкурентоспособность и долю рынка, качество обслуживания клиентуры.

• 4 *Эффективное управление трудовыми ресурсами.* Этот принцип играет решающую роль в наладке механизма управления материальными потоками. Только хорошо подготовленные и опытные менеджеры способны обеспечить успех в реализации стратегии и планов фирм, поэтому руководители высшего уровня сферы логистики стали напрямую взаимодействовать с системой подготовки кадров. Подготовка на рабочем месте уже недостаточна, и многие фирмы направляют кадры логистических подразделений на специальные курсы переподготовки в целях повышения квалификации и обучения новым методам и технологиям в области логистики.

• 5 *Тесная взаимосвязь с другими фирмами по выработке стратегии.* Благодаря реализации этого принципа компании устанавливают тесное сотрудничество со своими партнерами по хозяйственным связям. Не меньшее значение стало придаваться координации деятельности внутренних подразделений фирм. Опыт показывает, что наибольших успехов в увеличении прибыли добиваются как раз те фирмы, в которых установлены прочные связи с внешними и внутренними участниками коммерческих отношений. Фирмы все шире практикуют «стратегические союзы» с поставщиками, потребителями, транспортными агентствами и другими участниками логистической цепи. При этом огромное значение придается открытому и систематическому процессу обмена информацией по прогнозированию, планированию и графикам поставок продукции и так далее.

• 6 *Учет прибыли от логистики в системе финансовых показателей.* На основе практического опыта фирмы пришли к выводу, что лучше всего логистические операции, такие, как транспортировка, складирование и другие, поддаются оценке со стороны учетно-калькуляционных подразделений или иных структурных органов,



которые результаты деятельности измеряют полученной прибылью. Такую тактику применяют некоторые американские фирмы.

Традиционно в западных странах компании применяют показатель нормы прибыли на активы как наиболее важный индикатор финансовой деятельности. По аналогии ряд американских фирм рассчитывают прибыль на логистические активы. В результате внедрения данного показателя в финансовую практику все большее число компаний начинают пользоваться услугами соответствующих специализированных фирм. С этой тенденцией связывается сокращение численности собственного парка автомобилей, а также тот факт, что растущее число компаний стало прибегать к услугам складов общего пользования, против чего они категорически возражали всего несколько лет назад.

• 7 *Определение оптимальных уровней качества логистического обслуживания* с целью повышения рентабельности является одним из элементов стратегической политики фирм. Для выявления оптимального качества обслуживания определяют дополнительные доходы, достигнутые от предоставления высококачественного сервиса, и измеряют отношение прибыли, полученной от него, к затратам, связанным с поддержанием таких уровней. Кроме того, разрабатывается ориентированная на рынок программа с указанием уровня логистического обслуживания, из которой видно, как планируется обслуживать потребителей услуг по различным классам, устанавливаемым в зависимости от их доли в объеме продаж, а также срока выполнения заказа (табл. 1.2).

### 2.1 Программа обслуживания потребителей

Класс потребителей услуг	Доля потребителей в объеме продаж	Уровень обслуживания, %
А	60	95 ... 98
Б	20	90 ... 95
В	15	90 ... 95
Г	3	85 ... 90
Д	2	85 ... 90

Большинство фирм в западных странах признает важность обслуживания конкретного потребителя. Они установили параметры обслуживания и строго следят за тем, как удовлетворяются требования, предъявляемые к обслуживанию. Наибольшего эффекта добиваются те фирмы, логистические подразделения которых заключают внутренний контракт с каждым из производственных отделов на размер обслуживания и получают от них соответствующую плату.

• 8 *Тщательная разработка логистических операций* – один из основных принципов логистики, способствующий значительной экономии затрат. В ходе такой разработки фундаментальные проблемы увязываются с «малыми» вопросами. Это возможно лишь при углублении знаний и приобретении всем руководящим составом фирмы большого опыта работы.

Американские специалисты считают, что выполнение фирмами вышеуказанных восьми требований гарантирует взаимосвязь логистики с маркетингом и производством, обеспечивает не только высококачественное проведение всех логистических операций, но и создание эффективного, с низкими издержками сервиса для покупателей, будет содействовать росту прибыли по активам рассматриваемой сферы деятельности, то есть повышению конкурентоспособности фирм.

## 1.3 Информационные потоки

### В ЛОГИСТИЧЕСКОМ УПРАВЛЕНИИ

#### 1.3.1 Значение информационного обеспечения в процессе осуществления функций логистики

Информация на современном уровне развития общественного производства – это самостоятельный производственный фактор, потенциальные возможности которого открывают широкие перспективы для укрепления конкурентоспособности фирм.

Значительный прогресс в деле рационализации мероприятий, направленных на увеличение экономической эффективности производства и сбыта, может быть достигнут путем максимальной координации материальных и информационных потоков при их объединении, что и является одной из основных задач логистики. Для ее решения необходимы широкое применение электронной обработки данных, стандартизация материально-технических связей, организация работы на основе научного функционального анализа и структуризации, а также применение новых технологий – ведущих в автоматизации операций.

В основном звене (на фирменном уровне) логистическая система распадается на ряд структур, которые можно представить в виде горизонтальных функциональных субсистем в области закупок, производства и сбыта. В свою очередь, в рамках каждой из субсистем находятся структуры функционального характера – складское хозяйство, транспортировка, производство, услуги, обеспечение и обработка информации. Каждый из этих элементов неизбежно присутствует на любом производстве, а логистика объединяет их в систему с целями и задачами, которые лежат в области минимизации издержек всего производства, а не отдельного взятого элемента.

Инструментом подобного объединения является информационное обеспечение процессов производства. Во внешней сфере деятельности фирмы причиной успеха или неудачи на рынке могут служить:

- оперативное получение информации о том или ином событии или коммерческой ситуации, сложившейся на рынке;

- получение запроса на поставку или отказ от нее.

И в том и в другом случае также первостепенную роль играет комплекс информационного обеспечения. Потоки информации являются теми связующими «нитеями», на которые нанизываются все элементы логистической системы. При этом информационная сеть предполагает создание баз данных, коммуникаций внутри фирмы, наличие комплекса мероприятий по принятию оперативных решений и т.д.

Чтобы анализ информационной деятельности в логистике был плодотворным, необходимо рассматривать всю логистическую систему как совокупность функционально ограниченных логистических субсистем, функционирование которых как целого обеспечивается информационной логистикой на уровне ее собственных информационных субсистем.

### 1.3.2 Создание логистических информационных систем

Информационные системы обеспечивают подготовку, ввод, хранение, обработку, контроль и передачу данных. Они отличаются иерархической структурой. Степень их автоматизации обычно относительно высока. Информационные системы бывают реализованы как сеть взаимосвязанных вычислительных машин разной величины и абонентских пунктов (терминалов). Их подсистемы выполняют функции на различных уровнях управления, как правило, используя общий банк данных (рис. 1.7).

Информацию для более высокого уровня получают сжатием данных из детальной базы более низких уровней. Детальные данные передаются на более высокий уровень только в случае значительных отклонений от требуемого или ожидаемого состояния.



**РИС. 1.7 ИНФОРМАЦИОННАЯ ПИРАМИДА ОРГАНИЗАЦИИ**

Логистические информационные системы представляют собой соответствующие информационные сети, начинающиеся с дневных требований заказчиков (представляющих чисто стохастическую величину), распространяющиеся через распределение и производство до поставщиков. Эти системы обычно разделяются на три группы.

•1 Информационные системы для принятия долгосрочных решений о структурах и стратегиях (так называемые плановые системы). Они служат главным образом для создания и оптимизации звеньев логистической цепочки. Для плановых систем характерна пакетная обработка задач.

•2 Информационные системы для принятия решений на среднесрочную и краткосрочную перспективу (так называемые диспозитивные или диспетчерские системы). Они направлены на обеспечение отлаженной работы логистических систем. Речь идет, например, о распоряжении (диспозиции) внутризаводским транспортом, запасами готовой продукции, обеспечении материалами и подрядными поставке, запуске заказов в производство. Некоторые задачи могут быть обработаны в пакетном режиме, другие требуют интерактивной обработки (on-line) из-за необходимости использовать как можно более актуальные данные. Диспозитивная система подготавливает все исходные данные для принятия решений и фиксирует актуальное состояние системы в базе данных.

•3 Информационные системы для исполнения повседневных дел (так называемые исполнительные системы). Они используются главным образом на административном и оперативном уровнях управления, но иногда содержат также некоторые элементы краткосрочной диспозиции. Особенно важны для этих систем скорость и обработки и фиксирование физического состояния без запаздывания, (то есть актуальность всех данных), поэтому они в большинстве случаев работают в режиме on-line. Речь идет, например, об управлении складами и учете запасов, подготовке отправки, оперативном управлении производством, управлении автоматизированным оборудованием. Управление процессами и оборудованием требует интеграции информационных систем коммерческого характера и систем управления автоматикой.

Создание информационных систем требует системного мышления. Для создания информационной логистической системы на уровне производства необходимо сформировать модель такой системы, а затем реальную систему организации информационного потока на взятом как единое целое предприятии.

Одним из подходов к созданию модели информационных потоков на производстве является анализ существующей системы управления. Он предполагает сведение конкретных участков производства к единым компонентам, комбинируя которые можно получить структурную модель для анализа вариантов структуры предприятия.

Структурная модель должна содержать оба основных элемента, а именно: производственные мощности и средства организации материального потока. Комбинируя эти элементы исследователи и организаторы систем делят всю структуру предприятия на буферную и технологическую части. Основным отличающий их критерий – находится ли предмет труда в стационарном состоянии или он приведен в движение. Далее определяют, какие данные должны быть собраны, когда обработаны и переданы для обеспечения оптимального управления материальным потоком. Определенные таким образом группы передаваемых данных должны включать в себя следующие элементы, создающие базу для информационного контроля над всей структурой материально-технического снабжения:

- тип предмета снабжения,
- количество или его объем,
- происхождение предмета снабжения,
- его месторасположение (размещение),
- время прибытия в пункт размещения,
- время отправки из пункта размещения,
- система транспортировки,
- время транспортирования,
- резервирование.

Перечисленные группы составляются для всех мест размещения и для каждого перевозимого объекта. С этой целью устанавливаются пункты считывания и передачи информации во всех местах размещения.

Заключительный этап построения информационной модели системы материально-технического снабжения связан с распределением полученных данных по двум компьютерным системам с различными областями функционирования. Одна система (связанная с транспортными заказами) ведет контроль потока материалов и осуществляет управление им, другая же управляет непосредственно производством и следит за заделами материалов, находящимися под непосредственным влиянием процесса производства. В ряде случаев обе системы объединяют в одну. В любом варианте информация начинает обрабатываться сразу после поступления производственного заказа так же, как и регистрация материалов, уже привезенных с помощью транспортной системы.



**Рис. 1.8 Пример организации информационной логистической сети на производстве**

На рис. 1.8 представлена наиболее типичная информационная система логистики, функционирующая на отдельно взятом производстве. Эта система имеет ряд особенностей:

- она всепроникающа – для нее нет закрытых зон, ее каналами связи и датчиками пронизаны все уровни по горизонтали и вертикали;
- она строго иерархична, управляющие уровни точно очерчены и несут ответственность за вверенные им функции;
- функции внешних связей приданы лишь определенному уровню иерархии.

Как правило, внешние связи опираются на общественные каналы коммуникаций, хотя возможно использование и специальной закрытой связи. Внешними агентами системы являются рынок снабжения и рынок сбыта предприятий.

Для информационной поддержки сбытовой деятельности фирмы необходимо задействовать следующие основные виды информации, хранимые в памяти автоматизированных информационных систем:

- 1) история рынка сбыта (анализ по регионам), типы сбытовых операций;
- 2) прогнозы рынка и сбыта;
- 3) конкуренция: история, состояние, перспективы;
- 4) доля на рынке: история и анализ;
- 5) цены и ценообразование;
- 6) расходы;
- 7) модели рынка (сбыта);
- 8) контроль деятельности персонала;
- 9) территориальное планирование, циклы деловых поездок, персональное распределение командировок;

- 10) источники запросов перехода на новый продукт и пр.;
- 11) реестр покупателей;
- 12) исходящая и получаемая информация;
- 13) печатание и отправка почты;
- 14) контроль ответов и анализ результатов рекламной деятельности;
- 15) обсчет сбытовой деятельности;
- 16) движение заказа, выставление счетов, составление смет и отчетов;
- 17) доступ к внутренней и внешней информации, и ряд других.

Формирование информационной системы – сложный и многоплановый процесс, в котором используются достижения современной информационной технологии, новейшие компьютерные системы, что делает возможным успешное руководство производственными процессами на основе применения адекватной информационной техники, методов и форм информационного обеспечения всей логистической системы в целом.

### **1.3.3 Информационная инфраструктура**

Новые задачи, встающие перед организаторами и руководителями производства в области практической реализации логистических принципов, приводят их к необходимости создания информационной инфраструктуры, которая позволила бы собирать, организовывать и транспортировать информацию в соответствии с поставленными целями. Необходимая основа работы – идентификация, стандартизация источников информации, ее обработки и передачи. Это вполне достижимо путем создания компьютерной сети производства. На современном этапе развития информационной логистики в развитых странах ставится следующая задача: на базе повсеместного внедрения ЭВМ создать интегрированные автоматизированные системы управления логистическим процессом, включающие АСУ и АСПРы и тем самым обеспечить гибкое реагирование производства на потребности рынка, минимизировать издержки и получить дополнительные преимущества в конкурентной борьбе. Реализация этой идеи принципиально возможна лишь там, где производство обеспечено в достаточной мере компьютерами и программами (рис. 1.9).

С помощью мощных ЭВМ и современных языков программирования можно решить, например, задачи относительно большого объема распределения товаров для разветвленной сети торговых точек.



**Рис. 1.9 Структура системы снабжения, управления и реализации производственных функций фирмы**

Преимущества этой системы выражаются в улучшении показателей обслуживания клиентов за счет доставки товаров в четко обусловленное время, снижении потерь товаров в результате длительного хранения, снижении затрат фирмы на учет товарной массы, сокращении и рациональном использовании складских площадей, контроле за моральным старением товаров и их уценкой, а также в сокращении затрат на перевозки. Использование штриховых кодов – показательная деталь в новом подходе к управлению информационными системами логистики. Штриховое кодирование позволяет выйти на новый технологический уровень в двух аспектах:

- автоматизации физических товарных потоков;
- управления информационным потоком.

Система материального обеспечения производства подвергается иерархической структуризации. Подзадачи материального обеспечения: транспортировка, складирование, распределение – выполняются с помощью автоматизированных функциональных элементов. Комбинация этих элементов в подсистеме образует сетевую структуру, представляющую подобласти материального обеспечения производства.

Электронная передача данных представляет собой автоматизированное соединение информационных систем или разных организаций, или территориально удаленных друг от друга подразделений одного предприятия. Связь между ними обеспечивают коммуникационные системы при помощи средств техники связи. Эта деятельность обычно называется дистанционной передачей данных, которая является предпосылкой для полной интеграции информационных систем не только в масштабе одной страны, но и в международном.

Прямую связь между ЭВМ допускают телефонные сети, являющиеся аналоговыми; для них характерна низкая пропускная способность и опасность возникновения при передаче случайных ошибок. ЭВМ должны быть оснащены специальной аппаратурой, преобразующей аналоговые сигналы в цифровые и наоборот. В последнее время получают распространение цифровые сети передачи данных, часто использующие оптические кабели; создаются спутниковые системы.

Для организации электронной передачи данных между предприятиями необходимо достичь совместимости аппаратного оборудования и программного обеспечения. К этой цели ведут три пути:

- договор с партнером о протоколе передачи, структуре сообщений и т.д.;
- перенесение всей проблемы совместимости на специализированное предприятие услуг связи;
- электронная передача данных на основе стандартизированных методов.

Информационные системы и электронная передача данных открывают дальнейшие перспективы для рационализации в логистике, но они требуют серьезной работы по организации и стандартизации. Коммуникационные системы позволяют обеспечить интегрированный информационный поток вдоль логистической цепочки без необходимости изменять существующие системы обработки данных на предприятиях.

#### 1.4 ЛОГИСТИКА КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ФИРМ

Рассмотрение логистики в качестве фактора повышения конкурентоспособности предполагает, что последствия принимаемых решений в данной области должны поддаваться измерению в плане их воздействия на функциональные затраты и доходы от продажи товаров. В связи с этим актуализируется задача нахождения способа контроля издержек и показателей, наиболее корректно отражающих связь логистики с основными экономическими и финансовыми индикаторами фирм. Определить количественные параметры последствий логистических решений можно лишь при соблюдении следующих условий методологического и технического характера:

- наличия хорошо отлаженной учетно-информационной системы;
- проведения комплексного анализа расходов и доходов структурных подразделений фирм и всех участников логистической цепи, основанного на применении принципа «миссий» и единой методологии исчисления издержек;
- определения доли прибыли от логистической деятельности в общей прибыли фирм.

В зарубежной экономической литературе отмечается, что у фирм, принявших на вооружение логистическую концепцию и построивших свою стратегию на ее основе, наблюдается значительное улучшение показателя, отражающего отношение прибыли, полученной от продажи товаров или услуг, к инвестированному капиталу (ПИК – прибыль на инвестированный капитал). При этом указывается на двоякое значение логистики, заключающееся в уменьшении издержек и увеличении доли компании на рынке (рис. 1.10).

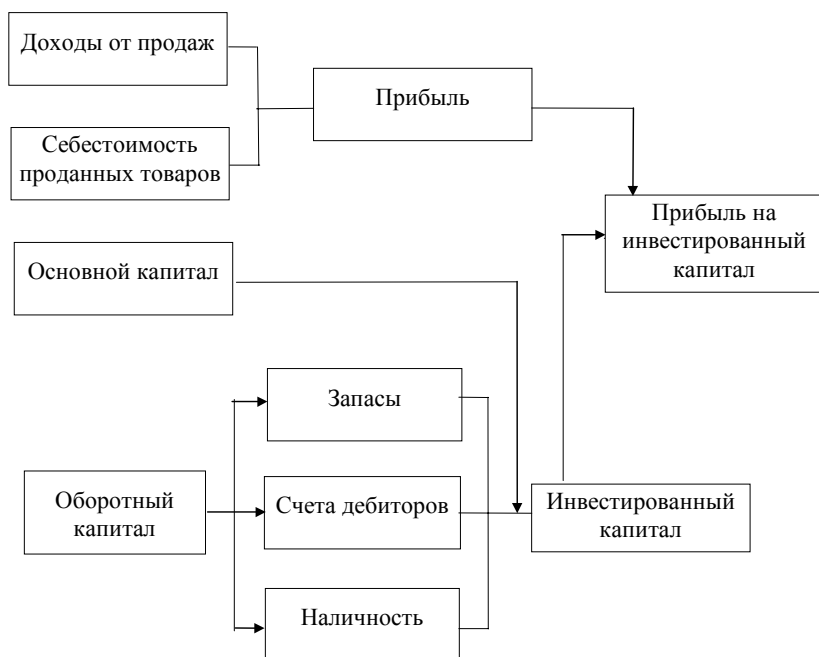


Рис 1.10 Ключевые элементы показателя ПИК

Влияние логистики на расходы, связанные с продажей товаров, очевидно. В рамках логистического подхода к данным расходам относятся издержки по выполнению заказов, включающие затраты на их обработку, перевозку и складирование грузов, управление запасами, упаковку и поддерживающую деятельность (обеспечение запасными частями, послепродажный сервис). Не менее очевидно воздействие логистики на улучшение положения фирм на рынке, что оценивается, как правило, увеличением их доли на нем и во многом зависит от эффективного предложения фирм конкурентоспособного уровня обслуживания потребителей.

Влияние логистики на инвестированный капитал осуществляется через основные категории (элементы) активов и пассивов баланса фирм. Такие элементы баланса как наличность и дебиторская задолженность, относящиеся к оборотному капиталу, являются решающими с точки зрения ликвидности фирмы. Однако еще не всегда признается, что логистические переменные оказывают непосредственное влияние на данную часть баланса, хотя очевидно, что чем короче срок выполнения заказа, тем быстрее может быть выписан счет. Подобным образом скорость выполнения заказов может повлиять на поток наличности, если счет не выписывается до тех пор, пока товары не отправлены.

Одной из менее очевидных логистических переменных, влияющих на наличность и счета дебиторов, является точность при выписке счетов. Если потребитель обнаруживает, что его счет содержит неточности, временной лаг между выполнением заказа и оплатой будет увеличиваться на время исправления ошибки.

Существенное влияние на оборотный капитал логистика оказывает через сокращение запасов сырья, полуфабрикатов, комплектующих и готовых изделий. Очень часто 50 % и более оборотного капитала фирм-производителей приходится на запасы. Поэтому логистический фактор, воздействующий на инвестированный капитал, в значительной мере зависит от политики компаний в отношении уровней запасов, а также системы планирования потребностей распределения.

В свою очередь, закупки сырья и материалов тесно связаны со счетами кредиторов. Такие счета являются, с точки зрения логистики, ключевыми элементами баланса фирм и оказывают влияние на их оборотный капитал. Следовательно, интеграция управления закупками и управления производством – составная часть логистической стратегии – может дать положительный эффект, что и подтверждается практикой. На фирмах, где поэтапное расходование запасов соответствует плановым потребностям производства в сырье и материалах, логистические издержки компании снижаются, а степень использования инвестированного капитала повышается.

Замена основного капитала на текущие расходы достигается главным образом привлечением третьих фирм к выполнению операций по складированию и перевозкам вместо приобретения собственных средств для их осуществления. Такие изменения существенно сказываются на балансе между долговыми обязательствами и собственным капиталом, а, следовательно, и на соотношении последнего и прибыли, а также на движении наличности, с точки зрения, как процентных платежей, так и выплаты долга.

Таким образом, можно сделать вывод, что логистика влияет почти на каждый аспект счета прибылей и убытков фирм (рис. 1.11).

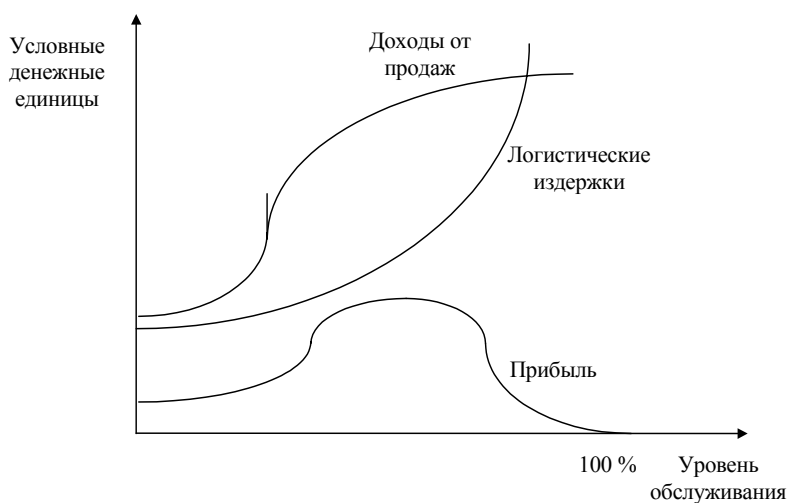


РИС. 1.11 ЗАВИСИМОСТЬ ПРИБЫЛИ ФИРМ ОТ УРОВНЯ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Фирмы, взявшие на вооружение логистическую стратегию, постоянно анализируют ее. Тщательному анализу подвергаются также прибыль и инвестированный капитал, чтобы убедиться в максимальной эффективности использования ресурсов. Подставляя значения переменных в формулу, где множителями являются коэффициент доходности и оборачиваемость капитала, можно с достаточной степенью условности количественно определить влияние логистики на соотношение прибыли, полученной от продаж товаров, и инвестированного капитала, поскольку доходы от логистических услуг и расходы на логистические операции входят существенной частью в суммарные доходы и расходы фирм:

$$\text{ПИК} = \frac{\text{Прибыль от продаж}}{\text{Стоимость продаж}} \cdot \frac{\text{Стоимость продаж}}{\text{Инвестированный капитал}} \cdot 100\% .$$



Для продовольственных товаров логистика как активный инструментальный маркетинга играет особенно существенную роль в случае отгрузки скоропортящейся продукции, когда доминирующим фактором служит время отгрузки и скорость перевозки.

На рынке инвестиционных товаров важным конкурентным фактором является надежность отгрузки. Она существенна для получения повторных заказов от потребителя ли для получения заказов от новых потребителей по рекомендации прежнего заказчика. Воздействие на конкурентоспособность очень велико, поскольку повторный заказ нередко оказывается наиболее прибыльным предпринимательством с точки зрения долгосрочной перспективы по причине более низких допродажных или послепродажных издержек, более низких затрат на проектирование и стандартизацию продукции. Надежность отгрузки также является фактором, оказывающим влияние на производство по повторным заказам для такого вида продукции как оборудование и приборы.

Политика фирм, направленная на получение доходов от логистической деятельности, как правило, ведет к увеличению прибыли. Исследования зарубежных специалистов показывают, что вклад логистики в прибыль компании зависит от уровня обслуживания. При этом при достижении уровня 90 % и выше логистические издержки начинают опережать рост доходов от этого вида деятельности. Начиная с 95 %, эффект становится отрицательным.

Цель логистики 90-х годов выходит за рамки сокращения издержек и увеличения прибыли. На данном этапе концепция конкурентоспособности фирмы заключается в получении конкурентного преимущества за счет предложения дополнительных услуг и повышения их качества. В дальнейшем, по мере применения данной концепции большинством фирм, снижение издержек вновь может показаться первоочередным делом, но уже на другой основе. Следовательно, повышение конкурентоспособности фирм за счет логистики – процесс непрерывный и динамичный.

## **2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СНАБЖЕНЧЕСКО-ЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ И ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКЕ**

---

### **2.1 ПЛАНИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ**

#### **2.1.1 Категория товарно-материальных запасов**

На уровне фирм запасы относятся к числу объектов, требующих больших капиталовложений, и поэтому представляют собой один из факторов, определяющих политику предприятия и воздействующий на уровень логистического обслуживания в целом.

Изменения объемов товарно-материальных запасов в значительной степени зависят от преобладающего на данный момент отношения к ним предпринимателей, которое, безусловно, определяется конъюнктурой рынка. Когда основная масса предпринимателей настроена оптимистично относительно возможностей экономического роста, они расширяют свои операции, увеличивают объем инвестиций в создание запасов. Тем не менее,

колебания уровней последних не вызываются одним лишь инвестированием. Важным фактором выступает здесь качество принимаемых решений, а также то, какая конкретно технология управления запасами используется.

Товарно-материальные запасы обеспечивают безопасность системы материально-технического снабжения, ее гибкое функционирование, и являются своего рода «страховкой».

При наличии дефицита запасов существует три вида возможных издержек, перечисленных ниже в порядке увеличения их отрицательного влияния:

- издержки в связи с невыполнением заказа (задержкой с отправкой заказанного товара) – дополнительные затраты на продвижение и отправку товаров того заказа, который нельзя выполнить за счет имеющихся товарно-материальных запасов;
- издержки в связи с потерей сбыта – в случаях, когда постоянный заказчик обращается за данной покупкой в какую-то другую фирму (такие издержки измеряются в показателях выручки, потерянной из-за неосуществления торговой сделки);
- издержки в связи с потерей заказчика – в случаях, когда отсутствие запасов оборачивается не только потерей той или иной торговой сделки, но и тем, что заказчик начинает постоянно искать другие источники снабжения (такие издержки измеряются в показателях выручки, которую можно было бы получить от реализации всех потенциальных сделок заказчика с фирмой).

Первые два вида относятся, очевидно, к числу так называемых «временных издержек фирмы в результате принятия альтернативного курса». Третий же вид издержек трудно вычислить, поскольку гипотетические заказчики разные и соответствующие издержки тоже. Однако для фирм важно, чтобы оценка данного вида издержек была как можно ближе к сумме затрат, которые могли бы иметь место в действительности.

Следует иметь в виду, что стоимость дефицита запасов больше, чем просто цена упущенных торговых сделок или нереализованных заказов. В нее входят и потери времени на изготовление продукции, и потери рабочего времени, и, возможно, потери времени из-за дорогостоящих перерывов в производствах при переходах между сложными технологическими процессами.

Логистика, имея целью повышение эффективности функционирования организаций и экономики в целом, занимается управлением потоками материальных ресурсов. Предметом изучения являются не сами материальные ресурсы как таковые, а их движение в пространстве и во времени. Под движением при этом понимается непрерывное изменение состояния материальных ресурсов по количеству, качеству, месту нахождения. Именно движение как предмет исследования позволило логистике занять место самостоятельной науки.

Независимо от того, являются ли материальные потоки внешними по отношению к организации или внутренними, при фиксации места их нахождения мы сталкиваемся с понятием запасов. Можно сказать, что запас – это форма существования материального потока.

Фиксация места нахождения запаса не ограничивает второго параметра движения – времени. Особенностью логистики является изучение запаса как постоянно меняющегося во времени объекта. Актуален и вопрос трансформации запасов из одного вида в другой, связанный с изменением их пространственного положения.

## 2.1.2 Виды запасов

Вопрос классификации запасов необходим для решения по крайней мере двух задач:

- конкретизации объекта исследования в рамках заданного материального потока;
- управления запасами в рамках заданной логистической системы.

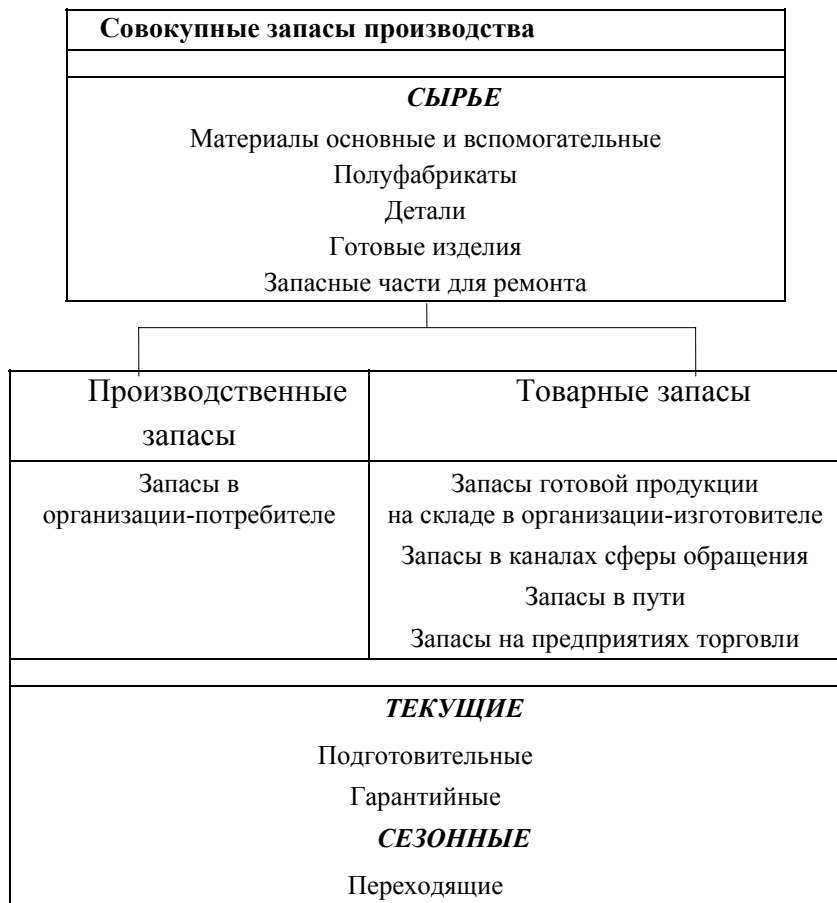
Не существует принципиального различия в процессе работы с запасами продуктов различного вида (сырье, материалы, комплектующие, готовая продукция), так как единственная функция запаса – обеспечение потребности. Определяющим для размера запасов является характер потребности запаса продукта данного вида. Вид запаса зависит от потребности, которую удовлетворяет запас.

В зависимости от целевого назначения они подразделяются на следующие категории:

- 1) технологические (переходные) запасы, движущиеся из одной части логистической системы в другую;
- 2) текущие (циклические) запасы, создаваемые в течение среднестатистического производственного периода, или запасы объемом в одну партию товаров;
- 3) резервные (страховые или «буферные»); иногда их называют «запасами для компенсации случайных колебаний спроса» (к этой категории запасов относятся также спекулятивные запасы, создаваемые на случай ожидаемых изменений спроса или предложения на ту или иную продукцию, например, в связи с трудовыми конфликтами, повышением цен или отложенным спросом).

Критериями классификации могут стать параметры, определяющие понятие движения: пространство и время. Параметр количества запасов неотделим от параметра времени. Параметр качества запасов связан с конкретной потребностью и не приводит к выделению видов запасов.

Классификация по месту нахождения приведена на рис 2.1.



**Рис. 2.1 Виды запасов по месту нахождения и исполняемым функциям**

Все запасы, имеющиеся в экономике, определены как совокупные. Производственные запасы формируются в организациях-потребителях. Товарные запасы находятся у организаций-изготовителей на складах готовой продукции, а также в каналах сферы обращения. Запасы в каналах сферы обращения разбиваются на запасы в пути и запасы на предприятиях торговли. Запасы в пути находятся на момент учета в процессе транспортировки от поставщиков к потребителям.

Каждая отдельная организация в логистической цепочке поставщиков и потребителей является, с одной стороны, организацией-поставщиком, а с другой – организацией-изготовителем. Следовательно, производственные и товарные запасы всегда имеются на предприятии.

Классификация по исполняемой функции запасов позволяет расчленить производственные и товарные запасы на несколько групп. В то же время производственные и товарные запасы в целом имеют свои специфические функции.

Производственные запасы предназначены для производственного потребления. Они должны обеспечивать бесперебойность производственного процесса. Производственные запасы учитываются в натуральных, условно-натуральных и стоимостных измерителях. К ним относятся предметы труда, поступившие к потребителю различного уровня, но еще не использованные и не подвергнутые переработке.

Товарные запасы необходимы для бесперебойного обеспечения потребителей материальными ресурсами.

Производственные и товарные запасы подразделяются на текущие, подготовительные, гарантийные, сезонные, переходящие.

- *Текущие* – обеспечивают непрерывность снабжения производственного процесса между двумя поставками, а организаций торговли и потребителей. Текущие запасы составляют основную часть производственных и товарных запасов. Их величина постоянно меняется.

- *Подготовительные* – выделяются из производственных запасов при необходимости дополнительной их подготовки перед использованием в производстве. Подготовительные запасы товарных средств производства формируются в случае необходимости подготовить материальные ресурсы к отпуску потребителям.

- *Гарантийные* – предназначены для непрерывного снабжения потребителя в случае непредвиденных обстоятельств: отклонения в периодичности и в величине партий поставок от запланированных, изменения интенсивности потребления, задержки поставок в пути. В отличие от текущих запасов размер гарантийных запасов – величина постоянная. При нормальных условиях работы эти запасы неприкосновенны.

- *Сезонные* – образуются при сезонном характере производства продуктов, их потребления или транспортировки. Сезонные запасы должны обеспечить нормальную работу организации во время сезонного перерыва в производстве, потреблении или транспортировке продукции.

- *Переходящие* – это остатки материальных ресурсов на конец отчетного периода. Они предназначаются для обеспечения непрерывности производства и потребления в отчетном и следующем за отчетным периоде до очередной поставки.

