

ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

серия основана в 1996 г.



А.Н. СТЕРЛИГОВА

УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК

УЧЕБНИК

*Рекомендовано
Учебно-методическим объединением по образованию
в области логистики в качестве учебника
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности 080506
«Логистика и управление цепями поставок»*

Москва
ИНФРА-М
2008

УДК 658.7(075.8)

ББК 65.40я73

С79

Рецензенты: *Н.К. Моисеева*, д-р экон. наук, проф., зав. кафедрой Московского государственного института электронной техники; заслуженный деятель науки РФ;

В.В. Дыбская, д-р экон. наук, проф., зав. кафедрой Государственного университета — Высшая школа экономики

Стерлигова А.Н.

С79

Управление запасами в цепях поставок: Учебник. — М.: ИНФРА-М, 2008. — 430 с. — (Высшее образование).

ISBN 978-5-16-003089-0

Учебник содержит полный курс управления запасами товарно-материальных ценностей в цепях поставок. Структура учебника соответствует примерной учебной программе дисциплины «Управление запасами в цепях поставок» Государственного образовательного стандарта специальности 080506 «Логистика и управление цепями поставок». Представлен широкий круг вопросов, затрагивающих процессы формирования запасов в логистических системах различных уровней, теории управления запасами и современные возможности и опыт применения различных стратегий управления ими. Содержит массу вычислительных примеров, практических ситуаций и иллюстраций.

Предназначен для студентов и преподавателей системы основного и дополнительного высшего экономического образования, аспирантов. Для руководителей и специалистов по логистике и управлению запасами промышленных и торговых организаций, а также научных работников.

ББК 65.40я73

ВВЕДЕНИЕ

Тема управления запасами со второй половины 1920-х годов XX в. постоянно вызывает практический интерес. До начала развития профессиональной логистики в 1970-х годах в этой сфере деятельности были детально проработаны ставшие классическими методики управления запасами. Прежде всего эти разработки велись в сугубо математическом плане. В частности, теория управления запасами, как известно, — отрасль математики. Именно благодаря этой науке современный менеджмент имеет описанную логику движения запаса и возможность моделирования состояния запаса.

Логистика позволила значительно расширить понимание процесса управления запасами. Число изданий на эту тему существенно увеличилось. Только за последнее десятилетие в мире опубликовано более сотни учебников, учебных пособий, руководств и инструкций по управлению запасами. Следует отметить значительный вклад, который внесли в развитие управления запасами *R.J. Carter, M. Christopher, J. Cooper, J.L. Gattona* и др.

В России в последнее десятилетие вышло несколько профессиональных публикаций, посвященных проблеме исключительно управления запасами. Прежде всего это труды А.М. Зевакова, В.В. Петрова, Р.А. Радионова, А.Р. Радионова, Ю.И. Рыжикова и др.

Фактически все отечественные монографии, учебники и учебные пособия по логистике включают раздел управления запасами с высоким уровнем представления информации на эту тему. Вклад в развитие отечественной практики управления запасами как одного из элементов логистической деятельности внесли А.М. Гаджинский, М.П. Гордон, К.В. Инютина, С.Б. Карнаухов, В.С. Лукинский, Н.К. Моисеева, О.А. Новиков, Ю.М. Неруш, Б.К. Плоткин, В.И. Степанов, В.И. Сергеев, С.П. Уваров, Н.Д. Фасоляк и др.

Бестселлеры иностранной литературы по логистике — издания Дж. Джонсона, М.Р. Линдерса, Е.Ф. Харольда, В. Дж. Стивенсона, Р.Б. Чейза и др. — доступны теперь на русском языке. Очень полезна для практики книга Дж. Шрайбфедера, раскрывающая приемы эффективного управления запасами.

Настоящий учебник не ставит целью ни дублирование, ни компиляцию ранее изданных материалов. Длительный опыт автора в преподавании дисциплины «Управление запасами» в образователь-

ных программах первого высшего образования специальностей «Менеджмент организации» и «Логистика и управление цепями поставок», а также в системе дополнительного образования в программах второго высшего образования, повышения квалификации, переподготовки специалистов, *MBA* и *Executive Program* позволил сформировать курс, ориентированный прежде всего на **проблемы управления (а не расчета)** запасами. Эта концепция реализована при подготовке примерной учебной программы дисциплины «Управление запасами в цепях поставок» Государственного образовательного стандарта специальности 080605.65 «Логистика и управление цепями поставок». Математический аппарат управления запасами изучается в рамках дисциплины «Экономико-математические методы в логистике» того же стандарта.

Цель дисциплины «Управление запасами в цепях поставок» в учебном плане подготовки логистов программы высшего образования — сформировать у слушателей представление о механизме формирования запаса, принципах и методах управления запасами в логистических системах и цепях поставки, развить навыки определения оптимального (рационального) уровня запаса и умение управлять процессом формирования запаса.

Задачами преподавания дисциплины являются:

1. Формирование понимания необходимости и возможности управления запасами в звеньях цепей поставок.

2. Владение содержанием процессов формирования запаса в логистических системах различных уровней.

3. Изучение теории управления запасами и современных возможностей и опыта применения различных стратегий управления запасами.

4. Приобретение навыков выявления возможностей снижения общих логистических затрат и общих издержек, достижения стратегической цели организации за счет снижения запаса при сохранении надежности функционирования логистической системы и цепей поставок.

Для освоения дисциплины в полном объеме требуются знания и навыки по дисциплинам «Математика», «Статистика», «Общий менеджмент» и «Основы логистики».

Структура учебника ориентирована на получение как теоретических знаний (главы: 1. Запас как объект управления в звеньях цепей поставок и 2. Движение запаса в звеньях цепей поставок), так и практических навыков управления запасами (последующие главы).

Материал учебника может быть полезен как преподавателям системы основного и дополнительного высшего образования для планирования курса и методической работы со слушателями, так и читателям для самостоятельной работы.

Использование материалов учебника преподавателями. Структура учебника соответствует содержанию примерной учебной программы дисциплины «Управление запасами в цепях поставок» по специальности 080605.65 «Логистика и управление цепями поставок». Текст разделен на главы, разделы и подразделы в соответствии со структурой примерной учебной программы Государственного образовательного стандарта. Учебник может быть рекомендован как основная литература по курсу. Предварительное прочтение учебника перед разбором темы в аудитории повышает эффективность усвоения слушателями материала.

Список вопросов для самопроверки составлен на основе текста соответствующего раздела. Преподаватель может акцентировать внимание слушателей при прочтении заданного раздела на выбранных, наиболее важных, по мнению преподавателя, вопросах. Вопросы также могут быть использованы для организации изучения раздела или подраздела на основе поиска в тексте учебника ответов на заданные преподавателем вопросы. Часть вопросов предлагают слушателям высказать собственное мнение по прочитанному материалу.

Глоссарий обеспечивает единую терминологию в рамках всего курса и позволяет корректно связать ранее изученные дисциплины с курсом управления запасами. Глоссарий также может быть использован преподавателем для составления закрытых и открытых тестовых заданий для проведения текущего и итогового контроля знаний слушателей изучаемой дисциплины.

Список литературы дает возможность преподавателю организовать знакомство слушателей с материалами, превышающими необходимый минимум знаний, представленный в учебнике, и проведение презентаций, дискуссий и групповых обсуждений в аудитории.

Использование материалов учебника студентами и слушателями. Структура материала учебника ориентирована как на читателя, впервые знакомящегося с темой управления запасами, так и на специалиста, работающего с запасами, но не имеющего систематизированных и системных знаний в области управления запасами. Четкая структура позволяет использовать учебник как справочное пособие.

Список вопросов для самопроверки позволяет провести самоконтроль качества усвоенного материала, обратить внимание на вопросы, имеющие практическую значимость для развития практики управления запасами, читателям, связанным с этой темой профессионально.

Глоссарий поможет уточнить ранее изученные понятия, познакомиться с новыми терминами, подготовиться к промежуточным и итоговым контрольным мероприятиям по дисциплине.

Список литературы в конце каждого раздела учебника позволяет читателю познакомиться с соответствующими темами более глубоко, расширив области знания, выходящие за программу первого высшего образования по дисциплине «Управление запасами в цепях поставок».

ГЛАВА 1

ЗАПАС КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ В ЗВЕНЬЯХ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК

1.1. Условия и причины образования запаса

Запас как явление в работе логистических систем и цепей поставок представляет собой товарно-материальные ценности, ожидающие потребления. Остановимся на содержании определения запаса.

Запас (*stock, inventory*) — то, что приготовлено, собрано для последующего потребления. Составляющими запаса могут быть информация, финансовые ресурсы или прочие разнообразные ценности. Например, можно говорить о запасе здоровья, мыслей человека, о золотовалютном запасе, запасах недр и пр. В логистике термин «запас» применяется только в отношении к материальным потокам. Запасы в логистике и в управлении цепями поставок составляют **товарно-материальные ценности**.

Запасы имеют производственные предприятия, оптовые компании, розничные торговые предприятия и предприятия сферы услуг, логистические посредники и операторы, банки, биржи, страховые компании, порты и т.д. Во всех этих организациях запасы обеспечивают товарно-материальными ценностями основную и вспомогательную деятельность.

Товарно-материальные ценности, из которых формируются запасы в логистике, разделяют по этапу бизнес-процесса на следующие категории объектов:

- 1) сырье и материалы;
- 2) незавершенное производство;
- 3) готовая продукция;
- 4) товары;
- 5) отходы.

(1) **Группа сырья и материалов** включает товарно-материальные ценности на входе звена цепи поставки (рис. 1.1). В эту группу входят:

- сырье;
- материалы;
- полуфабрикаты;
- детали;
- комплектующие;

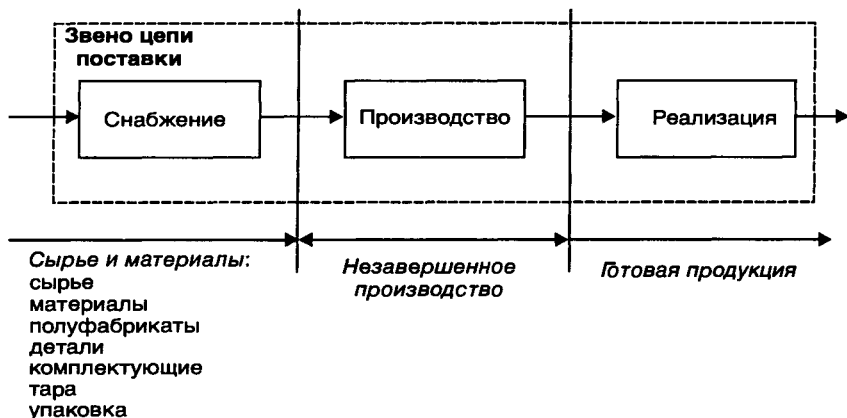


Рис. 1.1. Состав товарно-материальных ценностей запаса

- сборочные единицы;
- тара;
- упаковка.

Особенность товарно-материальных ценностей этой группы состоит в том, что они используются в производственном процессе и являются исходными составляющими, из которых производится готовая продукция. Группа сырья и материалов определяет состав товарно-материальных ценностей, из которых формируются материальные потоки в снабжении как функциональной области логистики.

(2) Вторая группа товарно-материальных ценностей — *незавершенное производство (semifinished goods)* — совокупность товарно-материальных ценностей, находящихся в рамках технологических процессов производства готовой продукции. Незавершенное производство имеется на всех производственных предприятиях, так как в любой момент времени определенная часть товарно-материальных ценностей находится либо в процессе, либо между выполнением операций технологической обработки.

Незавершенное производство может иметься в оптовых компаниях у логистических посредников или операторов, в случае если эти компании предоставляют услуги грузопереработки, упаковки, затаривания и пр. Эти операции в рамках таких организаций представляют собой производственный процесс. Группа незавершенного производства формирует материальные потоки в производстве как функциональной области логистики.

(3) Третья группа товарно-материальных ценностей — *готовая продукция*. Готовая продукция представляет собой товарно-материальные ценности, полностью готовые к реализации. От незавершенного производства готовую продукцию отличают следующие особенности:

а) технологическая обработка товарно-материальных ценностей полностью завершена;

б) пройден контроль качества товарно-материальных ценностей;

в) товарно-материальные ценности имеют полную комплектацию;

г) товарно-материальные ценности приняты на склад готовой продукции.

Невыполнение одного из перечисленных пунктов свидетельствует о том, что товарно-материальные ценности по-прежнему относятся к группе незавершенного производства.

(4) Готовая продукция в каналах сферы обращения, за границами производственных предприятий, представляет собой **товары** (см. рис. 1.1). С товарами работают оптовые компании, розничные торговые предприятия, логистические посредники и операторы.

(5) **Отходы** образуются при производстве продукции, при добыче или обогащении полезных ископаемых в виде побочных продуктов, при проведении очистки и прочих действий. Отходы представляют собой товарно-материальные ценности, полностью или частично утратившие потребительские качества. Они накапливаются для транспортировки на другие производства, утилизации, переработки или захоронения.

Потребление запаса. Товарно-материальные ценности в запасе ожидают потребления. Из этого утверждения следует, что товарно-материальные ценности в рамках звена логистической системы или цепи поставки на той или иной территории (склада, кладовой, площади хранения и т.п.) находятся в состоянии относительного покоя. С одной стороны, запас формируется в результате пополнения товарно-материальных ценностей входящим материальным потоком (поставками), с другой стороны, за счет отгрузок (поставок, продаж, реализации), которые формируют выходящий материальный поток звена, содержащего запас (рис. 1.2).

Входящий материальный поток инициируется смежными звеньями логистической цепи, которые могут принадлежать одному или нескольким юридическим лицам. Так как правом собственности на материальные потоки здесь можно пренебречь, будем

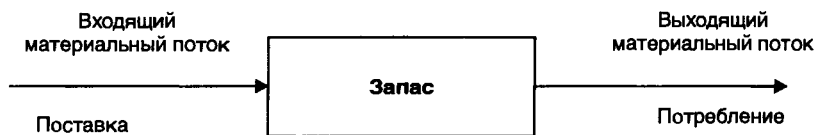


Рис. 1.2. Модель формирования запаса в звене цепей поставок

называть совокупность всех входящих материальных потоков «поставкой». Аналогично все выходящие потоки назовем «потреблением», не разделяя ситуации обслуживания собственного производства и внешних клиентов.

Главная цель создания запаса — обслуживание заказов потребляющего звена (потребителя, клиента, покупателя). Поэтому, если характеристики входящего материального потока полностью совпадают с характеристиками выходящего материального потока, запас не образуется. Входящие товарно-материальные ценности сразу же передаются потребителю. В этом случае реализуется принцип поставки «точно в срок».

Запас появляется в цепях поставок только в том случае, когда требования потребителя не могут быть напрямую удовлетворены поставщиком товарно-материальных ценностей. Другими словами, когда характеристики выходящего материального потока не отвечают характеристикам входящих материальных потоков. В такой ситуации необходимо предварительное накопление товарно-материальных ценностей, создание запаса с тем, чтобы было возможно в требуемой мере обслуживать заказы потребителя.

Таким образом, запас формируется при наличии несогласованных действий смежных звеньев цепей поставок. Запас является инструментом согласования совместного функционирования этих звеньев. Он позволяет обеспечить требования потребителя и выгодные условия работы поставщика.

Вопросы для самопроверки к подразделу 1.1

1. Что находится в запасах в логистической системе и цепях поставок?
2. Дайте определение запаса в логистике.
3. Объясните содержание понятия «запас».
4. Приведите примеры запаса материальных ресурсов, незавершенного производства, готовой продукции, информации, финансов, культуры, здоровья, настроения. Что общего и что отличает запасы этих видов ценностей?
5. Какие предприятия бизнеса содержат запас?
6. В чем состоит главная цель создания запаса?

7. Что входит в понятие товарно-материальных ценностей?
8. Перечислите состав запаса функциональных областей снабжения, производства и реализации.
9. Какими позициями можно расширить состав группы сырья и материалов?
10. Запас какой группы товарно-материальных ценностей предназначен для использования в производственных процессах?
11. Чем запас готовой продукции отличается от запаса незавершенного производства?
12. Какие предприятия содержат запас незавершенного производства?
13. Какие организации содержат запас товаров?
14. Чем запас товаров отличается от запаса готовой продукции?
15. Что является главной причиной создания запаса в логистической цепи?
16. Можно ли говорить о движении запаса? Приведите примеры движения запаса или отсутствия движения или запаса как такового.
17. За счет каких процессов формируется запас?
18. Каково, на ваш взгляд, идеальное состояние запаса?
19. Приведите примеры поставок по принципу «точно в срок». В каких условиях такие поставки являются единственно возможными?
20. Какие конфликтные ситуации могут возникнуть у поставщика и потребителя? Каким образом запас может разрешать конфликтную ситуацию?

1.2. Состав запаса

Как было показано в подразделе 1.1, запас представляет собой довольно сложное явление, связанное с сочетанием характеристик движения входящего и выходящего материальных потоков, формирующих запас. Для упорядочения решения задачи управления запасами в рамках заданной логистической системы или цепи поставки целесообразно разделять или классифицировать запас на составляющие части, которые принято называть видами запаса.

Имеется обширный ряд классификаций запаса, которые помогают детализировать принимаемые решения в сфере управления запасами. Некоторые из них приведены в литературе, рекомендованной для изучения, в конце данного раздела. Остановимся на наиболее популярных видах запаса, общая карта которых представлена на рис. 1.3.

Прежде всего запасы можно разделить по видам товарно-материальных ценностей:

- сырье и материалы (*feed stock; raw (material) stock*);
- незавершенное производство (задел, межоперационный запас; *line balancing stock*) (*in-process stock; interprocess stock; semiprocesses stock*);
- готовая продукция (*finished stock*).

Запасы этих видов находятся в рамках отдельного предприятия или звена логистической системы или цепи поставки. Определения видов товарно-материальных ценностей представлены в глоссарии и материалах подраздела 1.1.

По месту нахождения запасы делятся на производственный и товарный.

Производственный запас (*factory stock*) предназначен для использования в процессе производства. Он должен обеспечивать бесперебойность производственного процесса. Производственный запас учитывается в натуральных, условно-натуральных и стоимостных измерителях. К нему относятся неиспользованные и не подвергнутые переработке предметы труда.

Товарный запас (*stock of goods; stock-in-trade; stock of commodities*) находится у организаций-изготовителей на складах готовой продукции, а также в каналах сферы обращения. Товарный запас необходим для бесперебойного обеспечения потребителей товарно-материальными ценностями.

Запасы в каналах сферы обращения (*business stock*) разбиваются:

- на запас в пути;
- запас на предприятиях торговли (*retailers' stock*).

Запас в пути (или транспортный запас) (*stock in transit; intransit stock*) находится на момент учета в процессе транспортировки от поставщиков к потребителям или на предприятии оптовой торговли. Запас в пути в общем виде рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_t = P_o t_t, \quad (1.1)$$

где Z_t — объем запаса в пути, единиц; P_o — среднесуточный объем потребления, единиц/день; t_t — время нахождения запаса в пути, дни.

Время нахождения запаса в пути t_t включает:

- продолжительность выполнения различных маневровых операций;
- время передвижения;

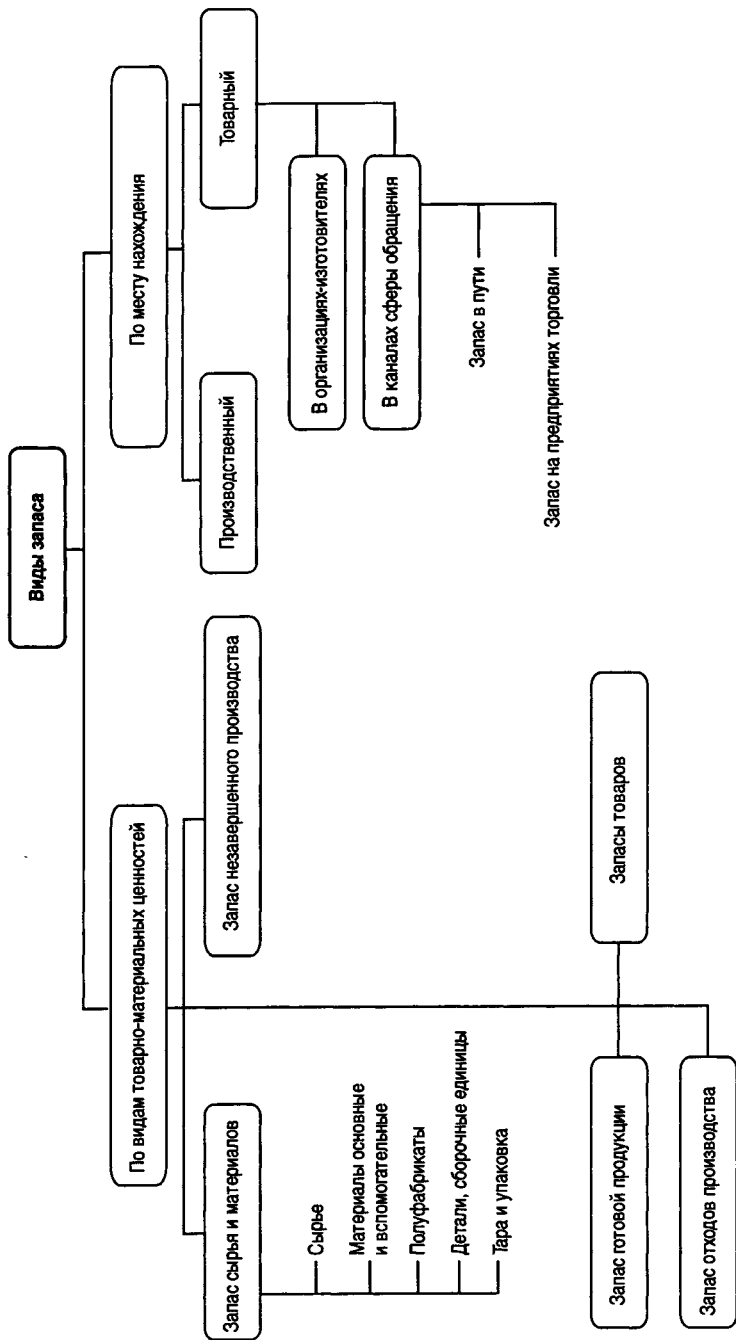


Рис. 1.3. Виды запаса по месту нахождения и товарно-материальным ценностям

- продолжительность погрузоразгрузочных работ при передаче груза с одного вида транспорта на другой;
- время хранения грузов на складах транспортных организаций до получения их потребителями.

Каждая организация в логистической системе или в цепях поставок является, с одной стороны, организацией-поставщиком, а с другой — организацией-потребителем. Следовательно, производственный и товарный запасы всегда имеются в рамках предприятия или звена цепи. Производственный и товарный запасы различных товарно-материальных ценностей при решении отдельных задач управления могут подразделяться на подгруппы (рис. 1.4).

1. По назначению (см. рис. 1.4) запасы можно разделить:

- 1.1) на текущий;
- 1.2) страховой (гарантийный);
- 1.3) резервный;
- 1.4) общий;
- 1.5) наличный;
- 1.6) располагаемый.

(1.1) **Текущий запас** (оборотный запас) (*available supplies; turnover stock*) (рис. 1.5) обеспечивает непрерывность процесса потребления между двумя поставками. Его размер постоянно меняется. Характер движения текущего запаса рассматривается в подразделе 2.

Текущий запас представляет собой разницу между общим уровнем запаса на складе и уровнем так называемого страхового или гарантийного запаса, который предназначен для обслуживания потребления при возможных, но нежелательных отклонениях от предусмотренных условий поставки или потребления. При отсутствии таких отклонений потребление обслуживает только текущий запас. Его состав постоянно обновляется за счет новых поставок, поэтому текущий запас также называют оборотным (*turnover stock*).

Текущий запас может быть измерен в натуральных единицах, единицах объема, длины, массы или в днях обеспечения потребности.

Текущий запас может быть рассчитан по следующим формулам:

$$Z_T = Z_0 - Z_s, \quad (1.2)$$

где Z_T — уровень текущего запаса, единиц; Z_0 — общий уровень запаса, единиц; Z_s — уровень страхового запаса, единиц;

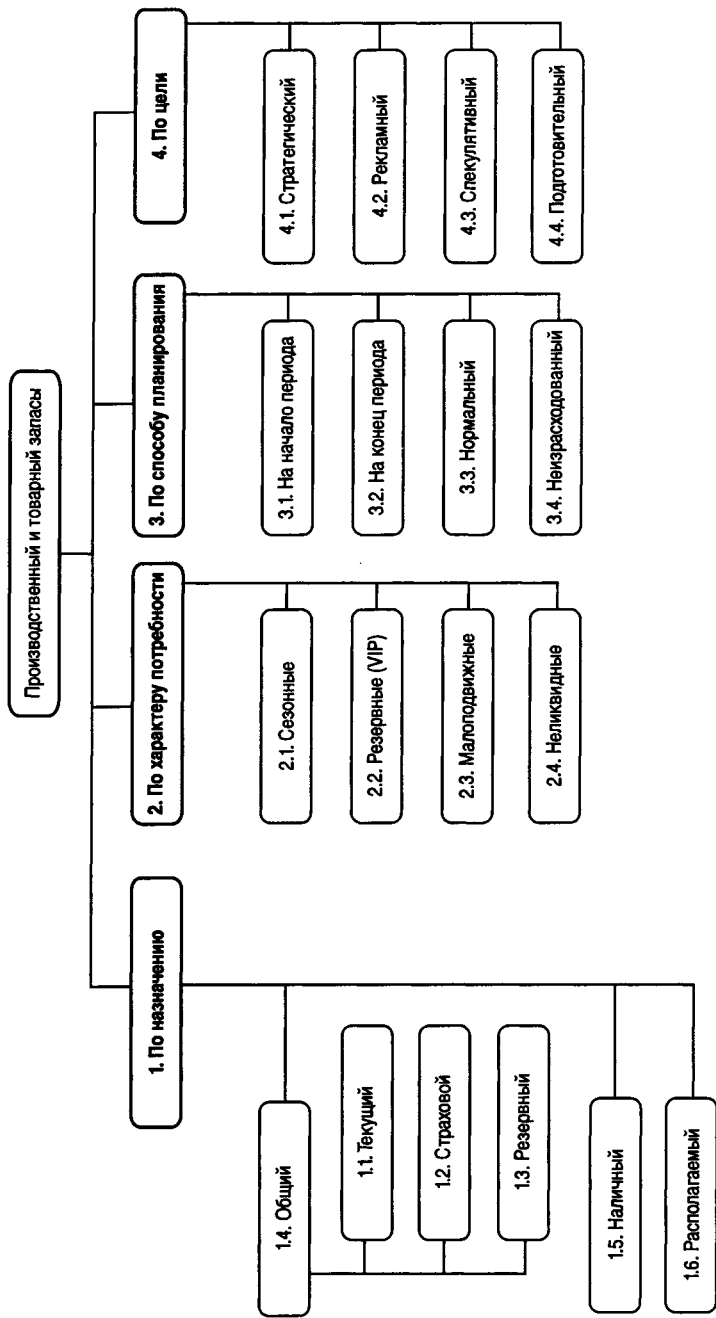


Рис. 1.4. Классификации производственного и товарного запасов

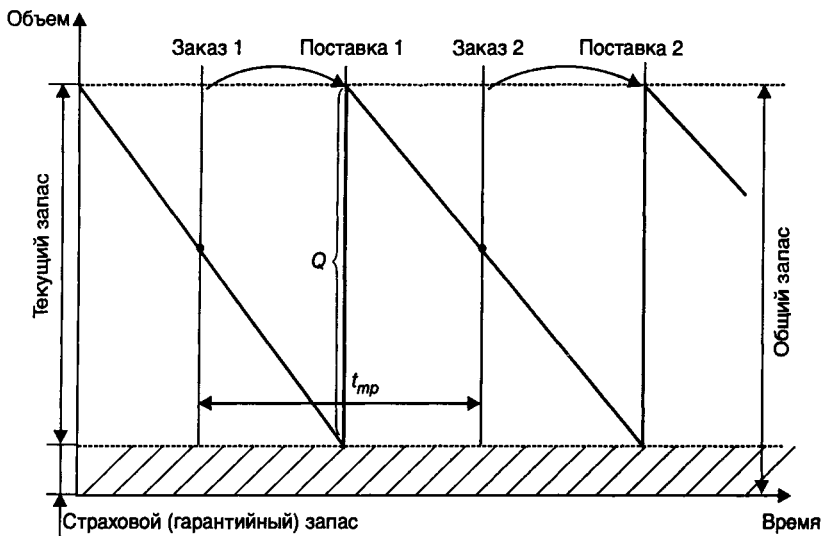


Рис. 1.5. Текущий запас в звене цепи поставок

$$Z_T = P_c \cdot t_{mp}, \quad (1.3)$$

где Z_T — уровень текущего запаса, единиц; P_c — среднесуточный объем потребления, единиц/день; t_{mp} — интервал времени между поставками, дни.

Среднесуточный объем потребления (отгрузок) запаса P_c может быть определен путем деления плановой потребности за длительный период (например, год, квартал или месяц) на число календарных или рабочих дней в плановом периоде:

$$P_c = \frac{P_g}{N_g}, \quad (1.4)$$

где P_c — среднесуточный объем потребления, единиц/день; P_g — плановая потребность за длительный период времени (год, квартал, месяц), единиц; N_g — количество календарных или рабочих дней в соответствующем плановом периоде (год, квартал, месяц), дни.

Здесь и далее запас измеряется в единицах, под которыми подразумеваются следующие измерители: натуральные единицы измерения (шт.), единицы объема (m^3), единицы площади (m^2), единицы длины (м), единицы веса (т), время (дни).

Интервал времени между поставками t_{mp} зависит от конкретных условий организации работы с поставляющими звеньями цепи поставки. Расчет оптимального интервала времени между поставками рассмотрен в п. 8. Интервал времени между поставками можно рассчитывать следующим образом:

$$t_{mp} = \frac{Q}{P_c}, \quad (1.5)$$

где t_{mp} — интервал времени между поставками, дни; Q — размер заказа на пополнения запаса, единиц; P_c — среднесуточный объем потребления запаса, единиц/день.

Размер заказа на пополнение запаса Q определяется по формуле расчета оптимального значения (см. п. 8) поставщиком как минимальная партия отпуска или необходимостью полной загрузки транспортного средства.

Интервал времени между поставками t_{mp} может быть определен как средневзвешенный интервал по статистическим данным отчетных периодов. Из статистики интервалов времени между поставками должны быть исключены нетипичные по величине и срокам поставки. Средневзвешенный интервал времени между поставками рассчитывается следующим образом:

$$\bar{t}_{mp} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{mpi} \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}, \quad (1.6)$$

где \bar{t}_{mp} — средневзвешенный интервал времени между поставками, дни; i — индекс отчетного периода; n — число отчетных периодов; t_{mpi} — интервал i между поставками, дни; Q_i — размер заказа i на пополнения запаса, единиц.

(1.2) **Страховой запас** (гарантийный запас) (*buffer stock; contingency stock; cushion stock; protective stock; safety stock*) предназначен для непрерывного обеспечения потребления при появлении возможных обстоятельств:

- отклонений в периодичности и размере партий поставок от запланированных;
- изменений интенсивности потребления (*fluctuation stock*);
- задержки поставок в пути и др.

Страховой запас иногда называются **буферным**.

При нормальных условиях работы страховой запас не расходуется. Страховой запас имеет те же единицы измерения, что и текущий запас (натуральные единицы, единицы объема, длины, массы или дни обеспечения потребности).

При расчете страхового запаса может использоваться формула прямого счета, позволяющая связать возможное и нежелательное отклонение от плановых показателей и уровень страхового запаса (рис. 1.6). Например, если страховой запас создается для предотвращения дефицита запаса при задержке поставки, он может быть рассчитан следующим образом:

$$Z_s = P_c \cdot t_{zp}, \quad (1.7)$$

где Z_s — страховой запас, единиц; P_c — среднесуточный объем потребления, единиц/день; t_{zp} — время задержки поставки, дни.

Величина страхового запаса (в днях) может быть определена как средневзвешенная величина отклонения продолжительности поставки от плановой (средней) величины на основе статистических данных о ранее выполненных поставках:

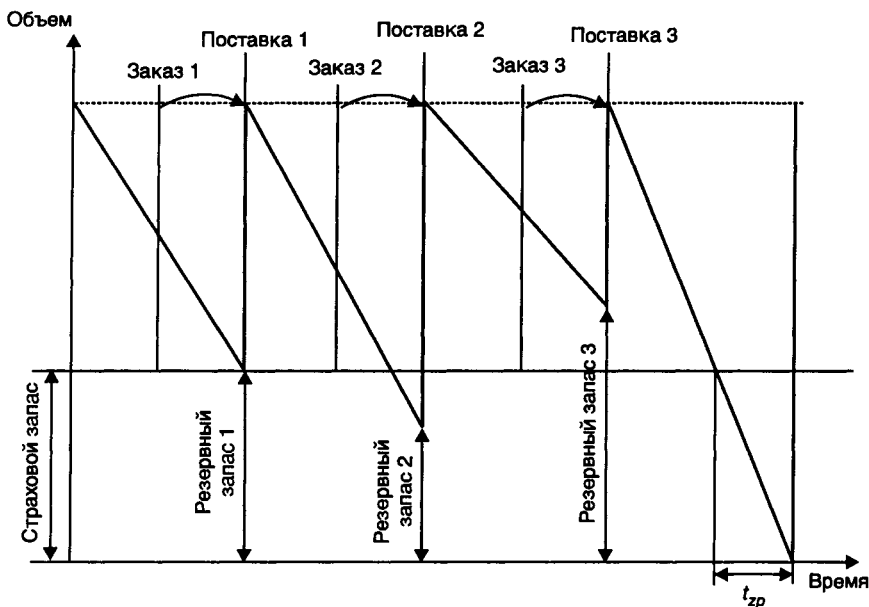


Рис. 1.6. Соотношение страхового и резервного запасов

$$Z_s = \frac{\sum_{i=1}^n (t_{pi} - \bar{t}_p) \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}, \quad (1.8)$$

где Z_s — страховой запас, дни; i — индекс отчетного периода; n — число отчетных периодов; t_{pi} — продолжительность поставки i , дни; \bar{t}_p — средняя продолжительность поставок за n прошлых периодов, дни; Q_i — размер заказа i на пополнение запаса, единиц.

Для определения значения страхового запаса в иных единицах измерения необходимо умножить значение формулы (1.8) на величину среднесуточного потребления P_c (см. формулу (1.4)). Имеется много способов расчета страхового запаса. Приведем две наиболее популярные и вполне надежные формулы:

$$Z_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_{pi} - \bar{t}_p)^2}{n}} \cdot P_c, \quad (1.9)$$

где Z_s — страховой запас, единиц; i — индекс отчетного периода; n — число отчетных периодов; t_{pi} — продолжительность поставки i , дни; \bar{t}_p — средняя продолжительность поставок за n прошлых периодов, дни; P_c — среднесуточный объем потребления, единиц/дни;

$$Z_s = k \sqrt{\frac{\sum_{i=q}^n (t_{pi} - \bar{t}_p)^2 \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}}, \quad (1.10)$$

где Z_s — страховой запас, дни; k — коэффициент надежности (равен 1 или 2); i — индекс отчетного периода; n — число отчетных периодов; t_{pi} — продолжительность поставки i , дни; \bar{t}_p — средняя продолжительность поставок за n прошлых периодов, дни; Q_i — размер заказа i на пополнение запаса, единиц.

Как показала практика, надежность результатов расчета по формуле (1.10) выше, чем по формуле (1.9). Варианты расчета страхового запаса в условиях неопределенности приведены в п. 10.1.2.

В результате потребления к моменту получения поставки запас может находиться на уровне, отличном от страхового. Для обозначения такого уровня запаса используют понятие (1.3) **резервного запаса** (*reserve stock*) (см. рис. 1.6). Как видно из рис. 1.6, резервный запас может совпадать или отличаться от страхового.

(1.4) **Общий запас** (*pool stock; total stock*) представляет собой сумму страховой и текущей составляющих запаса (см. рис. 1.5, 1.6):

$$Z_o = Z_T + Z_s, \quad (1.11)$$

где Z_o — общий уровень запаса, единиц; Z_T — уровень текущего запаса, единиц; Z_s — уровень страхового запаса, единиц.

Следующим видом запаса, выделенным по критерию назначения запаса (см. рис. 1.4), является (1.5) **наличный запас** (*working stock; active stock*). Наличный запас представляет собой остаток запаса на определенный момент времени (рис. 1.7).

Наличный запас соответствует уровню запаса, физически находящемуся на складе. В отличие от него (1.6) **располагаемый запас** (*available stock; anticipation stock*) позволяет учитывать запас, заказанный, но пока не поставленный на склад. Другими словами, объем располагаемого запаса равен объему наличного запаса плюс заказанное, но пока не поставленное на склад количество товарно-материальных ценностей (рис. 1.8).

2. Как отмечалось в п. 1.1, главная цель создания запаса — обеспечение потребления. По виду потребности выделяют запасы:

- 2.1) сезонный;
- 2.2) резервный (*VIP*);

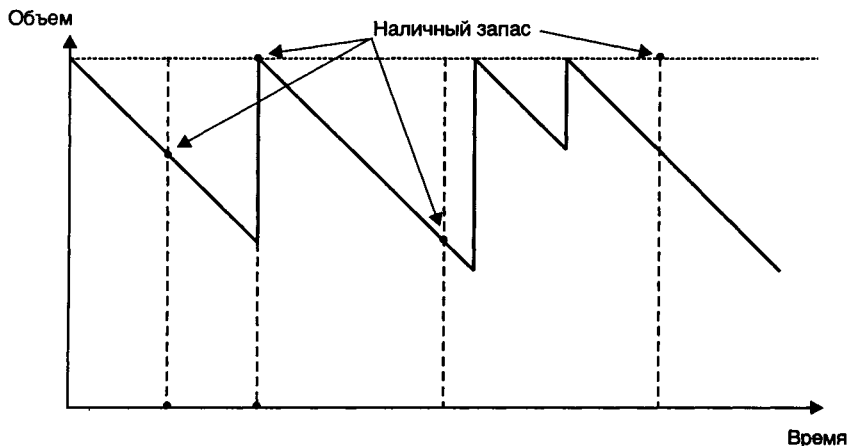


Рис. 1.7. Наличный запас в звене цепи поставок

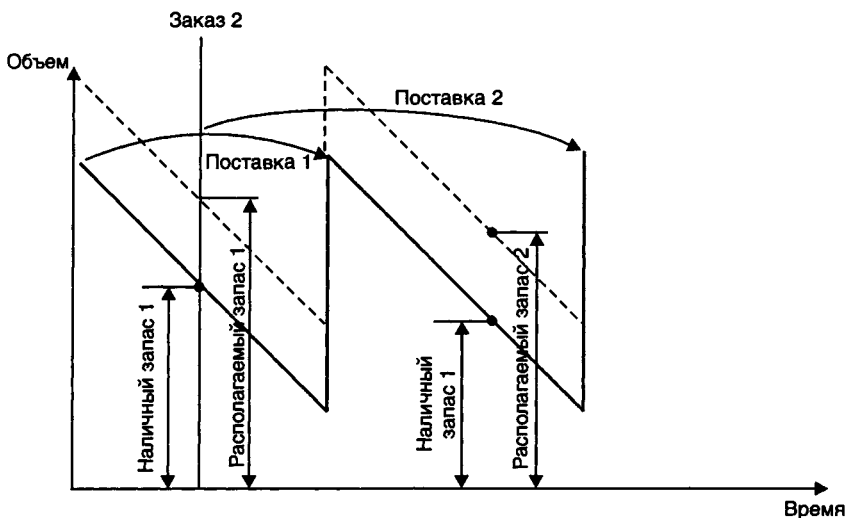


Рис. 1.8. Наличный и располагаемый запасы

2.3) малоподвижный,

2.4) неликвидный.

(2.1) **Сезонный запас** (*anticipation stock, seasonal stock*) образуется при сезонном характере производства, потребления или транспортировки продукции. Сезонный запас иногда называют запасом досрочного завоза.

На рис. 1.9 приведен пример статистики продаж товара, имеющей выраженную сезонную характеристику: пик продаж приходится на начало весны и конец лета — начало осени. Для того чтобы запас мог обеспечить сезонное возрастание потребности, в работе с запасом в аналогичных ситуациях предусматривается его сезонное накопление.

В отличие от текущего и страхового запасов, которые покрываются собственными оборотными средствами (собственным оборотным капиталом), сезонный запас не нормируется и, следовательно, не возмещается из собственных оборотных средств. Это объясняется тем, что потребность в сезонном запасе на протяжении года не является постоянно необходимой в равном объеме. В отдельные периоды сезонный запас может отсутствовать. Собственные средства, выделенные на создание сезонного запаса, в определенное время могут быть не востребованы. В связи с этим основным источником финансирования сезонного запаса служат привлеченные средства, главным образом краткосрочные кредиты банка.

Динамика продаж

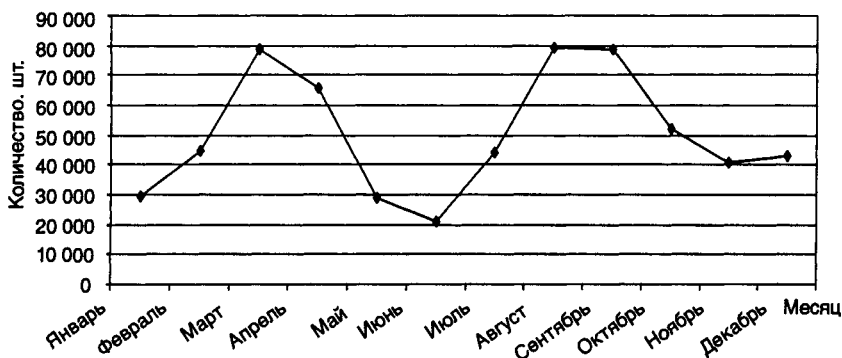


Рис. 1.9. Сезонное колебание продаж товара

Для расчета сезонного запаса можно воспользоваться следующей формулой:

$$Z_c = P_{cc} \cdot t_c, \quad (1.12)$$

где Z_c — уровень сезонного запаса, единиц; P_{cc} — среднесуточная потребность в сезонном периоде, единиц/день; t_c — продолжительность сезонного периода, дни.

Для расчета среднесуточной потребности в сезонном периоде можно воспользоваться формулой (1.4). Вариантом сезонного запаса является **запас досрочного завоза**, формирование которого вызвано сезонными условиями поставок.

Страховой запас (1.2) предназначен для поддержки потребления в периоды его возможного роста. В отличие от этого вида запаса (2.2) **резервный запас (VIP)** подготавливается для обеспечения выполнения заказов конкретных клиентов (в том числе и VIP-класса). Такие заказы ожидаются, запас фактически резервируется для удовлетворения спроса заранее определенного клиента. Резервный запас будет находиться на складе до появления заказа клиента (рис. 1.10).

(2.3) **Малоподвижный запас (редко используемый запас) (slow-moving stock)** выделяется в целях поддержания потребности, имеющей невыраженный характер. Необходимость в таком запасе проявляется, например, в розничной торговле, где для поддержания ассортиментного разнообразия необходимо содержать в торговом зале редко продаваемые товары.

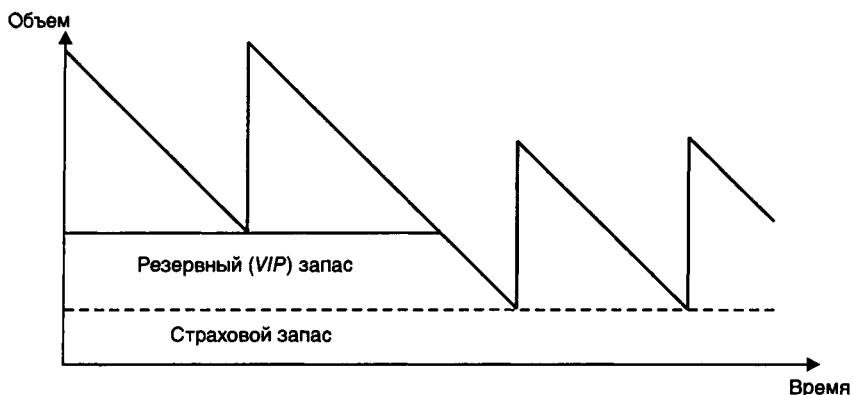


Рис. 1.10. Страховой и резервный (VIP) запасы

Малоподвижный запас также может возникнуть вследствие ошибок прогнозирования или планирования спроса, который первоначально задавался в объеме, значительно превышающем фактически заявленный.

(2.4) **Неликвидный запас** (*dead stock; surplus stock; unsalable stock*) — длительно неиспользуемый (нереализуемый) запас. Неликвидный запас может образовываться вследствие изменения качества товарно-материальных ценностей в процессе хранения, а также их морального износа. Неликвидным также считается запас, потребность в котором отсутствует. Таковым может стать, например, излишний (неиспользуемый) запас (*surplus stock*). Излишний запас образуется в результате прекращения выпуска продукции, для изготовления которой они предназначались, или при замене их потребления более рациональными, прогрессивными видами материальных ресурсов.

3. Третьим критерием классификации видов запаса является способ планирования. В эту группу видов входят запасы:

- 3.1) на начало периода;
- 3.2) на конец периода;
- 3.3) нормальный;
- 3.4) неизрасходованный.

В процессе планирования, а также и анализа накопленной за прошлые периоды времени статистики остатков запаса на складах удобно пользоваться оценками запаса (3.1) **на начало периода** (*initial stock; opening stock*) и (3.2) **на конец периода** (переходящий запас) (*closing stock; final stock; remnant stock; transit stock*). Запас на конец периода (переходящий запас) обеспечивает непрерывность потреб-

ления в отчетном (или следующем за отчетным) периоде на время до очередной поставки.

Уровень запаса, соответствующий планируемому, называется (3.3) **нормальным** (базовым, стандартным, обычным) (*basic stock; standard stock; standard inventory stock*).

Запас, который остался на складе на определенный момент времени, представляет собой (3.4) **неизрасходованный запас** (*free stock*). Понятие неизрасходованного запаса близко по значению (1.5) наличному запасу, но подчеркивает, что остаток запаса не включает товарно-материальные ценности, подлежащие отгрузке по согласованным условиям.

4. По цели запасы можно разделить на следующие виды:

- 4.1) стратегический;
- 4.2) рекламный;
- 4.3) спекулятивный;
- 4.4) подготовительный.

(4.1) **Стратегический запас** (*strategic stock*) создается государством, включает запасы продовольствия, топлива, товаров, а также запас сырья в неразработанных месторождениях. Цель создания стратегического запаса — обеспечение экономической безопасности в критических ситуациях.

(4.2) **Рекламный запас** (или запас продвижения) создается и поддерживается в каналах распределения для быстрой реакции на повышение потребления в результате проведения маркетингового (рекламного) мероприятия. На рис. 1.11 показано типичное поведение спроса на рекламируемый товар. Во время и в короткий интервал после рекламной кампании спрос постепенно растет. Затем следуют снижение и стабилизация спроса на новом уровне. Рекламный запас подготавливается для поддержания временного роста спроса и дальнейшего обеспечения потребности в продукции на более высоком уровне.

(4.3) **Спекулятивный запас** (*speculative stock*) создается в целях защиты от возможного повышения цен или введения протекционистских квот или тарифов, а также для использования конъюнктуры рынка для получения дополнительной прибыли. Иногда спекулятивный запас называют буферным.

Работник, отвечающий за создание и поддержание такого запаса, уполномочивается покупать данный товар, если его цена находится ниже определенного уровня. Уровень допустимой цены регулярно пересматривается. В результате производители товара имеют возможность продавать товар внутренним потребителям с

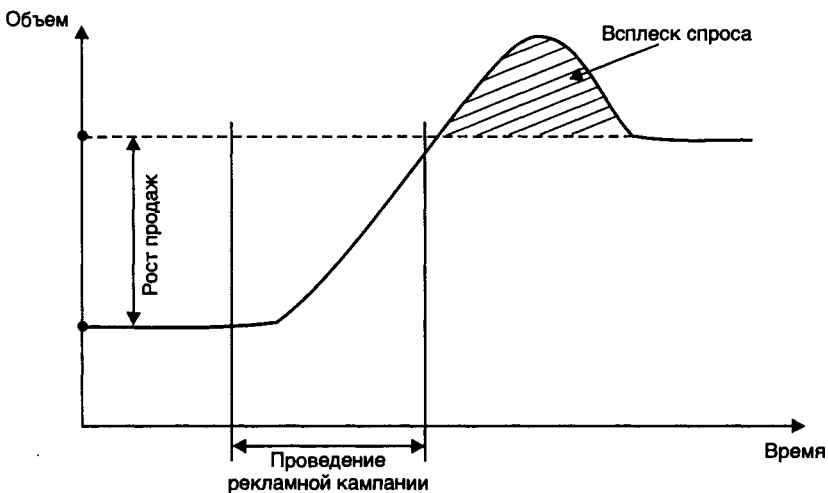


Рис. 1.11. Изменение потребления товара в результате рекламной кампании

приемлемым уровнем рентабельности. Если цена на товар на корпоративном рынке поднимается выше фиксированного уровня, товар продается на открытом рынке.

(4.4) **Подготовительный запас** (или буферный) выделяется из запаса сырья и материалов при необходимости их дополнительной подготовки перед использованием в производстве (например, сушка леса, вылеживание сыпучих материалов после транспортировки в целях приобретения необходимой плотности и др.). Подготовительный запас готовой продукции и подготовительный запас товаров вызваны необходимостью их подготовки к отпуску потребителям.

Основные формулы подраздела 1.2

№ п/п	Показатель	Расчет	Условные обозначения
1	Запас в пути, единиц	$Z_i = P_c \cdot t_i$	P_c — среднесуточный объем потребления, единиц/день; t_i — время нахождения запаса в пути, дни
2	Текущий запас, единиц	$Z_T = Z_o - Z_s$	Z_o — общий уровень запаса, единиц; Z_s — уровень страхового запаса, единиц
		$Z_T = P_c \cdot t_{mp}$	P_c — среднесуточный объем потребления, единиц/день; t_{mp} — интервал времени между поставками, дни

№ n/n	Показатель	Расчет	Условные обозначения
3	Среднесуточный объем потребления, единиц/дни	$P_c = \frac{P_g}{N_g}$	P_g — плановая потребность за длительный период времени (год, квартал, месяц), единиц; N_g — количество календарных или рабочих дней в соответствующем плановом периоде (год, квартал, месяц), дни
4	Интервал времени между поставками, дни	$t_{mp} = \frac{Q}{P_c}$	Q — размер заказа на пополнения запаса, единиц; P_c — среднесуточный объем потребления, единиц/день
5	Средневзвешенный интервал времени между поставками, дни	$\bar{t}_{mp} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{mpi} \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}$	i — индекс отчетного периода; n — количество отчетных периодов; t_{mpi} — интервал i времени между поставками, дни; Q_i — размер заказа i на пополнения запаса, единиц
6	Страховой запас, единиц	$Z_s = P_c \cdot t_{zp}$	P_c — среднесуточный объем потребления, единиц/день; t_{zp} — время задержки поставки, дни
		$Z_s = \frac{\sum_{i=1}^n (t_{pi} - \bar{t}_p) \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}$	i — индекс отчетного периода; n — число отчетных периодов; t_{pi} — продолжительность поставки i , дни; \bar{t}_p — средняя продолжительность поставок за n периодов, дни; Q_i — размер заказа i на пополнения запаса, единиц

№ n/n	Показатель	Расчет	Условные обозначения
		$Z_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_{pi} - \bar{t}_p)^2}{n}} \cdot P_c$	<i>i</i> — индекс отчетного периода; <i>n</i> — число отчетных периодов; <i>t_{pi}</i> — продолжительность поставки <i>i</i> , дни; \bar{t}_p — средняя продолжительность поставок за <i>n</i> периодов, дни; <i>P_c</i> — среднесуточный объем потребления, единиц/дни
		$Z_s = k \sqrt{\frac{\sum_{i=q}^n (t_{pi} - \bar{t}_p)^2 \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}}$	<i>k</i> — коэффициент надежности; <i>i</i> — индекс отчетного периода; <i>n</i> — число отчетных периодов; <i>t_{pi}</i> — продолжительность поставки <i>i</i> , дни; \bar{t}_p — средняя продолжительность поставок за <i>n</i> периодов, дни; <i>Q_i</i> — размер заказа <i>i</i> на пополнения запаса, единиц
7	Общий уровень запаса, единиц	$Z_o = Z_T + Z_s$	<i>Z_T</i> — уровень текущего запаса, единиц; <i>Z_s</i> — уровень страхового запаса, единиц
8	Сезонный запас, единиц	$Z_c = P_{cc} \cdot t_c$	<i>P_{cc}</i> — среднесуточная потребность в сезонном периоде, единиц/день; <i>t_c</i> — продолжительность сезонного периода, дни

Вопросы для самопроверки к подразделу 1.2

1. В каких целях требуется выделять различные виды запаса?
2. Поясните, почему известные вам классификации запаса неоднозначно разделяют запасы на категории, виды и группы.
3. В чем состоят функции запаса? Как эти функции связаны с потребностью в запасах?
4. Поясните значение разделения запаса по месту нахождения.
5. Дайте пояснения по каждому виду запаса.
6. В каких единицах измерения может планироваться и учитываться запас?

7. Какова цель создания товарного запаса?
8. Какие организации имеют производственный или товарный запас?
9. Доля какого запаса — текущего или страхового должна быть больше в составе общих запасов? Подумайте, при каких условиях должно выполняться то или иное соотношение между ними.
10. Выразите уровень текущего запаса через страховой и общий уровни запаса.
11. Почему текущий запас называют оборотным?
12. Какие составляющие страхового запаса вы можете предложить использовать?
13. Как формирование страхового запаса связано с особенностями организации пополнения и отгрузок запаса?
14. С помощью глоссария определите разницу между нормой и нормативом запаса. Что имеется в виду, когда говорят, что страховой запас нормируется?
15. Как связаны друг с другом страховой и резервный запасы?
16. Какова связь между наличным, располагаемым и остатком запаса?
17. Из каких источников, как правило, финансируется сезонный запас?
18. Из каких источников финансируются, как правило, текущий запас?
19. Каковы причины образования малоподвижного запаса? Имеются ли среди них причины объективного характера?
20. Какова функция переходящего запаса?
21. В чем отличие неизрасходованного и наличного запасов?
22. Может ли коммерческое предприятие создавать стратегический запас? Если да, то для каких целей?

Список дополнительной литературы к главе 1

1. *Альбеков А.У., Митько О.А.* Коммерческая логистика. Ростов н/Д: Феникс, 2002.
2. *Гаджинский А.М.* Логистика: Учебник. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Маркетинг, 2002.
3. *Джонсон Дж.* и др. Современная логистика. 7-е изд.: Пер. с англ. М.: Вильямс, 2002.
4. *Зеваков А.М., Петров В.В.* Логистика производственных и товарных запасов: Учебник. СПб.: Изд-во Михайлова В.А., 2002.
5. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / Под общ. ред. проф. В.И. Сергеева. М.: ИНФРА-М, 2004.