Классификация по времени позволяет выделить различные количественные уровни запасов (рис. 2.2).

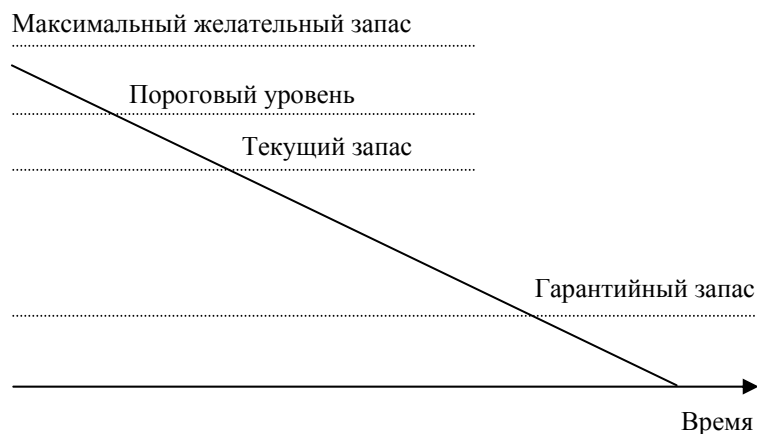


РИС. 2.2 ВИДЫ ЗАПАСОВ ПО ВРЕМЕНИ УЧЕТА

Максимальный желательный запас определяет уровень запаса, экономически целесообразный в данной системе управления запасами. Этот уровень может превышать. В различных системах управления запасами максимальный желательный запас используется как ориентир при расчете объема заказа.

Пороговый уровень запаса используется для определения момента выдачи очередного заказа.

Текущий запас соответствует уровню запаса в любой момент учета. Он может совпасть с максимальным желательным уровнем, пороговым уровнем или гарантийным запасом.

Гарантийный запас аналогичен гарантийному запасу в классификации по исполняемой запасом функции и предназначен для непрерывного снабжения потребителя в случае непредвиденных обстоятельств.

Можно также выделить неликвидные запасы – длительно неиспользуемые производственные и товарные запасы. Они образуются вследствие ухудшения качества товаров во время хранения, а также морального износа.

### 2.1.3 Основная модель управления запасами

#### 2.1.3.1 УРАВНЕНИЕ ОБЩЕЙ СТОИМОСТИ

Необходимо построить модель, которая описывает издержки, связанные с наличием запасов, за весь период их хранения. Длительность этого периода значения не имеет: это может быть один день, месяц, год и т.д. В данном случае мы выберем период, равный одному году. Введем следующую систему обозначений:

- $D$  – ежегодный спрос на запас продукции;
- $C_o$  – переменная стоимость подачи одного заказа;
- $C_h$  – переменная стоимость хранения единицы продукции в запасе;
- $C$  – цена покупки единицы продукции в запасе;
- $q$  – объем заказа, единиц продукции/заказа.

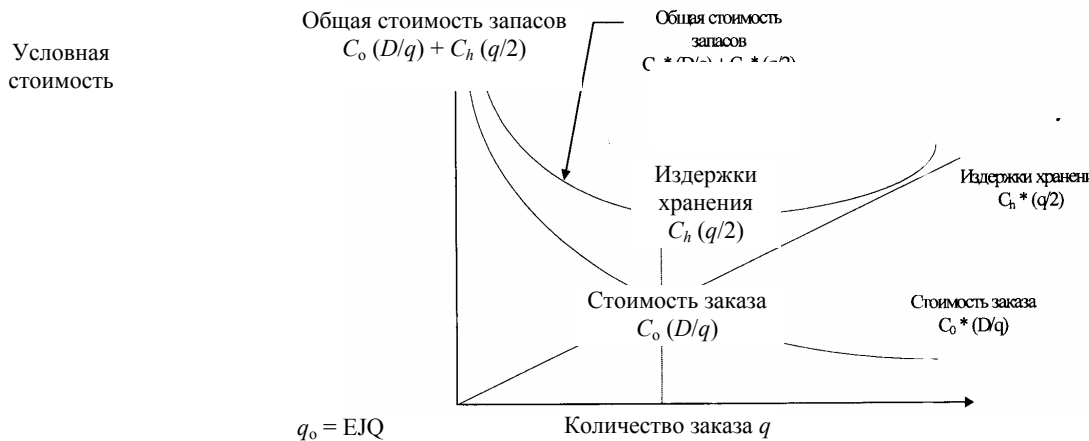
*Общая стоимость запасов в год = Общая стоимость подачи заказа в год + Общая стоимость хранения запасов в год.*

Рассмотрим каждую из составляющих этого уравнения в отдельности.

- **Ежегодная стоимость подачи заказа.** Если потребность в продукции составляет  $D$  единиц в год, а каждый заказ подается на партию в  $q$  единиц, тогда ежегодное количество заказов составит  $(D/q)$ , рис. 2.3:

*Ежегодная стоимость подачи заказов = Стоимость подачи одного заказа × Число заказов, подаваемых ежегодно =  $C_o (D/q)$ .*

• **Ежегодная стоимость хранения запасов.** При расчете этой стоимости обычно исходят из среднего количества продукции, которая составляет запас в течение одного цикла. В простейшей ситуации, которую мы рассматриваем, уровень запасов измеряется линейно и принадлежит промежутку от  $q$  до нуля, следовательно, средний уровень запасов равен  $(q / 2)$ . В более сложных ситуациях для расчета среднего уровня запасов используются более сложные математические методы.



**Рис. 2.3** Графическое изображение стоимости подачи заказа, издержек хранения и общей стоимости запасов

Стоимость хранения единицы продукции  $C_h$  определяется либо как фиксированная величина на весь год, либо как процент от общей стоимости единицы продукции за весь год. В различных компаниях применяются самые разнообразные методы расчета издержек в этой сфере, однако в целом  $C_h$  характеризует величину процентов с денежных ссуд, замороженных в форме запасов, стоимость повреждения или сохранности запасов, а также определенную часть общей стоимости системы хранения запасов.

$$\text{Ежегодная стоимость хранения запасов} = \text{Стоимость хранения единицы продукции в год} \times \text{Средний размер запаса} \\ = C_h(q/2).$$

Из этого следует, что общая стоимость запаса единицы продукции в год определяется следующим образом:

$$TC = C_o(D/q) + C_h(q/2).$$

Данное уравнение называется уравнением общей стоимости основной модели управления запасами.

### 2.1.3.2 ОПТИМАЛЬНЫЙ РАЗМЕР ЗАКАЗА $Q_0$

Для определения оптимального значения  $q$  используем операцию дифференцирования следующим образом:

$$TC = C_o(D/q) + C_h(q/2),$$

**ТС ПРИНИМАЕТ МИНИМАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ, КОГДА**

$$\frac{dTC}{dq} = 0 \text{ и } \frac{d^2TC}{dq^2} > 0;$$

$$\frac{dTC}{dq} = -C_o \frac{D}{q^2} + C_h \frac{1}{2} \text{ и } \frac{d^2TC}{dq^2} = -2C_o \frac{D}{q^3} + 0 > 0, \text{ если } q > 0.$$

Положим,  $\frac{dTC}{dq} = 0$ , тогда

$$-C_o \frac{D}{q^2} + C_h \frac{1}{2} = 0, \quad C_o \frac{D}{q^2} = C_h \frac{1}{2};$$

следовательно,

$$q^2 = \frac{2C_o D}{C_h}; \quad q_o = \sqrt{\frac{2C_o D}{C_h}}.$$

Таким образом,  $TC$  принимает минимальное значение, если  $q_o = \sqrt{\frac{2C_o D}{C_h}}$ . Полученный объем заказа называют экономичным размером заказа (ЕОQ). Если в течение года с равными интервалами заказывать данное количество продукции, то стоимость хранения будет минимальной.

Полезно воспользоваться графическим представлением уравнения общей стоимости и его компонент. Издержки хранения пропорциональны размеру заказа, следовательно, их график представляет собой прямую, проходящую через начало координат. Стоимость подачи заказа пропорциональна величине  $1/q$ .

Нетрудно заметить, что если размер заказа невелик, то стоимость подачи заказа является доминирующей – в этом случае заказы подаются часто, но на небольшое количество продукции. Если размер заказа является достаточно большим, основной компонентой становится стоимость хранения – делается небольшое число заказов, размер которых достаточно велик.

Экстремальная точка на графике уравнения общей стоимости соответствует ситуации, когда оба вида издержек равны друг другу. Этот факт может оказаться полезным при проверке расчетов ЕОQ. Кроме того, можно отметить, что в критической точке кривая общей стоимости заметно выравнивается. Это означает, что в данной области общая стоимость не обладает высокой чувствительностью по отношению к изменениям в размере заказа. После того, как получено значение ЕОQ, остается еще, как правило, несколько значений, поэтому можно выбрать необходимый размер заказа, не приводящий к значительному увеличению его общей стоимости.

### 2.1.3.3 Уровень и интервал повторного заказа

Если время поставки заказа от поставщика составляет  $L$  недель, то в течение поставки будет использоваться  $L(D/52)$  единиц продукции, составляющей запас, в предположении, что в году 52 недели. Поскольку величина спроса постоянна, количество продукции, которое используется в течение поставки заказа, является одновременно и уровнем повторного заказа. Таким образом, новый заказ следует подавать, когда уровень запасов снижается до величины  $L(D/52)$ . В этом случае новый заказ будет получен в тот момент, когда уровень запасов станет равным нулю. (Рис. 2.4).

В течение года потребуется  $D/q$  заказов с равными интервалами, следовательно, новый цикл заказа, всегда начинается в точке

$$\frac{1 \text{ год}}{(D/q) \text{ заказов}} = q/D \text{ лет}.$$

Так как все циклы заказов одинаковы, интервал повторного заказа также будет равен  $(q/D)$  лет.

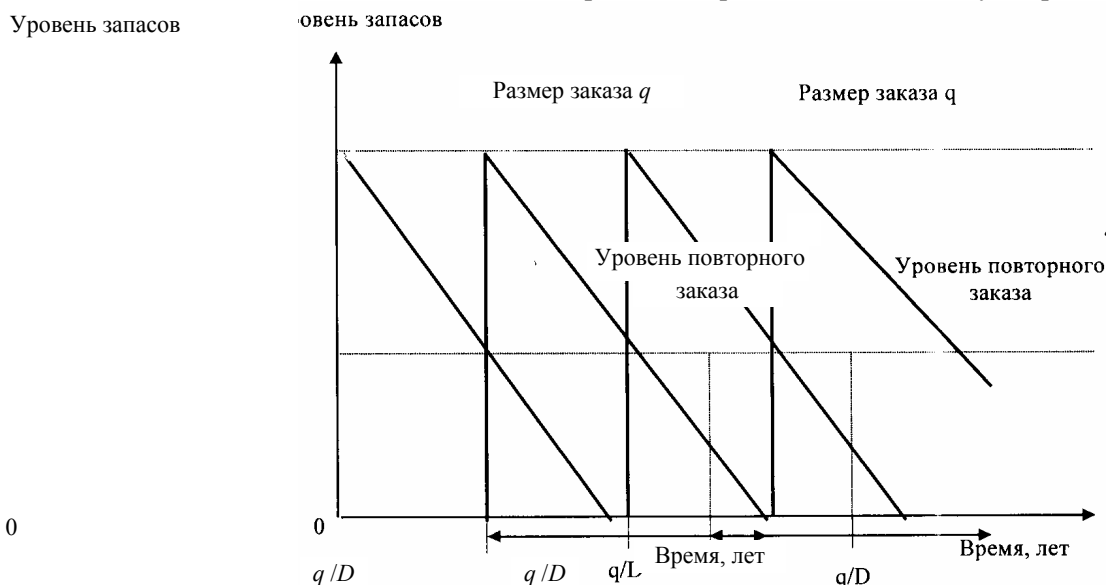
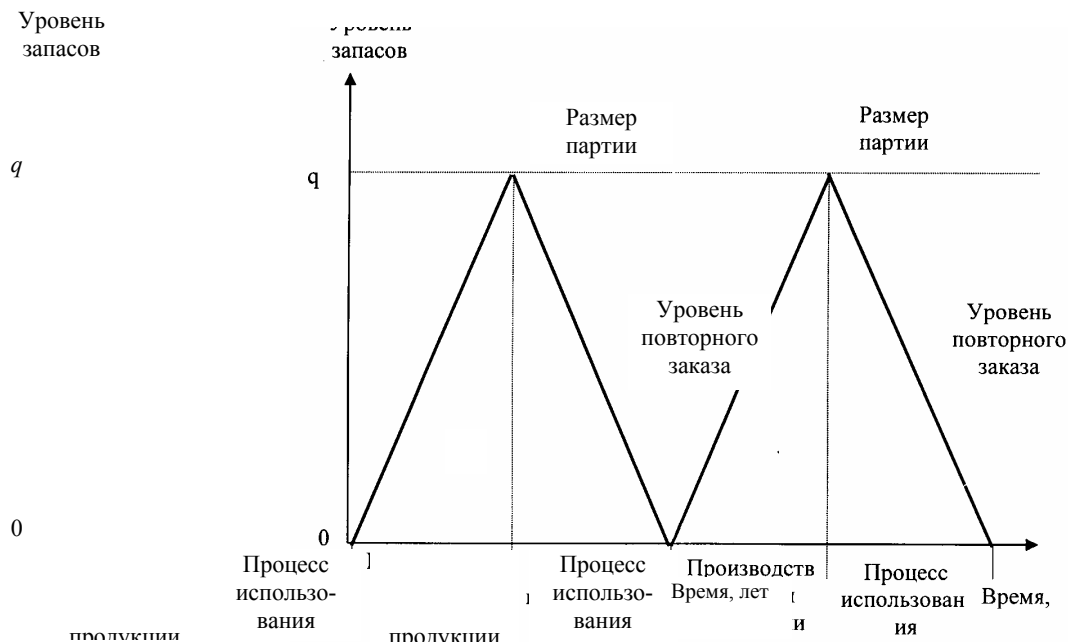


Рис. 2.4 Уровень и интервал повторного заказа

### 2.1.3.4 Модель экономичного размера партии

Компании, специализирующиеся на выпуске различных видов товаров, могут организовать технологический процесс не на непрерывной основе, а на основе производства партий продукции (рис. 2.5). Например, на хлебопекарном предприятии может быть принято решение о производстве партий больших батончиков из непросеянной муки, затем – партии маленьких булочек, за которой должна следовать партия ячменных лепешек. Если в компании используется производство продукции партиями, то приходится решать вопрос о размере партии продукции, производимой в течение одного производственного цикла, и о том, с какой частотой следует производить партию определенной продукции. Возникающие трудности аналогичны проблемам, связанным с определением экономического размера заказа. Вместо заказа определенного количества продукции у внешнего поставщика рассматривается объем производства определенной продукции.



**Рис. 2.5 Модель экономического размера партии**

Таким образом, стоимости заказа, которая фигурировала в изложенной выше модели, соответствует стоимости организации процесса производства партии продукции.

$$\begin{aligned} \text{Общая ежегодная стоимость производства} &= \\ &= \text{Ежегодная стоимость организации технологического} \\ &\quad \text{процесса} + \text{Годовая сумма издержек хранения.} \end{aligned}$$

Если через  $C_s$  обозначить стоимость организации каждого производственного цикла, то тогда

$$TC = C_s (D/q) + C_h (q/2),$$

где  $q$  – размер партии продукции.  $TC$  принимает свое минимальное значение, если

$$q_0 = + \sqrt{\frac{2C_s D}{C_h}}.$$

Полученное оптимальное количество продукции в партии называют экономичным размером партии (EBQ).

#### 2.1.4 Скидка на количество

При подаче заказа внешнему поставщику цена, назначаемая на тот или иной товар, может зависеть от объема покупки. На заказы большого объема обычно предоставляются скидки. Необходимо выяснить, как повлияет предоставление скидки на общую стоимость. Заказы на более крупные партии продукции повлекут за собой увеличение стоимости запасов (стоимость заказа плюс издержки хранения), однако данное увеличение может быть до некоторой степени компенсировано снижением закупочной цены (рис.2.6).

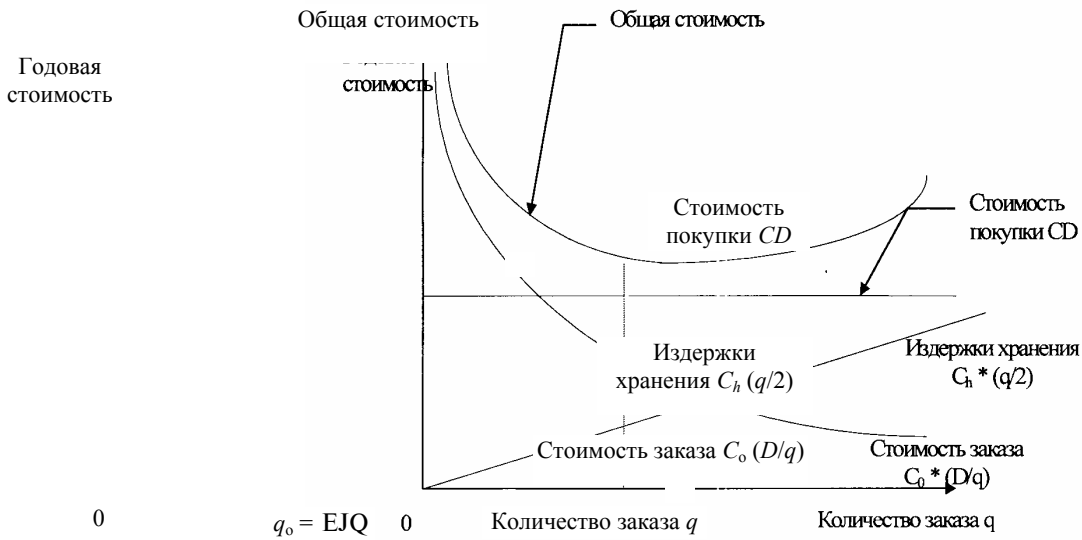


Рис. 2.6 Ежегодная стоимость покупки запасов продукции

Если принять во внимание стоимость закупки продукции, то уравнение общей стоимости примет вид:

$$\text{Общая стоимость закупки и запасов} = \frac{C_o D}{q} + \frac{C_h q}{2} + CD \quad (\text{денежных единиц в год}),$$

где  $C$  – закупочная цена единицы продукции. Если цена закупки постоянна и не зависит от  $q$ , ее включение в уравнение общей стоимости приводит к перемещению графика этого уравнения параллельно оси  $q$ , не изменяя при этом его формы.

Как правило, стоимость покупки значительно превосходит по величине общую стоимость запасов.

Если товар реализуется по цене  $C$  за единицу, но для заказов, размер которых превышает некоторую величину  $q_1$ , предоставляется скидка, в соответствии с которой цена за единицу продукции снижается до величины  $C_1$ , то изменение общей стоимости будет происходить по схеме, изображенной на рис. 2.7.

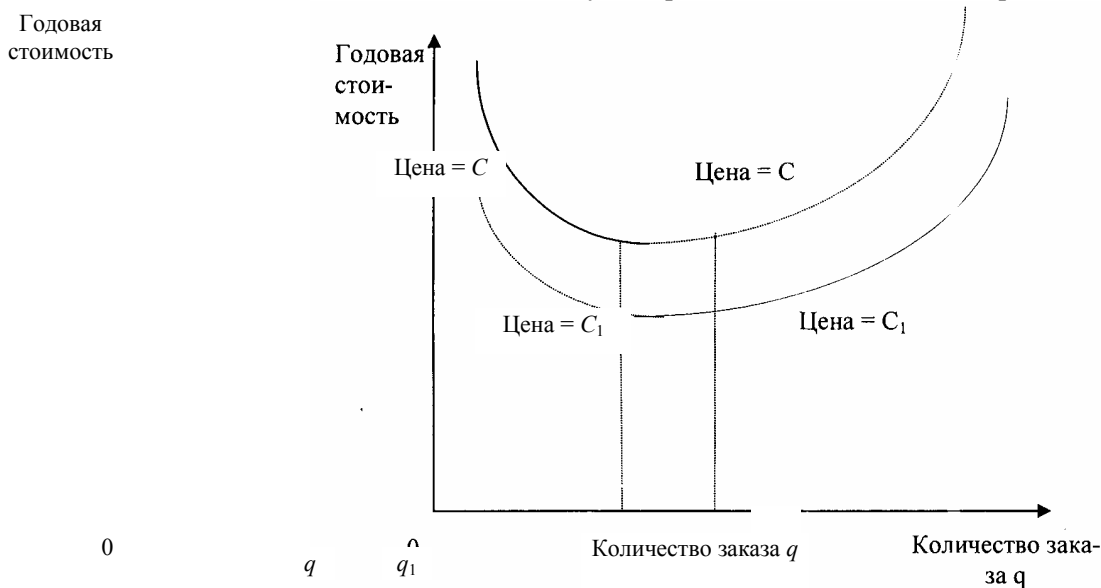


РИС. 2.7 ВЛИЯНИЕ СКИДКИ НА ЕЖЕГОДНУЮ СТОИМОСТЬ ПОКУПКИ И ЗАПАСОВ ПРОДУКЦИИ

Если для заказов, размер которых превышает величину  $q_2$ , существует дополнительная скидка, позволяющая снизить цену за единицу продукции до величины  $C_2$ , общая картина будет примерно такой, как показано на рис. 2.8.

Очевидно, предоставление скидок выгодно для определенного интервала размера заказа. Уровень заказа, начиная с которого устанавливается скидка, называется уровнем, нарушающим цену.



Годовая  
стоимость

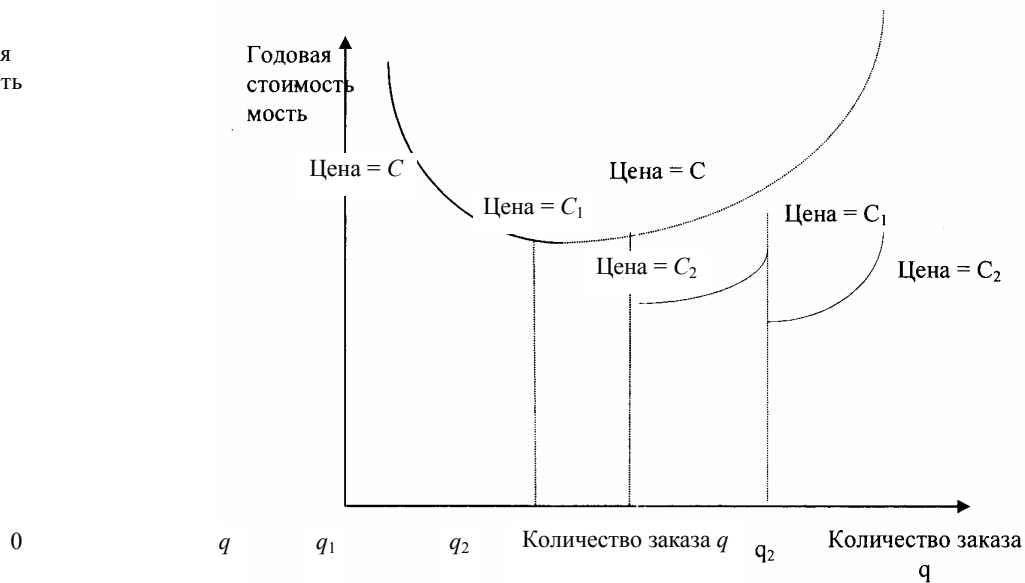


РИС. 2.8 ВЛИЯНИЕ НА ЕЖЕГОДНУЮ СТОИМОСТЬ ПОКУПКИ И ЗАПАСОВ ПРОДУКЦИИ ДВУХ СКИДОК НА КОЛИЧЕСТВО

На рисунке изображены три кривые, каждая из которых соответствует определенной цене закупки единицы продукции —  $C$ ,  $C_1$  и  $C_2$  (О.А.). Однако, использоваться могут лишь некоторые части данных кривых. Если значение  $q$  в экстремальной точке кривой не включается в интервал предоставления скидки, то данная экстремальная точка уже не соответствует оптимальному размеру заказа. Чтобы определить оптимальное значение  $q$  в данном случае, на первом этапе, не принимая во внимание ограничения на величину  $q$ , для каждого уровня цен найдем размер заказа, которому соответствует минимальное значение стоимости. Если полученное значение  $q$  попадает в интервал предоставления скидки, то оно является оптимальным размером заказа. Если же значение  $q$  в экстремальной точке меньше нижней границы интервала предоставления скидки, то производится пересчет общей стоимости для наименьшего возможного значения  $q$ , которое принадлежит интервалу предоставления скидки на цену закупки.

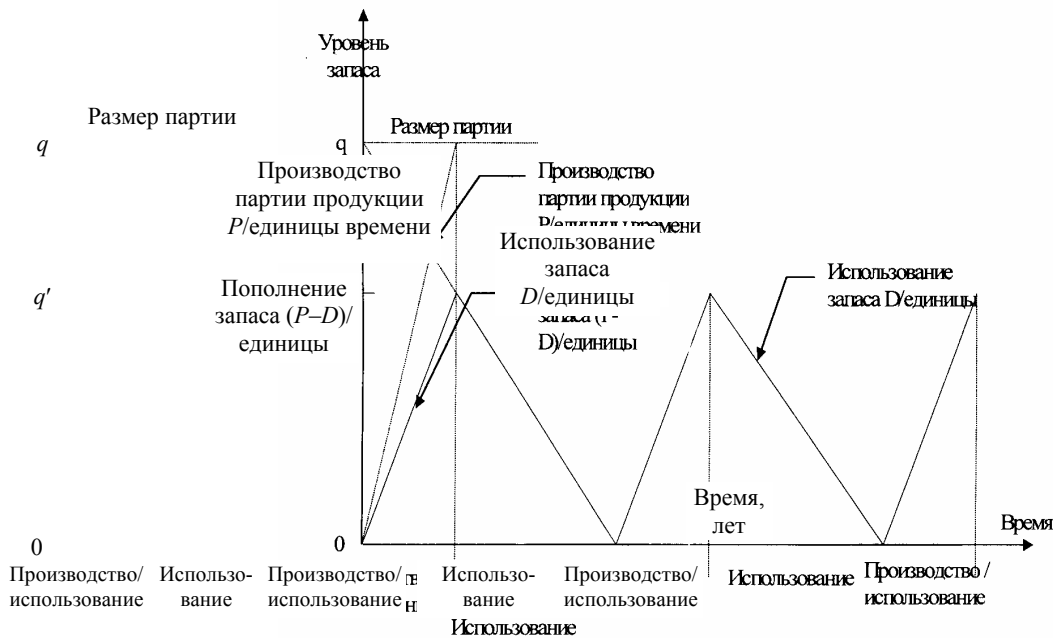
### 2.1.5 Другие модели управления запасами

В исследуемых ранее ситуациях предполагалось, что отсутствие запасов недопустимо. Между тем во многих случаях гораздо дешевле допустить отсутствие запаса, чем поддерживать его уровень, необходимый для того, чтобы избежать отсутствия продукции в запасе. Существуют различные пути адаптации основной модели к различным изменениям исходных условий.

#### 2.1.5.1 МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДСТВА ПАРТИИ ПРОДУКЦИИ

Предположим, что на некотором станке производится партия деталей, часть которых сразу же используется на другом станке, имеющем более низкую производительность. Оставшаяся часть деталей находится в запасе до тех пор, пока эти детали не понадобятся для другого станка.

Уровень  
запаса



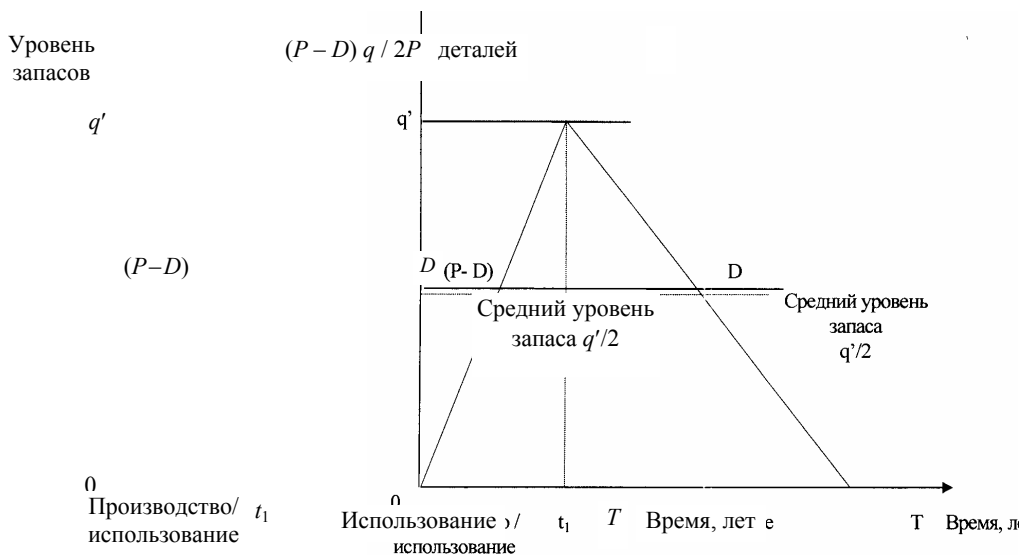
**Рис. 2.9** Изменение уровня запасов

В данном случае не происходит единовременного пополнения всего запаса, и его уровень не изменяется скачкообразно от 0 до  $q$ , напротив, запас равномерно возрастает в течение периода работы первого станка, а затем, по мере использования запасов для работы второго станка, начинает убывать. Производительность первого станка равна  $P$ , а темп использования запасов равен  $D$ , причем  $P \geq D$ . Как показано на рис. 2.9, уровень запасов изменяется во времени.

Каково оптимальное значение размера партии продукции  $q$  для первого станка? С какой частотой следует выпускать партии продукции? Общая переменная стоимость партии продукции за год  $ТС$  включает в себя стоимость производственного цикла и издержки хранения. Следовательно,

$$\begin{aligned}
 TC &= C_s \times \text{Число партий в год} + C_h \times \text{Средний уровень запаса}, \\
 &\quad \text{Число партий продукции в год} = \\
 &= \text{Ежегодный спрос} / \text{Размер партии} = D/q.
 \end{aligned}$$

Для того чтобы найти средний уровень запаса, рассмотрим более подробно один цикл запаса (рис. 2.10).



**Рис. 2.10** Средний уровень запаса в модели производства партии продукции

Размер партии деталей равен  $q$ , однако, поскольку детали используются по мере их изготовления, максимальный уровень запасов  $q'$  меньше, чем  $q$ . Если выпуск деталей осуществляется с ежегодной производительностью  $P$ , потребление – с ежегодным темпом  $D$  ( $P \geq D$ ), то темп пополнения запасов равен  $(P-D)$ . Как и в модели EOQ, средний уровень запаса составляет половину его максимального уровня.

Если производственный цикл длится  $t_1$  лет, то общий объем продукции, производимый в течение цикла, определяется по формуле

$$q = P t_1,$$

следовательно,  $t_1 = q/P$  лет.

Максимальный уровень запасов равен  $(P-D)t_1$  деталей. Подставив в данное соотношение найденное выражение для  $t_1$ , получим, что максимальный уровень запасов составляет  $(P-D)(q/P)$  деталей. Таким образом, средний уровень запасов равен

$$(P-D)q/2P \text{ деталей.}$$

Теперь мы можем вывести уравнение общей переменной стоимости:

$$TC = C_s \frac{D}{q} + C_h \frac{(P-D)q}{2P} \text{ \u041e.\u0410. в год.}$$

Минимальное значение TC достигается, когда

$$\frac{dTC}{dq} = 0 \text{ и } \frac{d^2TC}{dq^2} > 0,$$

$$\frac{dTC}{dq} = \frac{-C_s D}{q^2} + \frac{C_h(P-D)}{2P} \text{ и } \frac{d^2TC}{dq^2} = \frac{2C_s D}{q^3} > 0, \text{ если } q > 0.$$

Если  $\frac{dTC}{dq} = 0$ , то  $C_s \frac{D}{q^2} = C_h \frac{(P-D)}{2P}$ ,

следовательно,  $q^2 = \frac{2C_s D P}{C_h (P-D)}$ .

Теперь можно найти экономичный размер партии, минимизирующий общую переменную стоимость производства:

$$q = \sqrt{\frac{2C_s D}{C_h} \frac{P}{(P-D)}} = \sqrt{\frac{P}{(P-D)}} \times EBQ.$$

### 2.1.5.2 МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ ДЕФИЦИТА

В некоторых случаях издержки хранения продукции являются гораздо более высокими, чем любые издержки, связанные с отсутствием запаса в течение небольшого промежутка времени. Можно построить модель управления запасами, в которой предусматриваются регулярные периоды, в течение которых запас отсутствует (рис. 2.11).

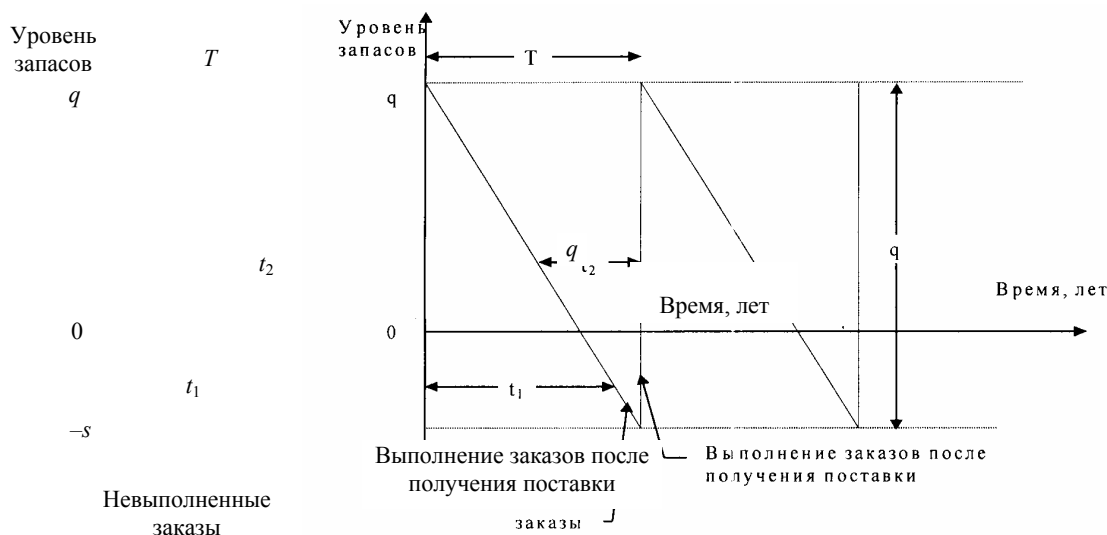


Рис. 2.11 Планирование дефицита – после получения новых поставок заказы покупателей выполняются

Возможны два случая:

• В первом из них спрос на продукцию, возникающий в период отсутствия запаса, остается неудовлетворенным. Администрация супермаркета, к примеру, может принять решение о снижении уровня запасов крупногабаритной продукции, которая хранится на складах. Это решение приведет к тому, что в каждом цикле в течение нескольких дней запасов данной продукции не будет. Из-за снижения объемов продаж и в некотором смысле потери доверия клиентов появятся определенные издержки. Администрация супермаркета будет вынуждена сопоставить эти издержки и величину экономии, полученной вследствие отсутствия запасов продукции.