6. Логистика: Учебник / Под. ред. Б.А. Аникина. 3-е изд. М.: ИНФРА-М, 2001.
7. *Линдерс М.Р., Харольд Е.Ф.* Управление снабжением и запасами. Логистика: Пер. с англ. СПб.: Полигон, 1999.
8. *Неруш Ю.М.* Логистика: Учебник. М.: ЮНИТИ–ДАНА, 2000.
9. *Радионов Р.А., Радионов А.Р.* Логистика: управление сбытовыми запасами и оборотными средствами предприятия. М.: ИНФРА-М, 2002.
10. *Родников А.Н.* Логистика: Терминологический словарь. М.: ИНФРА-М, 2000.
11. *Сергеев В.И.* Логистика в бизнесе. М.: ИНФРА-М, 2001.
12. *Степанов В.И.* Логистика: Учебник. М.: ТК Велби: Проспект, 2006.
13. *Стерлигова А.Н.* Терминологическая структура логистики // Логистика и управление цепями поставок, 2004. № 4–5.
14. *Стивенсон В.Дж.* Управление производством. М.: Лаборатория базовых знаний, 1998.
15. *Чудаков А.Д.* Логистика: Учебник. М.: РДЛ, 2001.
16. *Шрайбфедер Дж.* Эффективное управление запасами. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005.

2.1. Способы движения запаса

Запас (см. рис. 1.1 и 1.2 в п. 1.1) представляет собой товарно-материальные ценности, ожидающие потребления. Запас образуется в звеньях логистических систем и в цепях поставок в результате согласования характеристик входящего и выходящего материальных потоков. Если точный объем потребности в товарно-материальных ценностях не может быть обслужен поставляющим звеном в фиксированные моменты времени и в заданном объеме, необходимо создать запас требуемых товарно-материальных ценностей. Для правильного расчета требуемого для обслуживания потребности размера запаса необходимо правильно представлять *механизм движения запаса*.

Фиксация размера запаса в документации или в информационной базе всегда происходит дискретно, т.е. в отдельные моменты времени. Интервалы между такими моментами учета остатков запаса на складах могут быть различными: от нескольких минут до недель или месяцев. Вне зависимости от этих интервалов специалисты, занимающиеся запасами, имеют дискретную информацию о состоянии запаса.

На рис. 2.1 показано, что из-за дискретного характера учета остатков запаса на складах между реальным и предполагаемым поведением запаса обычно возникает существенная разница. Поэтому одним из первых шагов работы с запасом должна стать организация учета остатков запаса с оптимальным интервалом времени между получением новой информации о его движении. Очевидно, что чем короче интервалы учета, тем более точная информация о состоянии остатков будет у специалистов. В информационных технологиях логистики уделяется большое внимание обеспечению обновления информации в «реальном режиме времени», т.е. с минимальными интервалами времени между моментами учета. Менеджеры по запасам должны уделять внимание вопросам, связанным с организацией работы информационно-компьютерных систем организации и введением новых информационных технологий. Это поможет специалистам обеспечить максимально полное представление о реальном состоянии остатков запаса на складах и повысит надежность управления ими.



Рис. 2.1. Реальное и предполагаемое движение запаса при дискретном учете остатков на складах

После выбора минимального единичного периода учета информации о состоянии остатков запаса и организации такого учета дискретным характером накапливаемой информации о состоянии запаса, как правило, можно пренебречь. Все расчеты, связанные с управлением запасами, ведутся в основном по линейным функциям и графикам (см. рис. 2.1).

Изменение остатков запаса на складах определяется характеристиками входящего (поставки) и выходящего материальных потоков (потребления) (см. рис. 1.2). Рассмотрим возможные сочетания этих характеристик. Характеристики поставок и потребления могут иметь дискретный или непрерывный порядок, мгновенную или продолженную реализацию.

Поставки и потребление проходят дискретно, если приемка на склад (или отгрузка со склада) ведется в отдельные моменты времени относительно крупными партиями. Между приемками (или отгрузками) в этом случае возникают относительно продолжительные периоды времени, в течение которых пополнение (или потребление) запаса (рис. 2.2) отсутствует.

Поставки и потребление проходят непрерывно, если приемка на склад (или отгрузка) ведется непрерывно или в отдельные моменты времени относительно мелкими партиями. Между приемками (или отгрузками) в этом случае имеются настолько малые периоды времени, в течение которых отсутствует пополнение (или потребление) запаса, что ими можно пренебречь (рис. 2.3).



Рис. 2.2. Дискретный порядок приемки (отгрузки) запаса

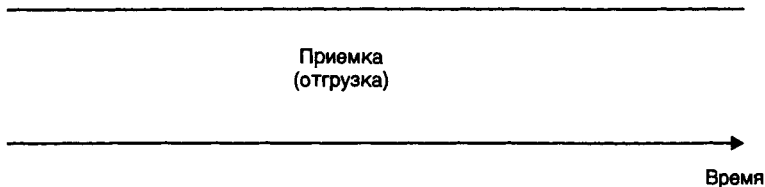


Рис. 2.3. Непрерывный порядок приемки (отгрузки) запаса

Поставка и потребление могут иметь мгновенную или продолженную реализацию приемки и, соответственно, отгрузки. Приемка (отгрузка) запаса проводится мгновенно, если ее продолжительность не превышает продолжительности единичного периода учета остатков запаса на складах. В таком случае результат приемки (отгрузки) отражается в одном единичном периоде учета (рис. 2.4).

Приемка (отгрузка) запаса проводится продолженно, если она происходит в течение периода, превышающего продолжительность

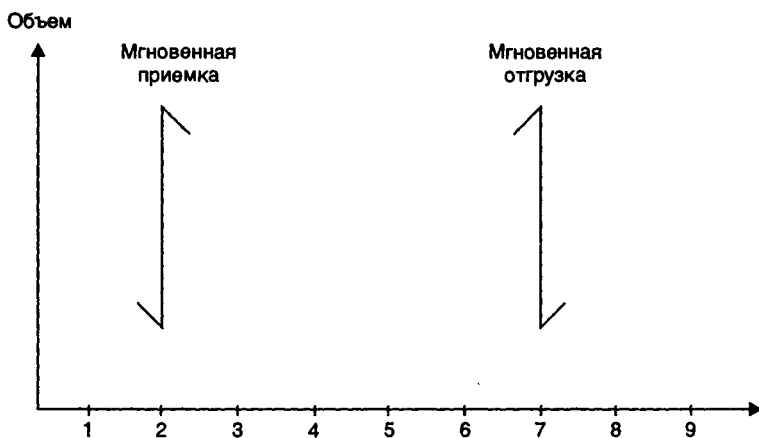


Рис. 2.4. Мгновенная реализация приемки (отгрузки) запаса

единичного периода учета остатков запаса на складах. В таком случае результат приемки (отгрузки) отражается в нескольких единичных периодах учета (рис. 2.5).

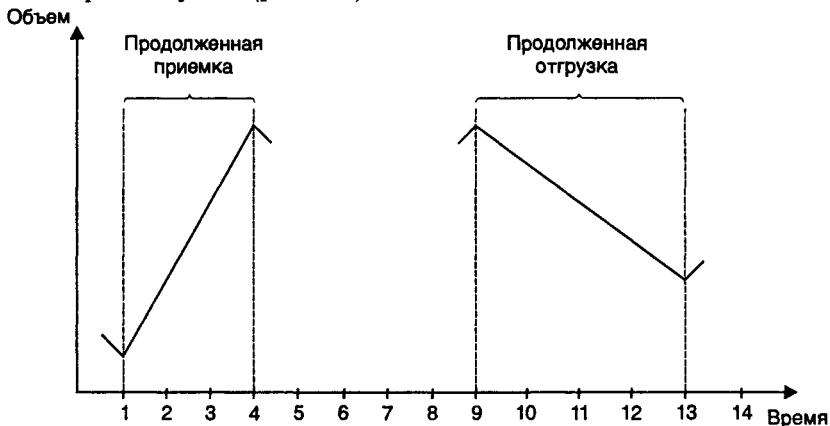


Рис. 2.5. Продолженная реализация приемки (отгрузки) запаса

Сочетание дискретного или непрерывного порядка поставки (потребления) и мгновенной или продолженной реализации отгрузки запаса имеет четыре варианта (рис. 2.6). Так как запас образуется под воздействием характеристик поставки и потребления, теоретически существуют следующие варианты его формирования (табл. 2.1). Графическая иллюстрация движения запаса по каждому из 16 вариантов приведена на рис. 2.7.

Реализация
поставки
(отгрузки)

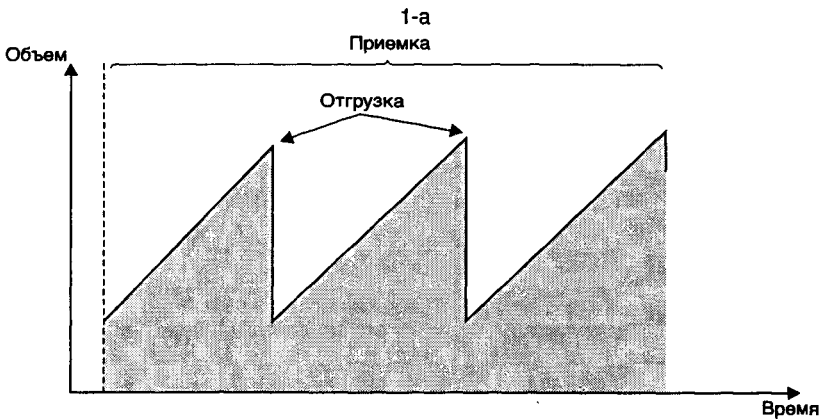
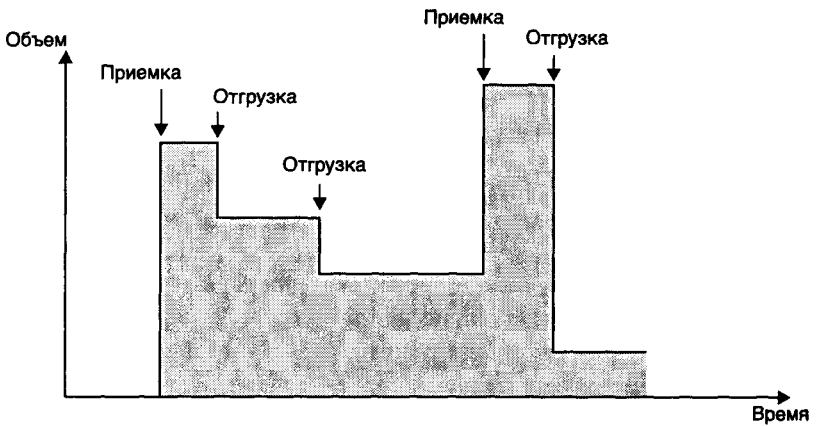
Продолженная	Мгновенно-дискретная приемка (отгрузка)	Мгновенно-непрерывная приемка (отгрузка)
	Продолженно-дискретная приемка (отгрузка)	Продолженно-непрерывная приемка (отгрузка)
Мгновенная	Дискретный	Непрерывный

Порядок поставки (потребления)

Рис. 2.6. Сочетание характеристик поставки (потребления) запаса

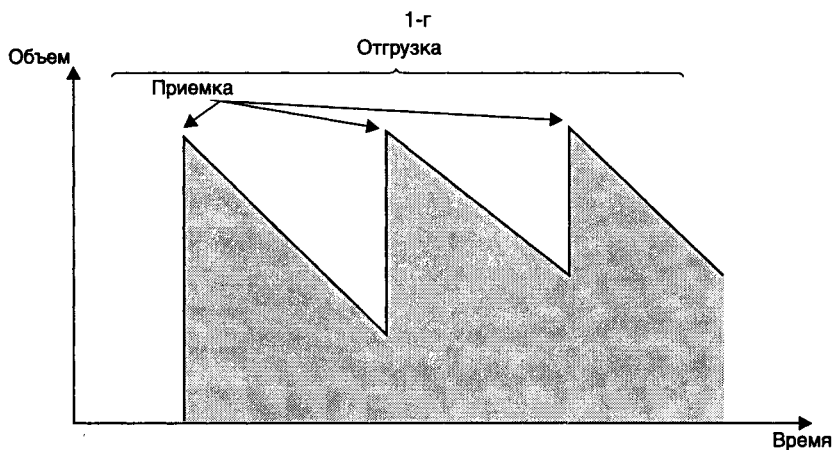
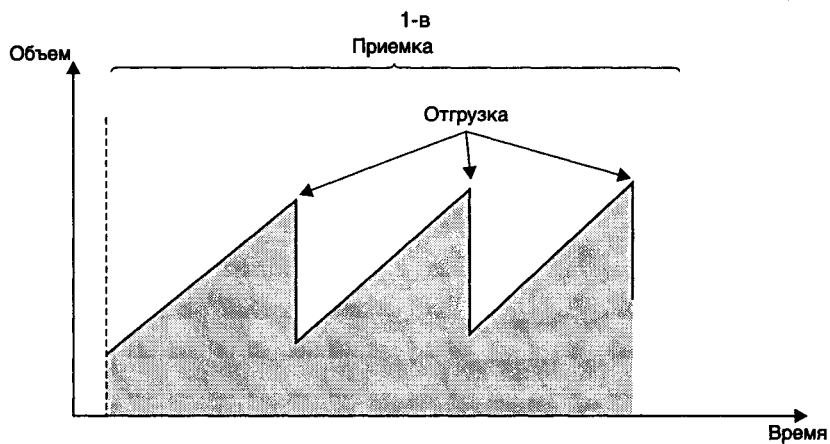
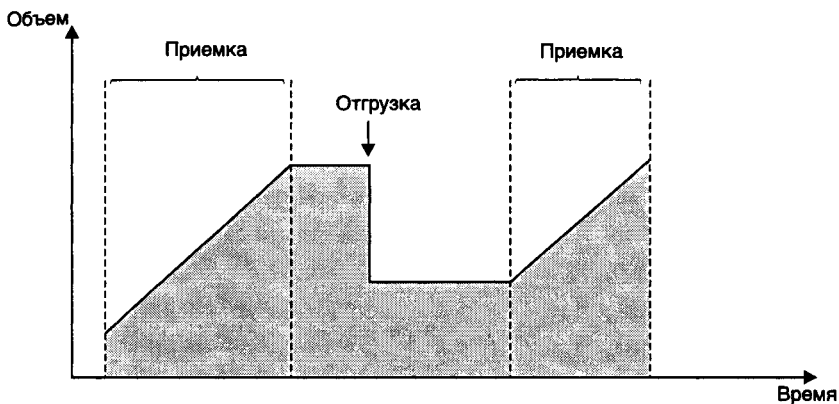
Варианты формирования запаса

		Поставка				
		Мгновенно-дискретная, а	Мгновенно-непрерывная, б	Продолженно-дискретная, в	Продолженно-непрерывная, г	
Потребление	1	Мгновенно-дискретное	1-а	1-б	1-в	1-г
	2	Мгновенно-непрерывное	2-а	2-б	2-в	2-г
	3	Продолженно-дискретное	3-а	3-б	3-в	3-г
	4	Продолженно-непрерывное	4-а	4-б	4-в	4-г



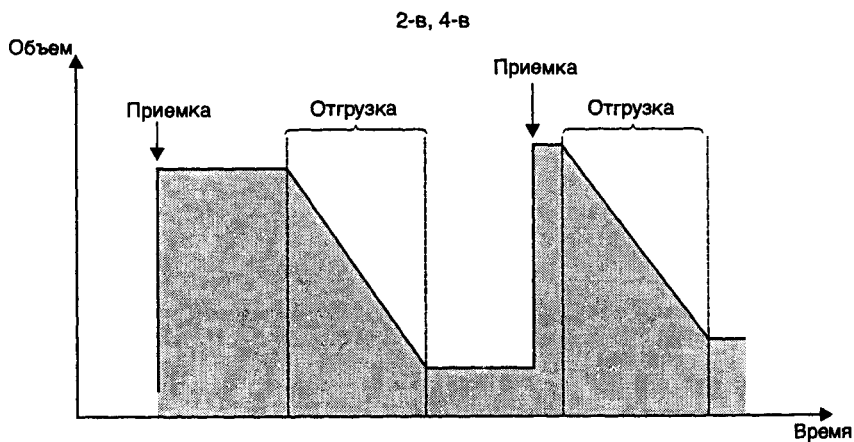
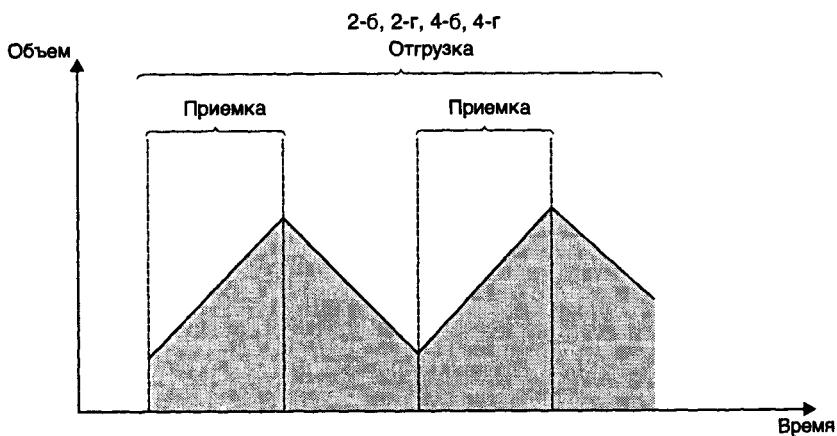
1-б

Рис. 2.7. Иллюстрации движения запаса при различных сочетаниях характеристик поставки и потребления (см. табл. 2.1)

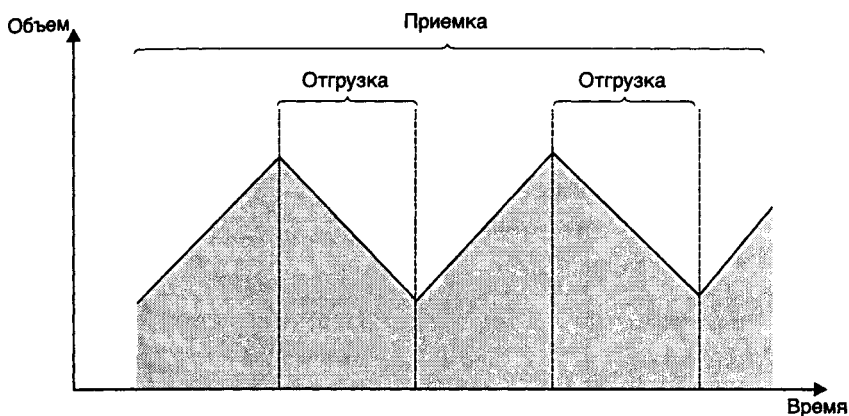


2-а, 4-а

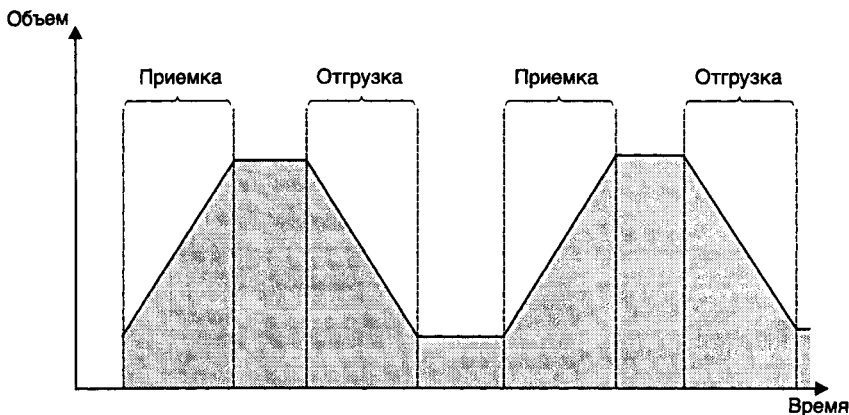
Рис. 2.7. (продолжение)



3-а
Рис. 2.7. (продолжение)



3-б, 3-г



3-в, 3-г

Рис. 2.7. (окончание)

Как видно из иллюстраций на рис. 2.7, нежелательное пролеживание запаса в ожидании отгрузок варианта (1-в) при мгновенно-дискретном характере потребления и поставок, (3-а) — при продолженно-дискретном потреблении и мгновенно-дискретной поставке, а также (3-в) — при продолженно-дискретном характере поставок и потребления (см. табл. 2.1) требует согласования момента времени приемки с моментом времени отгрузки запаса. В общем можно сказать, что в идеальной ситуации эти варианты движения запаса могут не включать периоды, когда объем запаса не меняется.

В целом все виды движения запаса без учета конкретных характеристик поставок и потребления можно свести к четырем вариантам (рис. 2.8).

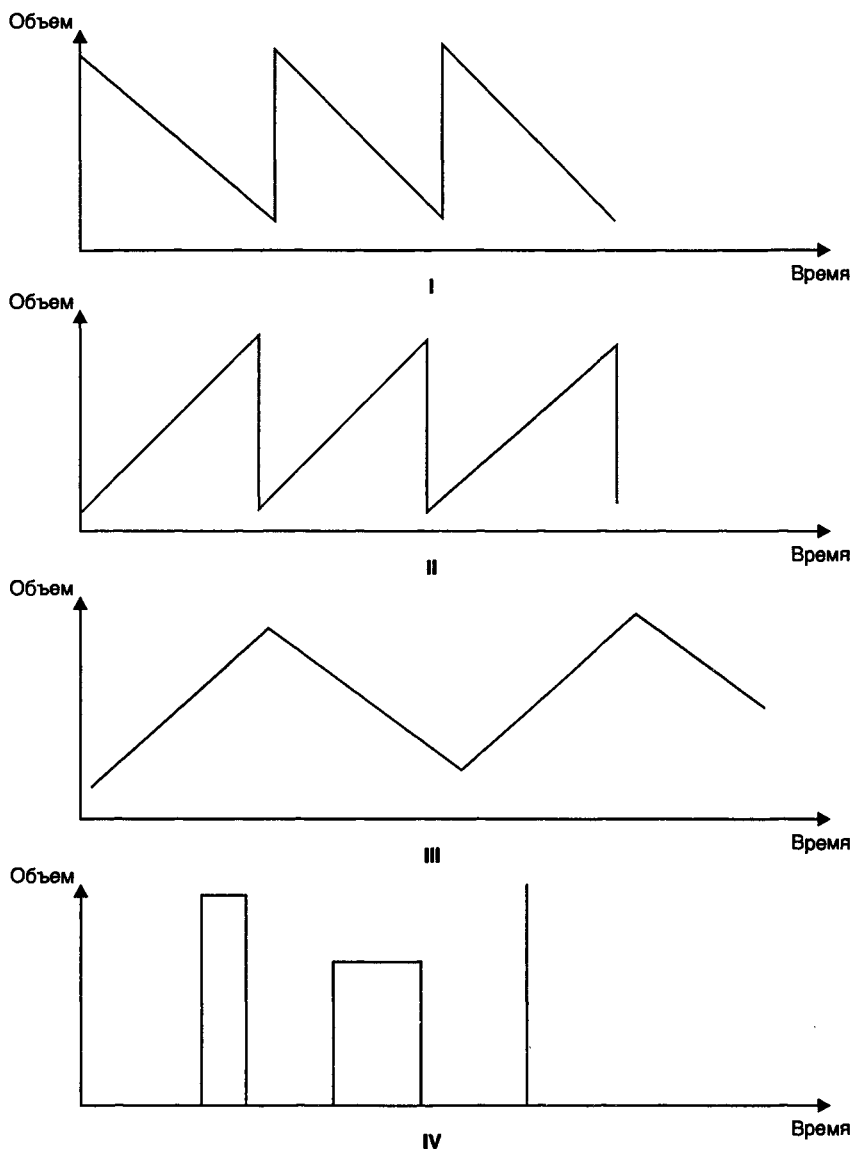


Рис. 2.8. Варианты движения запаса

Три первых варианта могут быть объединены в группу *пилообразного движения запаса*, что указывает на необходимость накопления запаса для обслуживания потребления в случае, когда поставляющее звено цепи поставки не может обеспечить работу на условиях поставки по схеме «точно в срок». Пилообразное движение запаса зачастую требует от менеджеров по запасам проектирования оригинальной модели управления запасами. Этот вопрос будет рассмотрен в п. 11.1.

Четвертый вариант рис. 2.8 отражает движение запаса при максимальной согласованности характеристик потребления и характеристик поставки и близок к варианту работы на условиях поставки точно в срок. Такое поведение запаса соответствует работе систем управления стандарта МРП (организация системы планирования всех этапов бизнеса, ориентированной на потребность в готовой продукции предприятия).

В общем случае движение запаса испытывает на себе самое разнообразное сочетание характеристик поставки и отгрузки как во времени, так и по объемам, но в целом имеет вид пилообразного изменения (рис. 2.9).

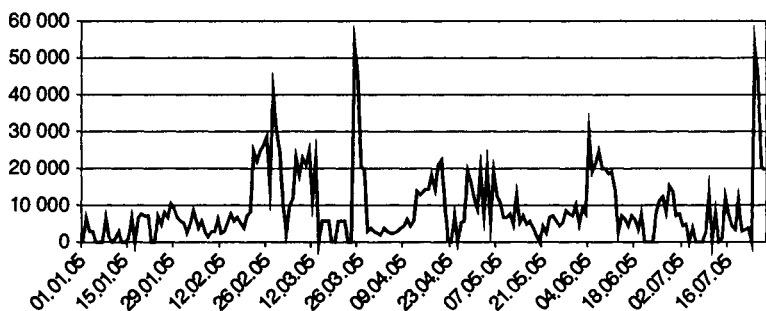


Рис. 2.9. Пример движения остатков запаса на складе оптового предприятия

Список вопросов для самопроверки к подразделу 2.1

1. Приведите примеры дискретного учета состояния запаса.
2. По какой причине менеджер по управлению запасами должен обращать внимание на характер процедуры учета остатков запаса на складах?
3. Какие соображения могут быть положены в основу выбора продолжительности единичного периода учета остатков на складе?

4. Какое влияние на формирование запаса оказывает дискретный характер поставки?
5. Что подразумевается под дискретным порядком поставки (отгрузки)?
6. Какое влияние на формирование запаса оказывает дискретный характер поставки и дискретный характер потребления?
7. Какое влияние на формирование запаса оказывает сезонность поставки и сезонность потребления?
8. Что подразумевается под непрерывным порядком поставки (отгрузки)?
9. Приведите примеры непрерывного пополнения запаса.
10. Что такое мгновенная реализация приемки (отгрузки)?
11. Что понимается под продолженной приемкой (отгрузкой)?
12. Можно ли по статистическим данным судить о мгновенном или продолженном характере реализации приемки (отгрузки)?
13. Для решения каких вопросов менеджер по запасам должен знать способ реализации приемки (отгрузки)?
14. Дайте пояснения по каждой иллюстрации на рис. 2.7.
15. Почему отсутствие движения запаса (его пополнение или отгрузка) является нежелательным?
16. Нарисуйте основные моменты пилообразного движения запаса. В каких условиях запас имеет пилообразное изменение остатков?
17. В каких условиях остатки запаса на складе имеют вид столбчатой диаграммы?

2.2. Циклы движения запаса

При рассогласовании характеристик входящего и выходящего материальных потоков (см. рис. 1.2) требуется накопление запасов для их дальнейшего использования. Это приводит к пилообразному движению запаса (см. рис. 2.8). При таком движении в работе с запасом имеются повторяющиеся совокупности действий, которые принято называть циклами. Рассмотрим состав и содержание таких циклов подробнее (рис. 2.10).

Процесс движения запаса можно разделить на этапы накопления и потребления. Накопление запаса происходит в результате организации поставок товарно-материальных ценностей. В конкретный момент поставщику выдается заказ за пополнение запаса партией определенного размера. Через фиксированный период времени заказанная партия товарно-материальных ценностей по-

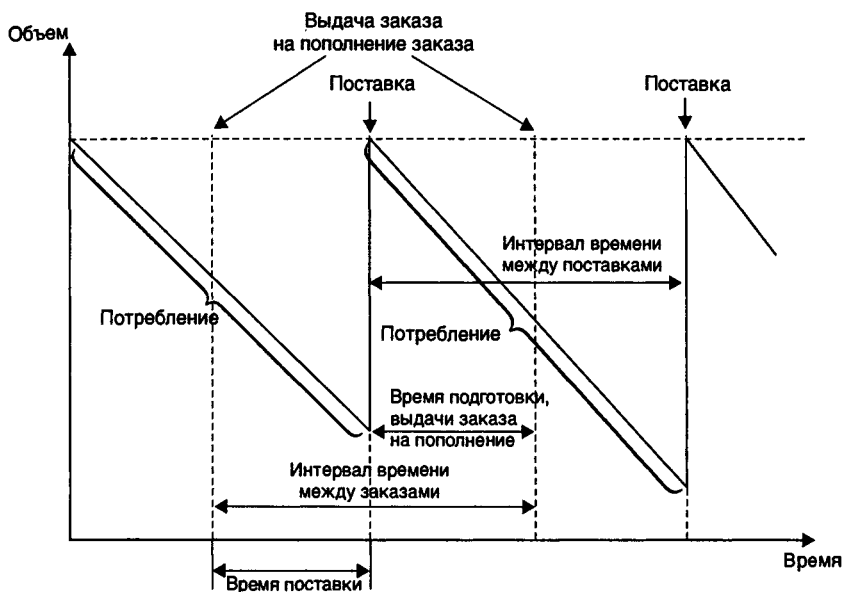


Рис. 2.10. Циклы движения запаса в звене цепи поставок

ставляется на склад, принимается и приходится. Все параметры этого процесса пополнения запаса рассчитываются заранее. Порядок расчета этих параметров рассмотрен в главе 9.

Принятие решения об обновлении запаса могут исполнять в зависимости от организационной структуры предприятия и закрепления функций работники следующих подразделений:

- отдела логистики;
- группы управления запасами;
- отдела закупок (снабжения).

Принятие решения о моменте и размере выдачи заказа определяется или поддерживается деятельностью следующих подразделений:

- производственные;
- продаж (или коммерческий отдел);
- маркетинга;
- информационных технологий;
- планово-экономический;
- складское хозяйство;
- финансов;
- бухгалтерия.

От момента выдачи заказа на пополнение запаса и до момента учета пришедшей на склад партии товарно-материальных ценностей проходит интервал времени, называемый временем выполнения заказа (см. рис. 2.10).

Время выполнения заказа (*lead time*) включает продолжительность следующих действий, выполняемых при обработке заказа:

- 1) передача заказа поставщику;
- 2) прием заказа поставщиком;
- 3) производство или подбор заказа поставщиком;
- 4) проверка качества поставщиком;
- 5) подготовка поставщиком заказа к отгрузке;
- 6) отгрузка;
- 7) перевозка;
- 8) складирование груза на складах при перегрузке на другие виды транспорта;
- 9) погрузка-разгрузка партии при смене вида транспорта;
- 10) задержки в пути;
- 11) выполнение операций по таможенному оформлению груза;
- 12) приемка партии заказа;
- 13) разгрузка;
- 14) проверка качества партии заказа;
- 15) размещение товарно-материальных ценностей на складе.

Перечисленные выше работы выполняют различные подразделения организации, содержащей запас, а также ее различные контрагенты.

(1) Передача заказа поставщику проводится отделом логистики (группой управления запасами или отделом закупок) при поддержке отдела информационных технологий.

Работы по пп. (2–6) — прием заказа поставщиком, производство или подбор заказа поставщиком, проверка качества поставщиком, подготовка поставщиком заказа к отгрузке, отгрузка — проводятся организацией-поставщиком.

Работы по пп. (7–11) — перевозка, складирование груза на складах при перегрузке на другие виды транспорта, погрузка-разгрузка партии при смене вида транспорта, задержки в пути, выполнение операций по таможенному оформлению груза — проводятся в зависимости от условий поставки организацией-поставщиком, организацией-заказчиком или организацией-перевозчиком, транспортно-экспедиторской компанией, логистическим оператором или иными специализированными организациями.

Работы по пп. (12–15) — приемка партии заказа, разгрузка, проверка качества партии заказа, размещение товарно-материальных ценностей на складе — ведутся следующими подразделениями организации-заказчика, содержащей запас:

- складское хозяйство;
- отдел логистики (группа управления запасами);
- отдел информационных технологий;
- бухгалтерия.

Таким образом, в обновлении запаса участвуют следующие подразделения и организации:

- заказчик, содержащий запас:
 - отдел логистики (группа управления запасами);
 - отдел закупок (снабжения);
 - производственные подразделения;
 - отдел продаж (коммерческий отдел);
 - отдел маркетинга;
 - отдел информационных технологий;
 - планово-экономический отдел;
 - финансовый отдел;
 - бухгалтерия;
 - складское хозяйство;
- поставщик;
- перевозчик;
- транспортно-экспедиторская компания;
- логистический оператор.

По завершении времени выполнения заказа запас учтен на складе и предназначен для отгрузок потребителю. Отгрузки запаса идут вследствие деятельности следующих подразделений организации, содержащей запас:

- маркетинга;
- продаж (коммерческий отдел);
- производства;
- финансов;
- бухгалтерия;
- планово-экономические;
- информационных технологий.

Для предотвращения исчерпания запаса необходимо через некоторый период времени повторить заказ на пополнение запаса. Определение интервала времени между заказами, как и интервала времени между поставками, является существенным элементом

процесса управления запасом. Расчет этих интервалов рассмотрен в подп. 9.1.2.

Со стороны отдела логистики (группы управления запасами или отдела закупок), который принимает решения о характеристиках входящего и выходящего материальных потоков, в движении запаса актуальны циклы обновления запаса, которые включают процессы принятия решения об обновлении запаса, время выполнения заказа и время подготовки выдачи заказа на пополнение запаса. Со стороны складского хозяйства, содержащего физический запас, в движении запаса выделяются циклы приемки и отгрузки.

Список вопросов для самопроверки к подразделу 2.2

1. На какие этапы может быть разделен процесс движения запаса?
2. Какие подразделения могут принимать участие в принятии решения об обновлении запаса?
3. Чем определяется конкретный состав подразделений, ответственных за принятие решений об обновлении запаса?
4. Какие виды работ, связанные с запасами, выполняет отдел логистики?
5. Какие подразделения обеспечивают деятельность отдела логистики, связанную с обновлением запаса?
6. Какие виды работ, связанные с движением запаса, выполняет складское хозяйство?
7. Какие составляющие, как правило, включаются в период времени выполнения поставки?
8. Какие виды работ, связанные с выполнением поставки, ведут контрагенты организации, содержащей запас?
9. Какие организации участвуют в выполнении поставки, пополняющей запас?
10. Какие подразделения обеспечивают и поддерживают отгрузку запаса со склада?
11. Какие составляющие входят в интервал времени между заказами?
12. Какие составляющие входят в интервал времени между поставками?

Список дополнительной литературы к главе 2

1. Альбеков А.У., Митько О.А. Коммерческая логистика. Ростов н/Д: Феникс, 2002.
2. Гаджинский А.М. Логистика: Учебник. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Маркетинг, 2002.

3. *Джонсон Дж.* и др. Современная логистика. 7-е изд.: Пер. с англ. М.: Вильямс, 2002.
4. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / Под общ. ред. проф. В.И. Сергеева. М.: ИНФРА-М, 2004.
5. *Линдерс М.Р., Харольд Е.Ф.* Управление снабжением и запасами. Логистика: Пер. с англ. СПб.: Полигон, 1999.
6. *Неруш Ю.М.* Логистика: Учебник. М.: ЮНИТИ–ДАНА, 2000.
7. *Степанов В.И.* Логистика: Учебник. М.: ТК Велби: Проспект, 2006.
8. *Чейз Р.Б.* и др. Производственный и операционный менеджмент. – 8-е изд.: Пер. с англ. М.: Вильямс, 2001.
9. *Шрайбфедер Дж.* Эффективное управление запасами. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005.

ГЛАВА 3

ПОКАЗАТЕЛИ СОСТОЯНИЯ ЗАПАСА В ЗВЕНЬЯХ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК

3.1. Анализ статистики поведения запаса

Так как запас представляет собой сложное явление, вызванное сочетанием характеристик входящего и выходящего материальных потоков (см. рис. 1.2), для описания состояния запаса следует воспользоваться рядом показателей, характеризующих запас с разных сторон.

Для первоначального описания запаса следует воспользоваться статистикой поведения запаса. Анализ статистики поведения запаса включает:

- 1) анализ связи динамики пополнения и отгрузок запаса:
 - динамика пополнения запаса;
 - динамика отгрузок запаса;
 - средние показатели пополнения и отгрузок запаса;
 - вариация пополнения и отгрузок запаса;
 - корреляция статистических рядов пополнения и отгрузок запаса;
- 2) анализ динамики остатков запаса.

(1) Для анализа связи динамики пополнения и отгрузок запаса необходимо обработать статистику пополнения и отгрузок.

Динамика пополнения запаса позволяет описать входящий на склад материальный поток (рис. 3.1). Данные о пополнения запаса содержатся в данных оперативного складского учета, а также в оборотных ведомостях счетов движения товарно-материальных ценностей бухгалтерского учета. Динамика пополнения запаса на складе позволяет планировать производственную мощность склада, численность персонала склада, отслеживать сезонные нагрузки на склад.

Пример 3.1. Анализ динамики пополнения запаса в звене цепей поставок

На рис. 3.1 в течение одного года возрастание прихода товара на склад с января по май завершается спадом поставок в апреле — июле, затем сменяется ростом прихода в августе — сентябре с последующим спадом в октябре — декабре. Сличение пополнения запаса по продукту за ряд лет позволяет выявлять выраженные сезонные тенденции.

На рис. 3.2 представлена динамика прихода на склад этого же товара за 2001–2004 гг. Как видно из иллюстрации, для товара в целом характерны пики поставок в весенний (март — апрель) и осенний (август — сентябрь) периоды. Весенние периоды всех рассматриваемых годов имели смещение пиков поставок от марта к апрелю. Осенние периоды имеют пик продаж в сентябре. Во всех годах июль отмечен минимальными объемами прихода товара на склад. Очевидна тенденция снижения общего объема поставок товара в течение 3 лет.

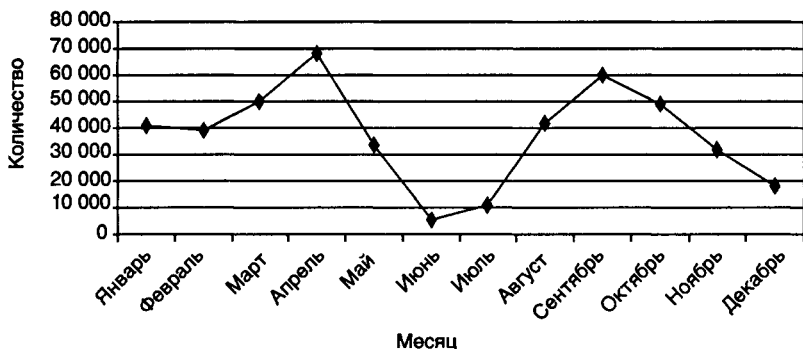


Рис. 3.1. Пример динамики пополнения запаса на складе

Выраженное сезонное поведение входящего материального потока может иметь различные причины. Характер прихода товара на склад по объемам и времени должен являться отражением характера отгрузок товара со склада. Поэтому для получения выводов о состоянии запаса требуется проведение анализа отгрузок товаров со склада.

Динамика отгрузок запаса позволяет описать выходящий со склада материальный поток.

Пример 3.2. Анализ динамики отгрузок запаса в звене цепей поставок

Отгрузки со склада (рис. 3.3) характеризуют объем имеющейся потребности в запасе, объем продаж или товарооборот торговых предприятий. Данные об отгрузках (потребности, объеме продаж или товарообороте) запаса, как и данные о пополнении запаса, содержатся в данных оперативного складского учета, а также в оборотных ведомостях счетов движения товарно-материальных ценностей бухгалтерского учета. Динамика отгрузок запаса позволяет планировать производственную мощность склада,

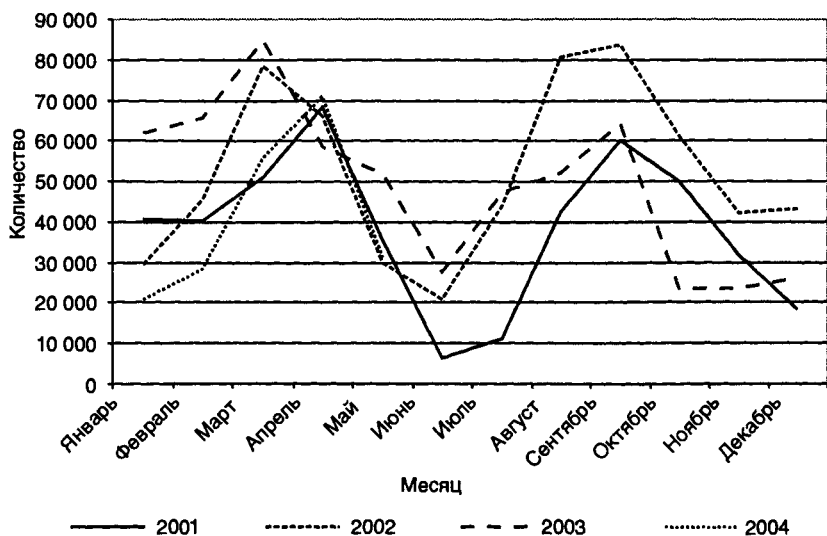


Рис. 3.2. Динамика пополнения запаса товара в 2001–2004 гг.

численность персонала склада, отслеживать сезонные нагрузки на склад.

На рис. 3.3 можно отметить наличие невыявленной при анализе поступлений товара на склад (см. рис. 3.2) тенденции к завышению объемов отгрузок в пике осенних отгрузок в августе — сентябре по сравнению с пиком весенних отгрузок в марте — апреле. Эта тенденция присутствует в 2002–2003 гг. и не наблюдается в 2001 г. Таким образом, увеличение отгрузок товара в осенний период обеспечивалось завышенным уровнем поступлений в более ранние периоды. В отгрузках в июне — июле имеется выраженный спад. Рост отгрузок происходит в течение всех рассматриваемых лет только в августе. Только в 2003 г. наблюдается наличие нескольких пиков весенних отгрузок, что отражается и в пиках прихода товара на склад. Обзор тенденций динамики поступлений товара на склад и отгрузки со склада должен показать, имеется ли между поступлениями и отгрузками товара выраженная связь.

Пример 3.3. Анализ связи пополнения и отгрузок запаса в звене цепей поставок

Глядя на рис. 3.2 и 3.3, можно предположить, что динамика поступлений тесно связана с отгрузками. Для точного вывода требуется провести более детальный анализ.

На рис. 3.4 представлена динамика прихода (сплошные линии) и отгрузок (потребности, объема продаж или товарооборота)

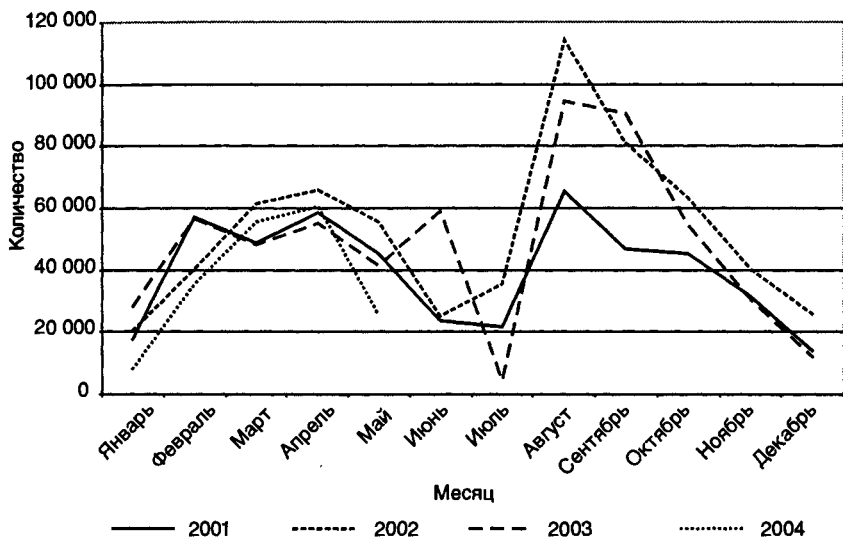


Рис. 3.3. Динамика отгрузок товара со склада в 2001–2004 гг.

(штриховые линии) товара. Тенденции прихода и отгрузок в целом совпадают. Периодически возникающие превышения прихода над отгрузками являются основой повышенного роста отгрузок в дальнейшем периоде. При этом приход имеет более сглаженную динамику, чем отгрузки, что является положительной чертой практики управления запасами товара на складе. В работе с запасом потребление является обслуживаемым фактором, а поставки — организуемым. Более гладкий характер динамики поставок указывает на большую регулярность поставок по сравнению с потреблением.

Средние показатели входящего и выходящего со склада материальных потоков позволяют получить более обобщенную характеристику соответствия пополнения и использования запаса. Средние показатели пополнения и отгрузок запаса рассчитываются по следующей формуле:

$$\bar{P}_m = \frac{\sum_{i=1}^n P_{mi}}{n}, \quad (3.1)$$

где \bar{P}_m — среднемесячный объем пополнения (отгрузок, продаж, товарооборота) запаса, единиц/месяц; i — индекс года статистического ряда; n — число лет статистических рядов; P_{mi} —

объем пополнения (отгрузок, продаж, товарооборота) запаса в месяце t года i , единиц/месяц.

Средние показатели прихода и отгрузок в примере 3.1 (рис. 3.2–3.4) показывают (рис. 3.5), что в целом колебания отгрузок значительны, пополнение запаса менее подвержено резким колебаниям. В летний и осенний периоды пополнение запаса медленнее реагирует на изменение отгрузок, чем в зимний и весенний периоды.

Динамика средних показателей прихода и отгрузок (потребности, объема продаж или товарооборота) товара со склада связана с динамикой **вариации значений прихода и отгрузок**. Вариация показывает степень изменчивости статистического ряда. Она рассчитывается как отношение стандартного отклонения к средней арифметической величине статистического ряда:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}}, \quad (3.2)$$

где V — коэффициент вариации, доли; σ — стандартное отклонение, единиц; \bar{x} — средняя арифметическая величина, единиц.

В свою очередь, стандартное отклонение (или корень из дисперсии) равно

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}, \quad (3.3)$$

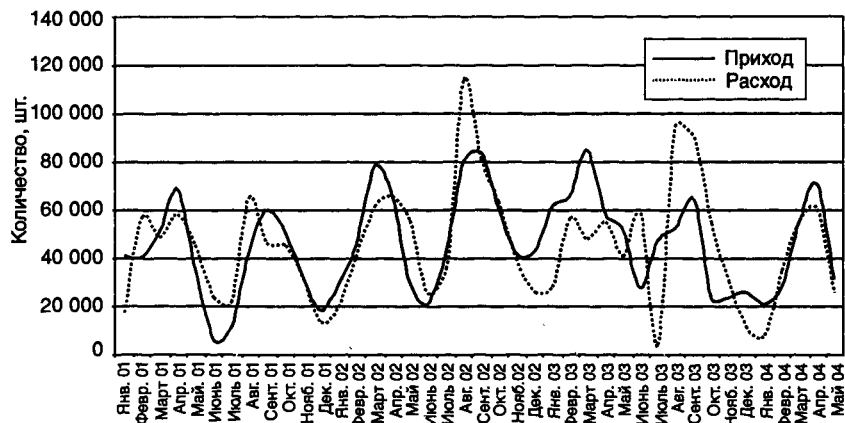


Рис. 3.4. Динамика прихода и расхода товара в 2001–2004 гг.

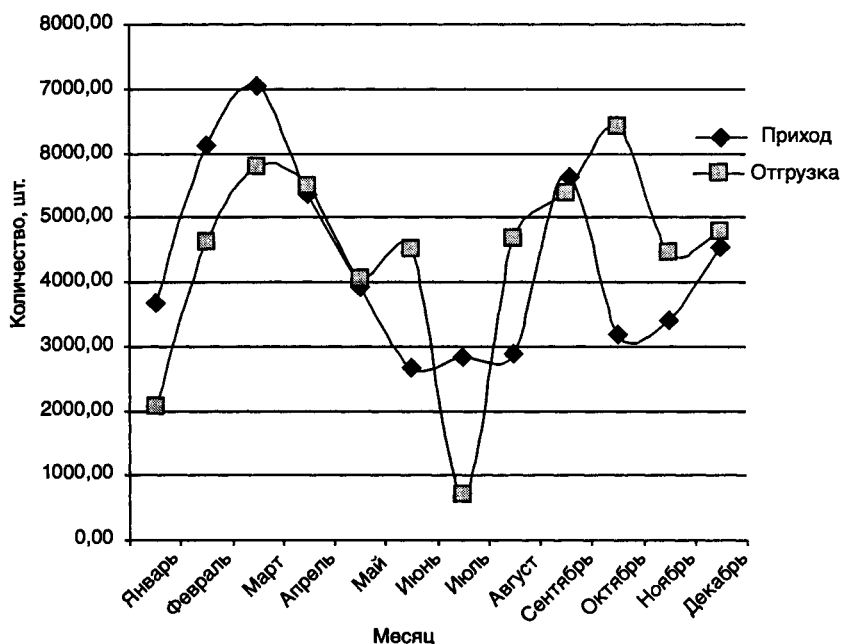


Рис. 3.5. Динамика средних показателей пополнения и отгрузок запаса за 2001–2004 гг.

где σ — стандартное отклонение, единиц; i — индекс даты; n — число статистических данных; x_i — статистическая величина, единиц; \bar{x} — средняя арифметическая величина, единиц; рассчитываемая по формуле

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}. \quad (3.4)$$

В табл. 3.1 представлен расчет показателя вариации статистических рядов пополнения и расхода запаса товара на складе из примера 3.1. За год информация о пополнении запаса представлена в табл. 3.2, о расходе — в табл. 3.3. На рис. 3.6 показана динамика вариации поставок и отгрузок запаса товара.

Таблица 3.1

Статистические данные о движении запаса на склада в января

Дата	Приход	Расход
08.01	348	725
09.01	1189	1464

<i>Дата</i>	<i>Приход</i>	<i>Расход</i>
10.01	1397	1640
11.01	3034	0
12.01	260	1651
13.01	10367	2466
14.01	3386	2444
15.01	2599	1503
16.01	3344	1198
17.01	1884	87
18.01	1753	2274
19.01	6457	2167
20.01	2122	2792
21.01	4478	5929
22.01	2526	869
23.01	8530	4581
24.01	1857	1406
25.01	6874	1715
26.01	9641	4600
Среднее значение	3666,73684	2079,526
Дисперсия	8 259 949,56	2 226 857
Стандартное отклонение	2874,01	1492,27
Вариация	77,96	71,76

Таблица 3.2

Статистические данные поставок запаса за год

<i>Месяц</i>	<i>Среднее значение</i>	<i>Дисперсия</i>	<i>Стандартное отклонение</i>	<i>Вариация</i>
Январь	3666,737	8 259 949,56	2874,01	77,96
Февраль	6111,429	8 021 099,50	2832,15	46,34
Март	7059,957	7 802 483,57	2793,29	39,57
Апрель	5352,727	7 587 184,32	2754,48	51,46
Май	3913,737	7 774 412,53	2788,26	71,24
Июнь	2860,895	7 094 396,85	2663,53	100,10
Июль	2839,158	5 450 265,31	2334,56	62,23
Август	2895,083	5 746 629,67	2397,21	82,80
Сентябрь	5688,5	6 127 992,61	2475,48	43,52
Октябрь	3189,154	23 027 664,77	4798,71	150,47
Ноябрь	3402,762	23 400 043,61	4837,36	142,16
Декабрь	4536,043	28 334 461,89	5323,01	117,35

Статистические данные отгрузок запаса за год

Месяц	Среднее значение	Дисперсия	Стандартное отклонение	Вариация
Январь	2079,526	2 226 857,09	1492,27	71,76
Февраль	4619,571	2 157 015,89	1468,68	31,79
Март	5784,87	2 127 504,05	1458,60	25,21
Апрель	5499,227	2 334 986,37	1528,06	27,79
Май	4041,105	2 084 273,53	1443,70	35,73
Июнь	4515,263	2 436 133,52	1560,81	34,57
Июль	710,6842	2 553 413,15	1597,94	224,85
Август	4685,375	2 626 942,23	1620,78	34,59
Сентябрь	5383,083	2 558 989,84	1599,68	29,72
Октябрь	6413,077	2 437 573,36	1561,27	24,35
Ноябрь	4453,714	2 027 075,63	1423,75	31,97
Декабрь	4794,174	2 040 875,71	1428,59	29,80

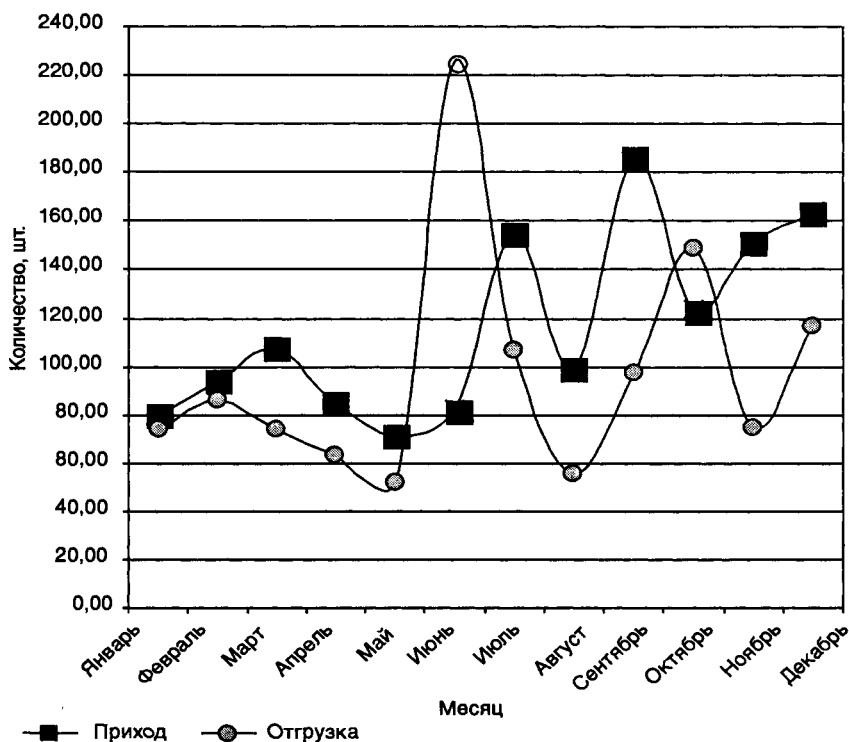


Рис. 3.6. Вариации прихода и отгрузок запаса товара

Рис. 3.6 показывает, что вариация отгрузок за год выше вариации пополнений запаса. При этом вариация пополнения систематически растет с течением времени. Обращает на себя внимание наличие упреждающей вариации прихода, что указывает на проактивные действия, которые ведутся специалистами по запасам. Совместный анализ средних показателей прихода и вариации прихода (рис. 3.7) показывает наличие связи между вариацией и динамикой средних показателей: с ростом значения средних величин пополнения запаса вариация пополнения запаса падает, и наоборот. Такая же картина и при анализе связи средних показателей отгрузок и вариации отгрузок (рис. 3.8). Если на показатели отгрузки зачастую специалисты по движению материальных потоков не могут влиять напрямую, то на характеристику входящих материальных потоков такое прямое влияние не только возможно, но и ожидается.