• Возможен и другой пример. Пусть в магазине по продаже электротоваров принимается о сокращении запаса определенного вида стиральных машин, так как в этих запасах замораживается большое количество капитала. Однако в данном случае, если запасов не будет, а покупателю понадобится именно эта стиральная машина, то владелец магазина, вероятнее всего, выразит готовность принять заказ покупателя и обеспечить его необходимым товаром сразу же после получения следующих партий стиральных машин. Владелец магазина понесет некоторые затраты, связанные с поддержанием системы заказов, но и в данном случае их следует сопоставить с величиной экономии стоимости хранения запасов (рис. 2.12).

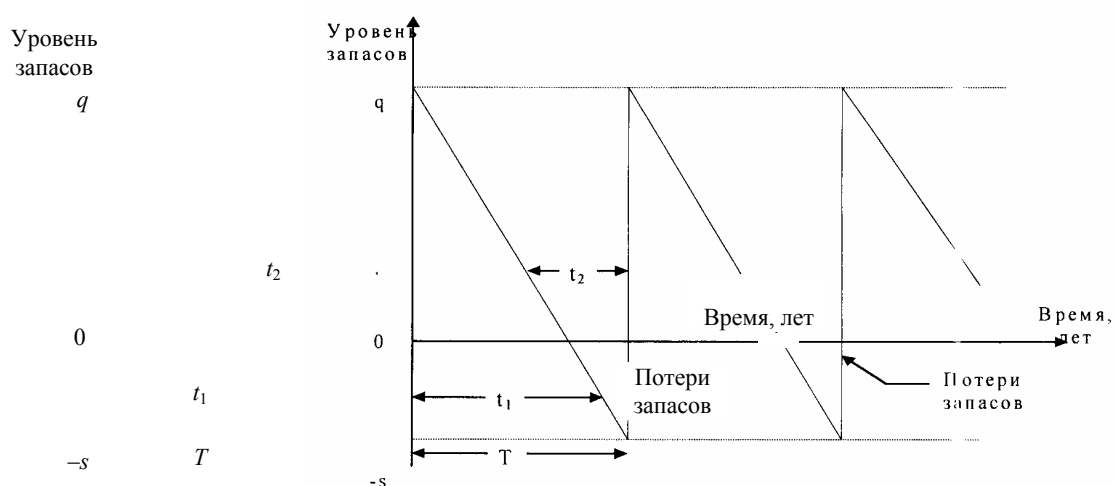


РИС. 2.12 ПЛАНИРОВАНИЕ ДЕФИЦИТА – ПОСЛЕ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ ПОСТАВОК ЗАКАЗЫ ПОКУПАТЕЛЕЙ НЕ ВЫПОЛНЯЮТСЯ

Основное различие между двумя описанными случаями состоит в том, что в первом из них после получения новых поставок заказы покупателей не выполняются, следовательно, максимальный уровень запасов совпадает с размером получаемого заказа. Во втором случае часть продукции из новой поставки идет на удовлетворение заказов клиентов, поэтому максимальный уровень запасов представляет собой разницу между размером заказа и максимальным спросом, возникающим при отсутствии запасов.

Рассмотрим сначала второй случай, предусматривающий выполнение заказов покупателей. Максимальный уровень запаса представляет собой размер заказа  $q$  за вычетом максимального значения спроса в течение периода отсутствия заказа  $S$ . Следовательно, максимальный уровень запаса равен  $(q - S)$ .

Общая переменная стоимость запасов за год  $TC$  включает в себя три компоненты:

1. Годовая стоимость подачи заказов = Стоимость подачи одного заказа  $\times$  Число заказов в год;
2. Годовые издержки хранения = Стоимость хранения единицы продукции  $\times$  Средний уровень запасов;
3. Годовые издержки отсутствия запасов = Стоимость отсутствия запасов единицы продукции  $\times$  Средний размер дефицита.

$D$  – ежегодный спрос;

$C_0$  – стоимость подачи одного заказа;

$C_h$  – стоимость хранения единицы продукции в запасе в течение года;

$C_b$  – стоимость отсутствия запаса единицы продукции в запасе в течение года;

$q$  – объем заказа, единиц продукции/заказ.

$$TC = C_0(D/q) + C_h \times \text{Средний размер запаса} + C_b \times \text{Средний размер дефицита} \quad (\text{О.А. в год}).$$

Для расчета среднего размера запасов рассмотрим один цикл запаса продолжительностью в  $T$  лет. Пусть имеющийся запас потребляется в течение  $t_1$  лет, а в течение  $t_2$  лет запас отсутствует:  $t_1 + t_2 = T$ .

В период существования запаса  $t_1$  средний уровень запаса равен  $(q - S) / 2$ . Следовательно, на складах хранится  $(q - S) / 2$  единиц продукции в среднем в течение периода  $t_1$ . В итоге получаем  $(q - S) t_1 / 2$  единиц продукции. Для оставшейся части цикла, то есть для времени  $t_2$  на складах хранится 0 единиц продукции; в итоге получаем  $0 \times t_2$  единиц продукции. Требуется найти среднее число единиц продукции, которое хранится в запасе в течение всего цикла  $T$ . Следовательно, среднее число единиц продукции, которое хранится в запасе в течение цикла запаса, составит:

$$\frac{(q - S)t_1 / 2 + 0 \times t_2}{T} = \frac{(q - S)t_1}{2T}.$$

Теперь мы можем выразить темп использования запасов  $D$  (единиц продукции в год) следующим образом:

$$D = \frac{(q - S)}{t_1} \quad \text{или} \quad D = \frac{q}{T}.$$

Следовательно,

$$t_1 = \frac{(q - S)}{D} \quad \text{и} \quad T = \frac{q}{D}.$$

Подставив найденные соотношения для  $t_1$  и  $T$  в формулу среднего уровня запасов в течение одного цикла, получим:

$$\frac{(q - S) \times (q - S) / D}{2q / D} = \frac{(q - S)^2}{2q}.$$

Для того, чтобы рассчитать средний уровень дефицита, можно использовать описанный выше алгоритм. В течение периода  $t_2$  средний размер дефицита составит  $S/2$  единиц продукции, а в период  $t_1$  его значение будет равно нулю. Поэтому среднее число недостающих единиц продукции в течение всего цикла определяется как

$$\frac{0 \times t_1 + S t_2 / 2}{T} = \frac{S t_2}{2T}, \quad D = \frac{S}{t_2},$$

следовательно,  $t_2 = S/D$ .

**Таким образом, средний размер дефицита равен**

$$\frac{S(S/D)}{2q/D} = \frac{S^2}{2q}.$$

Теперь можно определить вид уравнения общей стоимости

$$TC = \frac{C_o D}{q} + \frac{C_h (q - S)^2}{2q} + \frac{C_b S^2}{2q} \quad \text{у.е. в год.}$$

Данное уравнение отличается от полученных нами ранее тем, что оно содержит две независимые переменные:  $q$  и  $S$ . Минимальное значение  $TC$  можно найти, используя математическую процедуру дифференцирования по частям. Мы ограничимся лишь приведением ее результатов. Оптимальный размер заказа составит

$$q = \sqrt{\frac{2C_o D}{C_h} \frac{C_h + C_b}{C_b}} = \text{EOQ} \sqrt{\frac{C_h + C_b}{C_b}},$$

а максимальный размер дефицита составит

$$S = \sqrt{\frac{2C_o D}{C_b} \frac{C_h + C_b}{C_b}}.$$

Если рассматривать первый случай, в котором заказы клиентов не выполняются, то процедура анализа будет аналогична приведенному выше алгоритму, за исключением того, что максимальный размер запасов окажется равным  $q$ . Поэтому можно просто произвести замену  $(q - S)$  на  $q$ , а  $q$  на  $(q + S)$ , подставив указанные значения в

формулы расчета среднего уровня запасов и среднего размера дефицита. В этом случае уравнение общей переменной стоимости примет вид

$$TC = \frac{C_o D}{q + S} + \frac{C_h q^2}{2(q + S)} + \frac{C_b q^2}{2(q + S)} \text{ у.е. в год.}$$

Как и в предыдущем случае, применив операцию дифференцирования по частям, можно показать, что оптимальный размер заказа определяется по следующей формуле:

$$q = \sqrt{\frac{2C_o D}{C_h} \frac{C_h}{C_b + C_h}} = \text{EOQ} \sqrt{\frac{C_h}{C_b + C_h}},$$

а максимальный размер дефицита составит:

$$S = \sqrt{\frac{2C_o D}{C_b} \frac{C_h}{C_b + C_h}}.$$

### 2.1.6 Неопределенность и основная модель управления запасами

На практике многие системы управления запасами содержат элемент неопределенности как по отношению ко времени поставки, так и относительно спроса. Нетрудно также показать, что спрос изменяется во времени, то есть среднее значение спроса колеблется в течение года. Проблемы, связанные с неопределенностью времени поставки заказа и изменением значения спроса во времени, являются особенно сложными. В таких ситуациях вряд ли можно применять математические модели, которые использовались нами ранее. Необходимо привлечение других методов, например, имитационного моделирования. Однако если ограничить возрастание сложности модели, вызванное неопределенностью значений времени поставки заказа или спроса, то можно построить математическую модель, достаточно верно отражающую изложенную ситуацию. Кроме того, следует все же сделать некоторые предположения, касающиеся поведения системы. Если значение спроса не определено, предполагается, что он изменяется в соответствии с характеристиками. Эти характеристики можно получить на основе эмпирических данных, содержащих фактические значения спроса, либо можно предположить, что спрос определяется стандартными статистическими моделями, например, распределением Пуассона или нормальным распределением. Если значения спроса и времени поставки изменяются, может возникнуть ситуация, когда запас будет отсутствовать. Если же уровень повторного заказа определяется только исходя из удовлетворения среднего спроса в течение среднего времени поставки заказа, отсутствие запаса может появиться во многих циклах запаса, функционирующих в течение года.

Пусть вероятность отсутствия запасов для любого цикла равна 0,2. Если продукция, интересующая клиента, заказывается только один раз в год, то возможность нехватки запасов для каждого года небольшая. Математическое ожидание числа нехваток запаса в течение года рассчитывается следующим образом:

$$E(\text{Число нехваток запаса в год}) = \text{Число циклов запаса в году} \times \text{Вероятность отсутствия запаса в каждом цикле} = 1 \times 0,2 = 0,2.$$

Однако если в течение года подача заказа производится 50 раз, то

$$E(\text{Число нехваток запаса в год}) = 50 \times 0,2 = 10.$$

Одинаковое значение вероятности нехватки запасов для одного цикла может соответствовать всем циклам одной системы, но механически переносить его на другие системы нельзя. Необходимо определить, когда такая вероятность нехватки запасов приемлема, а когда – нет. Чтобы это выяснить, надо решить, какого уровня обслуживания предполагается достичь. Если вероятность нехватки запаса равна 0,2, то есть 20 %, то уровень обслуживания равен 80 %. Если же это не так, то следует снизить значение вероятности нехватки запасов. Это можно сделать, изменив уровень повторного заказа. Уровень повторного заказа можно увеличить, если добавить к среднему спросу в течение среднего времени поставки размер буферного, или резервного запаса:

$$\begin{aligned} \text{Уровень повторного заказа} &= \\ &= \text{Средний спрос в течение поставки заказа} + \text{Резервный запас.} \end{aligned}$$

Чем выше уровень резервного запаса, тем ниже вероятность нехватки запасов, но выше издержки их хранения. Снижение стоимости нехватки запасов должно быть компенсировано увеличением стоимости их хранения.

Выбор соответствующего размера резервного запаса зависит от конкретной цели, которую необходимо достичь. Она может состоять в достижении минимального уровня обслуживания независимо от величины связанных с этим дополнительных затрат. С другой стороны, нехватка запасов может привести к нарушению выпуска товаров первой необходимости; она может повлечь за собой дополнительные издержки производства, закупку продукции у другого поставщика по более высоким ценам, увеличение стоимости новых заказов, меньшее удовлетворение потребителя и, как следствие, более низкий спрос.

Стоимость нехватки запасов можно определить. Затем, в соответствии с критерием минимизации общей переменной стоимости запасов, можно выбрать нужное количество резервного запаса. Как правило, выделяются два типа моделей, учитывающих неопределенность:

- уровневая модель повторного заказа – заказывается фиксированное количество продукции с переменными временными интервалами, то есть в те моменты времени, когда уровень запаса уменьшается до заранее заданного значения;
- циклическая модель повторного заказа – в фиксированные временные интервала заказывается различное количество продукции.

Выбор той или иной системы определяется только изменением значений времени поставки заказа и спроса.

### **2.1.7 Другие аспекты теории управления запасами**

Большинство систем управления запасами, используемых на практике. Включает в себя сотни и даже тысячи наименований продукции. В подобной ситуации различные виды продукции должны использоваться по-разному. Целесообразно ограничить исследование теми товарами, которые обладают высокой годовой стоимостью. Одним из способов практической реализации этого положения является составление списка всех видов продукции, представляющей собой запасы, в порядке убывания годовой стоимости ее продажи. Весьма вероятно, что в данном списке появится эффект Парето, то есть около 20 % товаров составят 80 % общей стоимости. Именно этим 20 % видов продукции следует уделить первоочередное значение, внимание, поскольку, как ожидается, эти товары позволят получить наибольшую отдачу от исследования в области моделирования систем управления запасами. Внутри рассматриваемой группы товаров, имеющих высокую годовую стоимость, можно выделить различные виды продукции. Одни товары попадают в данную группу, поскольку они используются в достаточных больших количествах, другие – ввиду довольно высокой стоимости единицы продукции.

Проблемы, связанные с наличием нескольких видов продукции, могут еще более осложняться при ограничении на складские мощности или финансовые ресурсы, отпущенные на создание запасов продукции.

В магазинах наличие прилавков или свободной площади является лимитирующим фактором. В этом случае администрация должна решить, какое пространство следует выделить для каждого вида продукции. Большинство систем управления запасами включает в себя сразу несколько магазинов, например, центральный универсам и более мелкие, подчиненные ему торговые точки. В данной ситуации приходится принимать решение о том, какие товары следует хранить и продавать только в центральном универсаме, какие – только в мелких магазинах, а какие и в центральном, и в подчиненных ему магазинах. Кроме того, необходимо решить, в каком объеме и с какой частотой следует заказывать каждый вид товаров. Необходимо сопоставить издержки хранения запасов на различных уровнях с административными и транспортными расходами, связанными с частой доставкой товаров от центрального универсама в подчиненные ему магазины. Математическую модель, описывающую такого рода проблемы, можно построить только при условии принятия достаточно большого числа упрощающих предположений. Если система управления запасами является столь сложной, гораздо более полезными при ее моделировании могут оказаться не математические модели, а имитационные методы.

## **2.2 СКЛАДИРОВАНИЕ**

### **2.2.1 Роль складирования в логистической системе**

Перемещение материальных потоков в логистической цепи невозможно без концентрации в определенных местах необходимых запасов, для хранения которых предназначены соответствующие склады.

Движение через склад связано с затратами живого и овеществленного труда, что увеличивает стоимость товаров. В связи с этим проблемы, связанные с функционированием складов, оказывают значительное влияние на рационализацию движения материальных потоков в логистической цепи, использование транспортных средств и издержек обращения.

Современный крупный склад – это сложное техническое сооружение, которое состоит из многочисленных взаимосвязанных элементов, имеет определенную структуру и выполняет ряд функций по преобразованию материальных потоков, а также накапливанию, переработке и распределению грузов между потребителями. При этом возможное многообразие параметров, технологических и объемно-планировочных решений, конструкций оборудования и характеристик разнообразной номенклатуры грузов, перерабатываемых на складах, относит склады к сложным системам. В то же время склад сам является всего лишь элементом системы более высокого уровня – логистической цепи, которая и формирует основные и технические требования к складской системе, устанавливает цели и критерии ее оптимального функционирования, диктует условия переработки груза. Следовательно, склад должен рассматриваться не изолированно, а как интегрированная составная часть

логистической цепи. Только такой подход позволит обеспечить успешное выполнение основных функций склада и достижение высокого уровня рентабельности.

Необходимо иметь в виду, что в каждом отдельно взятом случае, для конкретного склада, параметры складской системы значительно отличаются друг от друга, так же как ее элементы и сама структура, основанная на взаимосвязи этих элементов. При создании складской системы всегда нужно руководствоваться следующим основным принципом: лишь индивидуальное решение с учетом всех влияющих факторов может сделать ее рентабельной. Предпосылкой является четкое определение функциональных задач и основательный анализ переработки груза как внутри, так и вне склада.

Разброс гибких возможностей необходимо ограничить благоразумными практически выгодными показателями. Это означает, что любые затраты должны быть экономически оправданными, внедрение любого технологического решения, связанное с капиталовложениями, должно исходить из рациональной целесообразности, а не из модных тенденций и предлагаемых технических возможностей на рынке.

Основное назначение склада – концентрация запасов, их хранение и обеспечение бесперебойного и ритмичного снабжения заказов и потребителей.

К основным функциям склада можно отнести следующие:

- преобразование производственного ассортимента в потребительский в соответствии со спросом – создание необходимого ассортимента для выполнения заказов клиентов;
- складирование и хранение позволяет выравнивать временную разницу между выпуском продукции и ее потреблением и дает возможность осуществлять непрерывное производство и снабжение на базе создаваемых товарных запасов. Хранение товаров необходимо также и в связи с сезонным потреблением некоторых товаров;
- унитизация и транспортировка грузов. Для сокращения транспортных расходов склад может осуществлять функцию объединения (унитизацию) небольших партий грузов для нескольких клиентов до полной загрузки транспортного средства;
- предоставление услуг, среди которых:
  - подготовка товаров для продажи;
  - проверка функционирования приборов и оборудования, монтаж;
  - придание продукции товарного вида, предварительная обработка;
  - транспортно-экспедиционные услуги.

## **2.2.2 Основные проблемы функционирования складов**

Существует несколько основных проблем, успешное решение которых может гарантировать эффективное функционирование складского хозяйства. К ним относятся:

- выбор между собственным складом или складом общего пользования,
- количество складов и размещение складской сети,
- размер и место расположения склада,
- выбор системы складирования.

### **2.2.2.1 СОБСТВЕННЫЙ СКЛАД ФИРМЫ ИЛИ СКЛАД ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ**

Первое, что должно быть рассмотрено фирмой при обеспечении себя складской площадью, – это вопрос владения складом. Существуют две основные альтернативы: приобретение складов в собственность или использование складов общего пользования. Возможна и третья альтернатива – лизинг, однако этот вариант в данном случае целесообразно рассматривать как первую альтернативу.

Выбор между вариантами или их комбинацией – одна из самых главных проблем в складировании. Комбинация собственного склада и склада общего пользования особенно привлекательна и экономически оправдана, если фирма реализует свою продукцию во многих различных регионах и в случае сезонного спроса на товар. Это решение должно быть направлено на поиск компромисса. Оба случая имеют преимущества и недостатки. При выборе одного из них обычно решающим является условие минимума затрат.

Критическим фактором экономичности склада фирмы (собственного склада) является стабильно высокий оборот. В пользу выбора собственного склада можно отнести постоянный спрос с насыщенной плотностью рынка сбыта на обслуживаемой территории. На собственных складах лучше поддерживаются условия хранения и контроля за продукцией. Руководству фирмой в таких условиях легче корректировать стратегию сбыта и повышать перечень предлагаемых клиенту услуг, что дает ему возможность укреплять свои позиции в конкурентной борьбе.

Складам общего пользования следует отдавать предпочтение при низких объемах оборота фирмы или сезонности хранимого товара. К выбору склада общего пользования прибегают в случаях, когда фирма



внедряется на новый рынок, где уровень стабильности продаж либо неизвестен, либо непостоянен. Склады общего пользования не требуют частных инвестиций фирмы в развитие складского хозяйства, к тому же сокращаются финансовые риски от владения своими собственными складами, увеличивается гибкость в потребности складской площади (можно изменять арендованные складские мощности и сроки их аренды).

### 2.2.2.2 КОЛИЧЕСТВО СКЛАДОВ И РАЗМЕЩЕНИЕ СКЛАДСКОЙ СЕТИ

Малые и средние фирмы, ограничивающие сбыт своей продукции одним или несколькими близлежащими регионами, имеют, как правило, один склад. Для крупных же фирм с большим национальным или межнациональным рынком этот вопрос оказывается очень сложным, в его решении приходится преодолевать значительные трудности.

Здесь, как и при решении первой проблемы, должен применяться метод поиска компромисса и анализ потребности складской площади в различных регионах сбыта. При этом наиболее распространены два варианта размещения складской сети – централизованное (наличие в основном одного крупного склада) и децентрализованное – рассредоточение ряда складов в различных регионах сбыта. Естественно, вопрос об увеличении числа складов связан с изменением затрат.

Территориальное размещение складов и их количество определяется мощностью материальных потоков и их рациональной организацией, спросом на рынке сбыта, размерами региона сбыта и концентрацией в нем потребителей, относительным расположением поставщиков и покупателей, особенностями коммуникационных связей и т.д.

Следует иметь в виду, что задача размещения и формирования складской сети, как и почти любая логистическая задача, – оптимизационная, поскольку, с одной стороны, строительство новых и покупка действующих складов и их эксплуатация связаны со значительными капиталовложениями, а с другой – нужно обеспечить, наряду с повышением уровня обслуживания потребителей, сокращение издержек обращения в зависимости от приближения к своим клиентам.

График (рис. 2.13) показывает зависимость затрат от увеличения количества складов в логистической системе сбыта. При увеличении числа складов в системе транспортные затраты и стоимость упущенной выгоды от продаж уменьшаются, но в то же время происходит одновременное увеличение стоимости запасов и расходов на хранение.

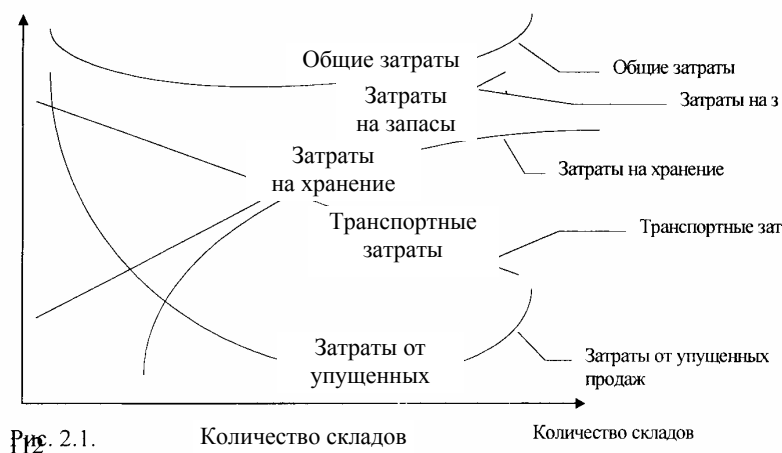


Рис. 2.1.

Количество складов

Количество складов

**Рис. 2.13 Логистические затраты и их зависимость от количества складов**

Транспортные расходы уменьшаются пропорционально увеличению загрузки транспортного средства. Увеличение числа складов приближает его к потребителю, а значит, сокращается расстояние доставки, что и приводит к уменьшению транспортных расходов.

Стоимость складирования возрастает, так как расходы на эксплуатацию при хранении груза на складе будут увеличиваться пропорционально числу складов. Аналогично происходит и увеличение общих запасов, хранящихся на складах, и связанных с этим затрат.

При максимальном приближении складов к их потребителям появляется возможность более четко выполнять заказы клиентов, быстрее реагировать на изменения их потребностей, что в итоге позволяет сократить расходы от упущенных продаж. Это тем более актуально в распределительной системе, где клиентом выступает розничная сеть, стремящаяся к сокращению собственных складских издержек и предпочитающая заказы мелкими партиями, но с более частой периодичностью поставок.

Среди факторов, влияющих на количество складов, можно выделить:

- уровень обслуживания клиентов,
- транспортное обслуживание,
- частота и ритмичность поставок малыми партиями.

### 2.2.2.3 РАЗМЕР СКЛАДА И ЕГО РАСПОЛОЖЕНИЕ

Эта проблема очень близка по своей сути к предыдущему вопросу о выборе числа складов и размещении складской сети.

Если фирма считает целесообразным воспользоваться складом общего пользования, условия аренды могут корректироваться в зависимости от меняющихся интересов фирмы, то есть с изменением рынка сбыта могут выбираться соответствующий склад в данном регионе и необходимая складская площадь.

Наиболее сложно обстоит дело в отношении собственного склада фирмы, когда речь идет или о строительстве нового склада, или о покупке действующего. Такое решение должно стать результатом исследований и расчетов, где определяющее значение имеет вопрос об эффективности функционирования склада и его экономической целесообразности в процессе дальнейшей эксплуатации.

При определении складских мощностей необходимо учитывать требования, предъявляемые к условиям и срокам хранения конкретного вида сырья, материалов, готовой продукции.

Для хранения таких видов сырья, как уголь или песок, требования к складским мощностям могут быть удовлетворены предоставлением открытой площадки, содержание которой связано с незначительными затратами. При этом учитывается, что ущерб, который может быть нанесен сырью, оценивается в соответствии с тем, что стоимость самого сырья ниже стоимости готовой продукции. В то же время для хранения комплектующих, незаконченной и готовой продукции, стоимость которых высока, требуются специальные складские здания и сооружения, обеспечивающие их сохранность от внешних атмосферных воздействий, порчи, кражи. Естественно, что эксплуатация таких площадей обходится во много раз дороже.

Точность в расчетах складского пространства во многом зависит от правильного прогноза спроса на продукцию данного склада и определения необходимых запасов (выраженных в натуральных величинах). Эта задача достаточно просто решается с помощью существующих компьютерных программ, которые анализируют множество возможных вариаций.

При выборе места расположения склада из числа конкурентоспособных вариантов оптимальным считается тот, который обеспечивает минимум суммарных затрат на строительство и дальнейшую эксплуатацию склада и транспортные расходы по доставке и отправке грузов.

Затраты на транспорт включают первоначальные капиталовложения на развитие транспортной сети (на строительство и реконструкцию подъездных дорог, приобретение подвижного состава, строительство гаражей, объектов ремонтного хозяйства и т.д.) и эксплуатационные расходы по доставке и отправке грузов (расходы, связанные с транспортировкой груза, содержанием и ремонтом транспортных средств, устройств и объектов).

Расходы на строительство и эксплуатацию складов включают, в первую очередь, затраты на строительство здания (сооружения) и

приобретение оборудования, а также затраты, связанные с их дальнейшей эксплуатацией (содержание и ремонт здания и

оборудования, расходы на зарплату, электроэнергию и т.д.). При увеличении мощности и размеров складов удельные

капитальные затраты на 1 т грузооборота и запасы хранения сокращаются, что говорит в пользу строительства более крупных складов.

Однако, с другой стороны, это чаще всего влечет за собой сокращение числа складов, а, следовательно, увеличение транспортных

расходов при доставке.

### 2.2.2.4 ВЫБОР СИСТЕМЫ СКЛАДИРОВАНИЯ

Эта задача особенно актуальна в условиях эксплуатации собственного склада предприятия, поскольку правильный выбор системы складирования позволяет добиться максимального использования складских мощностей, а значит, сделать функционирование склада рентабельным. С такой задачей руководство фирмы сталкивается не только в момент строительства склада, но и в процессе его дальнейшей эксплуатации. Вопрос о выборе системы складирования будет рассмотрен ниже.

### 2.2.3 Логистический процесс на складе

Логистический процесс на складе весьма сложен, поскольку требует полной согласованности функций снабжения запасами, переработки груза и физического распределения заказов. Практически логистика на складе

охватывает все основные функциональные области, рассматриваемые на микроуровне. Поэтому логистический процесс на складе гораздо шире технологического процесса и включает:

- снабжение запасами,
- контроль за поставками,
- разгрузку и приемку грузов,
- внутрискладскую транспортировку и перевалку грузов
- складирование и хранение грузов,
- комплектацию (комиссионирование) заказов клиентов и отгрузку,
- транспортировку и экспедицию заказов,
- сбор и доставку порожних товароносителей,
- контроль за выполнении заказов,
- информационное обслуживание склада,
- обеспечение обслуживания клиентов (оказание услуг).

Функционирование всех составляющих логистического процесса должно рассматриваться во взаимосвязи и взаимозависимости. Такой подход позволяет не только четко координировать деятельность служб склада, он является основой планирования и контроля за продвижением груза на складе с минимальными затратами.

Условно весь процесс можно разделить на три части:

- 1) операции, направленные на координацию службы закупки;
- 2) операции, непосредственно связанные с переработкой груза и его документацией;
- 3) операции, направленные на координацию службы продаж.

• *Координация службы закупки* осуществляется в ходе операций по снабжению запасами и посредством контроля за ведением поставок. Основная задача снабжения запасами состоит в обеспечении склада товаром (или материалом) в соответствии с возможностями его переработки на данный период при полном удовлетворении заказов потребителей. Поэтому определение потребности в закупке запасов должно вестись в полной согласованности со службой продаж и имеющейся мощностью склада.

• *Учет и контроль за поступлением запасов и отправкой заказов* позволяет обеспечить ритмичность переработки грузопотоков, максимальное использование имеющегося объема склада и необходимые условия хранения, сократить сроки хранения запасов и тем самым увеличить оборот склада.

• При осуществлении *разгрузки и приемки грузов* необходимо ориентироваться на условия поставки заключенного договора. Соответственно подготавливаются места разгрузки под указанное транспортное средство (трейлер, фура, контейнер) и необходимое погрузо-разгрузочное оборудование. Разгрузка на современных складах осуществляется на разгрузочных автомобильных или железнодорожных рампах и контейнерных площадках. Специальное оснащение мест разгрузки и правильный выбор погрузо-разгрузочного оборудования позволяют эффективно проводить разгрузку (в кратчайшие сроки и с минимальными потерями груза), в связи с чем сокращаются простои транспортных средств, а следовательно, и снижаются издержки обращения.

Проводимые на данном этапе операции включают:

- разгрузку транспортных средств,
- контроль документального и физического соответствия заказов поставки,
- документальное оформление прибывшего груза через информационную систему,
- формирование складской грузовой единицы.

• *Внутрискладская транспортировка* предполагает перемещение груза между различными зонами склада: с разгрузочной рампы в зону приемки, оттуда в зону хранения, комплектации и на погрузочную рампу. Эта операция выполняется с помощью подъемно-транспортных машин и механизмов.

Транспортировка грузов внутри склада должна осуществляться при минимальной протяженности во времени и пространстве по сквозным «прямоточным» маршрутам. Это позволит избежать повторного возвращения в любую из складских зон и неэффективного выполнения операций. Число перевалок (с одного вида оборудования на другое) должно быть минимальным.

• *Складирование и хранение.* Процесс складирования заключается в размещении и укладке груза на хранение. Основной принцип рационального складирования – эффективное использование объема зоны хранения. Предпосылкой этого является оптимальный выбор системы складирования и, в первую очередь, складского оборудования. Оборудование под хранение должно отвечать специфическим особенностям груза и обеспечивать максимальное использование высоты и площади склада. При этом пространство под рабочие проходы должно быть минимальным, но с учетом нормальных условий работы подъемно-транспортных машин и механизмов. Для упорядоченного хранения груза и экономичного его размещения используют систему адресного хранения по принципу твердого (фиксированного) или свободного (груз размещается на любом свободном месте) выбора места складирования.

Процесс складирования и хранения включает:

- закладку груза на хранение,
- хранение груза и обеспечение соответствующих для этого условий,
- контроль за наличием запасов на складе, осуществляемый через информационную систему.
- Процесс *комплектации (комиссионирование) заказов и отгрузки* сводится к подготовке товара в соответствии с заказами потребителей.

Комплектация и отгрузка включают:

- получение заказа клиента (отборочный лист),
- отбор товара каждого наименования по заказу клиента,
- комплектацию отобранного товара для конкретного клиента в соответствии с заказом,
- подготовку товара к отправке (укладывание в тару, на товароноситель),
- документальное оформление подготовленного заказа и контроль за подготовкой заказа,
- объединение заказов клиентов в партию отправки и оформление транспортных накладных,
- отгрузку грузов в транспортное средство.

Комиссионирование заказов клиентов проводится в зоне комплектации. Подготовка и оформление документации осуществляется через информационную систему. Адресная система хранения позволяет указывать в отборочном листе место отбираемого товара, что значительно сокращает время отборки и помогает отслеживать отпуск товара со склада.

При комплектации отправки благодаря информационной системе облегчается выполнение функции объединения грузов в экономичную партию отгрузки, позволяющую максимально использовать транспортное средство. При этом выбирается оптимальный маршрут доставки заказов. Отгрузка ведется на погрузочной рампе (требование к проведению эффективной отгрузки аналогичны требованиям к разгрузке).

- *Транспортировка и экспедиция* заказов могут осуществляться как складом, так и самим заказчиком. Последний вариант оправдывает себя лишь в том случае, когда заказ осуществляется партиями, равными вместимости транспортного средства, и при этом запасы потребителя не увеличиваются. Наиболее распространена и экономически оправдана централизованная доставка заказов складом. В этом случае благодаря унитизации грузов и оптимальным маршрутам доставки достигается значительное сокращение транспортных расходов и появляется реальная возможность осуществлять поставки мелкими и более частыми партиями, что приводит к сокращению ненужных страховых запасов у потребителя.

- *Сбор и доставка порожних товароносителей* играют существенную роль в статье расходов. Товароносители (поддоны, контейнеры, тара-оборудование) при внутригородских перевозках чаще всего бывают многооборотные, а потому требуют возврата отправителю. Эффективный обмен товароносителей возможен лишь в тех случаях, когда достоверно определено и оптимальное количество и выполняется график обмена ими с потребителями.

- *Информационное обслуживание* склада предполагает управление информационными потоками и является связующим стержнем функционирования всех служб склада. В зависимости от технической оснащённости управление информационными потоками может быть как самостоятельной системой (на механизированных складах), так и составной подсистемой общей автоматизированной системы управления материальными и информационными потоками (на автоматизированных складах).

Информационное обслуживание охватывает:

- обработку входящей документации,
- предложения по заказам поставщиков,
- оформление заказов поставщиков,
- управление приемом и отправкой,
- контролирование наличия на складе,
- прием заказов потребителей,
- оформление документации отправки,
- диспетчерскую помощь, включая оптимальный выбор партий отгрузки и маршруты доставки,
- обработку счетов клиентов,
- обмен информацией с оперативным персоналом и верхним иерархическим уровнем,
- различную статистическую информацию.

- На *обеспечение координации деятельности службы продаж*, в первую очередь, направлены операции контроля за выполнением заказов и оказание услуг клиентам, от выполнения которых зависит уровень обслуживания.

Успешно осуществляемое логистическое обслуживание покупателей может легко стать важнейшим, к тому же стратегическим признаком, выгодно отличающим данную фирму от конкурентов.

Выделяют три основные категории элементов обслуживания: до продажи, во время продажи и послепродажное. Осуществлением

допродажных услуг занимается служба продаж (маркетинговая служба). Склад обеспечивает выполнение как *продажных*:

- сортировку товаров,
- полную проверку качества поставляемых товаров,
- фасовку и упаковку,
- замену указанного товара (изменение заказа),
- экспедиторские услуги с осуществлением разгрузки,
- информационные услуги,
- заключение договоров с транспортными агентствами,

так и *послепродажных* услуг:

- установку изделий,
- гарантийное обслуживание,
- обеспечение запчастями,
- временную замену товаров,
- прием дефектной продукции и замену ее.