Для изучения закономерностей связи прихода и отгрузок товаров на складе можно оценить возможность построения тренда по показателям прихода и отгрузок по каждой из товарных групп. Наличие прямо пропорциональной зависимости между потребностью в запасах и их пополнением — необходимое условие эффективной

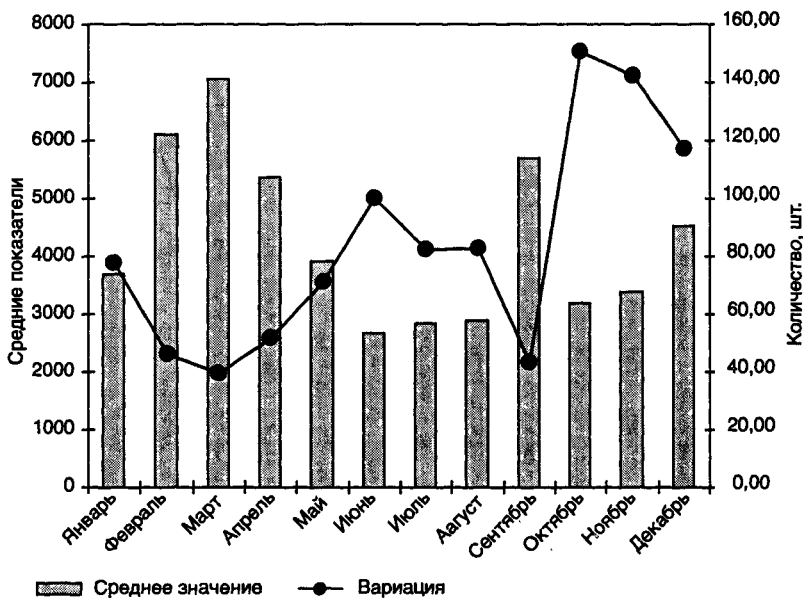


Рис. 3.7. Средние показатели и вариация пополнения запаса за год

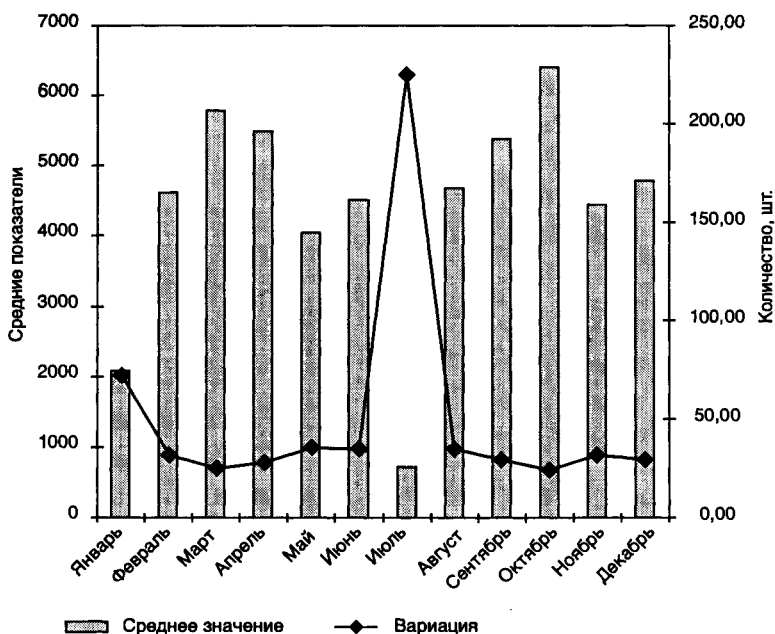


Рис. 3.8. Средние показатели и вариация отгрузок за год

работы с запасом, так как отражает необходимость роста оборачиваемости запаса.

По данным примера 3.1 на основе статистических рядов прихода и отгрузок по месяцам 2001–2004 гг. (см. рис. 3.4) построены график рассеяния значений объемов прихода и отгрузок и линейный тренд зависимости расхода (отгрузок) от прихода товара на склад (рис. 3.9).

Рассеяние точек графика довольно велико, но построение линейного и полиномиального тренда указывает на имеющуюся прямую связь расхода и прихода товара на склад.

Для точной оценки степени связи прихода товаров на склад и их отгрузки можно рассчитать коэффициент корреляции по отдельным товарным группам. Коэффициент корреляции двух статистических рядов (в нашем случае — фрагмент статистических рядов отгрузок и пополнения запаса товара за январь (см. табл. 3.1)) указывает на наличие или отсутствие взаимосвязи между двумя свойствами. Коэффициент корреляции рассчитывается по следующей формуле:

$$\rho_{xy} = \frac{Cov(X;Y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y}, \quad (3.5)$$

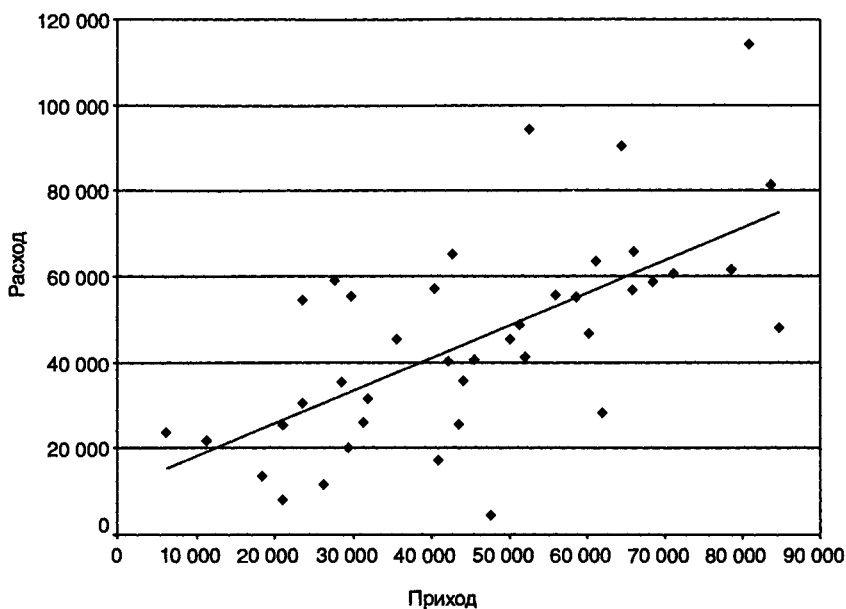


Рис. 3.9. Диаграмма прихода и расхода товара в 2001–2004 гг.

где ρ_{xy} — коэффициент корреляции; σ_x, σ_y — стандартные отклонения статистических рядов X и Y ; $Cov(X; Y)$ — ковариация статистического ряда (среднее произведение отклонений каждой пары точек данных):

$$Cov(X; Y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}), \quad (3.6)$$

где n — число наблюдений; i — индекс наблюдений; x_i — значение статистической величины ряда X в момент i времени, единиц; \bar{x} — средняя арифметическая величина статистического ряда X , единиц; y_i — значение статистической величины ряда Y в момент i времени, единиц; \bar{y} — средняя арифметическая величина статистического ряда Y , единиц.

Значения коэффициентов корреляции, рассчитанные для статистических рядов пополнения и отгрузок запаса, приведены в табл. 3.4. Тесной можно считать связи с коэффициентом корреляции более 75%. Как показывают расчеты по табл. 3.4, максимально тесная связь (77%) имеется между приходом и отгрузками запаса по товарной группе 3. По товарной группе 1 имеется теснота связи 65%, по товарной группе 2 — 56%. Коэффициент корреляции по приходу и отгрузкам в целом за год по всем товарным группам со-

ставляет 71%, что позволяет сделать вывод о необходимости совершенствования методики управления запасами на складе, описанной с помощью приведенной статистики.

Таблица 3.4

Значение коэффициента корреляции прихода и отгрузок запаса по товарным группам за 2001–2004 гг.

Товарная группа	Коэффициент корреляции
1	0,645661
2	0,560461
3	0,773454
Всего	0,711062

Кроме описания пополнения и отгрузок запаса важной характеристикой, описывающей состояние запаса, являются **остатки запаса** (или наличный запас) (см. рис. 1.2). Значения остатков запаса на складе находятся в данных оперативного складского учета, в ведомостях учета движения товарно-материальных ценностей, в информационной базе. Анализ динамики остатков запаса может дать общее представление о загрузке складских площадей и оборачиваемости запаса.

Пример 3.4. Анализ остатков запаса в звене цепей поставок

На рис. 3.10 представлена динамика остатков запаса товара из примера 3.1 за 2001–2004 гг. В целом можно сделать заключение

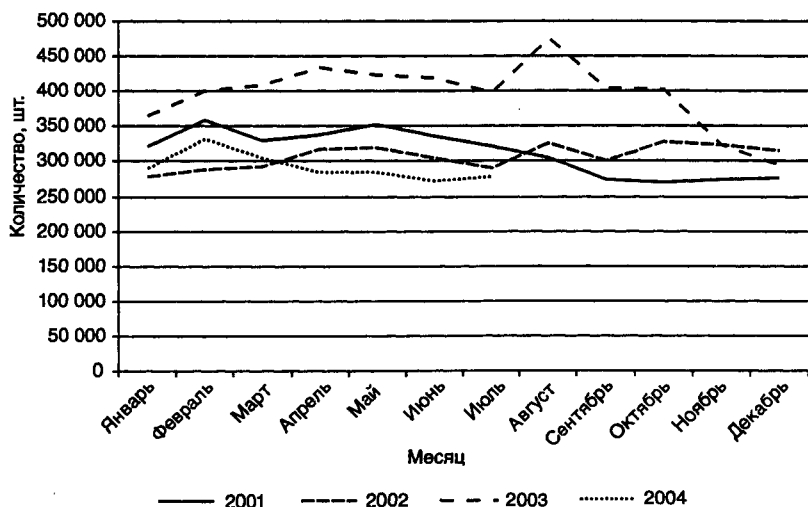


Рис. 3.10. Динамика изменения остатков запаса товара на складе за 2001–2004 гг.

об изменении уровней запаса по годам, выявить сезонные тенденции, но при этом необходимо помнить, что остатки запаса появляются в результате совмещения характеристик входящего и выходящего материальных потоков, а следовательно, не являются самостоятельной величиной. Для дальнейшего описания состояния запаса требуются иные, более детальные показатели.

3.2. Основные показатели состояния запаса

К основным показателям состояния запаса относятся:

- 1) средний уровень запаса;
- 2) запасоемкость;
- 3) обеспеченность потребности запасом;
- 4) доля переходящего запаса;
- 5) скорость обращения запаса;
- 6) время оборота запаса.

(1) **Средний уровень запаса** — основной производный показатель состояния запаса. Средний уровень запаса рассчитывается по единичным отчетным периодам по следующей формуле:

$$\bar{Z}_i = \frac{Z_{ni} + Z_{ki}}{2}, \quad (3.7)$$

где \bar{Z}_i — средний объем запаса в периоде i , единиц; Z_{ni} — остаток запаса на начало периода i , единиц; Z_{ki} — остаток запаса на конец периода i , единиц.

Пример 3.5. Расчет среднего объема запаса в звене цепей поставок

В табл. 3.5 представлен пример расчета среднего объема запаса в коротких периодах времени (по месяцам). Средний объем запаса, например, в январе рассчитывался на основе данных остатков запаса на начало января и на начало февраля следующим образом (см. столбец 2 в табл. 3.5):

$$\frac{185\,012 + 208\,883}{2} = 196\,947,5.$$

В феврале средний объем запаса определен так:

$$\frac{208\,883 + 188\,513}{2} = 198\,698 \text{ и т.д.}$$

Расчет среднего объема запаса товара по месяцам в 2001 г.

Месяц	Остатки	Средние остатки
1	2	3
Январь	185 012	196 947,5
Февраль	208 883	198 698
Март	188 513	192 051,5
Апрель	195 590	200 458,5
Май	205 327	201 777,5
Июнь	198 228	191 355
Июль	184 482	177 896
Август	171 310	161 716,5
Сентябрь	152 123	158 491,5
Октябрь	164 860	169 741,5
Ноябрь	174 623	176 713
Декабрь	178 803	182 500

На рис. 3.11 показана динамика средних остатков запаса по коротким периодам (см. столбец 3 табл. 3.5) на фоне динамики остатков запаса за те же периоды. Как видно из рисунка, средние показатели сглаживают отклонения и дают возможность более точно судить об имеющихся тенденциях.

Для расчета среднего уровня запаса за длительный период следует использовать формулу средней хронологической:

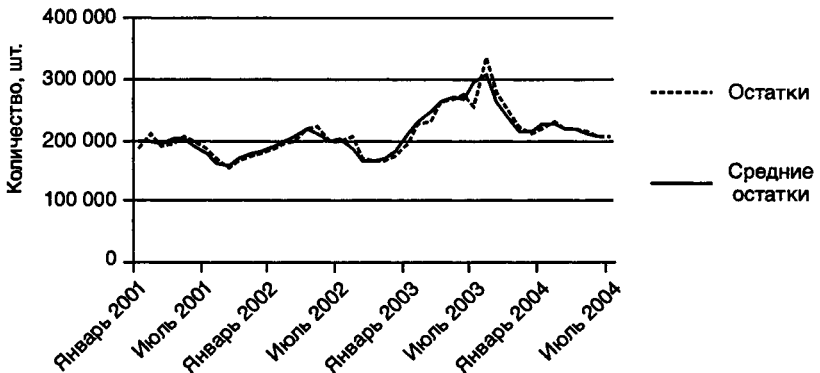


Рис. 3.11. Динамика остатков и средних остатков запаса товара по коротким периодам

$$\bar{Z}_j = \frac{0,5Z_1 + \sum_{i=2}^{n-1} Z_i + 0,5Z_n}{n-1}, \quad (3.8)$$

где \bar{Z}_j — средний уровень запаса в длительном периоде j , единиц;
 Z_1, Z_n — остаток запаса на первый и последний единичный период учета, единиц; i — индекс единичного периода учета;
 n — число единичных периодов учета; Z_i — остаток запаса на единичный период учета i , единиц.

По данным столбца 2 табл. 3.5 средняя хронологическая величина объемов запаса в 2001 г. рассчитывается следующим образом:

$$(0,5 \cdot 185\,012) + 208\,883 + 188\,513 + 195\,590 + 205\,327 + 198\,228 + \\ + 184\,482 + 171\,310 + 152\,123 + 164\,860 + 174\,623 + \\ + (0,5 \cdot 178\,803) / 11 = 184\,167,9.$$

Соотношение остатков запаса, средней арифметической остатков запаса в единичные периоды учета и средней хронологической остатков запаса за длительный период (по годам) представлено на рис. 3.12 (см. табл. 3.5). Значение средней хронологической величины остатков запаса за длительный период удобно использовать для определения общего объема финансирования работ по созданию и поддержанию запаса.

(2) **Запасоемкость** — показатель состояния уровня запаса, который показывает, сколько единиц остатков запаса имеется на единицу отгрузки прошлого единичного периода учета. Расчет запасоемкости проводится по следующей формуле:

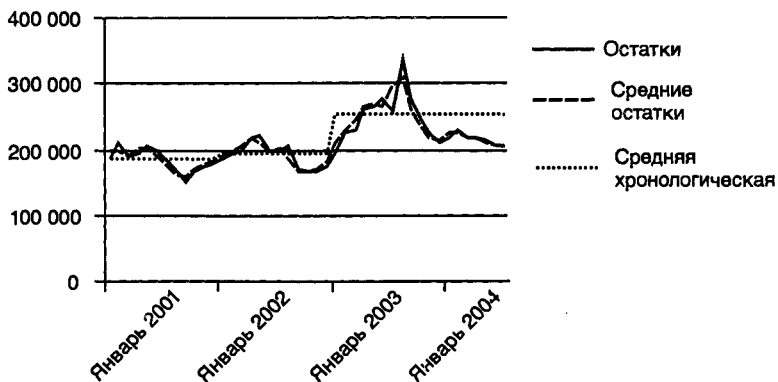


Рис. 3.12. Динамика средней хронологической остатков запаса на фоне средних остатков и наличного запаса

$$Z_{em_i} = \frac{Z_{i+1}}{D_i}, \quad (3.9)$$

где Z_{em_i} — запасоемкость запаса в периоде учета i ; i — индекс периода учета; Z_{i+1} — остаток запаса на начало периода учета ($i+1$) (или на конец единичного периода учета i), единиц; D_i — объем отгрузок (потребность, объем продаж или товарооборот) за единичный период учета i , единиц.

Запасоемкость является безразмерным показателем. По существу, запасоемкость показывает, для обслуживания скольких будущих периодов будет достаточно остатков запасов, созданных на конец рассматриваемого периода при условии, что объем отгрузок (потребность, объем продаж или товарооборот) в будущих периодах останется на уровне рассматриваемого.

Пример 3.6. Расчет запасоемкости

В табл. 3.6 приведен расчет запасоемкости товара на примере 3.5 по месяцам 2001 г.

Так, например, запасоемкость товара в январе рассчитывается следующим образом:

$$208\ 882/17\ 244 = 12,1.$$

В феврале запасоемкость рассчитывается:

$$188\ 513/57\ 187 = 3,3 \text{ и т.д.}$$

Таблица 3.6

Расчет запасоемкости товара

Месяц	Остатки	Отгрузки	Запасоемкость
1	2	3	4
Январь	185 012	17 244	12,1
Февраль	208 883	57 187	3,3
Март	188 513	48 504	4,0
Апрель	195 590	58 647	3,5
Май	205 327	45 477	4,4
Июнь	198 228	23 833	7,7
Июль	184 482	21 730	7,9
Август	171 310	65 289	2,3
Сентябрь	152 123	46 663	3,5
Октябрь	164 860	45 344	3,9
Ноябрь	174 623	31 497	5,7
Декабрь	178 803	13 714	—

На рис. 3.13 представлена динамика запасоемкости товара за четыре года. За исключением июля 2003 г. и начала 2004 г., уровень запасоемкости по годам стабилен и указывает на 3–5-кратное превышение уровня остатков запаса на конец рассматриваемого периода над отгрузками рассматриваемого периода при наличии тенденции к повышению этого показателя в летние месяцы года. Другими словами, в конце каждого отчетного периода на складе имеется такой уровень запаса, который достаточен для обеспечения потребности 3–5 будущих периодов при условии, что сохранится объем потребности отчетного периода.

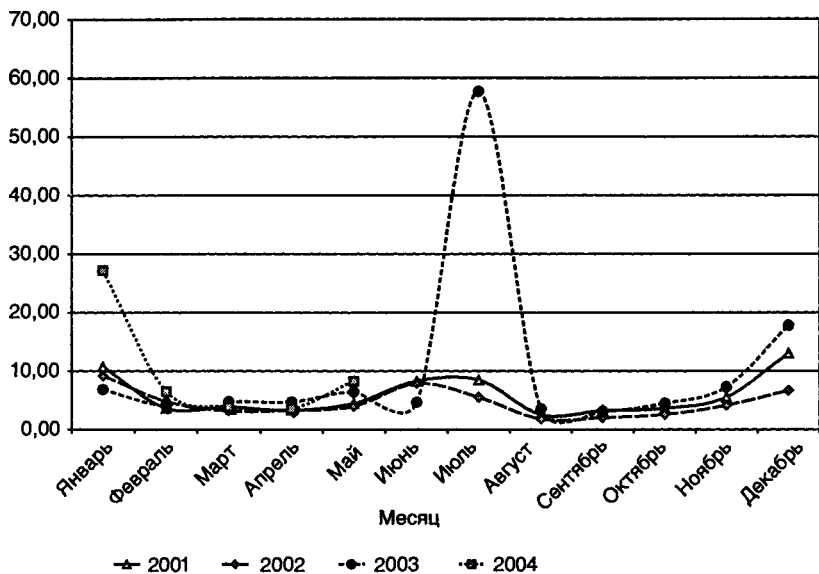


Рис. 3.13. Динамика запасоемкости товара в 2001–2004 гг.

(3) По своему содержанию показатель запасоемкости аналогичен показателю обеспеченности потребности запасом. Главное отличие этого показателя состоит в том, что обеспеченность потребности запасом имеет размерность. Этот показатель измеряется в единицах времени и показывает, на сколько дней (недель, декад, месяцев и др.) хватит наличных запасов до момента их полного истощения. Обеспеченность потребности запасом рассчитывается по следующей формуле:

$$O_{di} = \frac{Z_{ei}}{m_j}, \quad (3.10)$$

где O_{d_i} — обеспеченность потребности запасом в периоде учета i ; дни; i — индекс периода учета; Z_{e_i} — остаток запаса на конец периода учета i , единиц; m_j — объем отгрузок (потребность, объем продаж или товарооборот) в единичном периоде учета j , единиц/дни.

Пример 3.7. Расчет обеспеченности потребности запасом

Расчет обеспеченности потребности запасом в 2001 г. для данных табл. 3.5 представлен в табл. 3.7.

Обеспеченность потребности в запасе в январе рассчитывается следующим образом:

$$208\ 883 / (17\ 244 / 3) = 375,5 \text{ дня} \approx 375 \text{ дней.} \quad (3.11)$$

Округление в формуле (3.11) произведено до ближайшего меньшего целого числа, так как такой подход удобен для определения числа дней, на которое хватит запаса до его полного истощения. В феврале расчет обеспеченности потребности запасом проведен таким образом:

$$188\ 513 / (57\ 187 / 28) = 92,3 \approx 92 \text{ дня и т.д.}$$

Таблица 3.7

Расчет обеспеченности потребности запасом

Месяц	Остатки	Отгрузки	Запасоем- кость	Число рабочих дней	Обеспеченность потребности запасом
1	2	3	4	5	6
Январь	185 012	17 244	12,1	31	375
Февраль	208 883	57 187	3,3	28	92
Март	188 513	48 504	4,0	31	125
Апрель	195 590	58 647	3,5	30	105
Май	205 327	45 477	4,4	31	135
Июнь	198 228	23 833	7,7	30	232
Июль	184 482	21 730	7,9	31	244
Август	171 310	65 289	2,3	31	72
Сентябрь	152 123	46 663	3,5	30	105
Октябрь	164 860	45 344	3,9	31	119
Ноябрь	174 623	31 497	5,7	30	170
Декабрь	178 803	13 714	—	31	—

На рис. 3.14 представлена динамика обеспеченности потребности запасом товара в 2001–2004 гг. В целом динамика обеспеченности потребности запасом повторяет динамику запасоемкос-

ти (см. рис. 3.13). Действительно, из формул (3.9) и (3.10) видно, что между показателями запасоемкости и обеспеченности потребности запасом имеется однозначная связь:

$$O_{d_i} = Z_{e_i} t, \quad (3.12)$$

где O_{d_i} — обеспеченность потребности запасом в периоде учета i , дни; Z_{e_i} — запасоемкость запаса в периоде учета i , безразмерна; t — длительность (в днях, неделях, декадах, месяцах и пр.) периода учета i , дни.

Обеспеченность потребности запасом, как видно из формулы (3.12), представляет собой запасоемкость, приведенную в единицы времени. Данные из табл. 3.7 позволяют убедиться в этом.

В январе обеспеченность потребности запасом равна (см. столбцы 4–6 табл. 3.7):

$$12,1 \cdot 31 = 375,1 \approx 375 \text{ дня.}$$

В феврале обеспеченность потребности запасом равна (см. столбцы 4–6 табл. 3.7):

$$3,3 \cdot 28 = 92,4 \approx 92 \text{ дня и т.д.}$$

Среднее число дней обслуживания потребности запасом в примере из данных табл. 3.7 колеблется от 50 до 300. Тенденция к завышению обеспеченности потребности запасом в летние месяцы свидетельствует, что присутствует некоторый элемент перестраховки или системная ошибка в прогнозировании спроса этого сезона. Учитывая, что по плану производства предприятия товар разрабатывается на полугодие, поставки на склад ведутся ежемесячно, а обеспеченность потребности запасом составляет 50–300 дней, запас, очевидно, выше необходимого.

(4) **Доля переходящего запаса** — еще один показатель состояния запаса, который помогает оценить уровень наличного запаса. Он дополняет информацию, полученную при расчете пяти вышеприведенных показателей. Доля переходящего запаса представляет собой отношение объема запаса на начало периода к предполагаемому балансовому итогу запаса на конец этого же периода исходя из того, что отгрузок (потребности, продаж, товарооборот) в рассматриваемом периоде не происходило. При расчете этого показателя используется уравнение баланса запаса:

$$Z_{ei} = Z_{ni} + S_i - D_i, \quad (3.13)$$

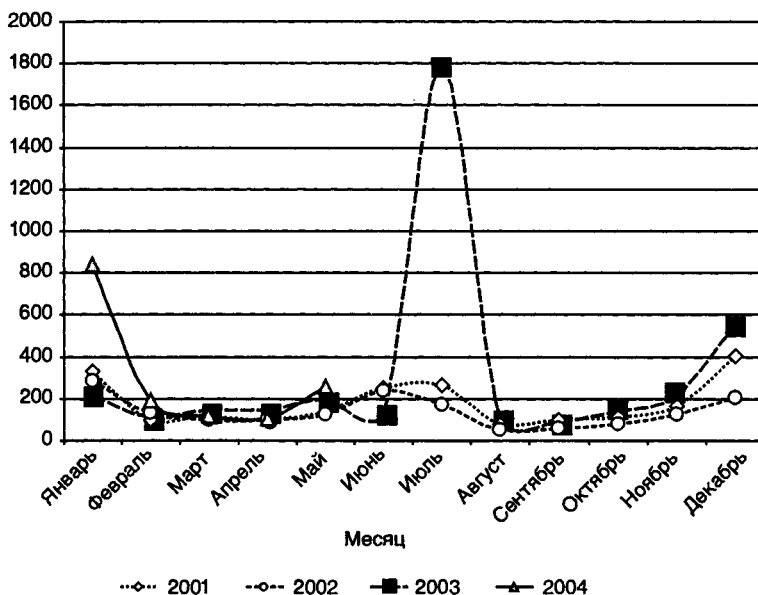


Рис. 3.14. Динамика обеспеченности потребности запасом товара в 2001–2004 гг.

где Z_{ei} — остаток запаса на конец периода i ; Z_{ni} — остаток запаса на начало периода i ; S_i — объем пополнения запаса в периоде i ; D_i — объем отгрузок (потребление, объем продаж или товарооборот) запаса в периоде i .

Расчет доли переходящего запаса проводится по следующей формуле:

$$d_i = \frac{Z_{ni}}{Z_{ni} + S_i}, \quad (3.14)$$

где d_i — доля переходящего запаса периода i ; Z_{ni} — остаток запаса на начало периода i , единиц; S_i — объем пополнения запаса в периоде i , единиц.

Учитывая формулу (3.13), расчет доли переходящего запаса можно проводить и по следующей формуле:

$$d_i = \frac{Z_{ni}}{Z_{ni} + (Z_{ei} - Z_{ni} + D_i)} = \frac{Z_{ni}}{Z_{ei} + D_i}, \quad (3.15)$$

где d_i — доля переходящего запаса периода i ; Z_{ni} — остаток запаса на начало периода i , единиц; Z_{ei} — остаток запаса на конец периода i , единиц; D_i — объем отгрузок (потребление, объем продаж или товарооборот) запаса в периоде i , единиц.