Рациональное осуществление логистического процесса на складе – залог его рентабельности. Поэтому при организации логистического процесса необходимо добиваться:

- 1) рациональной планировки склада при выделении рабочих зон, способствующей снижению затрат и усовершенствованию процесса переработки груза;
- 2) эффективного использования пространства при расстановке оборудования, что позволяет увеличить мощность склада;
- 3) использования универсального оборудования, выполняющего различные складские операции, что дает существенное сокращение парка подъемно-транспортных машин;
- 4) минимизация маршрутов внутрискладской перевозки с целью сокращения эксплуатационных затрат и увеличения пропускной способности склада;
- 5) осуществления унитизации партий отгрузок и применения централизованной доставки, что позволяет существенно сократить транспортные издержки;
- 6) максимального использования возможностей информационной системы, что значительно сокращает время и затраты, связанные с документооборотом и обменом информации, и т.д.

Иногда резервы рациональной организации логистического процесса, пусть и не столь значительные, заключаются в весьма простых вещах: расчистке загроможденных проходов, улучшении освещения, организации рабочего места. В поиске резервов эффективности функционирования складов нет мелочей, все должно анализироваться, а результаты анализа – использоваться для улучшения организации логистического процесса.

#### **2.2.4 Система складирования как основа рентабельности работы склада**

Общая концепция решения складской системы, в первую очередь, должна быть экономичной. Экономический успех обеспечивается в случае, если планирование и реализация складской системы рассматриваются с точки зрения интересов всей фирмы, являясь лишь частью общей концепции склада. А рентабельность склада и будет в конечном счете основным критерием выбранной общей концепции.

Система складирования предполагает оптимальное размещение груза на складе и рациональное управление им. При разработке системы складирования необходимо учитывать все взаимосвязи и взаимозависимости между внешними (входящими на склад и исходящими из него) и внутренними (складскими) потоками объекта и связанные с ними факторы (параметры склада, технические средства, особенности груза и т.д.).

Выбор рациональной системы складирования должен осуществляться в следующем порядке:

- 1) определяется место склада в логистической цепи и его функции;
- 2) определяется общая направленность технической оснащённости складской системы (механизованная, автоматизированная, автоматическая);
- 3) определяется задача, которой подчинена разработка системы складирования;
- 4) выбираются элементы каждой складской подсистемы;
- 5) создаются комбинации выбранных элементов всех подсистем;
- 6) осуществляется предварительный выбор конкурентоспособных вариантов из всех технически возможных;
- 7) проводится технико-экономическая оценка каждого конкурентоспособного варианта;
- 8) осуществляется альтернативный выбор рационального варианта.

Выбор элементов складских подсистем ведется с помощью схем и диаграмм или с помощью разработанных программ на ЭВМ. Это обеспечивает методический подход с учетом всех возможных вариантов.

• *Определение места склада в логистической системе и общая направленность его технической оснащённости.* Место склада в логистической системе и его функции напрямую влияют на техническую оснащённость склада.

Склад встречается в различных функциональных областях логистики (снабженческой, производственной и распределительной).

Склады в области снабжения, с учетом их хозяйственной принадлежности (поставщика, посредника, производителя) условно можно разделить на две группы:

➤ склады сырья и материалов (груз, как правило, в жидком или сыпучем состоянии) работают с однородным грузом, с большими партиями поставки, относительно постоянной оборачиваемостью, что дает возможность ставить вопрос об автоматизированной складской переработке грузов;

➤ склады продукции производственного назначения (тарных и штучных грузов). Как правило, это грузы с высокой массой, относительно однородной номенклатуры, требующие, в основном, высокого уровня механизации и автоматизации складских работ.

Склады производственной логистики связаны с обработкой груза относительно постоянной номенклатуры, поступающего и уходящего со склада с определенной периодичностью и малым сроком хранения, что позволяет добиться автоматизированной обработки груза или высокого уровня механизации проводимых работ.

Склады распределительной логистики, основное назначение которых – преобразование производственного ассортимента в торговый и бесперебойное обеспечение различных потребителей, включая розничную сеть, составляют наиболее многочисленную и внутри себя разнообразную группу. Они могут принадлежать как производителям, так и оптовой торговле.

Склады готовой продукции и распределительные склады производителей в различных регионах сбыта (филиальные склады) занимаются обработкой тарных и штучных грузов однородной номенклатуры с быстрой оборачиваемостью, реализуемых крупными партиями. Это дает возможность осуществлять автоматизированную и высокомеханизированную обработку груза. Практически это единственная категория складов распределительной логистики, где можно ставить вопрос о целесообразности автоматизированной обработки груза.

Склады оптовой торговли товарами народного потребления, в основном, обеспечивают снабжение розничной сети и мелких потребителей. Такие склады, в силу своего назначения, концентрируют запасы с очень широкой номенклатурой груза и неравномерной оборачиваемостью товара, реализуемого различными партиями поставки. Все это делает нецелесообразным внедрение автоматизированной обработки грузов на таких складах. Здесь необходимо осуществлять механизированную обработку грузов, и, возможно, даже с ручной комплектацией.

Необходимо помнить, что независимо от направленности технической оснащенности переработки груза обработка информационных потоков должна быть автоматизирована. Тем более, что современные логистические системы должны иметь единую информационную систему для всех ее участников.

• *Задача разработки системы складирования.* Следующим шагом при разработке системы складирования является определение задачи, на решение которой и направлена данная разработка, а именно:

- строительство нового склада,
- расширение или реконструкция действующего склада,
- дооснащение или переоснащение действующего склада,
- рационализация технологических решений на действующих складах.

Эти принципиальные отличия порождают различные подходы к разработке системы складирования.

В первых двух случаях система складирования подчинена задаче выбора параметров складского здания (сооружения) и установления конструктивных его особенностей, обеспечивающих проведение оптимальных технологических процессов. В этих случаях отправной точкой при создании системы складирования должна стать подсистема «складируемая грузовая единица», а заключительной подсистемой будет «здание», поскольку именно определение параметров склада и должно стать результатом всей разработки.

При разработке системы для действующих складов она должна быть ориентирована на уже существующее здание и его параметры. Поэтому подсистема «здание» будет определяющей для всех остальных подсистем.

• *Определение элементов складских подсистем. «Здание».* Склады различаются по виду складских зданий (по конструкции): открытые площадки, полузакрытые (навес) и закрытые. Закрытые являются основным типом складских сооружений, представляя собой обособленное здание со складскими помещениями.

Само здание может быть многоэтажным и одноэтажным, при этом последние, в зависимости от высоты делятся на обычные (с высотой, как правило, 6 м), высотные (выше 6 м) и смешанные с высотной зоной хранения (высота зоны хранения выше остальных рабочих зон).

Приоритетным направлением является строительство одноэтажных складов. Одна из основных целей разработки системы – добиться максимального использования площадей и объемов склада. Поэтому в подсистеме «здание» учитывают те особенности склада, которые непосредственно влияют на его вместимость по трем направлениям в пространстве: по ширине, длине и высоте. Высота складских помещений в складах старой постройки колеблется от 4,5 до 5,6 м, отечественные типовые склады, как правило, имеют высоту 6 м (механизированные) и 12 м (автоматизированные). За рубежом эта высота достигает 18 м и выше. В современном складском хозяйстве предпочтение отдается одноэтажным складам, а с учетом удорожания стоимости земельных участков и достижений в области складской техники – складам с высотной зоной хранения.

Общие затраты на высотный склад меньше в несколько раз, чем затраты на склад с тем же объемом, но с более низкой высотой, что видно из сравнения капитальных и эксплуатационных затрат, приведенных в табл. 2.1.

## 2.1 Сравнение капитальных и эксплуатационных затрат\*

Высота склада, $h$ , м	7,5	12	15
Площадь ( $m^2$ )	9270	5940	4410
Величина отклонения от показателя склада, $h = 7,5$		35,9 %	52,4 %
Мощность хранения товаров и тары	11 395	11 395	11 395
Капитальные затраты (млн. долл.)	3,7	3,3	2,9
Величина отклонения от показателя склада $h = 7,5$		10,8 %	21,6 %
Ежегодные эксплуатационные затраты (тыс. долл.)	183	166	120
Величина отклонения от показателя склада $h = 7,5$		9,3 %	34,4 %

На практике различают следующие основные «типы-размеры» складов: 600; 800; 1000; 1250; 2500; 5000; 7500; 10 000; 25 000  $m^2$ . При этом, чем больше площадь складского помещения, тем легче и рациональнее может быть размещено технологическое оборудование под хранение груза и использованы технические средства, а значит, имеются возможности для повышения уровня механизации.

Для улучшения условий эксплуатации современных высокопроизводительных подъемно-транспортных машин и механизмов необходимо стремиться к единому пространству склада без перегородок и с максимально возможной сеткой колонн (или пролетов склада). Наилучшим вариантом с этой точки зрения, является однопролетный склад (например, с шириной 24 м). Стандартные размеры сетки колонн:  $6 \times 6$ ;  $6 \times 12$ ;  $12 \times 12$ ;  $12 \times 18$ ;  $18 \times 18$ ;  $18 \times 24$ . Эффективность использования складского объема во многом зависит также и от высоты складирования груза, которая должна быть максимально приближена к высоте склада.

Разработка системы складирования основывается на выборе рациональной системы из всех технически возможных систем для решения поставленной задачи методом количественной и качественной оценки. Этот процесс выбора и оптимизации предполагает выявление связанных между собой факторов, систематизированных в несколько основных подсистем. Итак, система складирования включает следующие складские подсистемы:

- складруемую грузовую единицу,
- вид складирования,
- оборудование по обслуживанию склада,
- систему комплектации,
- управление перемещением груза,
- обработку информации,
- «здание» (конструктивные особенности зданий и сооружений).

Каждая подсистема включает в себя целый ряд возможных элементов. При этом число элементов, составляющих основные подсистемы, может быть достаточно значительным, а сочетание их в различных комбинациях еще более увеличивает многовариантность системы. Это означает, что альтернативный выбор всех конкурентоспособных вариантов должен осуществляться в определенной последовательности с учетом технико-экономической оценки каждого из них.

• *Складская грузовая единица.* Оптимальная система складирования предопределяет рациональность технологического процесса на складе. Основным условием здесь является минимальное количество операций по переработке груза. Именно поэтому огромное значение придается определению оптимального вида и размера товароносителя, на котором формируется складская грузовая единица. Такими товароносителями могут стать: сетчатые, стоечные, ящичные, плоские поддоны и полуподдоны, а также кассеты, ящики для мелких грузов и т.д.

Складской товароноситель увязывает между собой номенклатуру перерабатываемого груза, внешние и внутренние материальные потоки и все элементы системы.

На выбор товароносителя влияют:

- вид и размеры упаковки и транспортной тары,
- система комплектации заказа,
- оборачиваемость товара,
- применяемое технологическое оборудование для складирования груза,

\* Источник: Walter F. Friedman «The Efficiencies in Distribution», Drug Topics (Oradell, NJ: Medical Economics Co). P. 52.

➤ особенности подъемно-транспортных машин и механизмов, обслуживающих склад.  
Основной критерий правильности выбора товароносителя – отсутствие возврата складской грузовой единицы из зоны комплектации в зону хранения при формировании заказа покупателя.

• *Виды складирования* – предполагает выбор технологического оборудования, на котором складировается груз, и форму размещения его в пространстве складского помещения. На выбор оказывают влияние:

- складская площадь,
- высота склада,
- используемый товароноситель,
- объемы партий поставки,
- особенности коммиссионирования груза,
- свободный доступ к товару,
- условия хранения товара,
- широта ассортимента товара,
- простота обслуживания,
- капитальные затраты.

Размещение технологического оборудования должно обеспечивать максимальное использование площади и высоты склада. Выделяются следующие основные виды складирования:

- в штабеле блоками,
- в полочных стеллажах до 6 м,
- в полочных высотных стеллажах,
- в проходных (въездных) стеллажах,
- в передвижных стеллажах,
- в элеваторных стеллажах.

В качестве преимуществ различных видов складирования рассматриваются:

- высокая степень используемой площади и объема,
- свободный доступ к товару,
- чувствительность к структурным изменениям запасов,
- возможность высотного складирования,
- легкость обслуживания,
- возможность автоматизированного управления,
- выполнение принципа «ФИФО» (груз «первый пришел – первый ушел»),
- низкие капиталовложения и строительные затраты,
- низкие эксплуатационные затраты и затраты на техническое обслуживание.

На современных складах чаще всего используют комбинации различных видов складирования, в частности, на складах оптовой торговли распределительной логистики. Объясняется это разнообразием хранимой продукции, со своими специфическими особенностями.

• *Оборудование по обслуживанию склада.* Для обслуживания складов используют различные виды подъемно-транспортных машин и механизмов. Выбор их тесно связан с уже перечисленными подсистемами и зависит от характеристик самих технических средств и общей направленности технической оснащённости склада. При этом высокий уровень механизации и автоматизации складских работ, а значит, и использование высокопроизводительных технических средств целесообразно на крупных складах с большой складской площадью и устойчивым однородным материальным потоком. На складах, задействованных на снабжении различных розничных предприятий, могут использоваться и средства малой механизации, в особенности, при комплектации заказа. Наиболее распространены на механизированных складах такие виды подъемно-транспортных средств как электропогрузчики и электроштабелеры, а на автоматизированных складах – межстеллажные краны-штабелеры.

• *Коммиссионирование или система комплектации.* В процессе переработки груза процесс комплектации проходит три этапа:

- 1) отборка товара по заказам покупателя;
- 2) комплектация полного заказа покупателя в соответствии с его заявкой;
- 3) комплектация партий отправки покупателям для централизованной и децентрализованной доставки.

Система коммиссионирования определяется независимо от того, где будет осуществляться отбор товара – с мест хранения (в зоне основного складирования) или в зоне комплектации.

Существует несколько схем системы коммиссионирования, которые включают различное сочетание следующих позиций:

➤ исходное положение груза по отношению к отборщику (статическое и динамическое) при подготовке материала;



- перемещение груза в пространстве при отборе (одномерное, двухмерное);
- выполнение отбора груза (с помощью или без помощи технических средств);
- степень комплектации заказа (централизованная – отбор груза одновременно для нескольких клиентов и децентрализованная – для одного клиента).

Управление перемещением груза определяется возможностями технологического и обслуживающего оборудования:

- в автономном ручном режиме;
- в автоматическом местном режиме управления (из кабины) с помощью пульта управления;
- в автоматическом дистанционном режиме управления с помощью пульта, расположенного вне стеллажного прохода;

➤ с использованием «он-лайн» (автоматический режим управления от ЭВМ).

• *Обработка информации.* Логистический процесс на современных и, в первую очередь, автоматизированных складах предполагает наличие управляющих систем информационными потоками, которые осуществляют:

- управление приемом и отправкой груза;
- управление запасами на складе;
- обработку поступающей документации;
- подготовку сопроводительных документов при отправке грузов и т.д.

В зависимости от уровня организации программно-технических средств выделяют обработку информации:

- ручную;
- в пакетном режиме, –имеется в виду подготовка данных о поступающих и отгруженных грузах, которые периодически вводятся в ЭВМ, производятся вручную или автоматически; в этом случае речь идет об использовании машинного времени, а вычислительная техника может не являться «собственностью» склада;

➤ в режиме реального времени, – в этом случае информация вводится в ЭВМ одновременно с движением грузов, или, точнее, в момент их перехода через контрольные пункты. Для ввода и обработки информации используются развитая терминальная сеть и определенная вычислительная мощность ЭВМ. В зависимости от конкретных условий это может быть отдельная машина, общая для нескольких складов, или машина, управляющая всем производством (системы управления информации в пакетном режиме и в режиме реального времени не зависят от технических характеристик грузов и технологии их обработки на складе. Они могут применяться как на складах с ручным обслуживанием, так и на складах с высоким уровнем механизации);

➤ непосредственное управление с компьютера, – на практике это предполагает интегрированное управление материальными и сопутствующими им информационными потоками в режиме реального времени.

Следующая фаза разработки системы складирования предполагает возможные комбинации элементов всех перечисленных подсистем складирования в конкурентоспособные варианты.

Альтернативный выбор оптимального варианта системы складирования осуществляется после технико-экономической оценки каждого.

В качестве критерия оценки могут быть применены показатели:

- эффективности использования складской площади и объема;
- общих затрат на тонну товара, связанных с оснащенностью склада по данному варианту.

Показатель эффективности использования складской площади и объема показывает, насколько эффективно используется складское пространство при установке конкретных видов оборудования, а экономический показатель дает возможность оценить затраты, связанные с их приобретением и эксплуатацией.

Коэффициент полезно используемой площади  $K_S$  равен отношению площади, занятой под складирование (под технологическое оборудование) –  $S_{гр}$ , к общей площади склада –  $S_{о.с.}$ :

$$K_S = S_{гр} / S_{о.с.}$$

Аналогично определяют коэффициент полезно используемого объема:

$$K_V = V_{гр} / V_{о.с.} = (S_{гр} h_{скл.}) / (S_{о.с.} h_{о.с.}),$$

где  $V_{о.с.}$  – общий складской объем ( $m^3$ );  $V_{гр}$  – складской объем, занимаемый оборудованием, на котором хранится груз ( $m^3$ );  $h_{скл.}$  – высота складского помещения (м);  $h_{о.с.}$  – используемая высота складского помещения под хранение груза (м).

Экономическим критерием при оценке вариантов систем складирования может быть показатель общих затрат на тонну товара, рассчитанных как сумма единовременных и текущих затрат:

$$O_3 = \mathcal{E} + K 0,29 \text{ (р./т)},$$

где  $\mathcal{E}$  – текущие затраты (р./т);  $K$  – единовременные затраты (р./т); 0,29 – коэффициент эффективности капитальных вложений.

Текущие затраты (издержки производства и обращения) исчисляются по формуле

$$\Theta = A / (n Q) \text{ (р./т),}$$

где  $A$  – затраты, связанные с амортизацией, эксплуатацией и ремонтом оборудования склада (р.);  $n$  – оборачиваемость товара (365 дн. :  $t_3$ , дн.), здесь  $t_3$  – средняя продолжительность срока хранения товара на складе – товарный запас в днях;  $Q$  – вес товара, размещенного на оборудовании склада (т).

Единовременные затраты определяются следующим образом:

$$K = C_t (n Q) \text{ (р./т),}$$

где  $C_t$  – стоимость оборудования, размещенного на данном складе.

При альтернативном выборе системы складирования на основе применяемого при этом оборудовании оптимальным является вариант с максимальным значением показателя эффективности использования складского объема при минимальных затратах.

Осуществляя выбор систем складирования на практике, необходимо помнить, что в одном складском помещении возможно сочетание различных вариантов в зависимости от перерабатываемого груза.

## 2.3 ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА

### 2.3.1 Политика транспортных предприятий и изменения в характере их деятельности

Основные положения логистики, характерные для фирм-производителей и потребителей продукции (приоритет потребителя, высокий уровень сервиса, сокращение времени выполнения заказа и др.) в полной мере относятся и к предприятиям транспортной отрасли, задействованным в логистических системах. Отличительной чертой их работы в новых условиях конкуренции на рынке транспортных услуг становится разработка политики комплексного решения транспортных и сопряженных с ними проблем на ином, качественно высоком уровне. Практика показывает, что такая политика приносит успех, если она достаточно дифференцирована и базируется на таких основных компонентах, как: предоставление не традиционных новых дополнительных услуг, политика в области коммуникаций и политика заключения контрактов.

К политике предоставляемых услуг относятся все решения и действия, направленные на комплексное осуществление транспортного процесса. Это означает, что организация перевозок грузов с учетом расстояния их транспортировки, количества и сроков доставки, планируется в соединении с дополнительными услугами и потребностями спроса.

Анализ участия фирм-перевозчиков в логистической деятельности грузовладельцев США показал, что транспортные предприятия весьма охотно идут на расширенную диверсификацию своей деятельности. Это повышает потенциал привлечения клиентуры, увеличивает прибыль, ускоряет внедрение новейших транспортных технологий, укрепляет положение на рынке транспортных услуг. В свою очередь, фирмы-производители не менее заинтересованы в том, чтобы освободиться от многих логистических функций и сосредоточить внимание на основной профилирующей деятельности с целью снижения затрат и повышения гибкости в работе. Из 350 обследованных предприятий различных отраслей экономики США 70 % передали транспортным фирмам функции по выполнению и оформлению расчетов за перевозку грузов. Примерно 20 ... 22 % предприятий отказались в пользу перевозчиков от работы, связанной с определением цены за перевозку, складскими операциями и выбором оптимального маршрута доставки товаров. Фирмы-перевозчики сочли выгодным переключить на себя выполнение контрольных функций за грузами, находящимися в пути следования. Они стали заниматься также организацией электронного обмена данными между всеми участниками логистического процесса и хранением информации. В результате около 12 ... 15 % фирм-производителей освободились от выполнения указанных функций. И наконец, от 7 до 11 % фирм, подвергшихся обследованию, передали перевозчикам функции по осуществлению контроля за товарно-материальными запасами, выполнению заказов и эксплуатации парка транспортных средств.\*

Опыт многих транспортных фирм, взявших на вооружение логистическую концепцию, показывает, что политика дополнительных услуг, не связанных непосредственно с перевозками, имеет большое значение и дает положительные результаты. Она повышает потенциал привлечения клиентуры, увеличивает прибыль, позволяет ускорить внедрение более прогрессивных транспортных технологий и улучшить обслуживание потребителей, находящихся в постоянном контакте с перевозчиком, а также укрепить свое положение на рынке транспортных услуг.

---

\* Traffic Management, vol. 27, № 10. P. 43.

В свою очередь, промышленные фирмы, доверившие часть своих функций транспортным предприятиям, предпочитают специализироваться на основной своей деятельности для повышения ее эффективности и готовы оплачивать квалифицированные услуги сторонних фирм по выполнению ряда логистических функций. Промышленные фирмы видят в этом процессе свою основную выгоду – снижение суммарных затрат и особенно сокращение фонда заработной платы. Кроме того, наряду с чисто экономическими факторами грузовладельцы получают более высокую степень свободы маневра. Так, повышение коммерческой гибкости очень ценно для отраслей, работающих на распределенных по большим территориям рынках и несущих потери от несвоевременного переключения товарных потоков в соответствии с колебаниями спроса.

По мнению некоторых экспертов-логистиков, главной причиной, препятствующей расширению взаимодействия промышленных и транспортных фирм в области логистики, является опасность потери грузовладельцем контроля за движением сырья и готовой продукции. Вместе с тем, следует отметить, что эта причина носит, по-видимому, субъективный характер, и можно ожидать снижения ее влияния по мере накопления опыта совместной работы и укрепления взаимного доверия. Подтверждение этому: в настоящее время процесс передачи транспортным фирмам логистических функций со стороны производственных фирм быстро развивается, эта тенденция, вероятно, сохранится и в перспективе.

Политика транспортных предприятий в области коммуникаций имеет своей целью информировать клиентов о предлагаемых пакетах услуг, а также постоянно оказывать необходимое влияние на клиентуру, чтобы она могла использовать услуги в возможно большем объеме. Другая цель этой политики – способствовать расширению и совершенствованию взаимодействия транспортных фирм и грузоотправителей на основе использования вычислительной техники и, главным образом, с помощью электронного обмена данными.

Информирование клиентуры о предлагаемых пакетах услуг не только означает постоянное обращение к ней и присутствие на рынках спроса, но и требует переосмысления политики с точки зрения того, что сбыт транспортных услуг все больше и больше происходит исключительно на рынке покупателей, а не продавцов. Данное требование должно соблюдаться также и в периоды, характеризующиеся недостатком транспортных мощностей, так как стремление сбыть услуги характеризуется продолжительным действием. Кроме того, для сбыта пакета услуг необходимо выполнение еще одного важного требования: в информации должно содержаться нечто новое. Примером этого может быть реклама нового маршрута или нового способа перевозок, способствующая повышению степени известности предлагаемого пакета услуг.

Таким образом, политика в области коммуникаций направлена на то, чтобы убедить рынок или определенные группы клиентуры в особой значимости предложенной услуги и, возможно, ее незаменимости.

Предложению пакета транспортных услуг предшествует изучение потребностей клиентуры. В последние годы на транспорте ряда промышленно развитых стран исследованием потребностей стали заниматься специальные логистические центры и другие структуры. Во Франции, например, такие центры были созданы на железных дорогах в 80-е годы. Они проводят анализ грузопотоков и распределения их по сети. На основе данных анализа подготавливаются предложения по:

- организации оптимальных грузопотоков, как железнодорожным, так и другими видами транспорта;
- способам распределения перевозок между различными видами транспорта;
- комплектованию групп товаров;
- порядку заключения договоров на перевозку и др.

Цель подготавливаемых предложений заключается в том, чтобы обеспечить: повышение уровня работы транспорта, соблюдение сроков доставки грузов, повышение надежности и регулярности перевозок, сохранность товаров и т.д.

Представляет интерес порядок перегруппировки товаров в грузопотоках на железнодорожном транспорте Франции с целью повышения рентабельности перевозок за счет укрупнения грузопотока и реорганизации некоторых операций. Концентрация грузопотоков стимулируется тарифной политикой, в соответствии с которой массовые перевозки грузов осуществляются по сниженным тарифам. При этом место, где производится перегруппировка грузопотоков, может использоваться одним или несколькими предприятиями.

На железных дорогах развитых стран существуют и другие организации, занимающиеся логистическими услугами в соответствии с требованиями рынка, например, организации по экспедиторской деятельности, несущие ответственность за доставку груза, включая его перевозку от поставщика до потребителя, даже в тех случаях, когда груз перевозится в смешанных сообщениях. Во Франции многие такие организации имеют численность служащих 250 человек и более.

В настоящее время в целях повышения качества обслуживания клиентуры экспедиторские организации строят новые терминалы, которые будут располагать цехами для технического обслуживания большегрузных автомашин. Планируется, что некоторые терминалы будут иметь собственную железнодорожную ветку, а для сокращения времени на таможенные формальности на них предполагается ввести в эксплуатацию электронную систему таможенного контроля.

Экспедиторские организации предоставляют услуги по любой логистической операции, связанной с перевозочным процессом.

Например, они берут на себя функции по выполнению таможенных формальностей, отвечают за сохранность груза в пути,

гарантируют его доставку необходимой скоростью и т.д. При этом услуги оказываются по всей логистической цепочке, начиная от поставщика сырья и кончая доставкой готовой продукции. Как показывает практика, подключение услуг к информационной систематизированной системе управления производством позитивно сказывается на всей ее деятельности.

Интенсификация хозяйственных связей между транспортными фирмами и другими участниками логистического процесса объективно привела к увеличению потока информации и одновременно усложнила обмен ею. С целью улучшения качества обслуживания клиентуры потоки бумажной информации стали вытесняться автоматизированными системами, основанными на современной компьютерной технике. Наиболее важным для транспортных фирм стал обмен данными грузовых накладных с компьютера грузоотправителя на компьютер перевозчика и далее на компьютер грузополучателя, а также электронный перевод ценных бумаг, сведений о местонахождении грузов и некоторой другой информации.

Использование компьютерной техники для электронной передачи данных сокращает объем бумажной документации и конторские расходы, помогает избежать традиционных ошибок, возникающих при ручном заполнении документов, способствует ускорению доставки грузов, уменьшению запасов товарно-материальных ценностей, повышению производительности труда. Поэтому не случайно в странах с рыночной экономикой уровень применения фирмами электронного обмена данными постоянно растет.

Изучение спроса на транспортные услуги свидетельствует, что важнейшим требованием клиентов к работе автомобильного транспорта является своевременность отправки и доставки груза. Вызвано это стремлением многих грузовладельцев к сокращению запасов как в производстве, так и в потреблении, поскольку их затраты на содержание запасов составляют по ряду отраслей уже более 20 копеек на рубль выпускаемой продукции. Отсутствие гарантии своевременной доставки или отправки требуемого груза, возможность отказа или неоднократного откладывания заявки на перевозки – эти характерные особенности традиционной системы сменно-суточного планирования работы автотранспорта приводят к необходимости содержания сверхнормативных запасов грузов на предприятиях отправителей и получателей.

Вместе с тем, в сложившейся практике оперативного планирования перевозок уделяется недостаточное внимание соблюдению требуемых сроков. По данным обследований промышленных предприятий, в приемлемые для них сроки выполняется от 30 до 80 % объемов автомобильных перевозок. Столь низкая степень удовлетворения растущего спроса на своевременность транспортных услуг продолжает оставаться одной из причин тенденции роста запасов грузов на обслуживаемых предприятиях.

Зарубежный опыт также свидетельствует об актуальности проблемы снижения запасов у клиентов и внимании транспортных фирм к этому вопросу.\* Появление и распространение в мире систем типа «канбан», «точно в срок», переход от изолированного оперативного планирования производства – потребления, снабжения и перевозок к транспортно-распределительным комплексам и логистике способствовали резкому снижению себестоимости продукции клиентов в результате сокращения их затрат на запасы.

Проведенные обследования показали, что наряду с перевозками, выполняемыми по относительно регулярным графикам движения, существует значительная доля (20 ... 50 %) нерегулярных, выполняемых без гарантии соблюдения требуемых сроков отправки и доставки груза и вызывающих определенные потери и неудобства клиента.

Нерегулярные перевозки обусловлены, с одной стороны, неравномерностью производства, потребления, сбыта и снабжения отправителей и получателей, а с другой, – разновыгодностью перевозок грузов для автотранспортных предприятий (АТП), в результате чего наблюдается ситуация постоянного откладывания части так называемых заявок на неопределенное время. И хотя квартальные и месячные сроки, указанные в договорах на поставку и перевозку, формально не нарушаются, фактические требования своевременности перевозок не выполняются, поскольку отправителю (получателю) часто требуется перевозка в определенный день и даже час.

### **2.3.2 Совершенствование оперативного планирования доставки продукции автомобильным транспортом**

Противоречивость условий задачи, с одной стороны, своевременное и полное удовлетворение потребностей в перевозках, а с другой – рациональное использование провозных возможностей – порождает соответствующие две группы методов ее решения. К первой группе можно отнести методы теории управления запасами и методы планирования доставки по заданному графику, уделяющие основное внимание первому условию задачи. Ко второй группе – методы маршрутизации, оптимизирующие по тому или иному критерию использование подвижного состава при заданных ограничениях на объем перевозок, время в наряде и т.д.

Разработанные методы применяются для широкого круга задач оперативного планирования перевозок, но вместе с тем не в полной мере учитывают динамику процессов выпуска – потребления продукции,

---

\* Energie, logistique et transports routiers // TEC;  
Marketing, transport, logistique // Transports.

определяющую колебания сроков отправки и доставки; прямую связь между сроками отправки и доставки и нормативами запасов грузов. Соответственно не учитывается необходимость снижения запасов отправителей и получателей. Тем самым интересы потребителей транспортных услуг ставятся во вторую очередь.

С другой стороны, методы теории управления запасами, минимизирующие сумму складских и транспортных издержек потребителя, из-за значительной размерности задачи практически применимы только для локальных объектов. Они не учитывают возможную взаимозависимость отдельных перевозок и необходимость оптимизации использования подвижного состава.

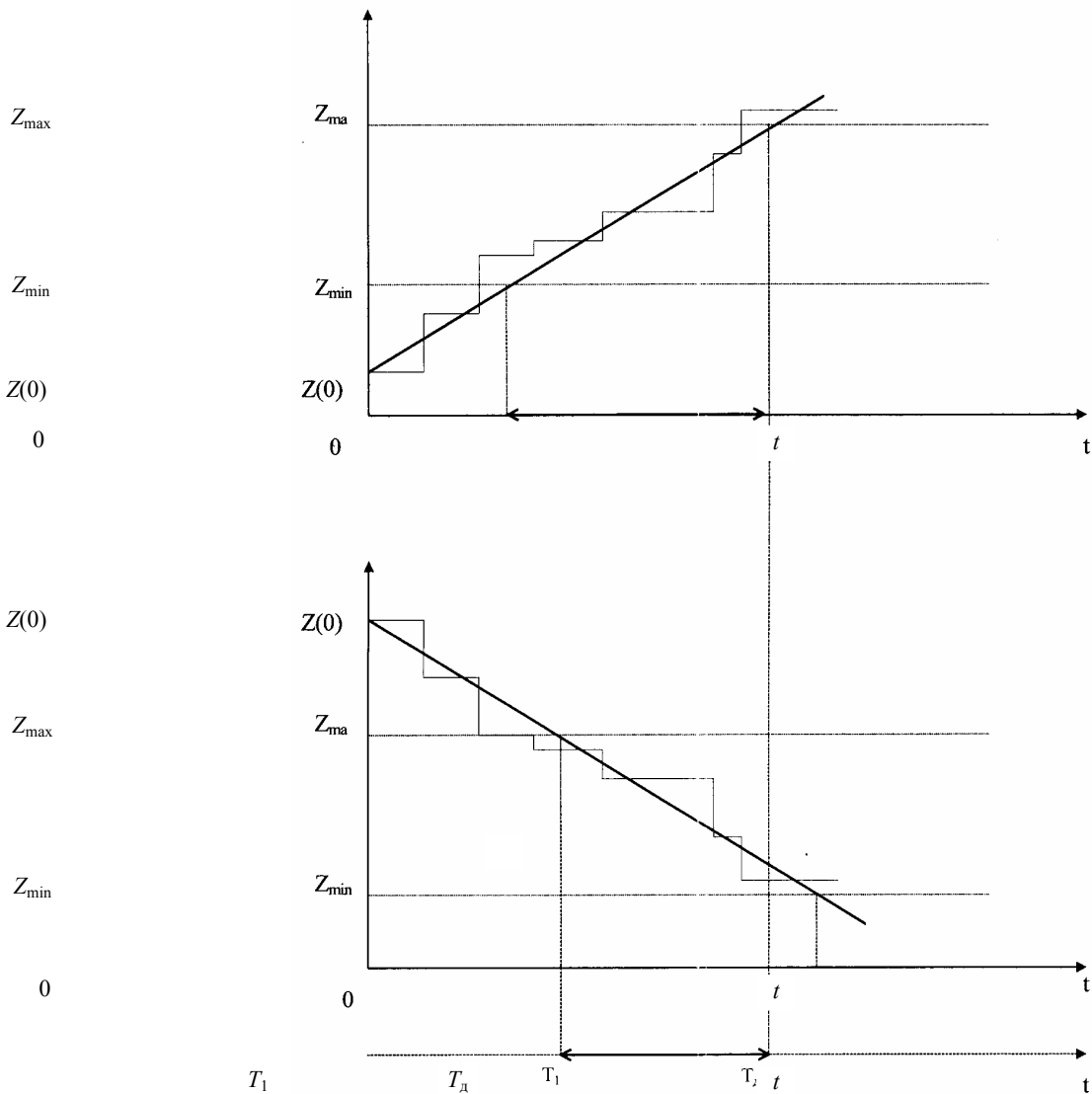
Кроме того, неравномерность производственных процессов у поставщиков и потребителей вызывает существенные колебания суточных потребностей в перевозках и ограничивает применение регулярных маршрутов и графиков движения автомобилей. Буфером, сглаживающим неравномерность производства, перемещения и потребления, служат запасы продукции, на которые на предприятиях клиентов устанавливаются нормы исходя из минимума затрат на хранение, транспортировку и потерь от дефицита.

Если считать нормативные запасы отправителей и получателей заданными условиями обслуживаемого производства, то условие своевременности перевозки будет означать выполнение ее в такие сроки и в таких объемах, которые обеспечивают поддержание запасов отправителя и получателя в пределах нормативных значений, а транспортный процесс предлагается регулировать с помощью информации о фактических текущих запасах отправителей и получателей в сравнении с их нормативами.

Поскольку реальная система оперативного планирования может получать информацию о фактических запасах один раз в сутки, а для одной пары «отправитель-получатель» может выполняться несколько ездов за этот период, то возникает необходимость построения прогноза суточного изменения запасов поставщика и потребителя.

Зная норматив товарного запаса, фактический запас, имеющийся на начало суток, и среднесуточную интенсивность выпуска продукции, можно рассчитать допустимый интервал времени отправки. Аналогично рассчитывается допустимый интервал доставки, на котором гарантировано своевременное пополнение запаса потребителя. Интервал отправки и интервал доставки в общем случае не совпадают во времени, но для сбалансированного производства и потребления имеют общую область пересечения ( $T_1$  и  $T_d$  – см. рис. 2.14).

Перевозку необходимо планировать именно в области пересечения данных интервалов, поскольку в этом периоде и у поставщика, и у потребителя имеется объективная потребность в перевозке. Выполнение ее вне этого интервала (будем его называть нормативным) влечет потери либо у отправителя, либо у получателя, либо на транспорте. Важно отметить, что внутри нормативного интервала перевозка может быть выполнена в любой наиболее удобный для автопредприятия момент времени, для которого определяется объем груза, накопленный у поставщика, и объем, требуемый потребителю. Потребность равна минимуму из данных двух объемов.



**Рис. 2.14 Определение нормативного интервала доставки**

Для разных грузов и разных клиентов и требуемые объемы перевозки будут разными. При этом для установления рациональной очередности перевозок, обеспечивающей их своевременность, возникает проблема количественного сравнения разных потребностей, то есть проблема определения их приоритетов.

Есть три основных параметра, по которым различаются потребности и которые влияют на приоритет перевозки: время, объем и стоимость груза. Приоритет перевозки  $W(t)$  обратно пропорционален остатку нормативного интервала доставки  $(T_d - t)$ , то есть чем ближе срок доставки, тем выше приоритет, и прямо пропорционален объему груза, ожидающего перевозку,  $Q(t)$  и его стоимости  $C$ , определяющей потери от омертвления средств, вложенных в запас:

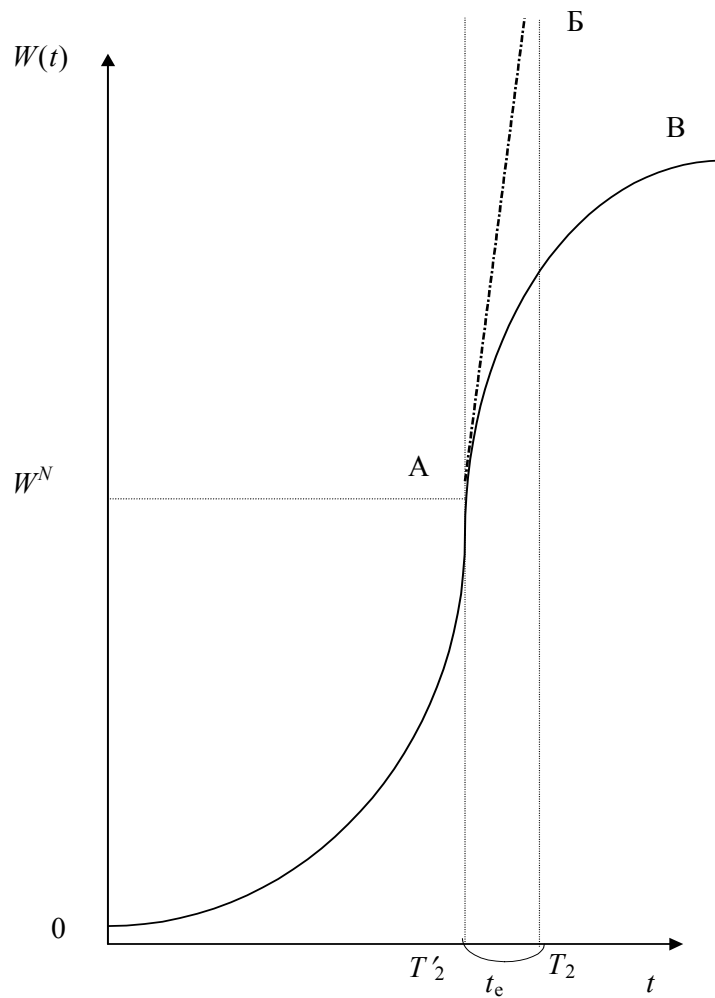
$$W(t) = (Q(t) \times C) / (T_d - t) \text{ р./ч.}$$

Полученную зависимость будем называть функцией срочности перевозки (ФСП). Она представляет собой гиперболу, которая по мере приближения срока доставки  $T_d$  задает большую скорость возрастания приоритета (кривая ОАВ) (см. рис. 2.15).

Рабочая область ФСП ограничивается точкой  $T'_2 = T_2 - t$ , поскольку ездка должна планироваться с учетом времени на ее выполнение  $t_e$ .

Данная точка определяет норматив  $W^N$ , в пределах которого обеспечивается своевременное обслуживание, а за его пределами – нарушение сроков доставки. За точкой  $T'_2$  продолжение функции (кривая АВ) отражает предполагаемый характер потерь в системе несвоевременного обслуживания (и строится для возможности получения на ЭВМ некоторого приемлемого решения в случае выхода значений ФСП в нерабочую область).

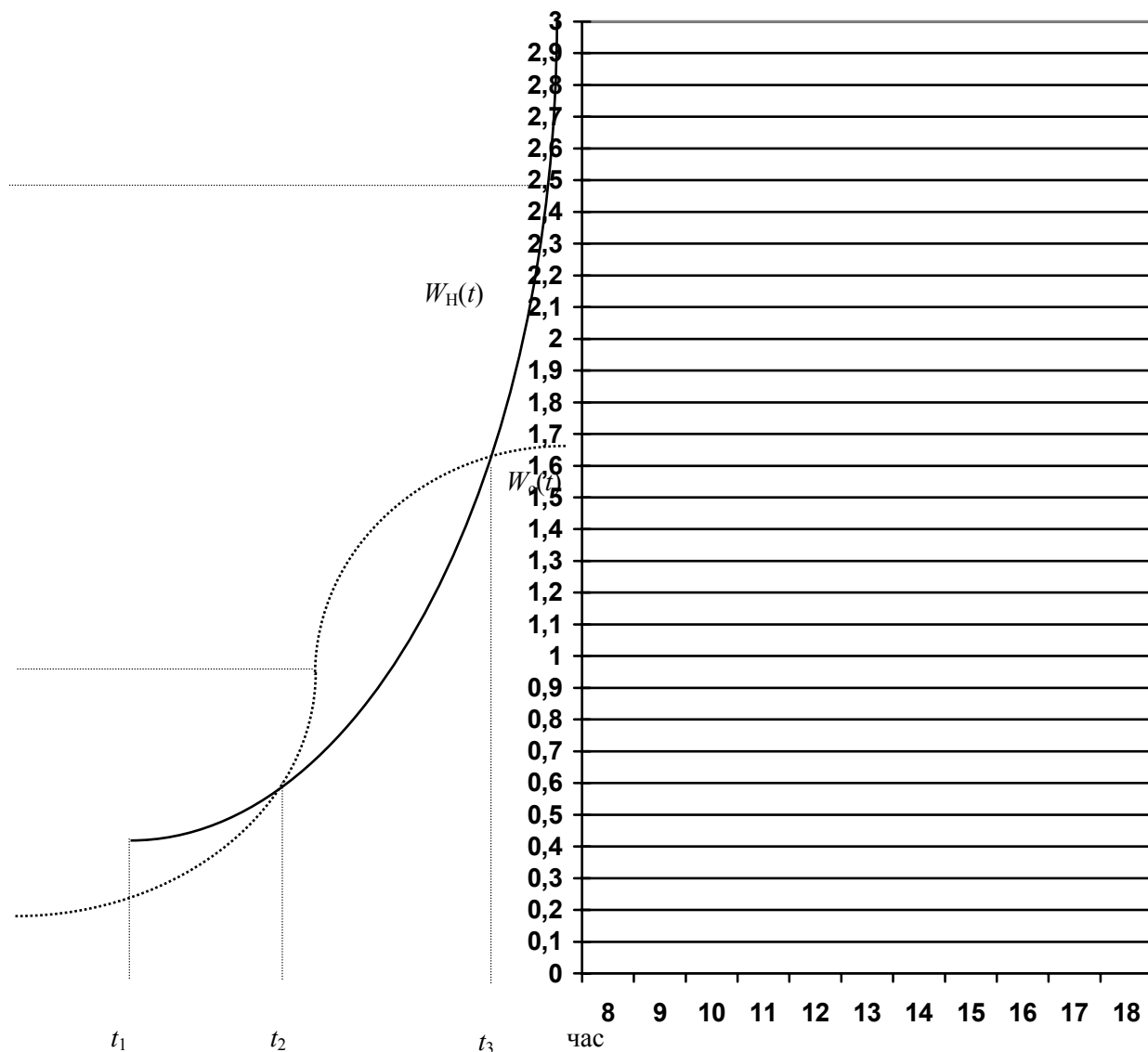
Разная скорость изменения ФСП на разных участках нормативного интервала времени доставки обуславливает возможность регулирования приоритетов различных потребностей. Их соотношение будет зависеть от момента времени, в который осуществляется сравнение.



**Рис. 2.15** Построение функции срочности перевозок

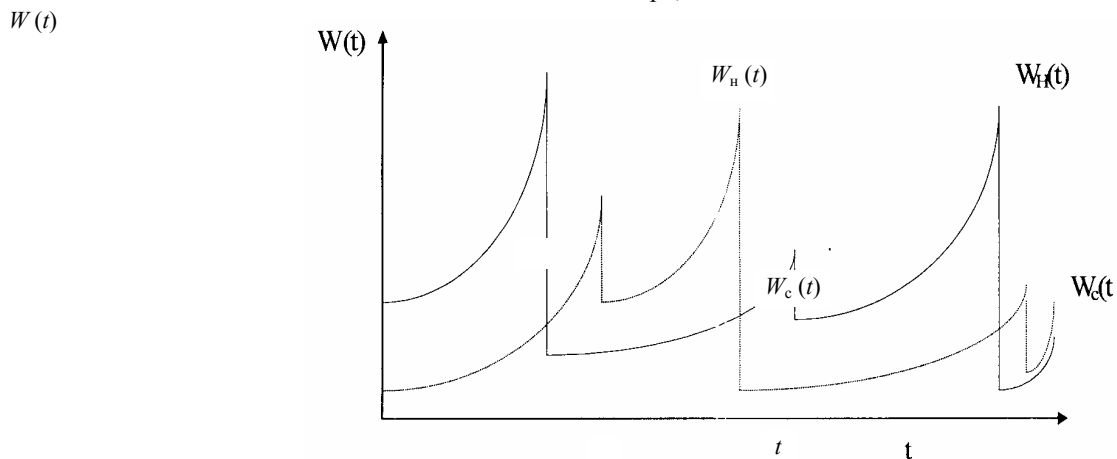
На примере перевозок стеклотары  $W_c(t)$  и напитков  $W_H(t)$  (см. рис. 2.16) показано, как изменяется во времени соотношение приоритетов разных потребностей, в частности как перевозка более легкого и дешевого груза (стеклотары) получает больший приоритет на участке  $(t_2 - t_3)$  по мере приближения его срока доставки.

$W(t)$   
тыс. р./ч



**Рис. 2.16** Изменение текущих приоритетов перевозок двух различных грузов во времени:

— стеклотара, — напитки



**Рис. 2.17** Перераспределение приоритетов потребностей в ходе производственно-транспортного процесса

В момент назначения ездки потребность снижается пропорционально объему отправки, после чего снова возрастает в ходе производства и потребления и т.д.



На рис. 2.17 показано возможное перераспределение приоритетов перевозок тех же двух грузов с учетом их снижения в моменты назначения ездки.

Если проследить изменение функции срочности перевозки за плановые сутки для некоторого звена «поставщик-потребитель», то в работе автотранспортного предприятия по обслуживанию данного звена можно выделить две составляющие: сумму площадей выше норматива  $W^n$ , которая характеризует долю несвоевременного обслуживания, и все значения функции ниже норматива, отражающие своевременные ездки (см. рис. 2.18). Тогда уровень обслуживания  $Y_{\text{обсл}}$  можно оценить отношением площади своевременного обслуживания к общей:

$$Y_{\text{обсл}} = (W^n T) / (W^n T + S_{\text{ш}}),$$

где  $S_{\text{ш}}$  – сумма «штрафных» площадей выше норматива  $W^n$ ;

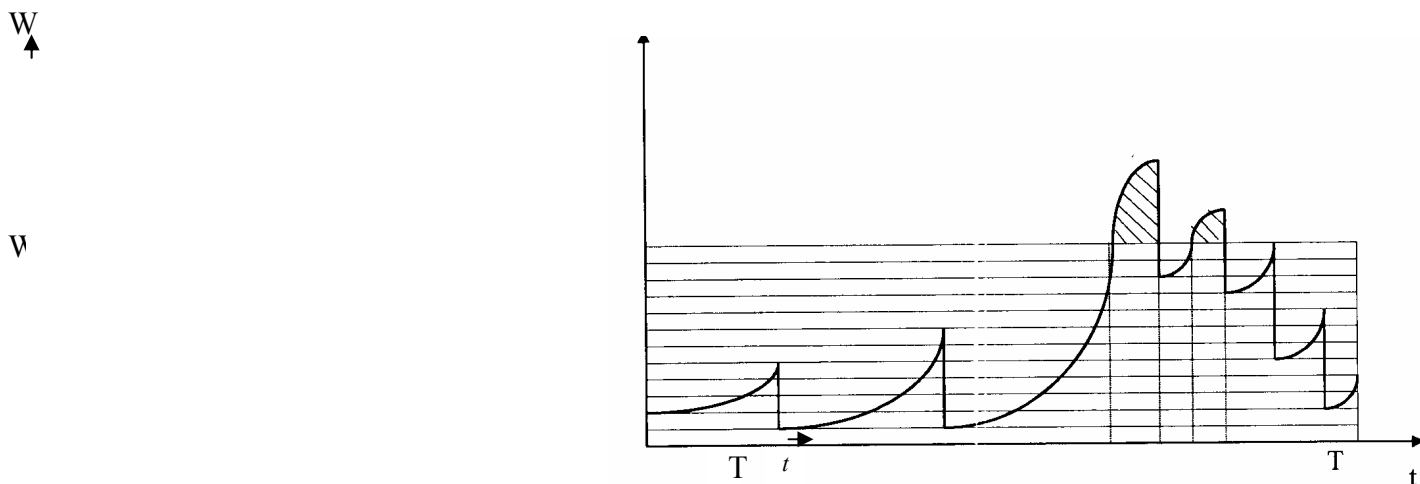


Рис. 2.18 Оценка уровня обслуживания

$$S_{\text{ш}} = \sum_{i=1}^K \left[ \int_{t_{1,i}}^{t_{2,i}} W_i^n(t) dt - W^n(t_{2,i} - t_{1,i}) \right],$$

где  $K$  – количество задержек доставки (отправки);  $t_{1,i}$  – левая граница интервала  $i$ -й задержки;  $t_{2,i}$  – правая граница интервала  $i$ -й задержки;  $W_i^n(t)$  – ФСП в области потерь.

Отсюда следует, что при планировании ездки не обязательно постоянное стремление к скорейшему выполнению каждой заявки при низких значениях ФСП. Основное требование – поддержание и в рабочей области. Таким образом, неравномерность производства и потребления, обуславливающая колебания сроков отправки и доставки грузов, сглаживается регулированием приоритетов потребностей в перевозках с помощью ФСП, обеспечивая тем самым возможность своевременного обслуживания каждого отправителя и получателя.

На основе рассмотренной постановки задачи разработан метод построения оперативного плана перевозок, реализованный в эвристическом алгоритме с использованием человеко-машинной процедуры планирования. Построение плана перевозок осуществляется в ходе имитации на ЭВМ производственно-транспортного процесса и разбивается на последовательность шагов.

На каждом шаге решение проводится в два этапа: 1-й – расчет и упорядочение потребностей в перевозках по их приоритетам; 2-й – оптимизация распределения автомобилей по упорядоченным потребностям.

**ОБСЛУЖИВАЕМАЯ СИСТЕМА ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ СОВОКУПНОСТЬ ЗВЕНЬЕВ «ПОСТАВЩИК – ПОТРЕБИТЕЛЬ». В ОБЩЕМ СЛУЧАЕ ЛЮБОЕ ОБСЛУЖИВАЕМОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ МОЖЕТ ВЫСТУПАТЬ И КАК ОТПРАВИТЕЛЬ, И КАК ПОЛУЧАТЕЛЬ РАЗНЫХ ГРУЗОВ. ПОТРЕБНОСТИ В ПЕРЕВОЗКАХ НЕ СТАБИЛЬНЫ ВО ВРЕМЕНИ, ТО ЕСТЬ СРОКИ И ОБЪЕМЫ ПЕРЕВОЗОК НЕ ФИКСИРОВАНЫ; ДЛЯ ОДНОГО ЗВЕНА «ПОСТАВЩИК – ПОТРЕБИТЕЛЬ» МОЖЕТ ВЫПОЛНЯТЬСЯ НЕСКОЛЬКО ЕЗДОК ЗА СУТКИ; ПЕРЕВОЗИМЫЕ ГРУЗЫ ДОПУСКАЮТ ХРАНЕНИЕ.**

Для каждого отправителя и получателя задаются: средняя интенсивность выпуска (потребления) продукции (берется из производственных программ клиентов); нормативные запасы продукции (если нормативы неизвестны, то задаются средние фактические размеры запасов, возможность сокращения которых будет проверяться последующими прогонами

имитационной модели); текущие фактические запасы, имеющиеся на начало суток (эти данные поступают ежедневно диспетчеру АТП от клиентов и являются аналогом заявок на перевозки); стоимость грузов, минимальный объем отправки, определяемый размером тары, и коэффициент вместимости в используемом типе подвижного состава; количество погрузо-разгрузочных постов, часы их работы и перерывов, средняя скорость погрузки-разгрузки одной тонны груза.

Перевозки выполняются помашинными отпавками взаимозаменяемым подвижным составом разной грузоподъемности; движение автомобилей осуществляется по различным схемам кольцевых и маятниковых маршрутов; возможны пересечения различных маршрутов в местах погрузки-разгрузки и образование очередей автомобилей; известны часы работы и перерывов водителей.

Требуется определить необходимое количество и грузоподъемность автомобилей с указанием маршрутов и часовых графиков их работы, при которой:

а) отправки и доставки выполняются в сроки, обеспечивающие поддержание запасов отправителей и получателей в пределах нормативов;

б) достигается максимально возможная производительность единицы грузоподъемности парка подвижного состава.

На первом этапе планирования выполняется расчет и упорядочение потребностей в перевозках по их приоритету, на втором – распределение автомобилей по упорядоченным потребностям. Данная задача решается с помощью эвристического алгоритма.

Ввиду непостоянства приоритетов потребностей каждый момент времени, в который анализируется их состояние, характеризуется своим набором более срочных и менее срочных потребностей. Данное упорядоченное множество целесообразно разбить на группы, в которые объединяются потребности с близкими приоритетами, считающиеся равнозначными. Это дает возможность выбора ездок, позволяющего оптимизировать распределение автомобилей внутри одной группы. Удовлетворение потребностей начинается с группы высшего приоритета. После того, как все ездки для данной группы спланированы, осуществляется переход к следующей группе и т.д.

Поскольку с течением времени потребности меняют свои относительные приоритеты, то состав групп равнозначных потребностей постоянно обновляется. По мере приближения срока доставки и увеличении приоритета любая потребность может попасть в группу срочных, удовлетворение которых обязательно независимо от предпочтений АТП. Таким образом, исключается возможность бесконечного откладывания невыгодной заявки.

При распределении свободных автомобилей по равнозначным потребностям решается задача оптимизации использования подвижного состава: требуется распределить  $S$  автомобилей по  $R$  потребностям в соответствии с выбранным критерием. В качестве такового может быть выбран любой критерий, минимизирующий затраты транспортных ресурсов (например, минимизирующий транспортные издержки или максимизирующий производительность подвижного состава).

Результатами планирования являются планы-графики работы автомобилей, составленные на ЭВМ в форме путевых листов, и диспетчерские карты погрузо-разгрузочных работ у отправителей и получателей. Все планы-графики увязаны между собой и обеспечивают согласование работы автотранспорта, отправителей и получателей на уровне оперативного планирования.

Разработанная модель, реализующие ее программы и инструкции предназначены для использования на автоматизированном рабочем месте диспетчера автотранспортного предприятия или центральной диспетчерской службы, координирующей городские (внутриобластные) перевозки промышленных и торговых грузов.

Данная система подверглась опытному внедрению в объединении «Рязаньавтотранс». В ходе внедрения была, во-первых, подтверждена гипотеза о целесообразности использования построенной функции срочности перевозки (ФСР) для регулирования приоритетов потребностей в перевозках: ни по одному из пяти разных грузов при планировании не наблюдалось постоянных предпочтений в ущерб другим грузам; в частности, интервалы между отпавками стеклотары, относящейся к невыгодным грузам, сократились почти вдвое. Во-вторых, за счет оперативного регулирования приоритетов перевозок удалось сократить запасы по разным видам груза на 10 ... 62 %, а также повысить регулярность отправок и доставок.

Удалось снизить долю времени непроизводительных простоев и увеличить производительность единицы подвижного состава.

Необходимо отметить, что этот результат не является закономерным для всех АТП: возможно отсутствие эффекта на автопредприятиях с достаточно высокой степенью организованности и координации работы автомобилей до внедрения нового метода.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Успешное проведение в России и других странах СНГ экономических реформ большинство ученых и практиков связывает с возможностями и результатами использования на всех уровнях управления народным хозяйством классических рыночных инструментов, среди которых не последнее место занимает логистика.

Однако, как показал опыт реформирования отечественной экономики, эти научные дисциплины, хорошо зарекомендовавшие себя в условиях стабильной экономики для выхода из периодических спадов, не всегда

успешно применяются в нашей экономике. Даже там, где упомянутые инструменты получают ограниченное использование, они существенно модифицируются в наших условиях и в большинстве случаев не обеспечивают ожидаемого роста эффективности производства, что противоречит замыслу проводимых реформ.

Результаты исследования реальных функций и задач в структурах разного уровня в России, составляющих основу логистических систем, показали, что сложность постановки и решения таких задач возрастает пропорционально уровню и степени интеграции торгово-посреднических структур и резко снижается по мере роста неформальной структуры управления, а также использования непроизводительных и антиобщественных, особенно криминальных, факторов и источников получения доходов и прибыли.

Таким образом, логистику целесообразно применять, во-первых, в цивилизованной, то есть общественно эффективной рыночной экономике, развивающейся главным образом за счет системообразующих факторов и при соблюдении государственно узаконенных «правил игры»; во-вторых, в крупных агрегированных структурах. Поэтому можно утверждать, что применение логистики наиболее эффективно в смешанной экономике, на которую ориентируется в следующем столетии большинство стран и которая может служить базисной моделью постреформенного развития России и других стран СНГ.

Использование логистики даже на микроуровне должно ориентироваться в основном на продуктивный рынок с созидательным, а не разрушительным направлением, то всякое решение проблемы ее эффективного использования в национальной экономике переходного периода требует критической оценки проводимых реформ и определения комплекса социально-экономических и организационно-технических предпосылок в процессе такого реформирования, без которых применение логистики в народном хозяйстве России и стран СНГ невозможно либо малопродуктивно, то есть нецелесообразно.

Одна группа таких предпосылок связана с улучшением окружающей среды, другая – с выявлением и использованием адаптационных резервов самих логистических систем в зависимости от состояния внешней среды, которую для нормального функционирования и развития логистических систем всех уровней следует улучшать в трех основных направлениях:

➤ с помощью рекомендательных норм и методов, главным образом индикативного характера (рациональных моделей организации и планирование материальных и финансовых потоков, подготовки методических материалов рекомендательного и информационного характера и т.д.);

➤ путем государственного регулирования с использованием арсенала косвенных методов управления сферами производства и обращения;

➤ с использованием научно обоснованной политики приватизации структур, с помощью которых государство может осуществлять прямое управление отдельными элементами инфраструктуры с целью создания здоровой конкурентной среды для логистических систем.

Улучшением социально-экономического фона считается развитие отраслей и видов деятельности производственной инфраструктуры, нетарифное регулирование внешней торговли, разработка нормальных направлений грузопотоков на основе оптимальных схем прикрепления потребителей к поставщикам и установление рентных отношений для их соблюдения контрагентами поставок, разработка стандартов и технических условий на качество продукции, жесткий государственный контроль за соблюдением правил «рыночной игры» всеми участниками, создание единого информационного пространства с широким использованием современных средств вычислительной техники и информационных технологий.

К социально-экономическим и организационно-техническим предпосылкам, выявляющим и использующим внутренние резервы локальных логистических систем разных уровней и степени интеграции, относятся:

1) разработка и внедрение дееспособных показателей и критериев, позволяющих объективно оценивать состояние товарно-материальных потоков на различных стадиях их движения;

2) перестройка внутренней организационной структуры логистических систем;

3) повышение уровня сервисного обслуживания клиентов логистических систем путем их переориентации с ограниченной функции удовлетворения спроса на средства труда на новую форму деятельности по удовлетворению конкретных нужд потребителей;

4) более эффективное внутреннее использование современных средств вычислительной техники и современных информационных технологий;

5) использование более прогрессивных методов оценки экономической эффективности логистических систем, в том числе с помощью коэффициентов эффективности автономного эффекта от любых нововведений.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### II ПРАКТИЧЕСКИЕ СИТУАЦИИ ПО ПЛАНИРОВАНИЮ И УПРАВЛЕНИЮ ЗАПАСАМИ

**Задача 1.1** Объем продажи некоторого магазина составляет 500 упаковок пакетного супа в год. Величина спроса равномерно распределяется в течение года. Цена покупки одного пакета равна 2 у.е. За один заказ владелец магазина должен заплатить 10 у.е. Время доставки заказа от поставщика составляет 12 рабочих дней (при 6-дневной рабочей неделе). По оценкам специалистов, издержки хранения составляют 20 % среднегодовой стоимости запасов. Сколько пакетов должен заказывать владелец магазина каждый раз, если его цель состоит в минимизации общей стоимости запасов? Предположим, что магазин работает 300 дней в году, определим, с какой частотой следует осуществлять подачу заказов и уровень повторного заказа.

#### Решение

Экономичный размер заказа равен:

$$q_o = + \sqrt{\frac{2C_o D}{C_h}},$$

где  $D = 500$  пакетов в год;  $C_o = 10$  у.е. за один заказ;  $C_h = 20\%$  в год от стоимости запаса за одну упаковку, или  $0,2 \times 2$  в год за одну упаковку.

Следовательно,

$$q_o = \sqrt{\frac{2 \times 10 \times 500}{0,2 \times 2}} = 158,11.$$

Количество заказываемых пакетов должно быть целым числом, поэтому в качестве EOQ выберем значение, равное 158 пакетам. В дальнейшем мы можем попытаться определить размер заказа более точно. Минимальное значение общей стоимости заказа в год определяется по следующей формуле:

$$TC = C_o (D/q) + C_h (q/2).$$

Следовательно,

$$TC = 10 \times 500 / 158 + 0,2 \times 2 \times 158 / 2 = 31,6 + 31,6 = 63,2 \text{ у.е.}$$

Общая стоимость купленных владельцем магазина 500 упаковок пакетного супа в год составляет:

$$\text{Стоимость заказов} + \text{Стоимость покупки} = 63,2 \text{ у.е.} + 2 \text{ у.е.} \times 500 = 1063,2 \text{ у.е. в год.}$$

Таким образом, стоимость запасов составляет 6 % общей стоимости покупки в год. Если бы владелец магазина подавал заказы на партии в 150 упаковок, то величина общей стоимости запасов за год составила бы:

$$TC_{150} = 10 \times 500 / 150 + 0,2 \times 2 \times 150 / 2 = 33,33 + 30,0 = 63,33 \text{ у.е.}$$

По сравнению со стоимостью, соответствующей найденному значению EOQ, данное увеличение стоимости является небольшим и составляет 13 пенсов в год. Подачу первого заказа владелец магазина должен осуществлять каждый раз по истечении периода, равного  $158/500$  лет. Поскольку в году 300 рабочих дней, интервал повторного заказа будет равен

$$158 \times 300 / 500 = 94,8 = 95 \text{ раб. дн.}$$

Объем продажи пакетных супов за 12 дней поставки заказа составит  
(Спрос / Число дней)  $\times$  Время поставки =  $(500 / 300) \times 12 = 20$  упаковок.

Следовательно, уровень повторного заказа равен 20 упаковкам. Таким образом, подача нового заказа производится в тот момент, когда уровень запасов равен 20 пакетам.

**Задача 1.2** Компания, производящая изделия из керамики, выпускает несколько видов кофейников. Производственный процесс организован по принципу выпуска партий кофейников общим объемом 500 шт. в неделю. Спрос на наиболее популярную модель, которую мы обозначим через  $X$ , составляет 2500 изделий в год и равномерно распределяется в течение года. Вне зависимости от того, в какой момент времени возникает необходимость в производстве партии кофейников модели  $X$ , стоимость производственного процесса составляет

200 у.е. По оценкам специалистов компании, стоимость хранения кофейников составляет 1,5 у.е. за единицу. Предполагается, что в году 50 рабочих недель.

Какова должна быть партия кофейников, чтобы затраты на производство и хранение были минимальными? Как часто следует возобновлять производственный цикл и какова его длительность?

### Решение

$D_s = 2500$  кофейников в год;

$C_q = 200$  у.е. на один производственный цикл;

$C_h = 1,5$  у.е. за один кофейник в год.

Экономичный размер партии можно определить следующим образом:

$$q_o = \sqrt{\frac{2 \times 200 \times 2500}{1,5}} = 816,5.$$

Поскольку кривая общей стоимости не обладает высокой чувствительностью по отношению к небольшим изменениям значений  $q$ , вполне возможно, что выбранное в качестве EBQ значение, равное 820, не приведет к значительному увеличению общей стоимости. Это утверждение можно легко проверить.

Для  $q = 816,5$  единиц имеем:

$$TC = 200 \times 2500/816,5 + 1,5 \times 816,5/2 = 612,37 + 612,37 = 1224,74 \text{ у.е. в год.}$$

Для  $q = 820$  единиц имеем:

$$TC = 200 \times 2500/820 + 1,5 \times 820/2 = 609,76 + 615 = 1224,76 \text{ у.е. в год.}$$

Для  $q = 800$  единиц имеем:

$$TC = 200 \times 2500/800 + 1,5 \times 800/2 = 609,76 + 615 = 1225 \text{ у.е. в год.}$$

Наиболее удобный размер партии, равный 800 кофейникам, по сравнению с оптимальным размером приводит к увеличению общей стоимости производства и хранения кофейников на 26 пенсов.

Примем в качестве EBQ значение, равное 800 кофейникам. Число производственных циклов составит:  $2500/800 = 3,125$  (то есть 25 циклов за каждые 8 лет), следовательно, интервал между двумя любыми производственными циклами равен:  $800 \times 50/2500 = 16$  недель. Если объем производства в неделю равен 500 кофейникам, то процесс производства одной партии займет  $800/500 = 1,6$  недели.

**Задача 1.3** Вернемся к задаче 1, в которой рассматривалась покупка владельцем магазина пакетных супов. Закупка производилась партиями по 158 упаковок по 2 у.е. за единицу. В настоящее время поставщик предоставляет следующие скидки на закупочные цены:

#### 1.1П Скидки на количество, предоставляемое поставщиком

Размер заказа	Скидка, %	Цена за упаковку, у.е.
0 ... 199	0	2,00
200 ... 499	2	1,96
500 и более	4	1,92

Следует ли владельцу магазина воспользоваться одной из скидок?

### Решение

Мы знаем, что если владелец магазина захочет получить одну из скидок, то размер запасов увеличится, поскольку в этом случае он должен будет заказать не менее 200 упаковок супа, тогда как на настоящий момент уровень запасов составляет 158 упаковок. Будет ли скомпенсировано увеличение издержек хранения снижением закупочных цен и стоимости подачи заказа?

Поскольку размер заказа возрастает, изменение общей стоимости определяется сопоставлением соответствующих частей трех кривых, обозначающих цены за единицу продукции, равные 2 у.е., 1,96 у.е., 1,92 у.е.

Из примера 1 известно, что если закупочная цена равна 2 у.е. за упаковку, то размер заказа в экстремальной точке криво общей стоимости равен 158 упаковкам, а соответствующее минимальное значение общей стоимости покупки 500 пакетов в год составляет 1063,2 у.е.

Рассмотрим случай, когда закупочная цена равна 1,96 у.е. за упаковку. Тогда издержки хранения составят:

$$C_h = 20\% \text{ от } 1,96 \text{ у.е.} = 0,392 \text{ у.е. за упаковку ежегодно.}$$

Оптимальный размер заказа будет равен:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2C_o D}{C_h}} = \sqrt{\frac{2 \times 10 \times 500}{0,392}} = 159,72.$$

Данное значение меньше, чем нижняя граница интервала предоставления первой скидки, 200 ... 499, следовательно, абсцисса экстремальной точки кривой, соответствующей закупочной цене в 1,96 у.е., не является допустимым размером заказа. Минимальная возможная стоимость будет получена, если  $q = 200$  упаковкам.

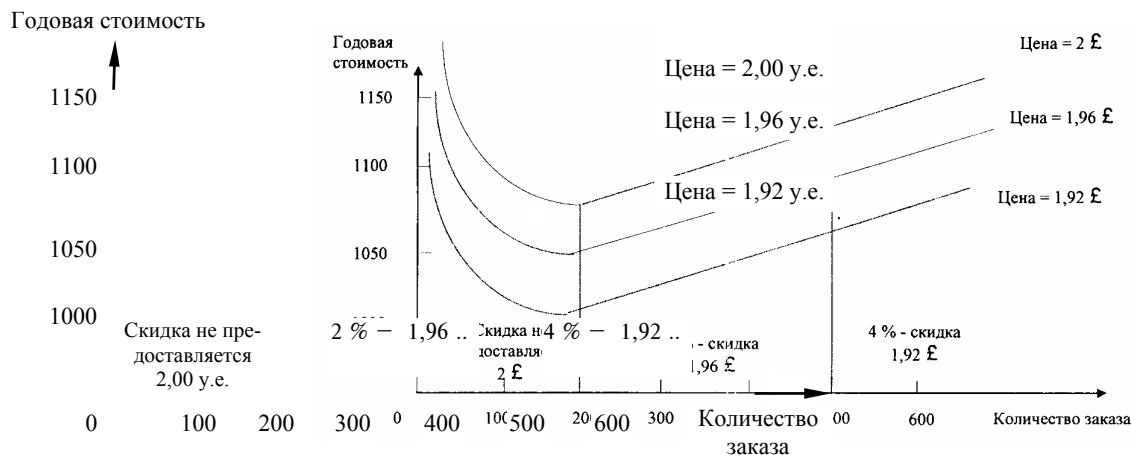


Рис. 1П Влияние скидки на ежегодную стоимость запасов пакетного супа

Минимальная общая стоимость за год (при закупочной цене в 1,96 у.е. за упаковку) =  $10 \times 500/200 + 0,392 \times 1,96 \times 500 = 25 + 39,20 + 980 = 1044,20$  у.е. в год.