Пример 3.8. Расчет доли переходящего запаса

Для данных табл. 3.5 в табл. 3.8 проведен расчет доли переходящего запаса рассматриваемого товара. В январе доля переходящего запаса составила

$$\frac{185\,012}{208\,883 + 17\,244} = 0,82,$$

в феврале — $\frac{208\,883}{188\,513 + 57\,187} = 0,85$ и т.д.

Таблица 3.8

Расчет доли переходящего запаса товара

Месяц	Остатки	Отгрузки	Доля переходящего запаса
1	2	3	4
Январь	185 012	17 244	0,82
Февраль	208 883	57 187	0,85
Март	188 513	48 504	0,77
Апрель	195 590	58 647	0,74
Май	205 327	45 477	0,84
Июнь	198 228	23 833	0,95
Июль	184 482	21 730	0,96
Август	171 310	65 289	0,79
Сентябрь	152 123	46 663	0,72
Октябрь	164 860	45 344	0,75
Ноябрь	174 623	31 497	0,83
Декабрь	178 803	13 714	—

На рис. 3.15 представлена динамика доли переходящего запаса товара в период 2001–2004 гг. Как видно из рисунка, доля колеблется в диапазоне от 0,7 до 0,95, показывая, что в начале рассматриваемого периода (в данном случае месяца) на складе имеется запас товара в размере от 70 до 95% поставок, которые ожидаются в этом месяце. При этом делается предположение, что уровень поставок в рассматриваемом месяце будет равен объему поставок в предшествующем месяце.

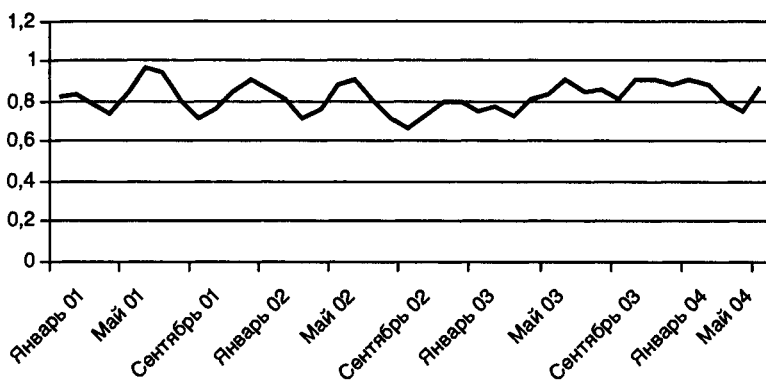


Рис. 3.15. Динамика доли переходящего запаса товара за 2001–2004 гг.

Сравнение динамики запасоемкости (или обеспеченности потребности запасом) (см. рис. 3.13 или 3.14) и динамики доли переходящего запаса (см. рис. 3.15) показывает, что запасоемкость (обеспеченность потребности) и доля переходящего запаса по товару имеют различные тенденции, так как отражают состояния запаса со стороны пополнения (доля переходящего запаса) и со стороны потребления (запасоемкость или обеспеченность потребности запасом). Наличие этих показателей необходимо для составления наиболее полной картины о состоянии запасов, которые имеет сложную природу формирования.

(5) **Скорость обращения запаса** показывает количество оборотов (число раз полного обновления состава) среднего запаса за рассматриваемый период. Скорость обращения позволяет рассматривать запас как итог сочетания характеристик входящего и выходящего материальных потоков (см. рис. 1.2). Скорость обращения запаса рассчитывается по формуле

$$V_i = \frac{D_i}{\bar{Z}_i}, \quad (3.16)$$

где V_i — скорость обращения, число раз; D_i — объем отгрузок (потребление, объем продаж или товарооборот) запаса в периоде i , единиц; \bar{Z}_i — средний объем запаса в периоде i (см. формулы (3.7) и (3.8)), единиц.

Пример 3.9. Расчет скорости обращения запаса

На основании данных табл. 3.5 в табл. 3.9 представлен расчет скорости обращения запаса по месяцам года. В январе скорость обращения равна $17\,244/196\,947,5 = 0,09$; в феврале — $57\,187/198\,698 = 0,29$ и т.д. В среднем за месяц 2001 г. скорость обращения соста-

вила $475\ 129/2\ 220\ 347 = 0,2$. За 2001 г. скорость обращения составила $0,22 \cdot 12 = 2,64$ раза.

Таблица 3.9

Расчет скорости обращения запаса товара

Месяц	Отгрузки	Средний запас	Скорость обращения
Январь	17 244	196 947,5	0,09
Февраль	57 187	198 698	0,29
Март	48 504	192 051,5	0,25
Апрель	58 647	200 458,5	0,29
Май	45 477	201 777,5	0,23
Июнь	23 833	191 355	0,12
Июль	21 730	177 896	0,12
Август	65 289	161 716,5	0,40
Сентябрь	46 663	158 491,5	0,29
Октябрь	45 344	169 741,5	0,27
Ноябрь	31 497	176 713	0,18
Декабрь	13 714	182 500	0,08
Итого	475 129	2 208 347	0,22

На рис. 3.16 приведены данные о скорости обращения товара. Как видно из рисунка, средняя скорость обращения за 2001–2004 гг. составляла 2–3 раза в год, что соответствует значениям показателей запасоемкости и обеспеченности, а также доли переходящего запаса. Снижение размера пополнения запаса на фоне повышения частоты пополнения может приводить к повышению скорости оборачиваемости и в целом к экономии оборотных средств, вложенных в запасы.

(б) **Время оборота** — последний показатель из состава обязательно рассчитываемых для описания состояния запаса. Время оборота показывает среднее число дней (недель, декад, месяцев и др.), в течение которых средний размер запаса находится на складе. Время оборота рассчитывается по следующей формуле:

$$T_i = \frac{\bar{Z}_i}{m_j}, \quad (3.17)$$

где T_i — время оборота запаса, дни; i — индекс рассматриваемого периода времени; j — индекс единичного периода учета; \bar{Z}_i — средний объем запаса в периоде i (см. формулы (3.7) и (3.8)),

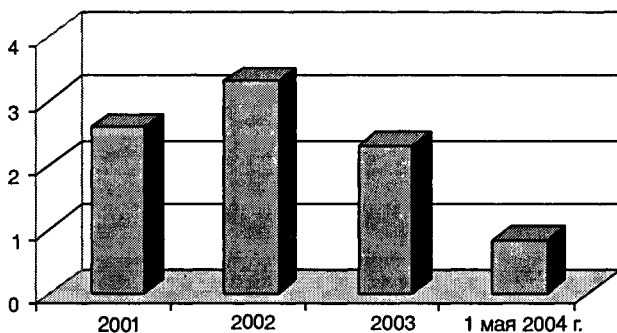


Рис. 3.16. Динамика скорости обращения запаса товара в 2001–2004 гг.

единиц; m_j — объем отгрузок (потребность, объем продаж или товарооборот) в единичном периоде учета j , единиц/дни.

Пример 3.10. Расчет времени оборота запаса

Для данных табл. 3.5 в табл. 3.10 приведен результат расчета времени оборота запаса по месяцам года. Например, в январе запас имел время оборота $196\ 947,5/17\ 244 = 11,42$ месяца; в феврале — $198\ 698/57\ 187 = 3,47$ месяца. Среднее время оборота за 2001 г. составило $2\ 208\ 347/475\ 127 = 4,65$ месяца.

Таблица 3.10

Расчет времени обращения запаса

Месяц	Отгрузки	Средний запас	Время оборота
1	2	3	4
Январь	17 244	196 947,5	11,42
Февраль	57 187	198 698	3,47
Март	48 504	192 051,5	3,96
Апрель	58 647	200 458,5	3,42
Май	45 477	201 777,5	4,44
Июнь	23 833	191 355	8,03
Июль	21 730	177 896	8,19
Август	65 289	161 716,5	2,48
Сентябрь	46 663	158 491,5	3,40
Октябрь	45 344	169 741,5	3,74
Ноябрь	31 497	176 713	5,61
Декабрь	13 714	182 500	13,31
Итого	475 129	2 208 347	4,65

На рис. 3.17 показана динамика изменения времени оборота запаса рассматриваемого товара в 2001–2004 гг. Как видно из ри-

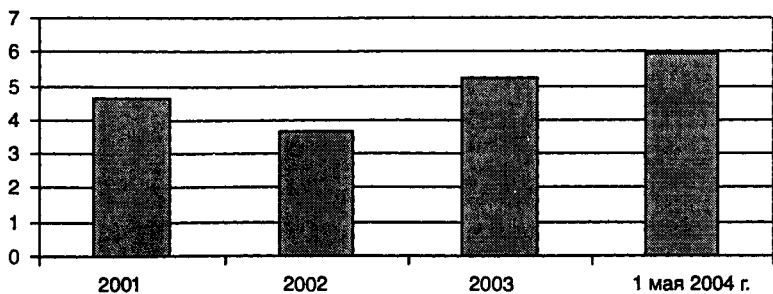


Рис. 3.17. Динамика времени оборота запаса товара в 2001–2004 гг.

сунка, время оборота составляет от 3,5 до 6 месяцев. Показатель времени оборота по своему значению связан со значением показателя скорости обращения (см. формулу (3.16)). Он позволяет определить такие важные оценки состояния запаса, как соответствие срока хранения сроку годности товарно-материальных ценностей и времени обращения оборотных средств.

В целом рассмотренный набор показателей оценки состояния запаса является минимально необходимым для постоянного мониторинга динамики запаса, что необходимо для обеспечения его эффективного управления, методика которого представлена в последующих главах.

Основные формулы к главе 3

№ n/n	Показатель	Расчет	Условные обозначения
1	Среднемесячный объем пополнения (отгрузок), единиц	$P_m = \frac{\sum_{i=1}^n P_{mi}}{n}$	i — индекс года статистического ряда; n — число лет статистических рядов; P_{mi} — объем пополнения (отгрузок, продаж, товарооборот) запаса в месяце m года i , единиц
2	Коэффициент вариации, безразмерный	$V = \frac{\sigma}{\bar{x}}$	σ — стандартное отклонение, единиц; \bar{x} — средняя арифметическая величина, единиц
3	Стандартное отклонение, единиц	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$	i — индекс даты; n — число статистических данных; x_i — статистическая величина, единиц

4	Средняя арифметическая величина, единиц	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$	<i>i</i> — индекс даты; <i>n</i> — число статистических данных; <i>x_i</i> — статистическая величина, единиц
5	Коэффициент корреляции	$\rho_{xy} = \frac{Cov(X; Y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$	σ_x, σ_y — стандартные отклонения статистических рядов <i>X</i> и <i>Y</i> , единиц; <i>Cov</i> (<i>X</i> ; <i>Y</i>) — ковариация статистического ряда
6	<i>Cov</i> (<i>X</i> ; <i>Y</i>) — ковариация статистического ряда	$Cov(X; Y) =$ $= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$	<i>n</i> — число наблюдений; <i>i</i> — индекс наблюдений; <i>x_i</i> — значение статистической величины ряда <i>X</i> в момент времени <i>i</i> , единиц; \bar{x} — средняя арифметическая величина статистического ряда <i>X</i> , единиц; <i>y_i</i> — значение статистической величины ряда <i>Y</i> в момент времени <i>i</i> , единиц; \bar{y} — средняя арифметическая величина статистического ряда <i>Y</i> , единиц
7	Средний объем запаса, единиц	$\bar{Z}_i = \frac{Z_{ni} + Z_{ki}}{2}$	<i>i</i> — индекс периода; <i>Z_{ni}</i> — остаток запаса на начало периода <i>i</i> , единиц; <i>Z_{ki}</i> — остаток запаса на конец периода <i>i</i> , единиц
		$\bar{Z}_j = \frac{0,5Z_1 + \sum_{i=2}^{n-1} Z_i + 0,5Z_n}{n-1}$	\bar{Z}_j — средний уровень запаса в длительном периоде <i>j</i> , единиц <i>Z₁</i> , <i>Z_n</i> — остаток запаса на первый и последний единичный период учета, единиц; <i>i</i> — индекс единичного периода учета; <i>n</i> — число единичных периодов учета; <i>Z_i</i> — остаток запаса на единичный период учета <i>i</i> , единиц

8	Запасо- ем- кость, безразмер- ный	$Z_{em_i} = \frac{Z_{i+1}}{D_i}$	i — индекс периода учета; Z_{i+1} — остаток запаса на начало периода учета ($i + 1$) (или на конец единичного периода учета i), единиц; D_i — объем отгрузок (потребность, объем продаж или товарооборот) за единичный период учета i , единиц
9	Обеспечен- ность потреб- ности запасом, дни	$O_{di} = \frac{Z_{ei}}{m_j}$	i — индекс периода учета; Z_{ei} — остаток запаса на конец периода учета i , единиц; m_j — объем отгрузок (потребность, объем продаж или товарооборот) в единичном периоде учета j , единиц/дни
		$O_{di} = Z_{ei}t$	Z_{ei} — запасо-емкость запаса в периоде учета i , единиц; t — длительность (в днях, неделях, декадах, месяцах и пр.) периода учета i , дни
10	Остаток запаса на конец периода, единиц	$Z_{ei} = Z_{ni} + S_i - D_i$	Z_{ni} — остаток запаса на начало периода i , единиц; S_i — объем пополнения запаса в периоде i , единиц; D_i — объем отгрузок (потребление, объем продаж или товарооборот) запаса в периоде i , единиц
11	Доля переходящего запаса	$d_i = \frac{Z_{ni}}{Z_{ni} + S_i}$	Z_{ni} — остаток запаса на начало периода i , единиц; S_i — объем пополнения запаса в периоде i , единиц
		$d_i = \frac{Z_{ni}}{Z_{ni} + (Z_{ei} - Z_{ni} + D_i)} = \frac{Z_{ni}}{Z_{ei} + D_i}$	Z_{ni} — остаток запаса на начало периода i , единиц; Z_{ei} — остаток запаса на конец периода i , единиц; D_i — объем отгрузок (потребление, объем продаж или товарооборот) запаса в периоде i , единиц

12	Скорость обращения, раз	$V_i = \frac{D_i}{\bar{Z}_i}$	D_i — объем отгрузок (потребление, объем продаж или товарооборот) запаса в периоде i , единиц; \bar{Z}_i — средний объем запаса в периоде i , единиц
13	Время оборота, дни	$T_i = \frac{\bar{Z}_i}{m_j}$	i — индекс рассматриваемого периода времени; j — индекс единичного периода учета; \bar{Z}_i — средний объем запаса в периоде i , единиц; m_j — объем отгрузок (потребность, объем продаж или товарооборот) в единичном периоде учета j , единиц/дни

Список вопросов для самопроверки к главе 3

1. Перечислите основные показатели оценки состояния запаса.
2. В каких документах содержатся данные о пополнении запаса?
3. Для решения каких задач требуется использовать данные о пополнении запаса?
4. Прокомментируйте динамику пополнения запаса, приведенную на рис. 3.1.
5. Назовите некоторые причины сезонного поведения входящего материального потока.
6. В каких документах можно найти данные об отгрузках запаса со склада?
7. Для решения каких задач требуется знание динамики отгрузок запаса со склада?
8. Для каких целей проводится совместный анализ тенденций поступлений и отгрузок запаса?
9. Дайте комментарий о соответствии динамики пополнения и отгрузок запаса по рис. 3.4.
10. Что показывают средние показатели пополнения и отгрузок запаса?
11. Дайте комментарий к рис. 3.5.
12. Как рассчитывается вариация прихода и отгрузок запаса?
13. Для решения каких задач требуется сравнение вариации пополнения и отгрузок запаса?

14. Имеется ли зависимость между динамикой средних показателей пополнения и отгрузки запаса и вариации пополнения и отгрузки запаса?
15. Ответы на какие вопросы можно найти, анализируя тренды рассеяния данных о приходе и расходе запаса?
16. Как рассчитывается коэффициент корреляции пополнения и отгрузок запаса? Для ответа на какие вопросы может быть полезен расчет коэффициента корреляции?
17. Как можно рассчитать средний уровень запаса на складе?
18. Для решения каких задач требуется рассчитывать средний уровень запаса на складе по коротким и длительным учетным периодам?
19. Что такое запасоємкость?
20. Как запасоємкость связана с обеспеченностью потребности запасом?
21. В каких единицах измерения рассчитывается обеспеченность потребности запасом?
22. Для ответов на какие вопросы требуется расчет показателя обеспеченности потребности запасом?
23. Что такое доля переходящего запаса?
24. Для ответа на какие вопросы требуется расчет доли переходящего запаса?
25. Дайте комментарий к рис. 3.15.
26. Что показывает скорость обращения запаса?
27. Как время оборота запаса связано со скоростью обращения запаса?
28. Какие показатели состояния запаса позволяют определить общие параметры сочетания характеристик входного и выходного материальных потоков?

Список дополнительной литературы к главе 3

1. *Зеваков А.М., Петров В.В.* Логистика производственных и товарных запасов: Учебник. СПб.: Изд-во Михайлова В.А., 2002.
2. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / Под общ. ред. проф. В.И. Сергеева. М.: ИНФРА-М, 2004.
3. *Моисеева Н.К., Адрианова Т.Р.* Логистика товародвижения. М.: МИЭТ, 2002.
4. *Неруш Ю.М.* Логистика: Учебник. М.: ЮНИТИ–ДАНА, 2000.
5. *Радионов Р.А., Радионов А.Р.* Логистика: управление сбытовыми запасами и оборотными средствами предприятия. М.: ИНФРА-М, 2002.

6. *Родников А.Н.* Логистика: Терминологический словарь. М.: ИНФРА-М, 2000.
7. *Сергеев В.И.* Логистика в бизнесе. М.: ИНФРА-М, 2001.
8. *Степанов В.И.* Логистика: Учебник. М.: ТК Велби: Проспект, 2006.
9. *Шрайбфедер Дж.* Эффективное управление запасами. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005.

4.1. Процедура разработки алгоритма управления запасами

Для того чтобы запас мог обеспечивать имеющуюся потребность, необходима реализация процесса управления запасами. Под управлением запасами понимается деятельность, направленная на обеспечение требуемого уровня запаса. Процесс управления запасами требует наличия алгоритма управления запасами. Процедура разработки такого алгоритма включает несколько этапов (рис. 4.1):

- 1) определение объема потребности в запасе;
- 2) определение состава статей затрат, связанных с созданием и поддержанием запаса;
- 3) расчет оптимального размера заказа, пополняющего запас;
- 4) согласование условий пополнения запаса;
- 5) проектирование алгоритма управления запасами.

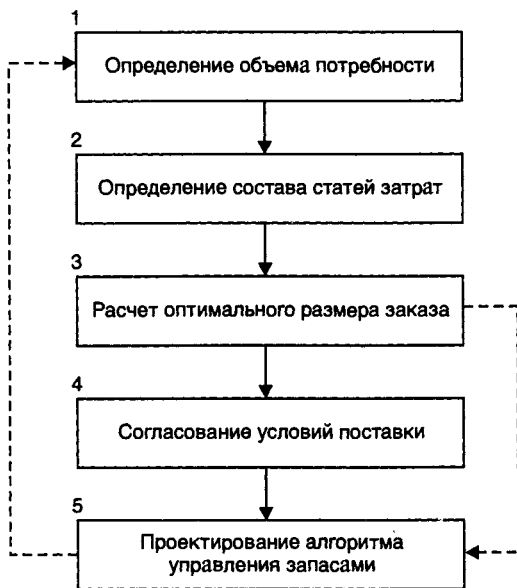


Рис. 4.1. Процедура разработки алгоритма управления запасами в звене цепей поставок

Последовательность этапов процедуры разработки алгоритма управления запасами связана с логикой модели формирования запаса (рис. 4.2).



Рис. 4.2. Формирование запаса на основе процедуры управления запасами

(1) **Определение объема потребности в запасе** позволяет определить предполагаемые характеристики выходящего материального потока (см. рис. 4.2). Общая характеристика содержания этого этапа приведена в главах 5 и 6. В работах по определению потребности в запасе могут принимать участие (в зависимости от отрасли деятельности) отделы маркетинга, продаж (или коммерческий), производственные подразделения (или планово-экономические отделы, обслуживающие производство), отделы логистики, информационных технологий (или бизнес-аналитики).

(2) **Определение состава статей затрат**, связанных с запасами, является основой принятия решений по управлению запасами. Затраты, связанные с запасами, представляют собой основной критерий оптимизации уровня запаса. Состав возможных статей затрат, учитываемых при работе с запасами, рассмотрен в главе 7. В работе по согласованию состава статей затрат, организации их учета и использованию величин затрат в управлении запасами принимают участие планово-экономический отдел, отдел управленческого учета, бухгалтерия, отделы логистики, информационных технологий (или бизнес-аналитики).

(3) **Расчет оптимального размера заказа**, пополняющего запас, позволяет предварительно определить характеристики входящего

материального потока. Учитывая, что исходной информацией работы с запасом являются характеристики потребления, формирование характеристик входящего потока представляет собой главный инструмент манипуляции с запасом. Определение оптимального размера заказа — фактически основная возможность оптимизации уровня запаса. Расчет оптимального размера заказа посвящена глава 8. Расчет оптимального размера заказа проводится отделом логистики при участии транспортного отдела, складского хозяйства, производственных подразделений, отдела информационных технологий.

(4) **Согласование условий пополнения запаса** проводится с представителями поставляющего звена (поставщиком) на основе результатов расчета оптимального размера заказа, проведенного на предыдущем этапе разработки алгоритма управления запасом. Такое согласование проводится в рамках переговоров с поставщиком и предполагает учет позиции и интересов поставщика. Результат четвертого этапа, как правило, приводит к определению характеристик входящего материального потока, отличных от рассчитанных на третьем этапе. В работе по этому этапу участвуют отдел закупок, отдел логистики, юридический отдел, финансовый отдел.

К началу пятого этапа у разработчика алгоритма управления запасом имеются определенные характеристики выходящего материального потока (результат первого этапа) и входящего материального потока (результат четвертого этапа) (см. рис. 4.1). Запас формируется в результате расхождения этих характеристик. Пятый этап разработки алгоритма управления запасами обеспечивает **формирование алгоритма**, который позволит поддерживать созданный запас на оптимальном (для организации, содержащей запас) уровне. Разработку алгоритма управления запасами ведут отдел логистики или специалисты отдела (группы) бизнес-аналитики. Методика разработки алгоритма рассмотрена в п. 11.1.

Состав подразделений организации, участвующих в процедуре разработки алгоритма управления запасами (табл. 4.1), зависит от организационной структуры конкретного предприятия и распределения функций между этими подразделениями. В целом можно считать состав подразделений, отмеченных в табл. 4.1, рекомендуемым. В табл. 4.2 по подразделениям указаны этапы процедуры разработки алгоритма управления запасами, в которых участвуют руководители или сотрудники этих подразделений.

Таблица 4.1

Состав подразделений организации, участвующих в разработке алгоритма управления запасами

<i>Этап</i>	<i>Ведущие подразделения</i>	<i>Обеспечивающие подразделения</i>
1. Определение потребности	Отдел маркетинга Отдел продаж (или коммерческий отдел) Производственные подразделения (или планово-экономические отделы)	Отдел информационных технологий (или отдел бизнес-аналитики) Отдел логистики
2. Определение состава статей затрат	Планово-экономический отдел Отдел управленческого учета Финансовый отдел Бухгалтерия	Отдел логистики Отдел информационных технологий (или отдел бизнес-аналитики)
3. Расчет оптимального размера заказа	Отдел логистики	Транспортный отдел Складское хозяйство Производственные подразделения Отдел информационных технологий (или отдел бизнес-аналитики)
4. Согласование условий пополнения запаса	Отдел закупок	Отдел логистики Юридический отдел Финансовый отдел
5. Проектирование алгоритма управления запасами	Отдел логистики (или специалисты отдела (группы) бизнес-аналитики)	Отдел информационных технологий

Таблица 4.2

Участие подразделений организации в этапах разработки алгоритма управления запасами

<i>Подразделение</i>	<i>Этап</i>
Отдел логистики	(1) Определение потребности (2) Определение состава статей затрат (3) Расчет оптимального размера заказа (4) Согласование условий пополнения запаса (5) Проектирование алгоритма управления запасами
Отдел маркетинга	(1) Определение потребности
Отдел продаж (коммерческий отдел)	(1) Определение потребности
Производственные подразделения	(1) Прогнозирование (планирование) потребности (3) Расчет оптимального размера заказа
Отдел закупок	(4) Согласование условий пополнения запаса
Планово-экономический отдел	(1) Определение потребности (2) Определение состава статей затрат

Подразделение	Этап
Финансовый отдел	(2) Определение состава статей затрат (4) Согласование условий пополнения запаса
Бухгалтерия	(2) Определение состава статей затрат
Отдел управленческого учета (контроллинга)	(2) Определение состава статей затрат
Отдел информационных технологий	(1) Определение потребности (2) Определение состава статей затрат (3) Расчет оптимального размера заказа (5) Проектирование алгоритма управления запасами
Отдел (группа) бизнес-аналитики	(1) Определение потребности (2) Определение состава статей затрат (3) Расчет оптимального размера заказа (5) Проектирование алгоритма управления запасами
Транспортный отдел	(3) Расчет оптимального размера заказа
Складское хозяйство	(3) Расчет оптимального размера заказа
Юридический отдел	(4) Согласование условий пополнения запаса

При принципиальном изменении характера потребления процедуру разработки алгоритма управления запасами требуется повторить (см. рис. 4.1).

4.2. Содержание процесса управления запасами

Процедура разработки алгоритма является одним из этапов процесса управления запасами. Она включает вопросы, которые решаются на различных уровнях организационной структуры управления предприятием. На операционном уровне после завершения разработки алгоритма управления запасами требуется разработка и отладка программного обеспечения для поддержки принятия решений в соответствии с алгоритмом (рис. 4.3).

Эксплуатация разработанного алгоритма может завершиться введением нового алгоритма принятия решений по управлению запасами.

Список вопросов для самопроверки к главе 4

1. Какова главная цель управления запасами?
2. Почему управление запасами должно иметь алгоритм?
3. Перечислите этапы процедуры разработки алгоритма управления запасами.
4. Объясните связь последовательности этапов процедуры разработки алгоритма управления запасами с логикой их формирования.

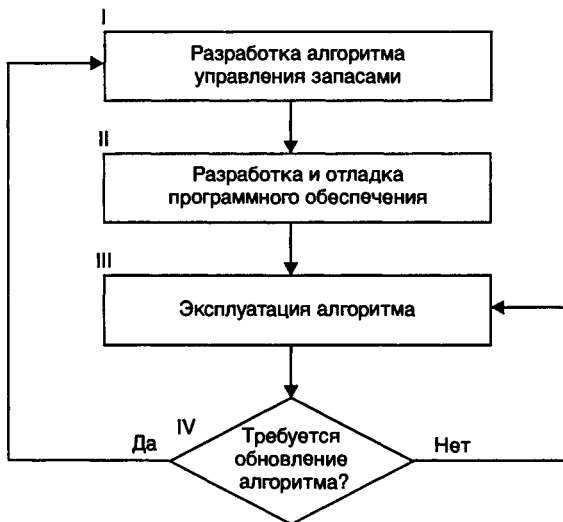


Рис. 4.3. Процедура использования алгоритма управления запасами

5. Какой из этапов процедуры разработки алгоритма управления запасами позволяет определить характеристики выходящего материального потока?
6. Какой из этапов процедуры разработки алгоритма управления запасами позволяет определить характеристики входящего материального потока?
7. Прокомментируйте состав подразделений, участвующих в определении потребности в запасе.
8. Почему определение состава статей затрат является основой принятия решений по управлению запасами?
9. Что, как правило, является основным критерием принятия решений в логистике? Как с этим критерием связаны статьи затрат, учитываемых при работе с запасами?
10. Прокомментируйте состав подразделений, участвующих в определении состава затрат, связанных с запасами.
11. На каком этапе процедуры разработки алгоритма управления запасами определяются характеристики входящего материального потока?
12. Почему работа с входящим материальным потоком является основной возможностью оптимизации уровня запаса?
13. Поясните состав подразделений, участвующих в расчете оптимального размера заказа, пополняющего запас.
14. Приведите примеры звеньев-поставщиков в цепях поставок различных отраслей бизнеса.