Издержки хранения при цене, равной 1,92 у.е., будут равны

$$C_h = 20\% \text{ от } 1,92 \text{ у.е.} = 0,384 \text{ за упаковку ежегодно.}$$

Оптимальный размер заказа составляет

$$EOQ = \sqrt{\frac{2C_o D}{C_h}} = \sqrt{\frac{2 \times 10 \times 500}{0,384}} = 161,37.$$

Данное значение меньше, чем нижняя граница интервала предоставления второй скидки 500 и более, следовательно, абсцисса оптимальной точки кривой, соответствующей закупочной цене в 1,92, не является допустимым размером заказа. Минимальная возможная стоимость будет получена, если  $q = 500$  упаковкам.

Минимальная общая стоимость за год (при закупочной цене в 1,92 у.е. за упаковку) =  $10 \times 500/500 + 0,384 \times 1,92 \times 500 = 10 + 96 + 960 = 1066$  у.е. в год.

Сравнивая три полученных решения табл. 1.2П, имеем:

1.2П Сравнение минимальных значений общей стоимости, соответствующих трем уровням закупочных цен

Цена за упаковку, у.е.	Размер заказа	Минимальная общая стоимость, у.е.
2,00	158	1063,20
1,96	200	1044,20
1,92	500	1066,00

Таким образом, владельцу магазина выгодно только первая из предоставляемых скидок, для получения которой он должен подать заказ на 200 упаковок супа. Эта мера приведет к снижению общей стоимости на 19 у.е. в год.

**Задача 1.4** На некотором станке производятся детали в количестве 2000 единиц в месяц. Эти детали используются для производства продукции на другом станке производительностью 500 единиц в месяц; оставшиеся детали образуют запас. По оценкам специалистов компании, издержки хранения составляют 20 % средней стоимости запасов в год. Стоимость производства одной детали равна 2,50 у.е.

1) Каким должен быть размер партии деталей, производимой на первом станке, и с какой частотой следует организовывать циклы для производства этих деталей?

2) Если бы можно было снизить издержки производства до 500 у.е., каков был бы ответ на вопрос 1?

3) Как изменился бы ответ на вопрос 1, если бы произошло дальнейшее снижение стоимости производства до 250 у.е.?

Решение

1)  $C_s = 1000$  у.е. за производство одной партии деталей;

$D = 500$  деталей в месяц или 6000 деталей в год;

$P = 2000$  деталей в месяц или 24000 деталей в год;

$C_h = 0,2 \times 2,50$  у.е. = 0,50 у.е. за единицу детали в год.

## ЭКОНОМИЧНЫЙ РАЗМЕР ПАРТИИ ДЕТАЛЕЙ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ПО ФОРМУЛЕ

$$q = \sqrt{\frac{2C_s D}{C_h} \times \frac{P}{(P-D)}}$$

Следовательно,

$$q = \sqrt{\frac{2 \times 1000 \times 6000}{0,5} \times \frac{24\,000}{(24\,000 - 6000)}} = 5656,85.$$

Оптимальный размер партии составляет 5657 деталей. В практических целях полученное значение можно и далее округлять. Количество партий деталей, которое необходимо произвести в течение года, составит

$$D/q = 6000/5657 = 1,06.$$

Следовательно, частота производства партий деталей равна  $q/D$  лет:

$$q/D = 5657/6000 = 0,94 \text{ лет или } 11,24 \text{ месяца.}$$

Общая переменная стоимость производства определяется следующим образом:

$$TC = \frac{C_s D}{q} = \frac{C_h (P-D)}{2P} = 1000 \times 6000/5657 + 0,5 \times 18\,000 \times 5657/(2 \times 24\,000) = 2121,32 \text{ у.е. в год.}$$

Если бы в течение одного года производилась только одна партия деталей объемом 6000 единиц, общая переменная стоимость составила бы

$$TC = 1000 \times 6000/6000 + 0,5 \times 18\,000 \times 6000/(2 \times 24\,000) = 2125 \text{ у.е. в год.}$$

Очевидно, что компания выберет тот вариант производства, в котором предусматривается выпуск в течение года только одной партии деталей объемом в 6000 единиц.

2) Если стоимость организации производственного цикла снижается до 500 у.е., экономичный размер партии определяется следующим образом:

$$q = \sqrt{\frac{2C_s D}{C_h} \times \frac{P}{(P-D)}}$$

следовательно,

$$q = \sqrt{\frac{2 \times 500 \times 6000}{0,5} \times \frac{24\,000}{(24\,000 - 6000)}} = 4000.$$

Оптимальный размер партии равен 4000 деталей. Количество партий деталей, необходимое в течение года, составит  $D/q = 6000/4000 = 1,5$ .

Следовательно, частота производства партий деталей равна  $q/D$  лет:

$$q/D = 4000/6000 = 2/3 \text{ года, или } 8 \text{ месяцев.}$$

Общая переменная стоимость производства определяется следующим образом:

$$TC = \frac{C_s D}{q} = \frac{C_h (P - D)}{2P} = 500 \times 6000 / 4000 + 0,5 \times 18\,000 \times \quad \times 4000 / (2 \times 24\,000) = 1500 \text{ у.е. в год.}$$

Если можно снизить стоимость производства наполовину, то экономия общей переменной стоимости составляет 625 у.е. в год. В этом случае производство деталей будет осуществляться партиями по 4000 штук каждые 8 месяцев.

3) Если стоимость организации производственного цикла снижается до 250 у.е., экономичный размер партии определяется следующим образом:

$$q = \sqrt{\frac{2C_s D}{C_h} \times \frac{P}{(P - D)}},$$

следовательно,

$$q = \sqrt{\frac{2 \times 250 \times 6000}{0,5} \times \frac{24\,000}{(24\,000 - 6000)}} = 2828,43.$$

Оптимальный размер партии равен 2828 деталей. Количество партий деталей, необходимое в течение года, составит  $D/q = 6000/2828 = 2,12$ .

Следовательно, частота производства партий деталей равна  $q/D$  лет:

$$q/D = 42\,828/6000 = 0,47 \text{ года, или } 5,64 \text{ месяцев.}$$

Общая переменная стоимость производства определяется следующим образом:

$$TC = \frac{C_s D}{q} = \frac{C_h (P - D)}{2P} = 250 \times 6000 / 2828 + 0,5 \times 18\,000 \times \quad \times 2828 / (2 \times 24\,000) = 1060,66 \text{ у.е. в год.}$$

Если можно снизить стоимость производственного цикла наполовину, то можно было бы получить дополнительную экономию общей переменной стоимости в 439 у.е. в год.

**Задача 1.5** Одним из наиболее популярных товаров, предлагаемым крупным универмагом по продаже электронной и аудиоаппаратуре, является стереоплейер со встроенным радиоприемником. Спрос на эту продукцию, равный 2000 единиц, равномерно распределяется в течение года. Закупка плееров у непосредственного производителя обходится универмагу в 50 у.е., а издержки хранения – 15 % среднегодовой стоимости запасов.

Администратор компании рассматривает вопрос о сокращении запасов данной продукции, что позволило бы улучшить движение потоков наличности. По его оценке система заказов, предусматривающая отсутствие запасов, включая расходы, связанные со снижением объема продаж и утраты доверия клиентов, составляет 5 у.е. в год за один плеер.

Требуется:

1) Определить минимальное значение общей переменной стоимости запасов плееров при условии, что отсутствие запасов является недопустимым. Каков оптимальный размер заказа?

2) Найти величину экономии, которая достигается при введении системы планирования отсутствия запасов. Принимается предпосылка о покрытии размера дефицита из новых поставок. Каков оптимальный размер заказа?

#### Решение

$D = 200$  плееров в год;

$C_o = 50$  у.е. за заказ;

$C = 50$  у.е. за один плеер;

$C_h = 0,15 \times 50$  у.е. = 7,5 у.е. за единицу продукции в год.

Экономичный размер заказа составит

$$q = \sqrt{\frac{2C_o D}{C_h}} = \sqrt{\frac{2 \times 50 \times 2000}{7,5}} = 163,3.$$

Таким образом, в течение каждого цикла заказа компания должна подавать заказ на 163 стереоплейера. Годовая общая переменная стоимость запасов определяется в соответствии с формулой

$$TC = \frac{C_o D}{q} + \frac{C_h q}{2} = \frac{50 \times 2000}{163} + \frac{7,5 \times 163}{2} = 1224,75 \text{ у.е. в год.}$$

Плановый дефицит составит:  $C_b = 5$  у.е. за плеер в год.

Оптимальный размер заказа равен:



$$q = \sqrt{\frac{2C_o D}{C_h} \frac{C_h + C_b}{C_b}} = \sqrt{\frac{2 \times 50 \times 2000}{7,5} \frac{7,5 + 5}{5}} = 258,2.$$

В данной ситуации компания должна подавать заказы на партии игроков размером в 258 единиц. Максимальный размер дефицита равен:

$$S = \sqrt{\frac{2C_o D}{C_b} \frac{C_h}{C_b + C_h}} = \sqrt{\frac{2 \times 50 \times 2000 \times 7,5}{5 \times (7,5 + 5)}} = 154,9.$$

После округления получим, что максимальный дефицит составляет 155 игроков. Общая переменная стоимость за год определяется следующим образом:

$$TC = \frac{C_o D}{q} + \frac{C_h (q - S^2)}{2q} + \frac{C_b S^2}{2q} =$$

$$= \frac{50 \times 2000}{258} + \frac{7,5 \times (258 - 155)^2}{2 \times 258} + \frac{5 \times 155^2}{2 \times 258} = 774,6 \text{ у.е. в год.}$$

По сравнению с основной моделью величина экономии составляет  $1224,75 - 774,6 = 450,15$  у.е. в год. Таким образом, если компания будет использовать модель планирования дефицита, она сможет достичь экономии общей переменной стоимости запасов, равной 450,15 у.е. в год.

## 1.1П УРОВНЕВАЯ СИСТЕМА ПОВТОРНОГО ЗАКАЗА

### М о д е л ь I: Достижение минимального уровня обслуживания

Необходимо принять решение по следующим вопросам:

- 1) Каково значение фиксированного размера заказа  $q$ ?
- 2) При каком уровне запасов следует сделать новый заказ? Эта величина называется уровнем повторного заказа  $R$ .

Суть алгоритма состоит в том, чтобы с помощью модели EOQ зафиксировать размер повторного заказа, а затем на этой основе выбрать соответствующее значение повторного заказа. Данный алгоритм не всегда приводит к получению наилучшего решения, однако он позволяет найти достаточно хорошее решение. Для того, чтобы зафиксировать уровень повторного заказа, необходимо знать, как меняется величина спроса в течение исполнения заказа и ожидаемое значение уровня обслуживания. Общее решение можно показать на примере.

**З а д а ч а 1.6** Промышленная компания в одном из технологических процессов использует деталь  $X$ . Эти детали закупаются у внешнего поставщика. Спрос компании на детали  $X$  периодически меняется, однако приблизительно его можно описать с помощью нормального распределения со средним значением, равным 80 деталям в день. Стандартное отклонение спроса составляет 10 деталей в день. Стоимость каждой детали равна 0,50 у.е. Как было оценено, за каждый заказ поставщик взимает плату в 25 у.е. Время поставки заказа поставщиком фиксировано и составляет восемь дней. По оценкам специалистов компании, издержки хранения составляют 20 % среднегодовой стоимости запасов. Компания работает пять дней в неделю в течение 50 недель в году.

Какое количество деталей должна заказывать компания каждый раз и каким должен быть уровень повторного заказа, если нехватка запасов в среднем более чем в 20 циклах нежелательна для компании? Каков размер резервного запаса, соответствующего данному уровню повторного заказа?

### Решение

Для определения нужного размера предположим, что спрос постоянен и зафиксирован на уровне среднего значения.

$C_o = 25$  у.е. за один заказ;

$D = 80 \times 50 \times 5 = 20000$  деталей в год (в среднем);

$C_h = 20\%$  от 0,5 у.е. = 0,10 у.е. за одну деталь в год.

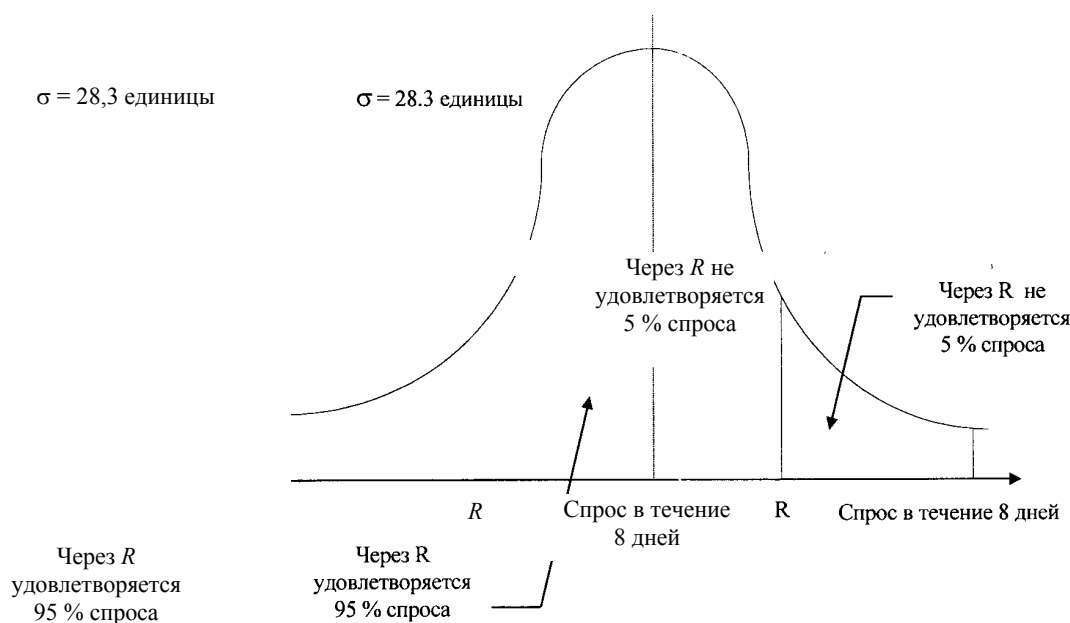
Если предполагается, что спрос постоянен, то экономичный размер заказа определяется по следующей формуле:

$$q = \sqrt{\frac{2C_o D}{C_h}} = \sqrt{\frac{2 \times 25 \times 20\,000}{0,1}} = 3162,3.$$

В качестве размера заказа примем значение, равное 3162 деталей. Максимально допустимый уровень нехватки запасов, как было задано априорно, составляет 1 из 20 циклов, то есть в среднем только в 5 % циклов допускается нехватка запасов. Следовательно, уровень обслуживания равен 95 %. Поскольку спрос за день аппроксимируется нормальным распределением, спрос в течение поставки также распределен по нормальному закону при условии, что предполагается независимость спроса в любой день от его величины в другие дни.

Среднее значение спроса в течение 8 дней времени поставки составляет:  $80 \times 8 = 640$  деталей. Дисперсия спроса в течение поставки заказа равна:  $8 \times \text{дисперсия спроса за день} = 8 \times 10^2$ , следовательно, стандартное отклонение спроса в течение поставки составит:  $\sqrt{8 \times 10^2} = 28,28$  деталей.

Уровень повторного заказа  $R$  выбирается с тем условием, чтобы вероятность что величина спроса в течение поставки окажется меньше уровня повторного заказа, была не менее 0,95, то есть  $P(\text{величина спроса в течение поставки меньше } R) > 0,95$ .



**РИС. 2П РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СПРОСА В ТЕЧЕНИЕ ВРЕМЕНИ**

$R$  представляет собой  $z$  стандартных отклонений от среднего, где

$$z = \frac{R - 640}{28,3}$$

По таблицам стандартного нормального распределения находим, что если  $P(z > \frac{R - 640}{28,3}) = 0,05$ , то  $z = 1,645$ .

Следовательно,

$$1,645 = \frac{R - 640}{28,3}, \quad R = 686,55.$$

Зафиксируем уровень повторного заказа на уровне 687 деталей. Следовательно, резервный запас составит 47 деталей. Этот запас необходим для обеспечения колеблемости спроса и требуемого уровня обслуживания. Предполагается, что 47 деталей находятся в запасе в течение всего периода, таким образом, в данном случае среднегодовой уровень запаса равен  $(q/2 + 47)$  деталям.

Если не учитывать величину стоимости нехватки запасов, то общая годовая переменная стоимость определяется как

$$\begin{aligned} TC &= \frac{C_o D}{q} + C_h \left( \frac{q}{2} + \text{резервный запас} \right) = \\ &= \frac{25 \times 20\,000}{3162} + 1,10 \times \left( \frac{3162}{2} + 47 \right) = 320,93 \text{ у.е. в год.} \end{aligned}$$

Стоимость резервного запаса равна:  $(0,1 \times 47) = 4,70$  у.е. в год.

## Модель II: Достижение минимальной стоимости

Необходимо принять решение по тем же вопросам, которые были сформулированы для модели I, с использованием такого же алгоритма. Исследуем проблему, поставленную в задаче 6, с точки зрения минимизации общей переменной стоимости за год.

**Задача 1.7** Вернемся к задаче 6. Если возникает нехватка запасов, то процесс производства в компании останавливается, следовательно, при приближении кризиса компания посылает местному поставщику багажный фургон для закупки дополнительной партии деталей. По оценкам фирмы, дополнительная стоимость этой операции составляет 0.1 у.е. за одну деталь.

Какое количество деталей должна заказывать компания одновременно и каким должен быть уровень повторного заказа, если ее целью является минимизация общей переменной стоимости за год? Каков размер резервного запаса, соответствующий данному уровню повторного заказа?

### Решение

*Общая переменная стоимость за год = Годовая стоимость подачи заказа + Годовые издержки хранения стандартного запаса + Годовые издержки хранения резервного запаса + Годовая стоимость нехватки запасов.*

Фиксированный размер запаса является таким же, как и в примере 6, то есть составляет 3162 деталей в одном заказе, следовательно,

$$TC = \frac{C_o D}{q} + C_h \left( \frac{q}{2} + \text{резервный запас} \right) + C_b^* (\text{математическое ожидание единиц продукции, составляющих нехватку запасов, в год}) = \frac{25 \times 20\,000}{3162} + 0,1 \times \left( \frac{3162}{2} + \text{резервный запас} \right) + 1^* (\text{математическое ожидание единиц продукции, составляющих нехватку запасов, в год}).$$

Мы должны выбрать значение резервного запаса минимизирующее суммарное значение последних двух компонент общей стоимости. По мере увеличения резервного запаса издержки хранения также возрастают, а математическое ожидание количества единиц продукции, составляющей нехватку запасов, снижается, следовательно, снижается и стоимость отсутствия запасов, и наоборот. Необходимо определить размер резервного запаса, обеспечивающий наилучшее соотношение этих двух величин. Метод, который будет нами использоваться, основан на теории «проб и ошибок».

В данной задаче спрос в течение поставки заказа аппроксимируется непрерывным распределением, следовательно, мы должны найти особую точку данного распределения, в которой следует рассчитать и сопоставить стоимость нехватки запасов и издержек хранения резервного запаса. Проверку указанных значений будем производить с интервалами в 10 деталей. Данный интервал выбирается для удобства расчетов, кроме того, поскольку детали являются относительно недорогими, шаг в 10 деталей является достаточно надежным и обоснованным.

Если спрос в течение поставки не превосходит своего среднего значения, нехватки запасов не появится. Проблемы возникают только в том случае, если значение спроса в течение поставки выше среднего.

Для каждого из выбранных значений резервного запаса вычисляется математическое ожидание количества нехваток запаса в течение цикла. Затем данное значение умножается на число циклов запаса в год, что дает нам математическое ожидание количества нехваток запаса в течение года. Учитывая издержки хранения дополнительного запаса (0,10 у.е. за единицу) и ожидаемую стоимость нехватки запасов (у.е. за единицу), мы можем получить ожидаемую величину общей годовой стоимости, соответствующую данному уровню резервного запаса. Как правило, эти две стоимости равномерно уменьшаются, пока не достигнут минимального значения, а затем снова начинают возрастать. Как только значения стоимости начинают возрастать, необходимость в дальнейших расчетах отпадает. Число циклов запаса в год составит  $20\,000 / 3162 = 6,3$  (Примечание: в

приведенных ниже расчетах предполагается, что вероятность того, что спрос за время поставки превысит 720, равна нулю).

1.3П Расчет вероятности различных значений спроса в течение поставки с использованием нормального распределения с  $\mu = 640$  и  $\sigma = 28,3$  единиц за 8 дней

Приближенное значение спроса в течение поставки	Вероятность появления этого значения*	Резервный запас, требующийся для удовлетворения этого спроса
640	0,135	0
650	0,134	10
660	0,109	20
670	0,082	30
680	0,052	40
690	0,030	50
700	0,016	60
710	0,007	70
720	0,003	80

\* При оценке вероятности значение спроса в 640 деталей представляет промежуток от 635 до 645 деталей. Вероятность  $P(635 \leq \text{спрос} \leq 645) = 0,135$  находится с помощью таблиц стандартного нормального распределения. Остальные значения рассчитываются аналогично.

Поскольку общая ожидаемая стоимость за год возрастает, можно предположить, что свое минимальное значение она принимает, когда резервный запас равен 60 деталям. Общая переменная стоимость за год равна:

$$TC = 25 \times 20\,000/3162 + 0,1 \times 3162/2 + 0,1 \times \text{резервный запас} + 1 \times \text{математическое ожидание количества нехваток запасов в год} = 158,1 + 158,1 + 0,1 \times 60 + 1 \times 0,82 = 323,02 \text{ у.е. в год.}$$

Это значение получено с достаточной степенью приближенности, однако вероятнее всего оно является наилучшим значением, которое можно получить довольно просто. В данном случае переменная стоимость запасов достаточно мала по сравнению со стоимостью закупки продукции ( $0,50 \text{ у.е.} \times 20\,000 = 10\,000 \text{ у.е. в год}$ ).

#### 1.4П Издержки, соответствующие различным уровням резервного запаса

Резервный запас	Удовлетворенный спрос	Математическое ожидание числа нехваток запасов		Стоимость у.е. в год		
		в течение цикла	в течение года	нехватки запасов	резервного запаса	общая
80	720	0	0	0	$80 \times 0,10 = 8$	8,00
70	710	$10 \times 0,003 = 0,03$	$0,03 \times 6,3 = 0,19$	$0,19 \times 1$	$70 \times 0,10 = 7$	7,19
60	700	$20 \times 0,03 + 10 \times 0,07 = 0,13$	$0,13 \times 6,3 = 0,82$	$0,82 \times 1$	$60 \times 0,10 = 6$	6,82

50	690	$30 \times 0,003 + 20 \times 0,07 + 10 \times 0,16 = 0,39$	$0,39 \times 6,3 = 2,46$	$2,46 \times 1$	$50 \times 0,10 = 5$	7,46
----	-----	--	--------------------------	-----------------	----------------------	------

**Задача 1.8** Крупный оптовый магазин по продаже электротоваров за наличный и безналичный расчет производит закупку телевизоров наиболее популярной марки у непосредственного производителя по цене 250 у.е. за единицу. Средний объем продаж за 300 дней года составляет 475 телевизоров. Подача одного заказа обходится компании в 50 у.е. Было оценено, что издержки хранения составляют 15 % среднегодовой стоимости запасов.

Время поставки – три дня. По данным о последних 50 циклах заказа было получено следующее распределение частот для спроса:

Таблица 1.5П

Спрос на телевизоры в течение поставки, шт.	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Число циклов запаса	1	2	6	8	10	8	8	5	2

Каждый раз, когда запас товаров исчерпывается, администрация оптового магазина подает срочный заказ. Дополнительная стоимость этого заказа, включая издержки выполнения заказов покупателей, оценивается приблизительно в 20 у.е. за телевизор. Какое количество телевизоров компания должна заказывать одновременно и каким должен быть уровень повторного заказа в условиях, когда цель администрации компании состоит в минимизации стоимости? Насколько велик размер резервного запаса, соответствующий данному уровню повторного заказа?

**Решение**

*Общая переменная стоимость за год = Годовая стоимость подачи заказа + Годовые издержки хранения стандартного запаса + Годовые издержки хранения резервного запаса + Годовые издержки хранения отсутствия запасов.*

$D$  – ежегодный спрос на запас продукции;

$D = 475$  телевизоров в среднем за год;

$C_o = 50$  у.е. за заказ;

$C_h = 0,15 \diamond 250$  у.е. = 37,50 у.е. за телевизор в год;

$C = 250$  у.е. за телевизор;

$C_b = 20$  у.е. за телевизор.

Используя среднее значение спроса и зафиксировав размер заказа на уровне EOQ, получим

$$q = \sqrt{2 \times 50 \times \frac{475}{37,5}} = 35,6 .$$

В качестве фиксированного размера заказа выберем значение, равное 36 телевизорам.

$$TC = \frac{C_o D}{q} + C_h \left( \frac{q}{2} + \text{резервный запас} \right) +$$

$+ C_b$  (математическое ожидание единиц продукции, составляющих нехватку запасов, в год) =

$$= 50 \diamond 475/36 + 37,5 \diamond 36/2 + 37,5 \diamond \text{резервный запас} + 20 \diamond$$

$\diamond$  математическое ожидание размера нехватки запасов за год = = 1334,72 + 37,5 (резервный запас) + 20  $\diamond$  математическое ожидание размера нехватки запасов за год (у.е. в год).

Необходимо определить такой размер резервного запаса, при котором достигается минимум двух последних видов издержек. Если спрос в течение поставки не превышает среднего значения, нехватка запасов отсутствует. Проблема возникает только в том случае, когда спрос в течение поставки превышает его средний уровень.

Средний спрос за день составляет:  $475/300 = 1,58$  телевизоров. Таким образом, средний спрос в течение поставки определяется как  $1,58 \diamond 3 = 4,75$ . Допустив некоторую погрешность в округлении, решим, что спрос

равен 4 телевизорам. Распределение вероятностей значений спроса за время поставки можно найти из соответствующего распределения частот:

### 1.6П РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ СПРОСА В ТЕЧЕНИЕ ПОСТАВКИ

Спрос на телевизоры в течение поставки, шт.	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Число циклов запаса	1	2	6	8	10	8	8	5	2
Вероятность	0,02	0,04	0,12	0,16	0,20	0,16	0,16	0,10	0,04

### 1.7П РАЗМЕР РЕЗЕРВНОГО ЗАПАСА, НЕОБХОДИМЫЙ ДЛЯ СООТВЕТСТВУЮЩИХ ЗНАЧЕНИЙ СПРОСА ЗА ВРЕМЯ ПОСТАВКИ

Приближенное значение спроса в течение поставки	Вероятность появления этого значения	Резервный запас, требующийся для удовлетворения этого спроса
640	0,135	0
650	0,134	10
660	0,109	20
670	0,082	30
680	0,052	40

Для каждого из указанных значений резервного запаса вычислим математическое ожидание размера нехватки запасов в течение одного цикла. Затем данное значение умножается на число циклов запаса в год, что дает нам математическое ожидание количества нехваток запаса в течение года. Для того, что бы получить ожидаемое значение общей стоимости, соответствующее данному размеру резервного запаса, необходимо принять во внимание издержки хранения дополнительного запаса (37,5 у.е. за единицу продукции) и расходы, связанные с нехваткой запасов (20 у.е. за единицу продукции). Количество циклов запаса составит за год:  $475/36 = 13,2$ .

Ожидаемое значение общей стоимости возрастает, следовательно, можно предположить, что ее минимум достигается в случае, когда резервный запас состоит из 2 телевизоров. Если предположить, что среднее значение спроса в течение времени поставки равно 4, уровень повторного заказа составит:  $4 + 2 = 6$  телевизоров. В этом случае общая переменная стоимость за год будет равна:

$$TC = 1334,72 + 37,5 \diamond (\text{резервный запас}) + 20 \diamond (\text{математическое ожидание размера нехватки запаса за год}) = 1334,72 + 75,0 + 47,52 = 1457,24 \text{ у.е. в год.}$$

### 1.8П ЗНАЧЕНИЯ СТОИМОСТИ, СООТВЕТСТВУЮЩИЕ РАЗЛИЧНОМУ РАЗМЕРУ РЕЗЕРВНОГО ЗАПАСА

Резервный запас	Удовлетворенный спрос	Математическое ожидание числа нехваток запасов		Стоимость у.е. в год		
		в течение цикла	в течение года	нехватки запасов	резервного запаса	общая
4	8	0	0	0	$4 \diamond 37,5 = 15$	150,0
3	7	$1 \diamond 0,4 = 0,4$	$0,04 \diamond 13,2 =$	$0,528 \diamond 20$	$3 \diamond 37,5 = 112,5$	123,1

			=0,528	==10,56		
2	6	2 ⋄ 0,04+1 ⋄ ⋄ 0,01=0,18	0,18 ⋄ 13,2= =2,376	2,736 ⋄ 20 ==47,52	2 ⋄ 37,5=75	122,5
1	5	3 ⋄ 0,04+2 ⋄ ⋄ 0,01+1 ⋄ ⋄ 0,16=0,48	0,48 ⋄ 13,2= =6,336	6,336 ⋄ 20 ==126,72	1 ⋄ 37,5=37,5	164,2

Чтобы минимизировать годовой показатель общей переменной стоимости запасов, администрация компании должна периодически заказывать партии телевизоров объемом 36 штук, когда уровень запасов снижается до 6 единиц.

## 1.2П ЦИКЛИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОВТОРНОГО ЗАКАЗА

Основная циклическая модель повторного заказа предназначена для принятия решений по следующим двум вопросам:

1. Каковы границы фиксированного интервала, в котором следует осуществлять подачу заказа?
2. Какое количество продукции необходимо заказывать?

Рассмотрим задачу в два этапа, что позволит получить достаточно хорошее, но не обязательно оптимальное, решение. Зафиксируем продолжительность цикла  $T$ , не принимая во внимание колеблемость значений спроса и времени поставки заказа. Значение  $T$  следует округлить до соответствующей величины. Система управления запасами должна быть построена таким образом, чтобы ею можно было легко управлять, поэтому совершенно нежелательно, чтобы лицу, осуществляющему управление запасами, приходилось проводить проверку запасов с неудобными для него интервалами времени. Критерием выбора размера заказа должна служить цель создания системы управления запасами. Как и в предыдущем случае, исследуем данную проблему с точки зрения минимального уровня обслуживания и минимальной стоимости.

### М о д е л ь I: Достижение минимального уровня обслуживания

Для определения фиксированного интервала повторного заказа, не учитывая каких-либо изменений значений спроса или времени поставки, найдем интервал повторного заказа, в котором достигается минимальное значение общей переменной стоимости подачи заказа и хранения запасов:

*Общая переменная стоимость за год = Годовая стоимость подачи заказа + Годовые издержки хранения.*

Если интервал повторного заказа равен  $T$  лет, число подаваемых за год запасов составит  $1/T$ . Размер каждого заказа равен  $q$ , где  $D = q/T$ , следовательно,  $q = DT$ . Если не учитывать размер резервного запаса, то средний уровень запаса составит  $q/2 = DT/2$ . Таким образом, общая переменная стоимость за год определяется по следующей формуле:

$$TC = C_o (1/T) + C_h (DT/2) \text{ (у.е. в год).}$$

Минимум  $TC$  достигается, если

$$\frac{dTC}{dT} = 0 \text{ и } \frac{d^2TC}{dT^2} > 0,$$

$$\frac{dTC}{dT} = \frac{-C_o}{T^2} + \frac{C_h D}{2} \text{ и } \frac{d^2TC}{dT^2} = \frac{2C_o}{T^3} > 0, \text{ если } T > 0.$$

Если

$$\frac{dTC}{dT} = 0, \quad \frac{-C_o}{T^2} + \frac{C_h D}{2} = 0,$$

следовательно,  $T = \sqrt{\frac{2C_o}{C_h D}}$ ; сравните с  $EOQ = \sqrt{\frac{2C_o D}{C_h}}$ .

После того, как значение  $T$  найдено, производится его корректировка в соответствие с наиболее удобным интервалом проверки наличия запасов. Если, например, расчеты показали бы, что  $T = 4,2$  дня, найденное значение было бы скорректировано на интервал проверки запасов, равный одной неделе.

Теперь мы должны найти уровень запасов, который будет определять размер подаваемого заказа. Например, можно принять решение, что размер заказа на момент его подачи должен быть выбран таким образом, чтобы уровень запаса увеличился до 100 единиц продукции при условии, что поставка заказа осуществляется незамедлительно. Следовательно, если уровень запасов равен 35, то размер заказа будет равен 65, если же уровень запасов равен 43, размер заказа составит 57 единиц продукции.

**Задача 1.9** Предположим, что для некоторого вида продукции уровень обслуживания совпадает с размером одной нехватки продукции при условии, что цикл повторного заказа составляет 4 рабочие недели. Предположим также, что год состоит из 50 рабочих недель. Зафиксируем время поставки заказа на уровне двух недель. Спрос на данную продукцию в неделю аппроксимируется нормальным распределением, среднее значение которого равно 300 единицам продукции в неделю, а стандартное отклонение – 50 единиц продукции в неделю.

**Решение**

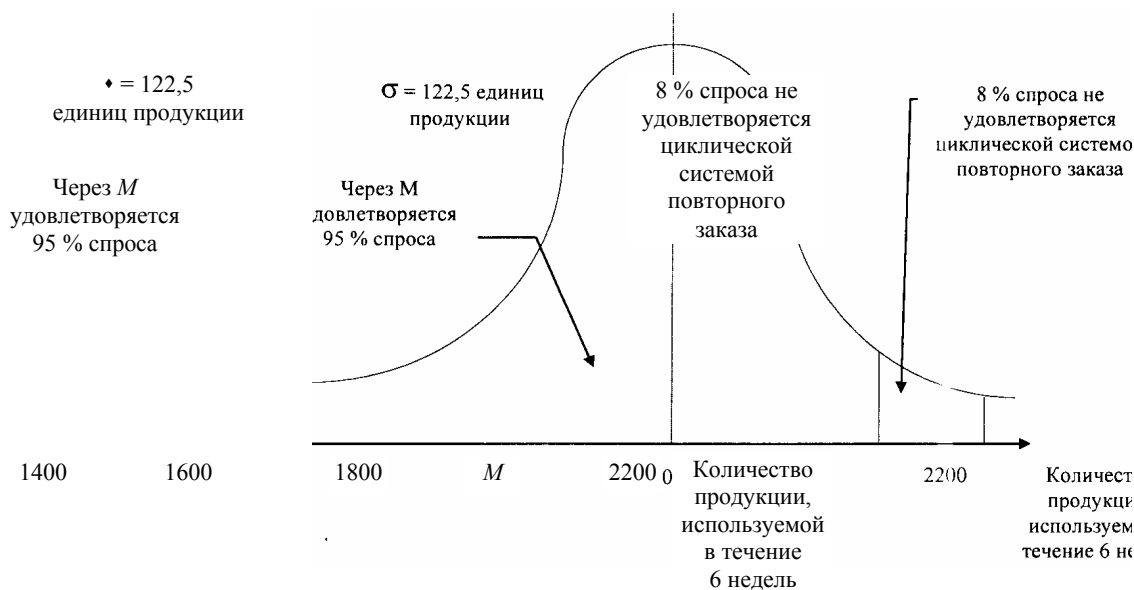
Число циклов запаса в течение года составит:  $50/4 = 12,5$ . Вероятность нехватки запаса в течение цикла определяется как  $1/12,5 = 0,08$ . Следовательно, уровень обслуживания, которого необходимо достичь, равен 0,92.