15. Чем этап согласования условий поставок принципиально отличается от предыдущих этапов?
16. Перечислите возможные причины отклонения результатов этапов согласования условий поставок от результатов расчета оптимального размера заказа.
17. Прокомментируйте состав подразделений, участвующих в согласовании условий поставок.
18. Что является исходной информацией для проектирования алгоритма управления запасами?
19. Поясните состав подразделений, участвующих в проектировании алгоритма управления запасом.
20. Изучите содержание табл. 4.2 и определите состав подразделений, организация взаимодействия с которыми является необходимым условием успешного проектирования алгоритма управления запасами.
21. При каких условиях требуется пересматривать алгоритм управления запасами?
22. Какие вопросы решаются на операционном уровне управления запасами?

Список дополнительной литературы к главе 4

1. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / Под общ. ред. проф. В.И. Сергеева. М.: ИНФРА-М, 2004.
2. *Стерлигова А.Н.* Процедуры оптимального распределения запаса в цепях поставок // Логистика сегодня. 2005. № 4. С. 20–30.
3. *Стерлигова А.Н.* Роль управления запасами в организации успешного бизнеса // Логистика сегодня. 2004. № 1. С. 48–59.
4. *Стерлигова А.Н.* Терминологическая структура логистики // Логистика и управление цепями поставок. 2004. № 4–5.

5.1. Процесс прогнозирования потребности в запасе

Определение объема потребности в запасах представляет собой первый этап процедуры разработки алгоритма управления запасами (см. главу 4).

Объем потребности в запасе зависит от характера потребляющего звена. Если запас создается на входе производственного предприятия, объем потребности по основным группам сырья и материалам определяется планом производства и плановыми потребностями в обслуживании основного производства (например, планом проведения планово-предупредительного ремонта оборудования, плановой потребностью во вспомогательных материалах и др.). План производства и его обслуживания рассчитывается на основе данных о длительности циклов производства продукции. Несмотря на относительную стабильность, *производственные планы* и *планы обслуживания производства* могут корректироваться. Годовые планы имеют полугодовые или квартальные корректировки, квартальные планы — месячные, планы на месяц могут корректироваться по декадам, неделям, пятидневкам или дням. Для обеспечения обслуживания запасом корректируемой производственной потребности необходимо учитывать потребности в запасных частях, вспомогательных материалах и др., особенно в случаях, когда время пополнения запаса велико (более соответственно недели, месяца или квартала), необходимо прогнозировать потребности в товарно-материальных ценностях. Возможные отклонения от производственного плана порождают корректировки потребностей отдельных рабочих мест в запасах незавершенного производства.

Предсказание будущего объема потребности требуется и для обеспечения запасом готовой продукции *плана продаж*, который значительно в большей степени, чем производственные планы, подвержен отклонениям от заранее определенных показателей.

Точность прогнозирования объема потребности в запасе определяет требуемый уровень страховой составляющей запаса (см. главу 2), а следовательно, и общий объем запаса. Описание процедур и приемов прогнозирования объема потребности в запасе имеется во многих источниках по экономической статистике, а также в специальных изданиях по логистике и управлению запасами

(см. списки дополнительной литературы к настоящему разделу). Остановимся на наиболее используемой практике прогнозирования как объемов производственной потребности в запасе сырья и материалов, так и потребности в готовой продукции.

5.2. Виды потребности в запасе

Для обеспечения максимальной точности прогнозирования объема потребности в запасе требуется различать отдельные виды потребности (рис. 5.1).

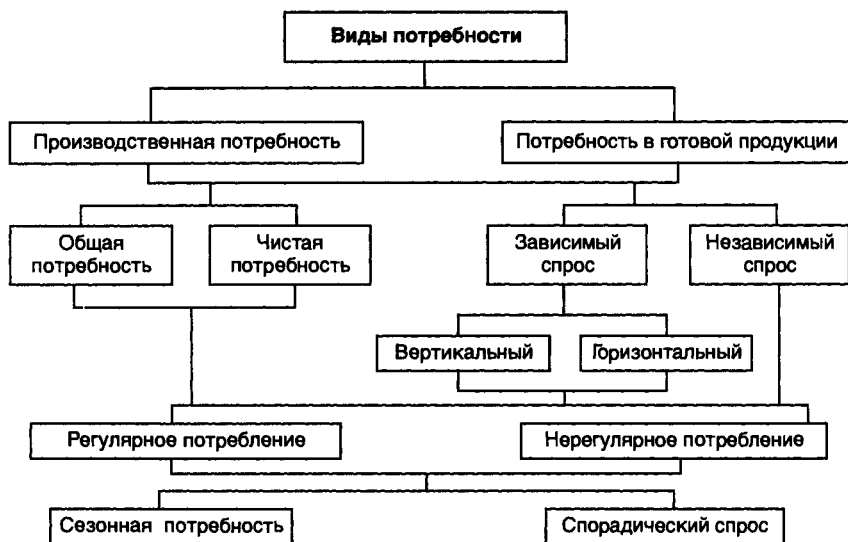


Рис. 5.1. Виды потребности в запасе

Как отмечалось выше (см. главу 5), при управлении запасами сырья и материалов при обслуживании производственной потребности (см. рис. 1.1) в качестве исходной информации используются планы производства и планы по работам, обеспечивающим производство. *Общая потребность* в группе товарно-материальных ценностей, относящихся к сырью и материалам, складывается из потребностей в конкретном виде сырья и материалов на все возможные цели:

$$P_{\text{общ}i} = P_{\text{пр}i} + P_{\text{кст}i} + P_{\text{нт}i} + P_{\text{рз}i} + P_{\text{техн}i} + P_{\text{нзп}i}, \quad (5.1)$$

где $P_{\text{общ}i}$ — общая потребность в наименовании i товарно-материальных ценностей, единиц; $P_{\text{пр}i}$ — потребность в наименова-

нии i товарно-материальных ценностей на выполнение плана производства и продаж, единиц; $P_{кci}$ — потребность в наименовании i товарно-материальных ценностей на капитальное строительство, единиц; $P_{нтi}$ — потребность в наименовании i товарно-материальных ценностей на внедрение новой техники, единиц; $P_{рэi}$ — потребность в наименовании товарно-материальных ценностей на ремонтно-эксплуатационные нужды, единиц; $P_{технi}$ — потребность в наименовании на изготовление технологической оснастки и инструментов, единиц; $P_{изпi}$ — потребность в наименовании i товарно-материальных ценностей на прирост незавершенного производства, единиц.

При работе с запасом готовой продукции общая потребность должна учитывать иные составляющие, определяемые состоянием рынка. В отличие от производственной потребности потребность в готовой продукции определяется в основном не внутренними факторами организации, а внешними, прежде всего рыночными факторами.

Общая потребность (или брутто-потребность) в товарно-материальных ценностях на любом этапе движения материального потока может быть скорректирована на объем имеющихся наличных запасов, которые могут быть использованы для покрытия планируемого или прогнозируемого спроса.

Пример 5.1. Расчет чистой потребности в запасе

Если прогнозируемый спрос на будущий период составляет 1000 единиц товара, а на складе на начало периода уже имеется 200 единиц этого товара, то в течение планового периода требуется обеспечить вновь создаваемым запасом не 1000, а 800 единиц потребности: $1000 - 200 = 800$. Такая потребность, учитывающая наличный запас, называется чистой потребностью (или нетто-потребностью).

Потребность в товарно-материальных ценностях может иметь регулярный и нерегулярный характер. *Регулярное потребление* — ситуация, в которой запас потребляется ежедневно, еженедельно или ежемесячно. Точность прогнозирования такой потребности должна быть максимальной. *Нерегулярное потребление* — ситуация, в которой спрос на товарно-материальные ценности время от времени отсутствует. Для нерегулярного потребления характерно превышение объема отгрузок (продаж) в отдельные дни (недели или месяцы) над средним объемом продаж за длительный период времени.

Прогнозирование как регулярного, так и нерегулярного потребления может представлять собой довольно сложную задачу. И при регулярном, и при нерегулярном потреблении могут возникать периоды сезонного потребления — периодическое увеличение или уменьшение спроса на запас в течение года. Потребность может быть обусловлена и случайными изменениями, что характерно для так называемого непредсказуемого (спорадического) спроса.

Потребность в товарно-материальных ценностях как групп сырья и материалов, так и групп незавершенного производства, готовой продукции или товаров может иметь зависимый и независимый характер. *Зависимый спрос (dependent demand)* имеет место при наличии технологической (вертикальной) обусловленности закупок, производственного процесса или процесса потребления. Например, потребность в готовом изделии определяет потребность во входящих в него сырье, материалах, деталях, комплектующих, сборочных единицах.

Зависимый спрос может иметь и горизонтальную составляющую, если демонстрируется связанная потребность в нескольких технологически не связанных товарах. Например, розничный магазин, торгующий фасованным древесным углем, может обслуживать и зависимый спрос на одноразовую посуду, столовые приборы, одноразовые скатерти, используемые при проведении пикников. Как правило, *горизонтальный зависимый спрос* возникает при проведении рекламных кампаний. При наличии горизонтального зависимого спроса потребность диктуется замыслами маркетинга. Зависимый спрос определяется по спросу на основной продукт в соответствии с известными нормами применяемости или использования.

Независимый спрос (independent demand) — спрос, никак не связанный со спросом на другой продукт. Такая характеристика потребности характерна для большинства продуктов рынка конечного потребления. Независимый спрос прогнозируется отдельно для каждого наименования товарно-материальных ценностей. Товарно-материальные ценности с различным характером потребления нуждаются в различных методах прогнозирования.

Список вопросов для самопроверки к главе 5

1. По каким причинам точность прогнозирования связана с выделением видов потребности?
2. Что такое производственная потребность?

Основные формулы к главе 5

№ n/n	Показатель	Расчет	Условные обозначения
1	Общая потребность, единиц	$P_{\text{общ}i} = P_{\text{пр}i} + P_{\text{кс}i} + P_{\text{нт}i} + P_{\text{рз}i} + P_{\text{тех}i} + P_{\text{изп}i}$	<p>$P_{\text{пр}i}$ – потребность в наименовании i товарно-материальных ценностей на выполнение плана производства и продаж;</p> <p>$P_{\text{кс}i}$ – потребность в наименовании i товарно-материальных ценностей на капитальное строительство;</p> <p>$P_{\text{нт}i}$ – потребность в наименовании i товарно-материальных ценностей на внедрение новой техники;</p> <p>$P_{\text{рз}i}$ – потребность в наименовании i товарно-материальных ценностей на ремонтно-эксплуатационные нужды;</p> <p>$P_{\text{тех}i}$ – потребность в наименовании i товарно-материальных ценностей на изготовление технологической оснастки и инструментов;</p> <p>$P_{\text{изп}i}$ – потребность в наименовании i товарно-материальных ценностей на прирост незавершенного производства</p>

3. Какой вид потребности связан с запасом сырья и материалов? с запасом незавершенного производства? с запасом готовой продукции? с запасом товаров?
4. Как можно рассчитать общую производственную потребность?
5. В чем принципиальное отличие общей потребности в готовой продукции или товаре от общей потребности в сырье и материалах?
6. Назовите синоним брутто-потребности. Назовите синоним нетто-потребности.
7. Что такое чистая потребность в товаре на складе?
8. Должно ли регулярное или нерегулярное потребление иметь максимальную точность прогноза?

9. Приведите пример нерегулярного потребления.
10. Что такое сезонное потребление?
11. Назовите причины случайного спроса на продукцию книжного магазина.
12. В чем отличие вертикального от горизонтального зависимого спроса?
13. Для каких предприятий характерно наличие зависимого спроса? Для каких предприятий характерно наличие независимого спроса?
14. Для запаса какой группы товарно-материальных ценностей характерен зависимый спрос? Для запаса какой группы товарно-материальных ценностей характерен независимый спрос?
15. Какие подразделения предприятий работают с зависимым спросом? Какие подразделения предприятий работают с независимым спросом?
16. Приведите пример технологической связи потребности в сырье, материалах, комплектующих, сборочных единицах и др.
17. Что является исходной информацией для расчета зависимого спроса?
18. Для какого уровня укрупнения номенклатурных позиций должен быть рассчитан независимый спрос?

Список дополнительной литературы к главе 5

1. *Джонсон Дж.* и др. Современная логистика. 7-е изд.: Пер. с англ. М.: Вильямс, 2002.
2. *Линдерс М.Р., Харольд Е.Ф.* Управление снабжением и запасами. Логистика: Пер. с англ. СПб.: Полигон, 1999.
3. *Степанов В.И.* Логистика: Учебник. М.: ТК Велби: Проспект, 2006.
4. *Стивенсон В.Дж.* Управление производством. М.: Лаборатория базовых знаний, 1998.
5. *Чейз Р.Б.* и др. Производственный и операционный менеджмент. 8-е изд.: Пер. с англ. М.: Вильямс, 2001.
6. *Шрайбфедер Дж.* Эффективное управление запасами. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005.

ГЛАВА 6

ТЕХНИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В ЗАПАСЕ

Прогнозирование будущего потребления запаса основывается на двух принципиально различных подходах: количественном и качественном.

Количественный подход к оценке будущей потребности в запасе строится либо на основе временных рядов накопленной за прошлые периоды времени статистики потребления, либо на основе статистических данных изменения фактической величины спроса. В п. 6.1 приведены основные методы количественного прогнозирования потребности в запасе, использующие в качестве исходной информации статистические данные прошлых периодов.

Качественный подход к прогнозированию потребности опирается на экспертные оценки специалистов. Особенности этого подхода рассмотрены в подп. 6.2.2.

Комбинация количественного и качественного подходов к прогнозированию потребности в запасе позволяет говорить о **комбинированном подходе** к прогнозированию спроса, который описан в п. 6.3. Общая карта имеющихся методов прогнозирования потребности в запасе представлена на рис. 6.1.

6.1. Прогнозирование потребности в запасе на основе статистических данных

Прогнозирование потребности в запасе на основе статистических данных составляет количественный подход к прогнозированию. По группам используемых методов количественное прогнозирование можно разделить на два класса.

1. Прогнозирование потребности по временным рядам (см. подп. 6.1.1).

2. Прогнозирование по индикаторам (см. подп. 6.1.2).

Оба класса в качестве исходной информации используют накопленные за прошлые периоды данные об отгрузках (продажах, товарообороте или объеме потребности) запаса.

6.1.1. Прогнозирование потребности по временным рядам

Временной ряд (*time series*) представляет собой упорядоченные во времени наблюдения. Такие наблюдения производятся через равные интервалы времени и фиксируют объемы отгрузок запаса

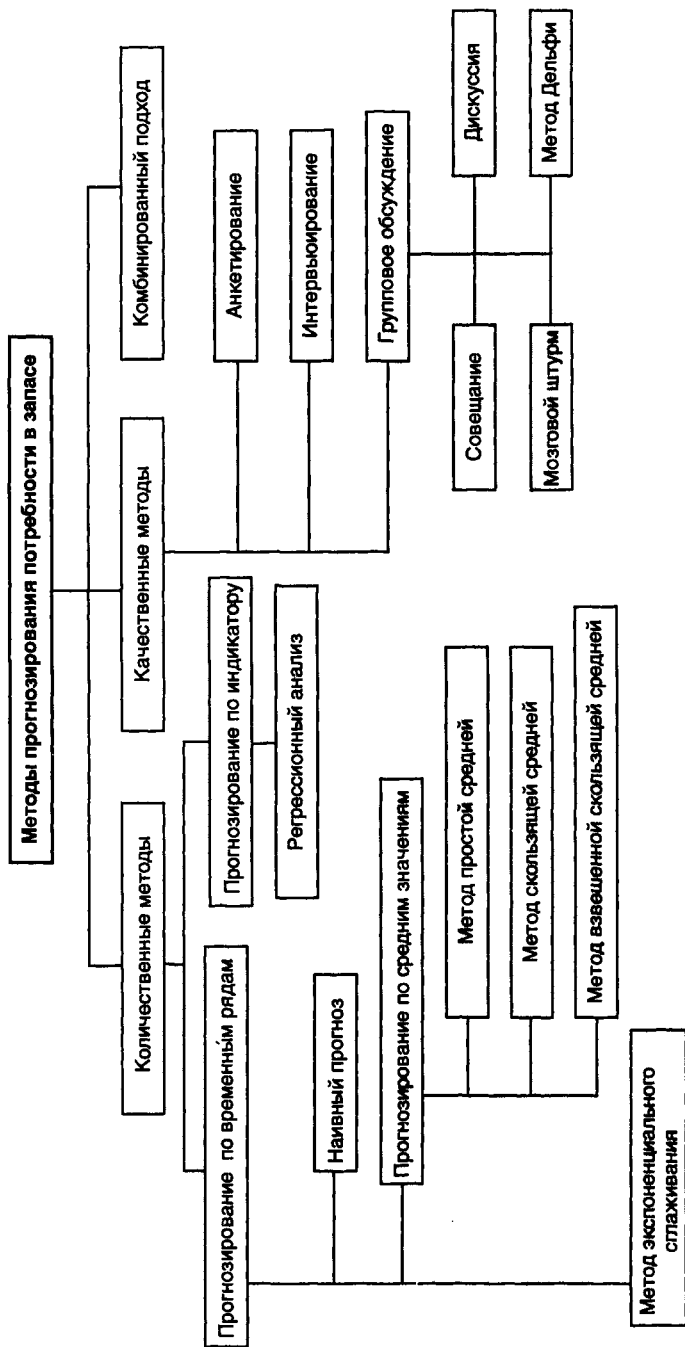


Рис. 6.1. Методы прогнозирования потребности в запасе

в ответ на заявленный спрос на товарно-материальные ценности запаса. Элементы анализа временных рядов потребления запаса представлены в примере 3.1 (см. рис. 3.3, 3.10).

На основе анализа временных рядов можно строить прогнозы потребления на будущие периоды. Для этого достаточно построить график динамики отгрузок и внимательно его изучить. Во временном ряде потребности выделим следующие составляющие:

- а) относительно равномерный спрос;
- б) сезонная потребность;
- в) тенденции изменения спроса;
- г) циклические колебания спроса;
- д) наличие эффекта стимулирования продаж;
- е) случайные факторы колебания спроса.

а. Относительно равномерный спрос

Относительно равномерный (или базовый) спрос характерен для регулярно потребляемых запасов, не имеющих сезонных периодов потребления. Относительно равномерный спрос типичен для запаса основных материалов производственных предприятий. Для прогнозирования потребности в запасах, характеризующихся временными рядами отгрузок равномерного характера, можно использовать методы наивного прогноза и группу методов прогнозирования по среднему значению (простой средней, скользящей средней, взвешенной скользящей средней), а также метод экспоненциального сглаживания (см. рис. 6.1).

На примере потребления запаса за два года (табл. 6.1) проиллюстрируем простейшие методы прогнозирования, а именно:

- 1) наивный прогноз;
- 2) прогнозирование по средним значениям;
- 3) метод экспоненциального сглаживания.

(1) **Наивный прогноз** является самой простой методикой прогнозирования. Она основывается на предположении о том, что прогнозируемое потребление будущего периода равно потреблению предшествующего периода.

Пример 6.1. Наивный прогноз потребности в запасе

Пример наивного прогноза потребности в запасе по текущему году представлен в табл. 6.2 и на рис. 6.2. Результаты прогнозирования демонстрируют отставание прогнозных значений от фактических.

Может показаться, что наивное прогнозирование является чрезмерно упрощенным методом. В то же время необходимо отметить

Таблица 6.1

Временной ряд отгрузок товаров со склада

Месяц	Фактические отгрузки	Месяц	Фактические отгрузки
Предыдущий год		Текущий год	
Январь	20 232	Январь	17 244
Февраль	40 446	Февраль	57 187
Март	61 633	Март	48 504
Апрель	65 989	Апрель	58 647
Май	55 498	Май	45 477
Июнь	25 189	Июнь	23 833
Июль	35 613	Июль	21 730
Август	114 141	Август	65 289
Сентябрь	81 257	Сентябрь	46 663
Октябрь	63 549	Октябрь	45 344
Ноябрь	40 105	Ноябрь	31 497
Декабрь	25 747	Декабрь	13 714

Таблица 6.2

Пример наивного прогнозирования потребления запаса в предыдущем году

Месяц	Фактические отгрузки	Наивный прогноз
Январь	17 244	—
Февраль	57 187	17 244
Март	48 504	57 187
Апрель	58 647	48 504
Май	45 477	58 647
Июнь	23 833	45 477
Июль	21 730	23 833
Август	65 289	21 730
Сентябрь	46 663	65 289
Октябрь	45 344	46 663
Ноябрь	31 497	45 344
Декабрь	13 714	31 497

и сильные стороны такого приема. Для проведения наивного прогноза не требуется наличия накопленной статистической базы. Наивный прогноз позволяет работать и при ее отсутствии. Наивный прогноз понятен, прост в подготовке, быстр в реализации, не требует фактически никаких затрат. Основным недостатком наивного прогнозирования является низкая точность прогноза, как, например, в случае на рис. 6.2.



Рис. 6.2. Результаты наивного прогнозирования потребности в запасе

Другие методы прогнозирования, которые будут рассмотрены в данном разделе, могут дать более точные результаты, чем метод наивного прогнозирования, но, являясь более сложными, могут потребовать и более высоких затрат на их применение. Поэтому по критерию соотношения затрат на реализацию и точности прогнозирования менеджеры должны определиться, какой метод прогнозирования им следует применять. Вполне возможно, что таким методом окажется метод наивного прогноза.

(2) **Прогнозирование по средним значениям.** В случае если временной ряд имеет интервал наблюдений в один месяц, повысить точность наивного прогноза позволяет (а) **метод прогнозирования по простой средней** величине потребления с учетом числа рабочих дней в месяце.

Пример 6.2. Прогнозирование среднедневного потребления

Число рабочих дней по месяцам предыдущего года представлено в столбце 3 табл. 6.3.

Динамика фактических отгрузок по месяцам (см. столбец 2 табл. 6.3) приведена на рис. 6.3. Динамика среднедневного потребления запаса по месяцам (см. столбец 4 табл. 6.3) представлена на рис. 6.4.

Сравним рис. 6.3 с рис. 6.4. Учет числа рабочих дней позволяет более точно отразить фактические отгрузки. Так, например, рост потребности в январе — феврале по месячным оценкам составил приблизительно 2,3 раза $(57187 - 17244) / 17244$, а по среднедневным оценкам — приблизительно 1,7 раза $(2859 - 1078) / 1078$. Учет мень-

Прогноз потребления предыдущего года на основе среднедневного потребления

Месяц	Фактические отгрузки за месяц	Число рабочих дней	Среднее потребление в день	Прогноз среднедневного потребления	Прогноз месячного потребления
Январь	17 244	16	1078	0	0
Февраль	57 187	20	2860	1078	21 560
Март	48 504	21	2310	2860	60 060
Апрель	58 647	21	2793	2310	48 510
Май	45 477	20	2274	2793	55 860
Июнь	23 833	22	1084	2274	50 028
Июль	21 730	20	1087	1084	21 680
Август	65 289	23	2839	1087	25 001
Сентябрь	46 663	22	2122	2839	62 458
Октябрь	45 344	21	2160	2122	44 562
Ноябрь	31 497	21	1500	2160	45 360
Декабрь	13 714	21	654	1500	31 500

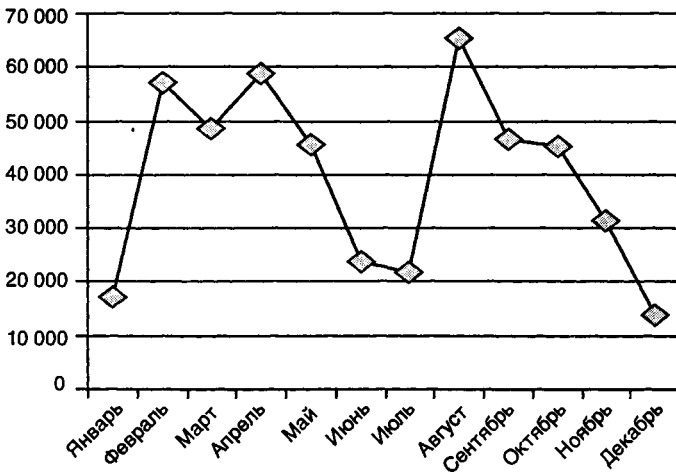


Рис. 6.3. Динамика фактических отгрузок товара по месяцам

шего количества рабочих дней в январе по сравнению с февралем позволяет более точно определить реальное положение вещей.

Для расчета среднедневного потребления, например, в январе требуется разделить фактические отгрузки в январе на количество рабочих дней месяца:

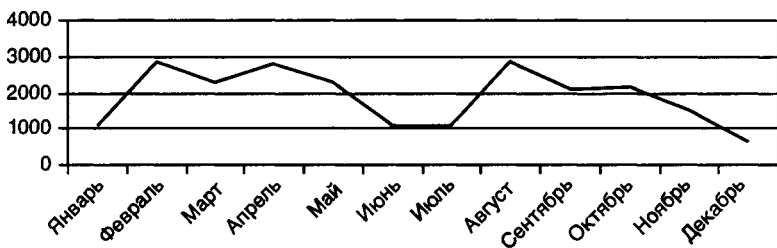


Рис. 6.4. Динамика среднего потребления запаса по месяцам

$$17\,244 / 16 = 1077,75 \approx 1078. \quad (6.1)$$

При получении дробной величины среднего потребления округление производится в бóльшую сторону, чтобы исключить нехватку запаса при обеспечении потребности.

В феврале среднесуточная потребность составит

$$57\,187 / 20 = 2859,35 \approx 2860. \quad (6.2)$$

Прогноз среднего потребления делается на основе расчета среднего потребления в предыдущем месяце. Для февраля прогноз среднего потребления составит 1078 единиц (см. табл. 6.3 и формулу (6.1)), для марта – 2860 единиц (см. формулу (6.2)) и т.д.

Прогноз месячного потребления (см. столбец 6 табл. 6.3) рассчитывается как произведение прогноза среднего потребления на количество рабочих дней в соответствующем месяце. Например, для февраля прогноз среднемесячного потребления составит

$$1078 \cdot 20 = 21\,560.$$

Иллюстрация результатов прогнозирования по средней величине потребления с учетом количества рабочих дней месяцев в сравнении с результатами наивного прогноза приведена на рис. 6.5. Как видно из рисунка, прогноз потребления с учетом числа рабочих дней по месяцам приводит в абсолютном большинстве случаев к более точному результату, что наивный прогноз.

Еще одним методом прогнозирования, относящимся к прогнозированию по средним значениям, является (б) *прогноз на основе скользящего среднего значения* потребления запаса.