Переменный спрос, который нужно учесть в процессе решения, – это спрос, предъявляемый с момента принятия решения о подаче заказа до момента получения новой партии повторного заказа, то есть спрос, возникающий в течение всего цикла повторного заказа, а также спрос в течение поставки как было в уровневой модели повторного заказа. Предположим, что распределение спроса в течение 6 недель (продолжительность цикла – 4 недели плюс время поставки заказа – 2 недели) является нормальным и имеет среднее значение:  $6 \diamond 300 = 1800$  единиц продукции и стандартное отклонение  $\sqrt{6 \times 50^2} = 122,5$  единиц продукции. Соответствующий график распределения спроса – см. рис. 3П.

Размер заказа выбирается таким образом, чтобы уровень запасов возрос до величины  $M$ ; которая, в свою очередь, выбирается так, чтобы вероятность удовлетворения спроса в продолжении цикла запаса составляла 92%.  $M$  представляет собой  $z$  стандартных отклонений от среднего, где

$$z = \frac{M - 1800}{122,5}.$$

Следовательно, из таблицы для стандартного нормального распределения находим, что при  $P(z) > (M - 1800/122,5) = 0,08$ ;  $z = 1,405$ .



**Рис. 3П Изменение спроса в течение повторного заказа и времени поставки**

Таким образом,

$$1,405 = \frac{M - 1800}{122,5}.$$

Следовательно,

$$M = 1800 + (1,405 \diamond 122,5) = 1972,1.$$



Итак, во время каждой проверки наличия запасов, проводимой один раз в 4 недели, будет сделан новый заказ, размер которого позволит обеспечить уровень обслуживания, равный 92 % или в среднем одну нехватку запасов в год.

## М о д е л ь II: Достижение минимальной стоимости

Алгоритм, который применялся в модели I, можно использовать также и для определения наиболее приемлемой продолжительности цикла повторного заказа. Уровень запасов  $M$ , при котором достигается минимум общей переменной стоимости за год, можно определить по аналогии с методом определения размера необходимого резервного запаса. Используя данные задачи 8, определим фиксированный интервал повторного заказа.

$D = 475$  телевизоров в среднем за год;

$C_o = 50$  у.е. за заказ;

$C_h = 0,15 \diamond 250$  у.е. = 37,50 у.е. за телевизор в год;

$C = 250$  у.е. за телевизор;

$C_b = 20$  у.е. за телевизор;

$L = 3$  дня.

Продолжительность рабочего года – 300 дней.

Оптимальный интервал повторного заказа определяется следующим образом:

$$T = \sqrt{\frac{2C_o}{C_h D}}; \quad T = \sqrt{\frac{2 \times 50}{475 \times 37,5}} = 0,07 \text{ года.}$$

Оптимальный интервал повторного заказа составляет:  $0,07 \diamond 300 = 21$  рабочий день. Предположим, что рабочий год, продолжительностью в 300 дней состоит из 6-дневных рабочих недель, тогда наиболее приемлемым для подачи повторных заказов будет интервал, равный 4 неделям. Размер заказа, определяемый каждый раз в момент его подачи, должен быть таким, чтобы уровень запасов возрос до величины  $M$  при условии незамедлительного получения заказа, где  $M$  минимизирует издержки хранения резервного запаса и стоимость нехватки запасов за год. Размер резервного запаса определяется как:

$$V = (M - \text{среднее значение спроса в течение поставки и цикла повторного заказа}).$$

Цикл повторного заказа составляет  $4 \diamond 6$  рабочих дней, а время поставки – 3 рабочих дня. Поэтому необходимо учитывать спрос, возникающий в течение 27 рабочих дней. Нам известно, что годовой спрос равен 475 телевизорам за 300 рабочих дней, поэтому среднее значение спроса за 27 дней составит:  $(475/300) \diamond 27 = 42,75$  телевизоров. Резервный запас равен  $M - 42,75$ , а издержки его хранения за год –  $(M - 42,75) \diamond 37,5$  у.е. в год. Ожидаемые издержки, связанные с отсутствием запаса в течение года, зависят от колеблемости спроса в течение исследуемых 27 дней. К сожалению, невозможно произвести расчеты ввиду недостатка информации, имеющейся в распоряжении. Необходимо сгенерировать соответствующее распределение и проверить его надежность, собрав дополнительные данные.

При разработке оптимального плана перевозок существенно упрощает процесс построения исходной модели использование специально алгоритмов. Ниже рассматриваются примеры таких алгоритмов, созданных для решения транспортной задачи и задачи о назначениях.

В обоих случаях проблема распределения перевозок связана с продуктами, которые в соответствии с определенной целью перевозятся из пунктов производства в пункты потребления. Целью часто является минимизация общей стоимости транспортировки. Пусть, например, некоторой компании принадлежат три завода и пять пунктов распределения продукции, находящиеся в одном регионе. Администрация компании должна организовать перевозку конечной продукции с заводов в пункты распределения с минимальной стоимостью. В этой ситуации наиболее подходящими могли бы стать методы решения транспортной задачи.

Частным случаем транспортной задачи является задача о назначениях. Предполагается, что из каждого пункта производства в каждый пункт потребления перевозится только один товар. В процессе решения этой и подобных проблем можно использовать алгоритм решения задачи о назначении.

На практике зачастую размерность таких задач значительна, что требует применения для их решения пакетов прикладных программ.

## 2.1П РЕШЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Данная проблема связана с распределением товаров между поставщиками (находящимися в пунктах производства) и потребителями (находящимися в пунктах назначения) таким образом, чтобы общая стоимость этого распределения была минимальной. Эта задача может быть решена либо с помощью методов линейного программирования, либо специального алгоритма решения транспортной задачи.

**Задача 2.1.** Компания с ограниченной ответственностью осуществляет производство прохладительных напитков на двух заводах – *A* и *B*. Поставкой бутылок на каждый из заводов занимаются две фирмы *P* и *Q*. На ноябрь заводу требуется 5000 бутылок, а заводу *B* – 3500 бутылок. Фирма *P* может поставить максимум 7500 бутылок, а фирма *Q* – 4000 бутылок.

### 2.1П Стоимость перевозки бутылок, показатели спроса и предложения

Поставщик	Стоимость перевозки одной бутылки на завод, пенсов		Максимальный объем поставки
	<i>A</i>	<i>B</i>	
<b>P</b>	4	4	7500
<b>Q</b>	3	2	4000
<b>СПРОС НА БУТЫЛ КИ</b>	5000	3500	

Как следует организовать доставку бутылок на заводы, чтобы общая стоимость перевозки была минимальна?\*

#### **Решение**

Пусть фирма *P* поставляет  $x$  бутылок для завода *A* и  $y$  бутылок для завода *B*. Фирма *Q* поставляет  $a$  бутылок заводу *A* и  $b$  бутылок заводу *B*. Целевая функция с учетом приведенных в таблице затрат на перевозку будет иметь вид:

$$C = 4x + 4y + 3a + 2b.$$

Выразим ограничения через переменные:

---

\* Данная задача не удовлетворяет предпосылкам транспортной задачи, но может быть преобразована в транспортную.

$$x + y < 7500, \quad a + b < 4000,$$

$$a + x = 5000, \quad y + b = 3500.$$

Решая задачу с помощью прикладной программы для ЭВМ, получаем следующий результат.

$$x = 4500.0000, \quad a = 500.0000, \quad b = 3500.0000.$$

Значение целевой функции (оптимальное) 26500.0000.

Анализ ограничений и теневые цены:

Огр:  $x + y < 7500$

$$4500.0000 \leq 7500.0000 \implies 0.00000$$

Огр:  $a + b < 4000$

$$4000.0000 \leq 4000.0000 \implies 0.000000$$

Огр:  $a + x = 5000$

$$5000.0000 = 5000.0000 \implies -4.000000$$

Огр:  $y + b = 3500$

$$3500.0000 = 3500.0000 \implies -3.000000.$$

Данная задача после некоторого преобразования может быть решена графически. Однако встречаются относительно более сложные задачи, при решении которых применение методов линейного программирования является более обоснованным.

**Задача 2.2.** Некоторый продукт производится на двух заводах и распределяется между двумя пользователями. Их потребности на ближайшие два месяца приведены в таблице:

2.2П Потребности на ближайшие два месяца

Пользователь	Потребность	
	август	сентябрь
1	420	550
2	350	480

Стоимость транспортировки продукта с заводов потребителям приведена в таблице:

2.3П Стоимость транспортировки продукта с заводов потребителям

Завод	Пользователь	
	1	2
1	10	13
2	12	6

Стоимость производства единицы продукта и объем производства по плану за два месяца приведены в таблицах.

2.4П Объем производства по плану за два месяца

Завод	Объем производства	
	август	сентябрь
1	500	600

2	300	500
---	-----	-----

### 2.5П Стоимость производства единицы продукта за два месяца

Завод	Объем производства	
	август	сентябрь
1	3,0	3,6
2	3,2	2,9

При этом возможно производить продукт в течение месяца, хранить его лишь в течение месяца, а затем отправлять пользователю. Стоимость хранения составляет 0,5 на заводе 1 и 0,6 на заводе 2.

#### **Решение**

Сформулируем задачу как задачу линейного программирования.

Введем необходимые переменные.

- $z1p1a$  – количество продукта, поставляемое заводом 1 пользователю 1 в августе;
- $z1p2a$  – количество продукта, поставляемое заводом 1 пользователю 2 в августе;
- $z2p1a$  – количество продукта, поставляемое заводом 2 пользователю 1 в августе;
- $z2p2a$  – количество продукта, поставляемое заводом 2 пользователю 2 в августе;
- $z1p1s$  – количество продукта, поставляемое заводом 1 пользователю 1 в сентябре;
- $z1p2s$  – количество продукта, поставляемое заводом 1 пользователю 2 в сентябре;
- $z2p1s$  – количество продукта, поставляемое заводом 2 пользователю 1 в сентябре;
- $z2p2s$  – количество продукта, поставляемое заводом 2 пользователю 2 в сентябре;
- $c1a$  – количество продукта, поступившего на склад завода 1 в августе;
- $c2a$  – количество продукта, поступившего на склад завода 2 в августе;
- $z1a$  – количество продукта, произведенного заводом 1 в августе;
- $z1s$  – количество продукта, произведенного заводом 1 в сентябре;
- $z2a$  – количество продукта, произведенного заводом 2 в августе;
- $z2s$  – количество продукта, произведенного заводом 2 в сентябре.

Целевая функция будет иметь вид:

$$C = z1p1a \diamond 10 + z2p1a \diamond 12 + z1p1s \diamond 10 + z2p1s \diamond 12 + z1p2a \diamond 13 + z2p2a \diamond 6 + z1p2s \diamond 13 + z2p2s \diamond 5 + z1a \diamond 3 + z2a \diamond 3.2 + z1s \diamond 3.6 + z2s \diamond 2.9 + c1a \diamond 0.5 + c2a \diamond 0.6.$$

Ее значение необходимо минимизировать.

Введем следующие ограничения.

$$\begin{aligned} z1p1a + z2p1a &= 420 \\ z1p1s + z2p1s &= 550 \\ z1p2a + z2p2a &= 350 \end{aligned}$$

$$z1p2s + z2p2s = 480$$

$$z1a < 500$$

$$z1s < 600$$

$$z2a < 300$$

$$z2s < 500$$

$$c1a = z1a - z1p1a - z1p2a$$

$$c2a = z2a - z2p1a - z2p2a$$

$$z1s = z1p1s - z1p2s - c1a$$

$$z2s = z2p1s + z2p2s - c2a$$

С помощью прикладной программы для ЭВМ получаем следующее решение:

Отчет о решении задачи линейной оптимизации

Переменная	Значение	Замечание
z1p1a	420.0000	
z1p2a	50.000000	
z2p1a	0.00000	
z2p2a	300.0000	
z1p1s	550.0000	
z1p2s	0.00000	
z2p1s	0.00000	
z2p2s	480.0000	
c1a	30.000000	
c2a	0.00000	
z1a	500.0000	
z1s	520.0000	
z2a	300.0000	
z2s	480.0000	

Значение целевой функции (оптимальное) 20289.0000

Анализ ограничений и теневые цены:

Огр:  $z1p1a + z2p1a = 420$

$$420.0000 = 420.0000 \implies -13.100000$$

Огр:  $z1p1s + z2p1s = 550$

$$550.0000 = 550.0000 \implies -13.600000$$

Огр:  $z1p2a + z2p2a = 350$

$$350.0000 = 350.0000 \implies -16.100000$$

Огр:  $z1p2s + z2p2s = 480$

$$480.0000 = 480.0000 \implies -7.900000$$

Огр:  $z1a < 500$

$$500.0000 \leq 500.0000 \implies 0.1000000$$

Огр:  $z1s < 600$

$$520.0000 \leq 600.0000 \implies 0.000000$$

Огр:  $z2a < 300$

$$300.0000 \leq 300.0000 \implies 6.900000$$

Огр:  $z2s < 500$

$$480.0000 \leq 500.0000 \implies 0.000000$$

Огр:  $c1a = z1a - z1p1a - z1p2a$

$$30.000000 = 30.000000 \implies 3.100000$$

$$\text{Огр: } c2a = z2a - z2p1a - z2p2a$$

$$0.000000 = 0.000000 \implies 10.100000$$

$$\text{Огр: } z1s = z1p1s + z1p2s - c1a$$

$$520.0000 = 520.0000 \implies -3.600000$$

$$\text{Огр: } z2s = z2p1s + z2p2s - c2a$$

$$480.0000 = 480.0000 \implies -2.900000$$

Итоговая таблица оптимального плана производства и транспортировки выглядит следующим образом.

## 2.6П Оптимальный плана производства и транспортировки

Пользователь	Август		Склад	Сентябрь	
	Пользователь			Пользователь	
	1	2	1	2	
1	420	50	30	30 + 520	0
2	0	300	0	0	480
Итого	420	350	–	550	480

## 2.2П АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ

Выше приведено решения задач с помощью методов линейного программирования. Возможно также использовать алгоритм решения транспортной задачи. Применение этого алгоритма требует, чтобы задача удовлетворяла определенным требованиям:

1) должна быть известна стоимость перевозки единицы продукта из каждого пункта производства в пункт назначения;

2) запас продуктов в каждом пункте производства должен быть известен;

3) потребности в продуктах в каждом пункте производства должны быть известны;

4) общее предложение должно быть равно общему спросу, то есть задача должна быть транспортной.

Задача 1 не являлась транспортной как раз по тому, что не удовлетворяла предпосылке 4). Тем не менее, можно ввести фиктивный завод, потребность которого определяется разностью между общим предложением и общим спросом. Потребность фиктивного завода по данным задачи 2.1 составила бы  $(11\ 500 - 8500) = 3000$  бутылок. Любые продукты, которые подлежат распределению в фиктивный пункт назначения, на деле не вывозятся из пункта производства. В случае, если общее предложение меньше общего спроса, поступают аналогичным образом, то есть в модель вводится фиктивный поставщик, максимальный объем поставок которого равен величине неудовлетворенного спроса. Количество товаров, вывозимых из фиктивного пункта производства, характеризует величину недостающих поставок.

Алгоритм решения транспортной задачи состоит из четырех этапов:

*Этап 1.* Представление данных в форме стандартной таблицы и поиск любого допустимого распределения перевозок. Допустимым называется такое распределение перевозок, которое позволяет удовлетворить весь спрос в пунктах назначения и вывезти весь запас продуктов из пунктов производства.

*Этап 2.* Проверка полученного распределения перевозок на оптимальность.

*Этап 3.* Если полученное распределение перевозок не является оптимальным, то ресурсы перераспределяются, снижая стоимость транспортировки.

*Этап 4.* Повторная проверка оптимальности полученного распределения перевозок.

Данный итеративный процесс повторяется до тех пор, пока не будет получено оптимальное решение.

### 2.2.1П ПОИСК НАЧАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗОК

Начальное распределение перевозок может быть получено с помощью любого метода, позволяющего найти допустимое решение задачи. Однако при систематическом решении таких задач можно разработать методы,

позволяющие получать более выгодные начальные решения. Остановимся на двух методах нахождения начального распределения перевозок – методе минимальной стоимости и методе Вогеля.

**Задача 2.3.** Три торговых склада –  $P$ ,  $Q$  и  $R$  – могут поставлять некоторое изделие в количестве 9, 4 и 8 единиц соответственно. Величины спроса трех магазинов розничной торговли, находящихся в пунктах  $A$ ,  $B$  и  $C$ , на это изделие равны 3, 5 и 6 единицам соответственно. Какова минимальная стоимость транспортировки изделий от поставщиков к потребителям? Единичные издержки транспортировки приведены в таблице.

2.7П Издержки транспортировки, объемы потребностей и предложения

Поставщик	Транспортные издержки для магазинов, у.е.			Общий объем предложения
	$A$	$B$	$C$	
$P$	10	20	5	9
$Q$	2	10	8	4
$R$	1	20	7	8
Общий объем спроса	3	5	6	

**Решение.**

В нашем распоряжении имеется информация об издержках, предложении изделий и потребностей в них, но общее предложение превышает общий спрос. Общее количество изделий, которое могут поставить все склады, равно 21, однако розничным магазинам необходимо только 14 изделий. Следовательно, необходимо ввести фиктивный розничный магазин, потребность которого будет равна 7 изделиям, определяющим избыток предложения. Фактически эти 7 изделий не будут вывезены с торговых складов, поэтому предполагается, что издержки транспортировки для них будут равны нулю.

2.8П Сбалансированная транспортная таблица

Поставщик	Транспортные издержки для магазинов, у.е.				Общий объем предложения
	$A$	$B$	$C$	$\Phi$	
$P$	10	20	5	0	9
$Q$	2	10	8	0	4
$R$	1	20	7	0	8
Общий объем спроса	3	5	6	7	

Для нахождения начального допустимого распределения перевозок будем использовать метод минимальной стоимости, а затем метод Вогеля. Тем не менее следует иметь ввиду, что на практике требуется применение только одного из методов.

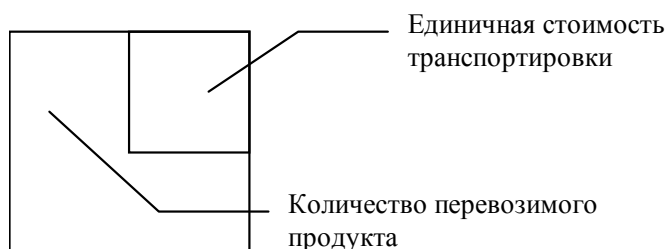
**Метод 1. Метод минимальной стоимости**

1. В клетку с минимальной единичной стоимостью записывают наибольшее возможное количество продукта.
2. Производится корректировка оставшихся объемов предложения и потребностей.
3. Выбирается следующая клетка с наименьшей стоимостью, в которую помещается наибольшее возможное количество продукта, и так далее до тех пор, пока спрос и предложение не станут равными нулю.
4. Если наименьшее значение стоимости соответствует более чем одной клетке таблицы, выбор осуществляется случайным образом.

**2.9П НАЧАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕВОЗОК, ПОЛУЧЕННОЕ МЕТОДОМ МИНИМАЛЬНОЙ СТОИМОСТИ**

Поставщик	Транспортные издержки для магазинов, у.е.				Общий объем предложения
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	$\Phi$	
<i>P</i>	– 1	– 20	2 <sub>3</sub> 5	7 <sub>1</sub> 0	920
<i>Q</i>	– 2	4 <sub>3</sub> 10	– 8	– 0	40
<i>R</i>	3 <sub>2</sub> 1	1 <sub>6</sub> 20	4 <sub>4</sub> 7	– 0	8510
Общий объем спроса	3 0	5 40	6 40	7 0	21

Ключ:



В таблице стоимость транспортировки находится в верхнем правом углу каждой клетки внутри прямоугольника. Индексы, соответствующие количеству продукта, характеризуют последовательность распределения перевозок и облегчают понимание процедуры распределения. Прочерки в клетках – отсутствие предложения или спроса, соответствующим этим клеткам.

1 Наименьшая стоимость транспортировки равна нулю. Следовательно, можно выбрать любую из клеток, относящихся к фиктивному заводу. Пусть выбрана клетка (*P*,  $\Phi$ ), в соответствии с алгоритмом в ней помещается максимальное количество продукта, равное 7 единицам. Предложение в *P* и спрос фиктивного магазина уменьшаются на 7. Затем в клетках, которые уже нельзя использовать в дальнейшем распределении перевозок, ставится прочерк.

2 Клеток с нулевой стоимостью больше нет, поэтому выбирается клетка (*R*, *A*), которая соответствует наименьшая стоимость, равная единице. В данной клетке размещается наибольшее количество продукта, равное 3. Затем производится корректировка итоговых значений спроса и предложения, соответствующих данным строке и столбцу, а в остальных клетках этого столбца ставится прочерк.

3 Наименьшая стоимость перевозки равна 5 и соответствует клетке (*P*, *C*). В данной клетке размещается две единицы изделия, оставшиеся на складе *P*. Производится корректировка итоговых значений соответствующих строки и столбца, а в остальных клетках строки *P* ставится прочерк.

4 Наконец, оставшееся количество продукта распределяется последовательно в клетки (*R*, *C*), (*Q*, *B*) и (*R*, *B*).

Если распределение является допустимым, то объемы предложения на складах и объемы потребностей во всех магазинах должны быть равны нулю. Полученное выше распределение перевозок является допустимым.

$$\text{Стоимость} = (3 \times 1) + (4 \times 10) + (1 \times 20) + (2 \times 5) + (4 \times 7) + (7 \times 0) = 101.$$

Мы еще не можем сказать, является ли данное распределение перевозок наиболее дешевым, однако получена некоторая реальная стоимость.

#### Метод 2. Метод Вогеля

В данном методе используется штрафная стоимость. Штрафная стоимость для каждой строки и столбца – разность между наиболее дешевым маршрутом и следующим за ним с точки зрения критерия минимизации стоимости перевозок. Суть метода состоит минимизации этих штрафов.

1 Чтобы вычислить значения штрафной стоимости для каждой строки и столбца, необходимо найти клетки с наименьшей стоимостью и ближайшим к ним значением стоимости. Для каждой клетки и столбца наименьшее значение стоимости вычитается из ближайшего к нему значения, найденного по критерию минимизации



стоимости. Такая процедура позволяет получить значения штрафов за отсутствие перевозок в клетках с наименьшей стоимостью.

2 Выбирается строка или столбец с наименьшим значением штрафной стоимости, и в клетку с наименьшим значением стоимости перевозки для данной строки и столбца помещается наибольшее возможное количество продукта. Такая процедура позволяет избежать назначения высоких штрафов.

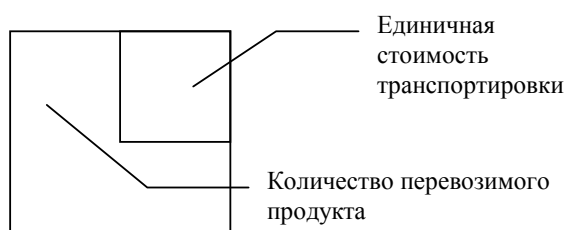
3 Как и в предыдущем методе, производится корректировка итоговых значений по строкам и столбцам таблицы.

4 В строках или столбцах, в которых предложение или спрос приняли нулевые значения, ставится прочерк во всех клетках, в которых отсутствуют перевозки, так как эти клетки нельзя использовать в процессе дальнейшего распределения перевозок.

2.10П Начальное распределение перевозок, полученное методом Вогеля

Поставщик	Транспортные издержки для магазинов, у.е.				Общий объем предложения	Штрафная стоимость		
	A	B	Φ			1	2	3
P	- 10	1 20	6 5	2 0	9820	5	5	5
Q	- 2	- 10	- 8	- 0	40	2	-	-
R	3 <sub>2</sub> 1	- 20	7	5 <sub>3</sub> - 0	850	1	1	7 <sub>3</sub>
ОБЩИЙ ОБЪЕМ СПРОСА	30	540	60	120	21			
1-Й ШТРАФ	1	10 <sub>1</sub>	2	0				
2-Й ШТРАФ	9 <sub>2</sub>	0	2	0				
3-Й ШТРАФ	-	0	2	0				

Ключ:



5 Производится возврат к шагу 1 и перерасчет штрафных стоимостей без учета клеток, в которых указаны перевозки, или клеток, в которых стоит прочерк.

Указанные шаги повторяются до тех пор, пока весь спрос не будет удовлетворен.

Индексы, соответствующие количеству перевозок, отражают порядок выбора штрафных стоимостей и распределения перевозок.

После третьего распределения продукта оставшееся его количество распределяется по клеткам транспортной таблицы однозначно.

$$\text{Стоимость} = 1 \times 20 + 6 \times 5 + 2 \times 0 + 4 \times 10 + 3 \times 1 + 5 \times 0 = 93.$$

**КАК И В ПРЕДЫДУЩЕМ СЛУЧАЕ, ЕЩЕ НЕИЗВЕСТНО, ЯВЛЯЕТСЯ ЛИ ДАННОЕ РЕШЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫМ, ОДНАКО МОЖНО С УВЕРЕННОСТЬЮ УТВЕРЖДАТЬ, ЧТО ПЛАН ПЕРЕВОЗОК, ПОЛУЧЕННЫЙ МЕТОДОМ ВОГЕЛЯ, БОЛЕЕ ДЕШЕВЫЙ ПО СРАВНЕНИЮ С ПЛАНОМ,**

### 2.2.2П ПРОВЕРКА НА ОПТИМАЛЬНОСТЬ

Чтобы осуществить проверку оптимальности, необходимо определить, является ли начальное распределение перевозок базисным, то есть находится ли полученное решение в крайней точке допустимого множества. Представленное в таблице распределение перевозок является допустимым решением, то есть лежит внутри или на границе допустимого множества. Если распределение перевозок является базисным, каждому ограничению должна соответствовать одна базисная переменная. Задача для  $m$  торговых складов и  $n$  розничных магазинов (включая фиктивный) содержит  $(m + n - 1)$  независимых ограничений. Следовательно, базисное решение должно размещаться в  $(m + n - 1)$  клетках транспортной таблицы. Все  $(m + n - 1)$  переменные должны занимать независимые позиции. Однако на данной стадии нет необходимости проявлять беспокойство по поводу независимости переменных, поскольку в процессе проверки решения на оптимальность любые нарушения будут выявлены.

Если распределение перевозок включает  $(m + n - 1)$  независимых переменных, то к нему непосредственно можно применить методы проверки оптимальности. Если же число переменных меньше указанного количества, то критерий проверки оптимальности необходимо модифицировать так, как это будет показано ниже. Однако если число переменных превышает  $(m + n - 1)$ , процедура распределения перевозок проведена некорректно. В этом случае должны существовать варианты такого распределения перевозок, которые при меньшей стоимости содержат требуемое число переменных.

Проверим каждое из полученных разными методами распределений перевозок на базисность. В таблице 3 строки и 4 столбца, следовательно, базисное решение должно содержать  $(3 + 4 - 1) = 6$  заполненных клеток. Это верно для обоих методов распределения перевозок. Кроме того, переменные решения, полученные с помощью обоих методов, находятся в различных точках допустимого множества. Следовательно, процедуру проверки можно применять, не прибегая ни к каким модификациям.

Проверка исходного распределения перевозок производится для того, чтобы определить, является ли данный вариант наиболее дешевым для транспортировки, и, если это не так, какие изменения следует внести в распределение. Ниже изложены два метода проверки решения на оптимальность. В методе ступенек рассчитываются значения стоимости неиспользованных клеток, или теневые издержки. Сама процедура довольно длительная и кропотливая, однако, понимание ее сущности не представляет затруднений. Метод МОДИ (модифицированных распределений) – это математический алгоритм, позволяющий получить те же значения теневых издержек, причем гораздо быстрее, однако этот метод более сложен. В обоих методах в случае, если распределение перевозок является неоптимальным, для перехода к следующему базисному распределению используется ступенчатая процедура. Как только получено базисное решение, алгоритм позволяет осуществить переход от одной крайней точки допустимого множества к другой до тех пор, пока не будет достигнуто оптимальное решение.

Для иллюстрации применения данного алгоритма используем распределение перевозок, полученное методом минимальной стоимости.

Ступеньками называются точки, в которые производится распределение перевозок. Выбирается одна из пустых клеток и предполагается, что в нее помещается одна единица продукта. Такая процедура нарушает баланс итоговых значений столбца или строки, на пересечении которых лежит данная клетка. Затем для восстановления баланса производится корректировка количества перевозимого продукта в некоторых заполненных клетках. Эти заполненные клетки, или ступеньки, используют при вычислении стоимости перевозки единицы продукта.

2.11П Начальное распределение перевозок, полученное методом минимальной стоимости

Поставщик	Транспортные издержки для магазинов, у.е.								Общий объем предложения
	A		B		C		Φ		
P	–	10	–	20	2	5	7	0	9
Q	–	2	4 <sub>5</sub>	10	–	8	–	0	4
R	3 <sub>2</sub>	1	1 <sub>6</sub>	20	4 <sub>4</sub>	7	–	0	8
Общий объем спроса	3		5		6		7		21

Ключ:



Если значение стоимости положительное, то привлечение пустой клетки увеличит общую стоимость, а это невыгодно. Если же значение стоимости отрицательное, то использование пустой клетки, напротив, снижает общую стоимость транспортировки. Последнее означает, что полученное распределение перевозок является неоптимальным, и при использовании данной незаполненной клетки можно получить лучшее решение задачи.

Какая из пустых клеток будет выбрана в начале процедуры, значения не имеет. Выберем клетку  $(P, A)$ . Добавим в нее одну единицу изделия. Теперь полученное распределение является несбалансированным. Розничный магазин  $A$  получает 4 единицы изделия, в то время как его потребность – 3. Торговый склад  $P$  является поставщиком 10 изделий, тогда как максимальный объем его предложения равен 9. Необходимо произвести корректировку столбца  $A$  и строки  $P$ . Для восстановления баланса в столбце  $A$  необходимо вычесть одно изделие из ступеньки  $(R, A)$ . Эта мера корректирует столбец  $A$ , но нарушает баланс строки  $R$ , уменьшая соответствующее предложение с 8 до 7 единиц.

Можно осуществить перебалансировку строки  $P$  вычитанием одного изделия либо из клетки  $(P, \Phi)$ , либо из клетки  $(P, C)$ . Если мы выберем клетку  $(P, \Phi)$ , то в фиктивном столбце нет больше заполненных клеток, которые можно было бы использовать в дальнейшей корректировке этого столбца, следовательно, данный выбор неприемлем. Корректировку можно осуществлять только с помощью тех клеток, которые уже заполнены на настоящий момент. Поэтому мы должны выбрать клетку  $(P, C)$ . Из  $(P, C)$  вычитаем одно изделие. Это корректирует баланс по строке  $P$ , но нарушает его по столбцу  $C$ . На данном этапе проблема несбалансированности связана со строкой  $R$  и столбцом  $C$ . Их можно скорректировать одновременно, добавив одно изделие в  $(R, C)$ . Схематично процесс заполнения пустой клетки  $(P, A)$  и восстановления баланса распределения перевозок показан в таблице.

Денежный эффект от перемещения одного изделия в клетку  $(P, A)$  рассчитывается следующим образом:

$$+ 1 \times \text{стоимость}(P, A) - 1 \times \text{стоимость}(R, A) + 1 \times \text{стоимость}(R, C) - 1 \times \text{стоимость}(P, C) = + 11 \text{ за изделие.}$$

### 2.12П Проверка пустой клетки $(P, A)$

		Изменение натурального объема, изделий	
		<b>A</b>	<b>C</b>
<b>P</b>	Клетка, подвергнутая проверке + 1		Заполненная клетка - 1
<b>R</b>	Заполненная клетка - 1		Заполненная клетка + 1

Использование клетки  $(P, A)$  увеличило бы стоимость транспортировки на 11 у.е. За каждое изделие, перевозимое из  $P$  в  $A$ . Значение теневой цены является положительным, следовательно, использование данной клетки нежелательно.

Возвращаемся к исходному распределению перевозок и проводим последовательную проверку остальных пустых клеток. Выберем клетку  $(R, \Phi)$ , а для иллюстрации натуральных и стоимостных изменений, связанных с перемещением одной единицы изделия в клетку  $(R, \Phi)$ , используем ступеньки  $(P, \Phi)$ ,  $(P, C)$  и  $(R, C)$ .

### 2.13П Проверка пустой клетки $(R, \Phi)$

		Изменение натурального объема, изделий	
		<b>C</b>	<b>Φ</b>

$P$	Клетка, подвергнутая проверке + 1	Заполненная клетка - 1
$R$	Заполненная клетка - 1	Заполненная клетка + 1

#### 2.14П Проверка пустой клетки ( $R, \Phi$ )

Стоимостные изменения, у.е.		
	$C$	$\Phi$
$P$	Клетка, подвергнутая проверке + 5	Заполненная клетка - 0
$R$	Заполненная клетка - 7	Заполненная клетка + 0

Стоимостные изменения от дополнения одного изделия в клетку ( $R, \Phi$ ) составили - 2 у.е. за одно изделие.

Размещение перевозок в клетке ( $R, \Phi$ ) дает возможность снизить издержки транспортировки, следовательно, начальное распределение перевозок оптимальным не является. Используя клетку ( $R, \Phi$ ) и указанный ступенчатый маршрут, можно найти более дешевое решение, позволяющее сэкономить 2 у.е. за каждую единицу изделия, перемещаемого в данную клетку. Однако проверку пустых клеток необходимо завершить, поскольку могут существовать клетки, использование которых позволяет получить еще большую экономию.

Теперь построим ступенчатый путь для пустой клетки ( $Q, \Phi$ ). Необходимо учитывать, что для последующего осуществления балансировки движение можно осуществлять только через заполненные клетки. В этом случае цикл из четырех шагов построить уже невозможно. Нам приходится выбирать более сложный маршрут. В клетку ( $Q, \Phi$ ) поместим одно изделие. Строка  $Q$  и фиктивный столбец содержат только по одной заполненной клетке. Предположим, что мы приняли решение двигаться из ( $Q, \Phi$ ) в ( $Q, B$ ). Для того, чтобы сбалансировать строку  $Q$ , из этой клетки вычтем одно изделие. Восстановить баланс для столбца  $B$  можно только с помощью клетки ( $R, B$ ), следовательно, в нее необходимо добавить одно изделие. Балансировку строки  $R$  можно осуществить через клетки ( $R, A$ ) и ( $R, C$ ), но поскольку ( $R, A$ ) – единственная заполненная клетка в столбце  $A$ , ее использовать нельзя. Если бы маршрут проходил через данную клетку, мы не могли бы сбалансировать столбец  $A$ . Объем перевозок в ( $R, C$ ) уменьшается на одно изделие. Оставшаяся часть маршрута очевидна. Восстановление баланса в столбце  $C$  производится увеличением перевозок в ( $P, C$ ) на одну единицу, а баланс строки  $P$  достигается вычитанием одного изделия из ( $P, \Phi$ ). Последний шаг позволяет также сбалансировать фиктивный столбец и замкнуть цикл. Следует помнить, что построение замкнутого цикла внутри транспортной таблицы, который начинается и заканчивается в выбранной пустой точке, возможно только в том случае, если исходное распределение перевозок является базисным. Натуральные и стоимостные изменения, соответствующие построенному циклу, показаны в таблицах.

Чистый стоимостной эффект от размещения в пустой клетке ( $Q, \Phi$ ) составит + 8 у.е. за изделие. В случае заполнения данной пустой клетки общая стоимость транспортировки увеличится. Поэтому рассмотренные изменения вводить не следует. В таблице показаны значения теневых цен.

#### 2.15П Проверка пустой клетки ( $Q, \Phi$ )

Натуральные изменения, изделий			
	$B$	$C$	$\Phi$
$P$	<b>ПУСТАЯ</b>	Заполненная + 1	Заполненная - 1
$Q$	Заполненная - 1	<b>ПУСТАЯ</b>	Проверяемая + 1
$R$	Заполненная + 1	Заполненная - 1	Пустая

#### 2.16П Проверка пустой клетки ( $Q, \Phi$ )

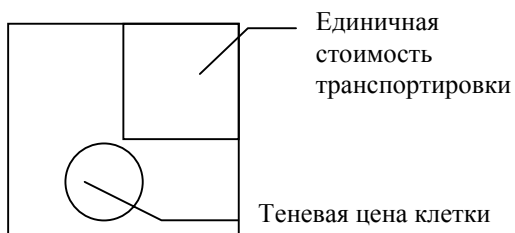
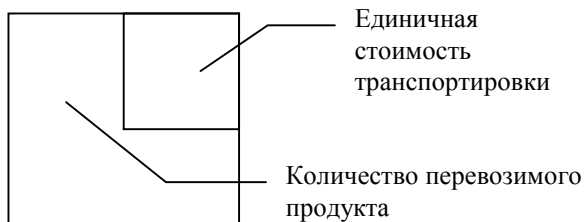
Стоимостные изменения, изделий		
--------------------------------	--	--

	<b>В</b>	<b>С</b>	<b>Ф</b>
<b>Р</b>	Пустая	Заполненная + 1	Заполненная - 0
<b>Q</b>	Заполненная - 10	<b>ПУСТА</b> <b>Я</b>	Проверяемая + 0
<b>R</b>	Заполненная + 20	Заполненная - 7	<b>ПУСТА</b> <b>Я</b>

2.17П Начальное распределение перевозок на оптимальность – метод ступенек

Поставщик	Транспортные издержки для магазинов, у.е.								Общий объем предложения
	A		B		C		Ф		
P	(+11)	10	(+8)	20	2	5	7	0	9
Q	(+11)	2	4 <sub>5</sub>	10	(+11)	8	(+8)	0	4
R	3	1	1	20	4	7	(-2)	0	8
Общий объем спроса	3		5		6		7		21

Ключ:



Это решение является неоптимальным, так как клетке (R, Ф) соответствует отрицательная теневая цена, равная - 2 у.е. Стоимость транспортировки в 101 у.е. можно уменьшить, если ввести эту клетку и соответствующий ступенчатый цикл в распределение перевозок, что позволит достичь экономии стоимости в 2 у.е. на одно изделие.

Рассмотрим метод МОДИ вычисления теневых цен. Алгоритм метода ступенек является довольно трудоемким, и в процессе его реализации легко допустить ошибки. Использование оптимальности метода МОДИ в данном случае является более разумным. Хотя его алгоритм не позволяет вывить натуральные изменения, однако с его помощью можно получить те же значения теневых цен, затратив при этом гораздо меньше усилий.

Для начала рассмотрим только заполненные клетки. Для этих клеток каждое значение единичной стоимости  $c_{ij}$  разделяется на две компоненты -  $u_i$  для строк и  $v_j$  для столбцов. Например, единичная стоимость для клетки (R, B), лежащей на пересечении строки 3 и столбца 2, равна  $c_{32} = 20$  у.е. В ней можно выделить компоненту  $u_3$ , соответствующую строке, и компоненту  $v_2$ , соответствующую столбцу.

Теневые цены для каждой пустой (небазисной) клетки можно найти из соотношения:

$$s_{ij} = c_{ij} - (u_i + v_j).$$

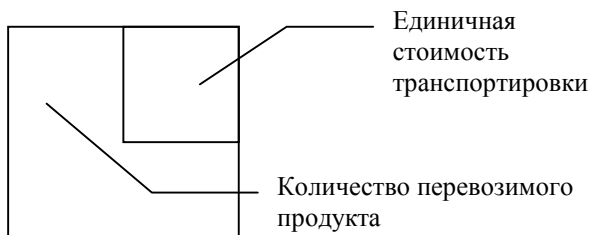
Эта теневая цена означает дополнительную стоимость транспортировки единицы изделия из пункта  $i$  в пункт  $j$ . Если все теневые цены положительны или равны нулю, то есть  $s_{ij} \geq 0$ , то полученное решение является оптимальным. В этом случае перемещение единицы изделия в пустую клетку, которой соответствует положительная теневая цена, увеличит стоимость транспортировки. Если теневая цена имеет нулевое значение, то общая стоимость транспортировки не изменится.

Обратимся вновь к начальному распределению перевозок, полученному методом минимальной стоимости. Проведем проверку данного распределения на оптимальность с помощью метода МОДИ.

2.18П Начальное распределение перевозок, полученное методом минимальной стоимости

Поставщик	Транспортные издержки для магазинов, у.е.				Общий объем предложения
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	$\Phi$	
<i>P</i>	- 10	- 20	2 5	7 0	9
<i>Q</i>	- 2	4 10	- 8	- 0	4
<i>R</i>	3 1	1 20	4 7	- 0	8
Общий объем спроса	3	5	6	7	21

Ключ:



Расчет компонент для строк и компонент для столбцов производится с помощью заполненных клеток. Заполненные клетки  $(P, C)$ ,  $(P, \Phi)$ ,  $(Q, B)$ ,  $(R, A)$ ,  $(R, B)$ ,  $(R, C)$  приводят к системе из шести уравнений. Эти шесть уравнений содержат семь переменных, поэтому система имеет не одно решение. Поскольку множество значений переменных является совместимым, фактические значения, присваиваемые компонентам, не играют никакой роли.

$$\begin{aligned}
 c_{13} = 5 &= u_1 + v_3 && \text{для заполненной клетки } (P, C); \\
 c_{14} = 0 &= u_1 + v_4 && \text{для заполненной клетки } (P, \Phi); \\
 c_{33} = 7 &= u_3 + v_3 && \text{для заполненной клетки } (R, C); \\
 c_{31} = 1 &= u_3 + v_1 && \text{для заполненной клетки } (R, A); \\
 c_{32} = 20 &= u_3 + v_2 && \text{для заполненной клетки } (R, B); \\
 c_{22} = 10 &= u_2 + v_2 && \text{для заполненной клетки } (Q, B).
 \end{aligned}$$

Какой-либо из компонент присваивается некоторое значение, по которому из соответствующих уравнений рассчитываются значения остальных компонент. Положим,  $u_1 = 0$ . Из этого следует, что  $v_3 = 5$ ,  $v_4 = 0$ ,  $v_1 = -1$ ,  $v_2 = 18$ ,  $u_3 = 2$ ,  $u_2 = -8$ . Теперь, пользуясь соотношением  $s_{ij} = c_{ij} - (u_i + v_j)$ , мы можем найти значения теневых цен, соответствующих незаполненным клеткам.

Подставив найденные значения компонент  $u_i$  и  $v_j$ , получим следующие теневые цены:

$$\begin{aligned}
 s_{11} &= 10 - (0 - (-1)) = +11 && \text{для пустой клетки } (P, A); \\
 s_{12} &= 20 - (0 + 18) = +2 && \text{для пустой клетки } (P, B); \\
 s_{21} &= 2 - (-8 - 1) = +11 && \text{для пустой клетки } (Q, A); \\
 s_{23} &= 8 - (-8 + 5) = +11 && \text{для пустой клетки } (Q, C); \\
 s_{24} &= 0 - (-8 + 0) = +8 && \text{для пустой клетки } (Q, \Phi); \\
 s_{34} &= 0 - (2 + 0) = -2 && \text{для пустой клетки } (R, \Phi).
 \end{aligned}$$

Эти значения заносятся в транспортную таблицу.

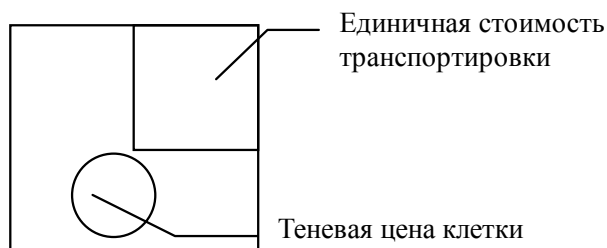
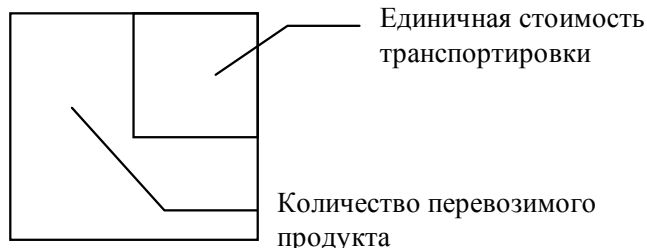
Теневые цены совпадают со значениями, найденными методом ступенек. Маршрут  $(R, \Phi)$  имеет отрицательную теневую цену, следовательно, полученное решение является неоптимальным. Необходимо осуществить перераспределение перевозимых изделий с использованием указанной клетки и соответствующего ей ступенчатого цикла, что позволит снизить стоимость транспортировки.

2.19П Применение метода МОДИ для проверки

на оптимальность начального распределения перевозок

Поставщик	Транспортные издержки для магазинов, у.е.				Общий объем предложения	
	A	B	C	$\Phi$		
P	$\oplus 11$ 10	$\oplus 8$ 20	2 5	7 0	9	$u_1 = 0$
Q	$\oplus 11$ 2	4 <sub>5</sub> 10	$\oplus 11$ 8	$\oplus 8$ 0	4	$u_2 = -8$
R	3 1	1 20	4 7	$\ominus 2$ 0	8	$u_3 = 2$
Общий объем спроса	3	5	6	7	21	
	$v_1 = -1$	$v_2 = 18$	$v_3 = 5$	$v_4 = 0$		

Ключ:



### 2.2.3П ПОИСК ОПТИМАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Итеративная процедура нахождения оптимального распределения перевозок может быть представлена следующим образом:

1. Если транспортная таблица содержит более одной пустой клетки с отрицательным значением теневой цены, то выбирается та из них, которой соответствует наибольшее значение по абсолютной величине.
2. Построение для этой клетки ступенчатого цикла аналогично описанному выше.
3. Выявление клеток, количество перевозок в которых необходимо сократить, и определение величины этих сокращений таким образом, чтобы ни одно из значений перевозок не оказалось отрицательным. Максимальное количество изделий, соответствующее выбранной клетке, определяется минимумом из этих значений. Перераспределение производится только для клеток, входящих в построенный цикл.
4. Нет никаких гарантий, что в полученном распределении нельзя предпринять никаких улучшений. Поэтому новое решение необходимо проверить на оптимальность с использованием метода МОДИ. Утверждать, что найденная стоимость транспортировки является минимальной, можно только в том случае, если все теневые цены положительны или равны нулю.

Единственной клеткой с отрицательным значением теневой цены, равным  $-2$  у.е., является клетка  $(R, \Phi)$ . В эту клетку желательно разместить максимально возможное количество изделий.

Ниже приведен ступенчатый цикл для клетки  $(R, \Phi)$ , а также исходное распределение перевозок и единичные издержки.

2.20П Ступенчатый цикл для клетки  $(R, \Phi)$

		<b>C</b>		<b>Φ</b>	
<i>P</i>	+	5	–	0	
	2		7		
<i>R</i>	–	7	+	0	
	4		(–2)		

Знак «+» означает увеличение количества перевозимых изделий в данной клетке; знак «–» – уменьшение соответствующего количества изделий.

Клетки со знаком «–» – это клетки  $(R, \Phi)$  и  $(R, C)$ , объем перевозок в которых равен 7 и 4 изделиям, соответственно. Минимальным значением для клеток, отмеченным знаком «–», является 4, что означает, что внутри цикла можно осуществлять перемещение четырех изделий, добавляя их в клетки со знаком «+» и вычитая из клеток со знаком «–». Общая экономия стоимости транспортировки составит в данном случае  $(2 \times 4) = 8$  у.е. Изменения, внесенные в транспортную таблицу, отражены в таблице.

2.21П Перераспределение перевозок

Поставщик	Транспортные издержки для магазинов, у.е.								Общий объем предложения
	<i>A</i>		<i>B</i>		<i>C</i>		<i>Φ</i>		
<i>P</i>	–	10	–	20	2 + 4	5	7 – 4	0	9
<i>Q</i>	–	2	4	10	–	8	–	0	4
<i>R</i>	3	1	1	20	4 – 4	7	0 + 4	0	8
Общий объем спроса	3		5		6		7		21

Данное решение по-прежнему является базисным, так как число заполненных клеток равно 6. Проверим данное решение на оптимальность с использованием метода МОДИ. Обратившись к заполненным клеткам  $(P, C)$ ,  $(P, \Phi)$ ,  $(Q, B)$ ,  $(R, A)$ ,  $(R, B)$  и  $(R, \Phi)$ , получим:

$$\begin{aligned}
 c_{13} = 5 &= u_1 + v_3 & \text{Положим, } u &= 0, \text{ тогда } & v_3 &= 5 \\
 c_{14} = 0 &= u_1 + v_4 & & & v_4 &= 0 \\
 c_{34} = 0 &= u_3 + v_4 & & & v_1 &= 1 \\
 c_{31} = 1 &= u_3 + v_1 & & & v_2 &= 20 \\
 c_{32} = 20 &= u_3 + v_2 & & & u_3 &= 0 \\
 c_{22} = 10 &= u_2 + v_2 & & & u_2 &= -10
 \end{aligned}$$

Таким образом, теневые цены, соответствующие пустым клеткам, будут равны:

$$\begin{aligned}
 s_{ij} &= c_{ij} - (u_i + v_j) \\
 s_{11} &= 10 - (0 + 1) = +9 \\
 s_{12} &= 20 - (0 + 20) = 0 \\
 s_{21} &= 2 - (-10 + 1) = +11 \\
 s_{23} &= 8 - (-10 + 5) = +13 \\
 s_{24} &= 0 - (-10 + 0) = +10 \\
 s_{33} &= 7 - (0 + 5) = +2
 \end{aligned}$$



Поскольку ни одно из значений теневых цен не отрицательно, полученное решение является оптимальным. Минимальная стоимость равна:

$$101 + (4 \times (-2)) = 93 \text{ у.е.}$$

### 2.22П Применение метода МОДИ для проверки на оптимальность распределения перевозок

Поставщик	Транспортные издержки для магазинов, у.е.				Общий объем предложения	
	A	B	C	Φ		
P	(+9) 10	(0) 20	6 5	3 0	9	$u_1 = 0$
Q	(+11) 2	4 <sub>5</sub> 10	(+13) 8	(+10) 0	4	$u_2 = -10$
R	3 1	1 20	(+2) 7	4 0	8	$u_3 = 0$
Общий объем спроса	3	5	6	7	21	
	$v_1 = 1$	$v_2 = 20$	$v_3 = 5$	$v_4 = 0$		

#### Решение.

- Шесть изделий перевозятся со склада P в розничный магазин C, три изделия остаются на складе P;
- четыре изделия перевозятся со склада Q в магазин B;
- со склада R перевозятся три изделия в магазин A, одно – в магазин B, а четыре изделия остаются на складе.

В случае если и повторное распределение перевозок не является оптимальным, процедуру перераспределения повторяют необходимое число раз.

Следует отметить, что минимальная стоимость была достигнута еще в исходном распределении перевозок, полученном методом Вогеля. Такая ситуация в задачах небольшой размерности бывает довольно часто. Обычно метод Вогеля позволяет получить наилучшее начальное решение, однако нет никаких гарантий, что применение этого метода сразу обеспечивает получение оптимального решения. Следует также отметить, что распределение перевозок, полученное методом Вогеля, несколько отличается от распределения, найденного выше. Данная задача имеет альтернативное оптимальное решение:

- со склада P одно изделие вывозится в магазин B, шесть – в магазин C, а два – остаются на складе;
- со склада Q четыре изделия вывозятся в магазин B;
- со склада R три изделия вывозятся в магазин A, а пять остаются на складе.

О существовании альтернативного оптимального решения говорит и нулевое значение теневой цены, соответствующей клетке (P, B). Нулевые значения теневых цен всегда связаны с существованием альтернативных оптимальных распределений перевозок, которым соответствует одно значение общей стоимости транспортировки.

### 2.2.4П АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Итоговое распределение перевозок, а также значения теневых цен, соответствующие пустым клеткам, можно использовать при проведении анализа модели на чувствительность. Теневая цена показывает, на сколько увеличится общая стоимость, если в пустую клетку поместить одну единицу продукта. Если нам придется осуществить перевозку одного изделия с торгового склада Q в розничный магазин C, увеличение стоимости составит 13 у.е., что гораздо выше, чем стоимость самого маршрута, равная 8 у.е. Дополнительное увеличение стоимости появляется в связи с перебалансировкой распределения перевозок, при которой применяется ниже следующий ступенчатый цикл.

#### 2.23П Ступенчатый цикл для (Q, C)

Натуральные изменения, изделий		
B	C	Φ

<b>P</b>	Пустая	Заполненная - 1	Заполненная + 1
	Заполненная - 1	Проверяемая + 1	Пустая
<b>R</b>	Заполненная + 1	Пустая	Заполненная - 1

### 2.24П Проверка пустой клетки (Q, Φ)

Натуральные изменения, изделий			
	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>Φ</i>
<b>P</b>	Пустая	Заполненная - 5	Заполненная + 0
	Заполненная - 10	Проверяемая + 8	Пустая + 8
<i>R</i>	Заполненная + 20	Пустая	Заполненная - 0

Чистые изменения стоимости составят 13 у.е. за изделие. Максимальное количество изделий, которое можно перемещать внутри цикла, – это минимальное из значений, стоящих в клетках со знаком «←», то есть  $(P, C) = 5$ ,  $(R, Φ) = 4$  и  $(Q, B) = 4$ .

Следовательно, максимальное количество изделий, подлежащее перемещению, равно 4.

О нулевом значении теневой цены в клетке  $(P, B)$  уже упоминалось. Ступенчатый цикл для данной пустой клетки имеет вид, указанный в таблице.

### 2.25П Ступенчатый цикл для (P, B)

Изменение натурального объема, изделий			
	<i>A</i>	<i>C</i>	
<b>P</b>	Клетка, подвергнутая проверке + 1	Заполненная клетка - 1	
<i>R</i>	Заполненная клетка - 1	Заполненная клетка + 1	

### 2.26П Ступенчатый цикл для (P, B)

Изменение натурального объема, изделий			
	<i>A</i>	<i>C</i>	
<i>P</i>	Клетка, подвергнутая проверке + 20	Заполненная клетка - 0	
<i>R</i>	Заполненная клетка - 20	Заполненная клетка + 0	

Можно поместить некоторое число изделий в клетку  $(P, B)$ , причем чистый стоимостной эффект будет равен нулю. Это означает, что существует альтернативное распределение перевозок, которое также позволяет получить минимальную стоимость в 93 у.е. Максимальное количество изделий, которое можно добавить в клетку  $(P, B)$ , – это минимум из значений, указанных в клетке со знаком «←»:  $(R, B) = 1$  и  $(P, Φ) = 3$ . Следовательно, только одно изделие можно, перемещая по циклу, поместить в клетку  $(P, B)$ .

Теневые цены можно использовать также в качестве индикаторов изменения стоимости транспортировки, соответствующей пустой клетке, которые оказывают воздействие на оптимальное распределение перевозок. Например, теневая цена пустой клетки  $(R, C)$  равна 2 у.е., а фактическая стоимость транспортировки – 7 у.е. за одно изделие. Следовательно, для того, чтобы использование данной клетки в распределении перевозок привело к снижению общей стоимости транспортировки, фактическую единичную стоимость, соответствующую этой клетке, необходимо снизить как минимум до  $(7 - 2) = 5$  у.е.

Действие стоимостных изменений в заполненных клетках выявить гораздо сложнее. При снижении издержек увеличение числа изделий в данной клетке выгодно. Если же издержки, стоящие в заполненных клетках, возрастают, то при достижении ими определенного значения использование этой клетки является нежелательным, и необходимо осуществить переход к другому маршруту.

Рассмотрим заполненную клетку  $(P, C)$ . Соответствующая ей фактическая стоимость перевозок составляет 5 у.е. за изделие. Уменьшение этой стоимости не повлияет на объем перевозок, поскольку количество изделий, указанное в данной клетке, удовлетворяет всю потребность магазина  $C$ .

Если стоимость перевозки становится больше 5 у.е., то следует обратить внимание на ступенчатые циклы, в которых задействована клетка  $(P, C)$ . Эти циклы дают значения теневых цен: 13 у.е. для  $(Q, C)$  и 2 у.е. для  $(R, C)$ . В обоих циклах клетка  $(P, C)$  помечена знаком «←», и любое увеличение стоимости на 5 у.е. повлечет за собой сужение теневых цен указанных пустых клеток. Изменение натурального объема перевозок будет иметь место в случае, если единичная стоимость транспортировки для клетки  $(P, C)$  возрастет более, чем на 2 у.е. и превысит 8 у.е. При этом теневая цена клетки  $(R, C)$  станет отрицательной. В данной ситуации использование пустой клетки  $(R, C)$  окажется выгодным, что приведет к изменению объема перевозок для  $(P, C)$ .

Таким образом, для полученного оптимального распределения перевозок верхним пределом стоимости, соответствующей  $(P, C)$ , является значение 7 у.е., а нижним пределом – 0. Внутри указанного промежутка происходит изменение лишь общей стоимости транспортировки, тогда как в натуральном выражении распределение перевозок не меняется.

### 2.3П Модификации транспортной задачи

#### 2.3.1П НЕДОПУСТИМЫЕ ПЕРЕВОЗКИ

Если перевозка из некоторого пункта производства в некоторый пункт назначения по той или иной причине невозможна, то в алгоритме решения задачи данное ограничение можно учесть, присвоив соответствующей клетке достаточное большое значение стоимости. Точное значение в данном случае неважно, однако оно должно быть больше, чем остальные значения стоимости, указанные в таблице. Таким образом, алгоритм автоматически позволит избежать перевозок через данную клетку.

#### Задача 2.4

Ниже показано применение алгоритма решения транспортной задачи в решении проблем, связанных с недопустимостью прямых перевозок товаров из пунктов производства в пункты назначения. Рассматривается движение продукта во времени. Пусть в нашем распоряжении имеется график перевозок сроком на 4 месяца, который необходимо выполнить. В таблице 2.27П приведены значения спроса на продукцию и значения производственных мощностей.

2.27П Значения спроса на продукцию и возможные объемы перевозок

Месяц	Производственные мощности, изделий	Спрос, изделий
1	300	300
2	350	275
3	325	400
4	375	300

К началу первого месяца имеется начальный запас изделий объемом 50 шт. Если спрос на изделия в течение месяца не удовлетворяется полностью, то прибыль от услуг по перевозке теряется. Издержки на перевозку составляют 100 у.е. за единицу изделия. Стоимость хранения запасов – 2 у.е. за единицу изделия. Каков оптимальный план перевозок?

#### Решение.

Данную ситуацию можно формализовать, используя транспортную табл. 2.28П, в которой строками является начальный запас и пополнение запаса за месяц, а столбцы отражают ежемесячный спрос на продукцию. Маршруты (клетки), в которых подразумевается удовлетворение спроса за текущий месяц в следующих месяцах, считаются недопустимыми. В таблице этим клеткам соответствуют клетки с символом «×».

2.28П Данные плана перевозок для месяцев 1 – 4

		Стоимость перевозки единицы изделия, у.е.				Общее предложение
		Месяцы				
		М1	М2	М3	М4	
Запас	М1	2	4	6	8	50
		100	102	104	106	300
Производство	М2	×	100	102	104	350
	М3	×	×	100	102	325
	М4	×	×	×	100	375
Общая потребность		300	275	400	300	

Решение этой транспортной задачи производится с помощью обычного алгоритма, позволяющего минимизировать стоимость.

### 2.3.2П ВЫРОЖДЕННОСТЬ

Решение называется вырожденным, если число перевозок в транспортной таблице меньше, чем  $(m + n - 1)$ . Данную проблему можно разрешить, проставив в независимые клетки очень маленькие, по сути равные нулю, объемы перевозок. Число перевозок увеличивается таким образом до  $(m + n - 1)$ . Выявить клетки, которые следует использовать для этой цели, поможет алгоритм метода МОДИ проверки решения на оптимальность.

#### Задача 2.5

Три торговых склада (С1, С2 и С3) могут осуществлять поставки 6, 3 и 4 единиц продукта в три магазина (М1, М2, М3), спрос которых равен 4, 5 и 1 единицам соответственно. Значения единичной стоимости транспортировки указаны в приведенной ниже таблице.

#### 2.29П Исходная информация

Торговый склад	Стоимость перевозки единицы изделия, у.е.			Общее предложение
	М1	М2	М3	
С1	6	4	9	6
С2	5	3	2	3
С3	2	3	6	4
Общая потребность	4	5	1	

Как следует распределить перевозки, чтобы общая стоимость транспортировки была минимальной?

#### Решение.

Общее предложение составляет 13 единиц, что превышает общую потребность в 10 единиц, поэтому в задачу вводится фиктивный магазин, потребность которого в продукции балансирует излишек предложения торговых складов. Чтобы найти начальное распределение перевозок, применим метод Вогеля.

Значение стоимости транспортировки составит 28 у.е. Для того, чтобы решение являлось базисным, оно должно включать  $(3 + 4 - 1) = 6$  переменных, тогда как в нашей задаче число перевозок равно лишь пяти. Найденное решение является вырожденным. Поступая в соответствии с алгоритмом метода МОДИ, мы должны ввести нулевую перевозку, чтобы использовать в качестве заполненной одну из пустых клеток. Этот прием позволяет получить требуемое число перевозок, равное шести. Затем можно будет рассчитать значения всех компонент  $u$  и  $v$ , следовательно, и теневые цены.

Реализацию алгоритма метода МОДИ мы начнем, используя пять заполненных клеток, соответствующих начальному распределению перевозок. Дополнительная нулевая перевозка будет введена только тогда, когда без нее продолжение алгоритма будет невозможно. Обратимся к таблице.

### 2.30П Начальное распределение перевозок, полученное методом Вогеля

Торговый склад	Розничный магазин				Общий объем предложения	Штрафная стоимость		
	M1	M2	M3	Ф		1	2	3
C1	- 6	3 4	- 9	3 <sub>1</sub> 0	630	4 <sub>1</sub>	2	2
C2	- 5	2 3	1 <sub>2</sub> 2	- 0	320	2	1	2
C3	4 <sub>3</sub> 2	- 3	- 6	0 0	40	2	1	1
Общая потребность	4 0	5 0	1 0	3 0	13			
1-й штраф	1	10 <sub>1</sub>	2	0				
2-й штраф	9 <sub>2</sub>	0	2	0				
3-й штраф	-	0	2	0				

Заполненные клетки используются для расчета соответствующих компонент по строкам и столбцам из соотношения:  $c_{ij} = u_i + v_j$  при условии, что  $u_i = 0$ . Значения  $v_2, v_4, v_3, u_2$ , не испытывая никаких затруднений, однако значения  $u_3$  и  $v_1$  рассчитать нельзя. Для этого необходимо иметь дополнительную заполненную клетку.

2.31П Применение метода МОДИ для проверки на оптимальность вырожденного решения

Торговый склад	Розничный магазин				Общий объем предложения	
	M1	M2	M3	Ф		
C1	(+7) 6	3 4	(+6) 9	3 0	6	$u_1 = 0$
C2	(+7) 5	2 3	1 2	(+1) 0	3	$u_2 = -1$
C3	3 2	(-4) 3	(0) 6	(-3) 0	6	$u_3 = 3$
Общая потребность	4	5	1	3	13	
	$v_1 = -1$	$v_2 = 4$	$v_3 = 3$	$v_4 = 0$		

Нулевую перевозку нужно поместить в пустую клетку столбца  $v_1$  или строки  $u_3$ . Какая из этих клеток будет выбрана, значения не имеет. Пусть выбрана клетка (C3, M3). Теперь можно завершить алгоритм и найти значения теневых цен для пустых клеток из соотношения  $s_{ij} = c_{ij} - (u_i + v_j)$ . Соответствующие величины приведены в таблице. Как видно из таблицы, в двух клетках теневые цены принимают отрицательные значения. Следовательно, полученное распределение перевозок не является оптимальным, и необходимо осуществить их перераспределение, используя при этом клетки (C3, M2) или (C3, Ф). Начнем с клетки (C3, M2), поскольку ей соответствует большее по абсолютной величине значение теневой цены. Ступенчатый цикл для клетки (C3, M2) можно представить в виде таблицы.

Чтобы определить число единиц, которое следует перемещать вдоль построенного цикла, обратимся к клеткам (C2, M2) и (C3, M3), помеченным знаком «→», количество перевозок в которых равно 2 и 0 единицам.

	М2	М3
С2	Заполненная клетка – 2	Заполненная клетка + 1
С3	Клетка, подвергнутая проверке + 1	Нулевая перевозка – 0

Это означает, что по циклу следует осуществлять перемещение нулевой перевозки таким образом, чтобы клетка (С3, М3) снова стала пустой, а клетку (С3, М2) предполагается использовать при распределении перевозок, поскольку в нее помещается нулевая перевозка.

### 2.33П Применение метода МОДИ для проверки на оптимальность

Торговый склад	Розничный магазин								Общий объем предложения	
	М1		М2		М3		Ф			
С1	(+3)	6	3	4	(+6)	9	3	0	6	$u_1 = 0$
С2	(+3)	5	2	3	1	2	(+1)	0	3	$u_2 = -1$
С3	4	2	(0)	3	(+4)	6	(+1)	0	4	$u_3 = -1$
Общая потребность	4		5		1		3		13	
	$v_1 = 3$		$v_2 = 4$		$v_3 = 3$		$v_4 = 0$			

Остальные перевозки остаются без изменений. При дальнейшей проверке данного распределения на оптимальность выясняется, что значения всех теневых цен положительны. Данное распределение перевозок оптимальное. Это предполагает, что начальное решение, включающее 5 переменных, также оптимально. Обратимся к данным таблицы.

Такие результаты далеко не всегда имеют место в случае вырожденного решения. В некоторых ситуациях при перераспределении перевозок определенное количество единиц продукта помещается в клетку с нулевой перевозкой, и тем самым данная клетка вводится в новое распределение перевозок. Это приводит к исчезновению вырожденности решения. Затем, для получения улучшенного распределения перевозок, применяются обычные алгоритмы.

### 2.3.3П МАКСИМИЗАЦИЯ

Алгоритм решения транспортной задачи предполагает, что ее целевая функция стремится к минимуму. Однако, если некоторая проблема требует максимизации целевой функции, перед тем, как применять для решения этой задачи стандартный алгоритм, его следует несколько модифицировать. Например, мы намерены осуществлять перевозки, максимизируя общий доход. В этом случае нам необходима информация об единичных доходах от транспортировки товаров между всеми пунктами производства и назначения. Модификация заключается в умножении всех значений единичного дохода на  $(-1)$ , а затем поступают обычным образом.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 *Гаджинский А. М.* Основы логистики. М., 1996.
- 2 *Гордон М. П.* Проблемы комплексного управления товародвижением в материально-техническом снабжении. М.: НИИМС, 1993.
- 3 *Житков В. А., Ким К. В.* Методы оперативного планирования грузовых перевозок. М.: Транспорт, 1992.
- 4 *Залманова М. Е.* Логистика. Саратов, 1995.
- 5 *Логистика – наука об управлении материальными потоками.* М.: НИИМС, 1989.
- 6 *Логистика – новая наука // Подъемно-транспортная техника и склады.* 1989. № 1.
- 7 *Логистика. Учебное пособие / Под ред. А. Б. Аникина.* М.: Инфра-М, 1997.
- 8 *Материально-техническое снабжение: Журнал. Раздел «Логистика: теория и практика».* 1990 – 1996 гг.
- 9 *Монден Я. Тоэта.* Методы эффективного управления. М.: Экономика, 1989.
- 10 *Неруш Ю. М.* Коммерческая логистика: Учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлениям и спец. «Менеджмент», «Коммерция» и «Маркетинг». М.: Банки и биржи: Юнити, 1997.
- 11 *Новиков О. А., Уваров С. А.* Коммерческая логистика. СПб., 1995.
- 12 *Организация обеспечения фирм стран Западной Европы продукцией производственно-технического назначения.* М.: ЦНИИТЭИМС, 1989.
- 13 *Панаев Э. П.* Некоторые проблемы предпринимательской логистики // Маркетинг. 1/1997.
- 14 *Панаев Э. П.* Особенности использования логистики в смешанной экономике // Маркетинг. 3/1997.
- 15 *Подъемно-транспортная техника и склады: Журнал. Раздел «Логистика».* 1989 – 1995 гг.
- 16 *Посредники в логистической системе США: Пер. с англ.* М.: НИИМС, 1989.
- 17 *Промышленная логистика.* СПб., 1994.
- 18 *Проценко О. Д., Белотелов Е. П., Кодуа Д. М.* Оперативное регулирование поставок продукции производственно-технического назначения. М.: Экономика, 1995.
- 19 *Пурлик В. М.* Рынок инвестиционных товаров и логистика. М.: Междунар. Ун-т Бизнеса и Упр., 1997.
- 20 *Резер С. М.* Управление транспортом за рубежом. М.: Наука, 1994.
- 21 *Риск: Журнал. Раздел «Логистика».* 1991 – 1997 гг.
- 22 *Родников А. Н.* Логистика: Терминологический словарь. М.: Экономика, 1995.
- 23 *Роль логистики в разработке хозяйственной стратегии: Пер. с англ.* М.: НИИМС, 1989.
- 24 *Рынок и логистика / Г. И. Андрющенко, А. И. Баскин, Е. П. Белотелов и др.; Под ред. М. П. Гордона.* Ассоц. логистики, Ин-т исслед. товародвижения и конъюнктуры оптового рынка. М.: Экономика, 1993.
- 25 *Смехов А. А.* Введение в логистику. М.: Транспорт, 1993.
- 26 *Стратегический характер логистических связей поставщика и потребителя: Пер. с англ.* М.: НИИМС, 1989.
- 27 *Транспортная логистика.* М., 1996.
- 28 *Управленческие нововведения в США.* М.: Наука, 1986.
- 29 *Эддоус М., Стэнсфилд Р.* Методы принятия решений. М.: Аудит, 1997.
- 30 *Operations research proceedings 1991: DGOR: Papers of the 20-th ann. meeting / Ed. by W. Gaul et al.* Berlin etc: Springer, 1992.