Метод скользящей средней при составлении прогноза использует значение средней арифметической величины потребления за последние периоды наблюдений. Скользящая средняя рассчитывается по следующей формуле:

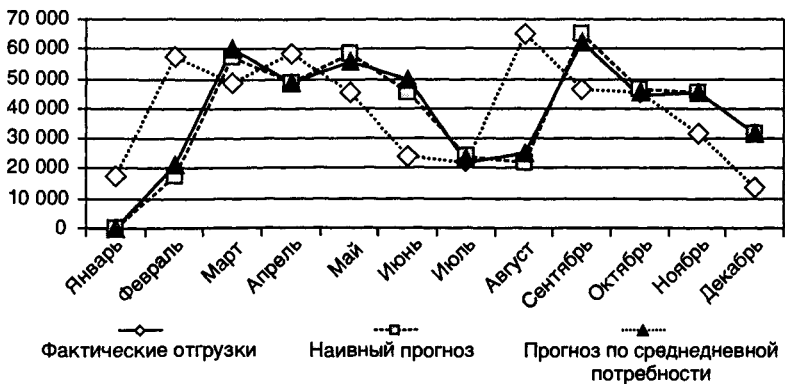


Рис. 6.5. Результаты прогнозирования потребности в запасе на основе среднечисловой потребности

$$\bar{P}_j = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}, \quad (6.3)$$

где \bar{P}_j – прогнозируемый объем потребности в периоде времени j , единиц; i – индекс предыдущего периода времени; P_i – объем потребления в предыдущем периоде времени i ; n – число периодов, используемых в расчете скользящей средней.

Для составления прогноза по скользящей средней требуется определить число периодов наблюдений n , которые будут использоваться в расчете. При этом следует учитывать особенности имеющегося временного ряда. Чем большее число точек наблюдения берется в расчет, тем скользящая средняя менее чувствительна к изменениям значений потребления в прошлые периоды. Если изменение наблюдений имеет ступенчатый характер, то следует обеспечить высокую чувствительность прогноза к каждому наблюдению. Здесь следует применить возможно меньшее число наблюдений.

Пример 6.3. Прогнозирование по скользящей средней

В примере, который разбирается в данном разделе (см. табл. 6.3 и рис. 6.5), колебания спроса в течение первой половины года не длятся более 2 месяцев. Во второй половине года имеются более длительные тенденции (до 4 месяцев в конце года). Игнорируя пока характер сезонных колебаний и тенденции рассматриваемого примера, выберем в качестве интервала расчета скользящей средней 2 месяца. Результат расчет прогноза по скользящей средней с учетом количества рабочих дней в месяцах приведен в табл. 6.4.

Расчет прогнозного значения потребления запаса по скользящей средней

Месяц	Фактические отгрузки за месяц	Число рабочих дней	Среднее потребление в день	Прогноз среднедневной потребности	Прогноз месячной потребности
Январь	17 244	16	1078	—	—
Февраль	57 187	20	2859	—	—
Март	48 504	21	2310	1969	41 349
Апрель	58 647	21	2793	2585	54 285
Май	45 477	20	2274	2552	51 040
Июнь	23 833	22	1083	2534	55 748
Июль	21 730	20	1087	1679	33 580
Август	65 289	23	2839	1086	24 978
Сентябрь	46 663	22	2121	1963	43 186
Октябрь	45 344	21	2159	2481	52 101
Ноябрь	31 497	21	1500	2141	44 961
Декабрь	13 714	21	653	1830	38 430

Для получения прогноза среднедневной потребности (см. столбец 5 табл. 6.4), например, в марте следует использовать статистику фактических среднедневных отгрузок в январе и феврале (см. столбец 4 табл. 6.4):

$$(1078 + 2859) / 2 = 1968,5 \approx 1969. \quad (6.4)$$

Для прогнозирования среднедневной потребности в апреле (см. столбец 5 табл. 6.4) требуется использовать статистику фактических среднедневных отгрузок в феврале и марте (см. столбец 4 табл. 6.4):

$$(2859 + 2310) / 2 = 2584,5 \approx 2585.$$

Округление полученной средней величины потребления ведется до целого числа в большую сторону для обеспечения гарантии покрытия потребности запасом. Для получения прогноза месячной потребности (см. столбец 6 табл. 6.4), например, в марте требуется прогноз среднедневного потребления в марте (см. столбец 5 табл. 6.4) умножить на число рабочих дней в этом месяце (см. столбец 3 табл. 6.4 и формулу (6.4)):

$$1969 \cdot 21 = 41\,349.$$

Иллюстрация результатов прогнозирования по скользящей средней с учетом количества рабочих дней в месяцах приведена на рис. 6.6.

Преимущество прогнозирования по скользящей средней состоит в простоте метода. Основным недостатком является то, что значимость значений прошлых периодов при прогнозировании будущей потребности одинакова. Например, если в расчете скользящей средней используется 6 значений, то значимость каждого значения равна $1/6$. Между тем очевидно, что значимость статистики последнего из предшествующих периодов более велика, чем предыдущих.

Для учета важности отдельных периодов наблюдений используют (в) *метод взвешенной скользящей средней*. В этом методе каждому используемому в расчете скользящей средней периоду присваивается коэффициент, отражающий значимость влияния этого периода на прогнозное значение потребления. Значимость более поздних периодов должна быть выше, чем значимость более ранних периодов. Например, из 6 периодов расчета скользящей средней последнему может быть присвоен удельный вес 5, предыдущему – 4; далее 3, 2, 1 и 1. В общем виде взвешенная скользящая средняя рассчитывается следующим образом:

$$P_j = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \cdot P_i}{\sum_{i=1}^n k_i}, \quad (6.5)$$

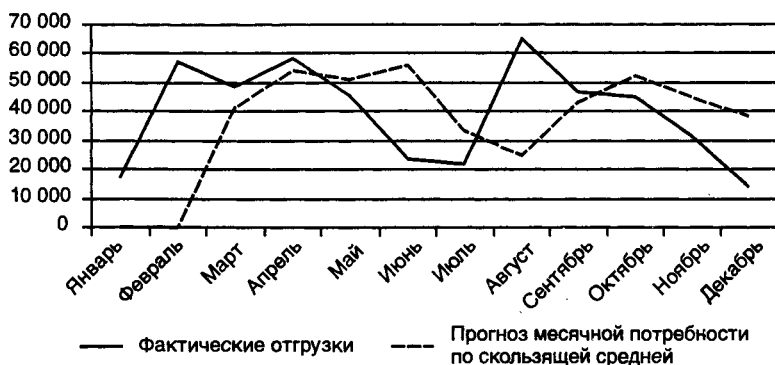


Рис. 6.6. Результаты прогнозирования потребности в запасе методом скользящей средней

где P_j – прогнозируемый объем потребности в периоде времени j , единиц; i – индекс предыдущего периода времени; k_i – коэффициент значимости периода времени i ; P_i – объем потребления в предыдущем периоде времени i , единиц; n – число используемых в расчете предыдущих периодов времени.

Пример 6.4. Прогнозирование потребности в запасе по взвешенной скользящей средней

Для данных табл. 6.4 выберем коэффициенты значимости прошлых периодов при прогнозировании потребности будущего периода. Для последнего периода коэффициент значимости принимается равным 5, для предпоследнего – 1. Расчет взвешенной скользящей средней приведен в табл. 6.5.

Таблица 6.5

Расчет прогноза потребления запаса по взвешенной скользящей средней

Месяц	Фактические отгрузки за месяц	Число рабочих дней	Среднее потребление в день	Прогноз среднедневной потребности	Прогноз месячной потребности
Январь	17 244	16	1078	0	0
Февраль	57 187	20	2859	0	0
Март	48 504	21	2310	2563	53 823
Апрель	58 647	21	2793	2402	50 442
Май	45 477	20	2274	2713	54 260
Июнь	23 833	22	1083	2361	51 942
Июль	21 730	20	1087	1283	25 660
Август	65 289	23	2839	1087	25 001
Сентябрь	46 663	22	2121	2547	56 034
Октябрь	45 344	21	2159	2242	47 082
Ноябрь	31 497	21	1500	2154	45 234
Декабрь	13 714	21	653	1610	33 810

Для расчета прогноза среднедневного потребления запаса (см. столбец 5 табл. 6.5), например, в марте требуется статистика фактических среднедневных отгрузок (см. столбец 2 табл. 6.5) за январь и февраль:

$$(2859 \cdot 5 + 1078 \cdot 1) / 6 = 2562, 17 \approx 2563.$$

Округление произведено в большую сторону для гарантии обеспечения потребности запасом. Для получения прогноза месячной потребности в марте (см. столбец 6 табл. 6.5) надо прогноз среднесуточной потребности в марте (см. столбец 5 табл. 6.5) умножить

на количество рабочих дней в этом месяце (см. столбец 3 табл. 6.5):

$$2563 \cdot 21 = 53823.$$

Иллюстрация результатов прогнозирования потребности в запасе на основе взвешенной скользящей средней (см. табл. 6.5) приведена на рис. 6.7.

В целом прогнозирование по взвешенной скользящей средней дает более точные результаты, чем по простой скользящей средней. Главное преимущество взвешивания состоит в том, что в прогнозируемой величине в большей степени учитываются последние значения потребности. Определенную проблему представляет собой подбор коэффициентов значимости. Они, как правило, определяются экспертно и проверяются экспериментально, т.е. путем проб и ошибок.

Более сложный метод прогнозирования на основе расчета взвешенного среднего — это *метод экспоненциального сглаживания* (см. рис. 6.1). В этом методе каждый новый прогноз основан на учете значения предыдущего прогноза и его отклонения от фактического значения. Прогнозное значение по методу экспоненциального сглаживания определяется следующим образом:

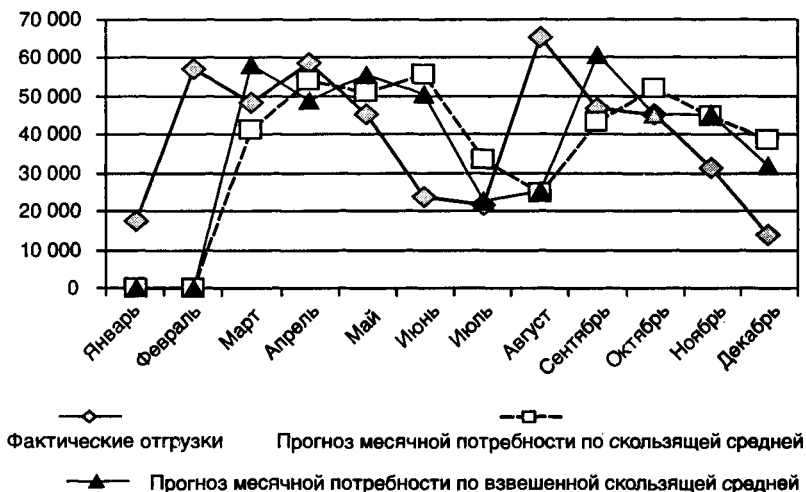


Рис. 6.7. Результаты прогнозирования потребности в запасе методом взвешенной скользящей средней

Прогнозное значение = Значение предыдущего прогноза + $a \cdot$ (Фактическая потребность – Значение предыдущего прогноза),

или

$$P_j = P_{j-1} + a \cdot (F_{j-1} - P_{j-1}), \quad (6.6)$$

где P_j – прогнозируемый объем потребности в периоде времени j , единиц; P_{j-1} – прогнозируемый объем потребности в периоде времени $(j-1)$, единиц; a – константа сглаживания; F_{j-1} – фактическая потребность в периоде $(j-1)$, единиц.

Константа сглаживания a определяет чувствительность прогноза к ошибке. Чем ближе ее значение к нулю, тем медленнее прогноз будет реагировать на ошибки, тем, следовательно, будет выше степень сглаживания прогноза. Напротив, чем ближе значение сглаживающей константы к единице, тем выше чувствительность и меньше сглаживание. Подбор значения константы сглаживания проводится экспериментально. Цель такого подбора состоит в том, чтобы определить такое значение a , чтобы, с одной стороны, прогноз был чувствителен к изменениям временного ряда, а с другой стороны, хорошо сглаживал скачки потребления, вызванные случайными факторами.

Пример 6.5. Прогнозирование потребности в запасе методом экспоненциального сглаживания

Пример расчета прогноза при константе сглаживания, равной 0,2 и 0,8, приведен в табл. 6.6.

Для расчета ожидаемого потребления запаса в апреле использован прогноз отгрузки в марте по взвешенной скользящей средней (см. табл. 6.5 и столбцы 5 и 7 табл. 6.6). Величина прогнозного значения дневной потребности в запасе в апреле рассчитывается при значениях константы сглаживания $a = 0,2$ или $a = 0,8$ следующим образом:

$$2563 + 0,2 \cdot (2310 - 2563) = 2512,4 \approx 2513 \quad (6.7)$$

и

$$2563 + 0,8 \cdot (2310 - 2563) = 2360,6 \approx 2361. \quad (6.8)$$

Для мая расчет проводится следующим образом:

$$2513 + 0,2 \cdot (2793 - 2513) = 2569 \quad (6.9)$$

и

$$2513 + 0,8 \cdot (2793 - 2513) = 2737 \text{ и т.д.} \quad (6.10)$$

Таблица 6.6

Расчет прогноза потребления запаса по методу экспоненциального сглаживания

Месяц	Фактические отгрузки	Число рабочих дней	Среднее потребление в день	Прогноз среднедневной потребности при $a = 0,2$	Прогноз месячной потребности при $a = 0,2$	Прогноз дневной потребности при $a = 0,8$	Прогноз месячной потребности при $a = 0,8$
Январь	17 244	16	1078	0	0	0	0
Февраль	57 187	20	2859	0	0	0	0
Март	48 504	21	2310	2563	53 823	2563	53 823
Апрель	58 647	21	2793	2513	52 773	2361	49 581
Май	45 477	20	2274	2569	51 380	2737	54 740
Июнь	23 833	22	1083	2510	55 220	2367	52 074
Июль	21 730	20	1087	2225	44 500	1341	26 820
Август	65 289	23	2839	1998	45 954	1138	26 174
Сентябрь	46 663	22	2121	2167	47 674	2499	54 978
Октябрь	45 344	21	2159	2158	45 318	2198	46 158
Ноябрь	31 497	21	1500	2159	45 339	2168	45 528
Декабрь	13 714	21	653	2028	42 588	1634	34 314

Округления полученных значений проводятся до ближайшего большего целого числа. Для получения прогноза месячной потребности (см. столбцы 6 и 8 табл. 6.6) следует умножить прогноз среднедневного потребления (см. столбцы 5 и 7 табл. 6.6) на количество рабочих дней соответствующего месяца (см. столбец 3 табл. 6.6):

для апреля (см. формулы (6.7) и (6.8)):

$$2513 \cdot 21 = 52\,773 \text{ и } 2361 \cdot 21 = 49\,581;$$

для мая (см. формулы (6.9) и (6.10)):

$$2569 \cdot 20 = 51\,380 \text{ и } 2737 \cdot 20 = 54\,740.$$

Для выявления, при каком значении константы сглаживания ($a = 0,2$ или $a = 0,8$) прогноз в табл. 6.6 (см. также рис. 6.8) имеет более высокую точность, следует провести оценку точности прогноза. Методы оценки точности прогноза приведены в подп. 6.4.1.

В практике часто встречаются случаи, когда запас отгружается неравномерно. В неравномерности могут присутствовать сразу несколько составляющих. Разберем их последовательно.

б. Наличие сезонного спроса

Спрос является сезонным, если в нем имеются краткосрочные (менее года) регулярные изменения, связанные с погодой или с

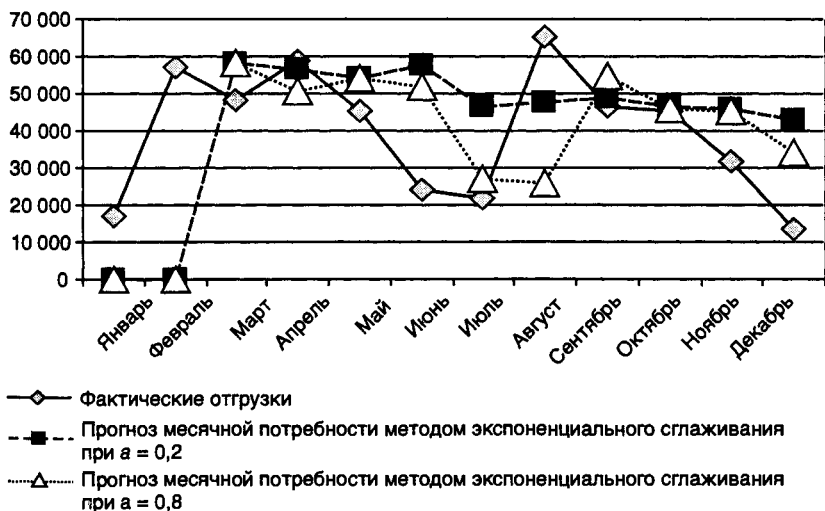


Рис. 6.8. Результаты прогнозирования потребности в запасе методом экспоненциального сглаживания

определенными календарными периодами (время отпусков, праздники, времена года и пр.). Сезонный спрос проявляется в периодическом увеличении или уменьшении спроса в течение года.

В примере 6.1 (см. табл. 6.1) характерна явно выраженная сезонная тенденция спроса: пик отгрузок приходится на март—апрель и сентябрь—октябрь двух следующих друг за другом лет (рис. 6.9). Соответственно, в январе—феврале и в июле—августе наблюдаются относительное повышение спроса, а в мае—июне и в ноябре—декабре — спады.

Для прогнозирования такого явно выраженного сезонного спроса требуется использовать статистику отгрузок соответствующих периодов прошлых лет.

Пример 6.6. Прогнозирование сезонной потребности в запасе

Проиллюстрируем возможности прогнозирования сезонного спроса в периоде роста и спада спроса, используя данные примера 6.1. Данные табл. 6.1 содержат временные ряды фактических отгрузок за три года: текущий год, предыдущий год и год, предшествующий предыдущему. Текущий год имеет как данные по фактической отгрузке запаса, так и данные прогнозных оценок отгрузки. Прогноз потребления запаса в текущем году выполнен на основе вывода о наличии сезонного спроса на товар (см. рис. 6.9). Расчет проводился по методу взвешенной скользящей средней по данным двух предшествующих лет. Результаты расчетов приведены в табл. 6.7.

Для получения прогноза среднедневной потребности (см. столбец 13 табл. 6.7), например, в январе текущего года были использованы коэффициенты значимости предыдущего года в раз-

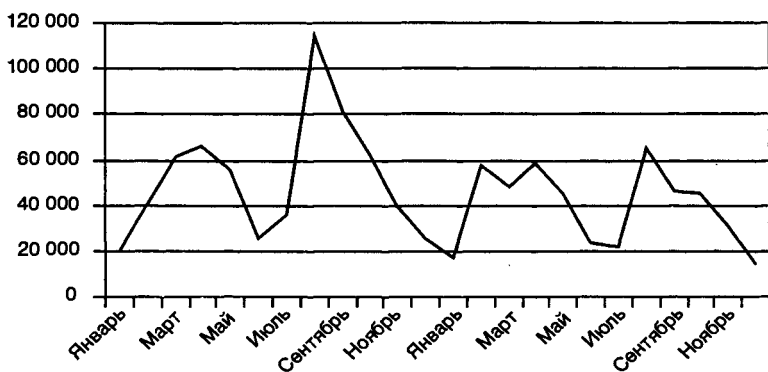


Рис. 6.9. Динамика отгрузок запаса товара за два года

Таблица 6.7

Результаты прогнозирования сезонной потребности в запасе по взвешенной скользящей средней

Год, предшествующий предыдущему				Предыдущий год				Текущий год					
Месяц	Фактические отгрузки	Число рабочих дней	Среднедневное потребление	Месяц	Фактические отгрузки	Число рабочих дней	Среднедневное потребление	Месяц	Фактические отгрузки	Число рабочих дней	Среднедневное потребление	Прогноз среднедневной потребности	Прогноз месячной потребности
Январь	28 163	15	1878	Январь	20 232	15	1265	Январь	17 244	16	1078	1368	21 888
Февраль	56 795	20	2840	Февраль	40 446	20	2023	Февраль	57 187	20	2860	2160	43 200
Март	48 140	20	2407	Март	61 633	22	2935	Март	48 504	21	2310	2847	59 787
Апрель	54 986	21	2619	Апрель	65 989	22	3143	Апрель	58 647	21	2793	3056	64 176
Май	41 216	18	2290	Май	55 498	18	2775	Май	45 477	20	2274	2695	53 900
Июнь	58 916	20	2946	Июнь	25 189	22	1145	Июнь	23 833	22	1084	1446	31 812
Июль	4442	22	202	Июль	35 613	22	1781	Июль	21 730	20	1087	1518	30 360
Август	94 425	21	4497	Август	114 141	22	4963	Август	65 289	23	2839	4886	112 378
Сентябрь	90 370	22	4108	Сентябрь	81 257	21	3694	Сентябрь	46 663	22	2122	3763	82 786
Октябрь	54 449	23	2368	Октябрь	63 549	20	3027	Октябрь	45 344	21	2160	2918	61 278
Ноябрь	30 609	19	1611	Ноябрь	40 105	21	1910	Ноябрь	31 497	21	1500	1861	39 081
Декабрь	11 697	22	532	Декабрь	25 747	23	1227	Декабрь	13 714	21	654	1021	21 451

мере 5 и года, предшествующего предыдущему, — 1. Прогноз среднедневной потребности был рассчитан следующим образом:

$$\begin{aligned} & (\text{Объем фактических среднедневных отгрузок января} \\ & \text{года, предшествующего предыдущему} \cdot \text{Коэффициент} \\ & \text{значимости данного года} + \text{Объем фактических} \\ & \text{среднедневных отгрузок января предыдущего года} \cdot \\ & \cdot \text{Коэффициент значимости данного года}) / \text{Сумма} \\ & \text{коэффициентов значимости предшествующего} \\ & \text{предыдущему и предыдущего годов,} \end{aligned} \quad (6.11)$$

или

$$(1265 \cdot 5 + 1878 \cdot 1) / 6 = 1367,17 \approx 1368,$$

где коэффициент значимости года, предшествующего предыдущему, равен 1, а коэффициент значимости предыдущего года равен 5.

Прогноз месячной потребности (см. столбец 14 табл. 6.7) определяется как произведение прогноза среднедневной потребности (столбец 13 табл. 6.7) на число рабочих дней в соответствующем месяце прогнозируемого года (столбец 11 табл. 6.7):

$$1368 \cdot 16 = 21\,888.$$

На рис. 6.10 приведена иллюстрация результатов прогнозирования сезонной потребности (см. столбец 14 табл. 6.7). Прогнозирование выявленной сезонной потребности дает лучший результат по сравнению с прогнозированием методом наивного прогноза (см. рис. 6.2), простой средней (см. рис. 6.5), скользящей средней (см. рис. 6.6), взвешенной скользящей средней (см. рис. 6.7) и методом экспоненциального сглаживания (см. рис. 6.8).

с. Тенденции изменения спроса

Кроме сезонной потребности во временном ряде могут проследиваться и иные тенденции изменения спроса краткосрочного (менее одного года) и долгосрочного (более одного года) характера. Тенденции изменения спроса *краткосрочного характера* могут иметь сезонную повторяемость из года в год. При отсутствии сезонных особенностей (например, в условиях, когда статистическая база поведения запаса еще не накоплена) принципиальной разницы работы с краткосрочными и долгосрочными тенденциями нет.



Рис. 6.10. Результаты прогнозирования сезонной потребности в запасе методом взвешенной скользящей средней

Наиболее типичные тенденции изменения спроса представлены на рис. 6.11. Имеются линейные положительные тенденции спроса, соответствующие росту объема потребности в запасе в течение нескольких лет (рис. 6.11а); линейные отрицательные тенденции спроса, соответствующие падению объема потребности в запасе в течение нескольких лет (рис. 6.11б). Кроме линейных тенденций могут иметься параболические тенденции (рис. 6.11в, г), а также экспоненциальные, гиперболические и другие тенденции спроса.

Процесс прогнозирования потребности в запасе для временных рядов, имеющих долгосрочные тенденции, проводится в несколько этапов (рис. 6.12).

1. Фильтрация значений статистического ряда.
2. Выбор вида уравнения тренда.
3. Прогнозирование объема потребления.
4. Оценка точности прогноза (см. п. 6.4).

Фильтрация значений статистического ряда проводится для повышения надежности прогнозирования будущей потребности. В статистическом ряде могут иметься сведения о необычно больших или необычно малых объемах отгрузок (продаж, товарооборота) запаса в некотором периоде времени. Возможно, рост объема продаж был следствием уникальной ситуации на рынке, связан-

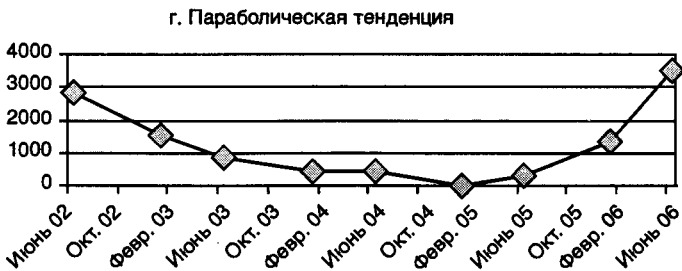
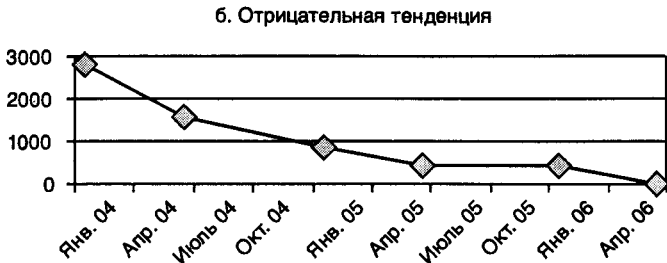


Рис. 6.11. Временные тенденции изменения спроса

ной, например, с временным отсутствием на рынке конкурента, проводящего техническое переоборудование своего производства, либо с временно образовавшимся у конкурентов дефицитом данного продукта в связи с погодными условиями. Малый объем продаж может быть связан с вынужденной приостановкой деятельности по решению органов надзора и пр. Необычно большие или

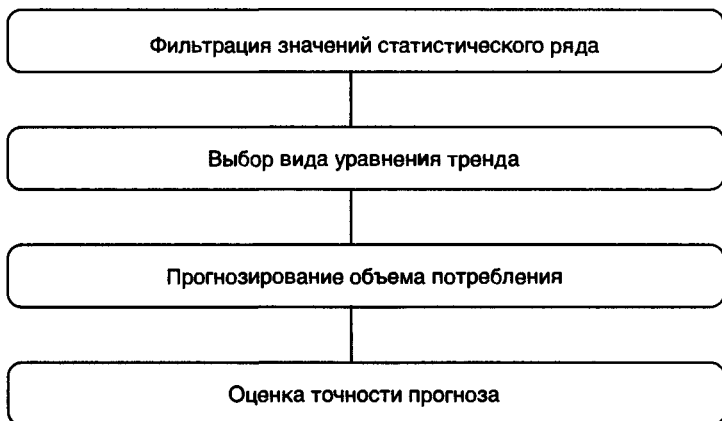


Рис. 6.12. Процесс прогнозирования потребления запаса при наличии долгосрочной тенденции

малые объемы потребления запаса в прошедших периодах могут носить и просто случайный характер. При этом надо иметь в виду, что начало работы с новым партнером или потеря крупного клиента, вызвавшие изменение фактических объемов отгрузок запаса в прошлых периодах, должны быть учтены при составлении прогноза будущей потребности в запасах.

Таким образом, статистический ряд до начала его использования при составлении прогноза нуждается в фильтрации нетиповых, случайных, единичных данных, которые не предполагаются к повторению в будущие периоды. Такая фильтрация может быть проведена статистически или экспертно.

Если статистический ряд отражает многочисленные отгрузки больших объемов товарно-материальных ценностей может быть удобным и полезным использование статистического фильтра. В качестве фильтра могут быть заданы максимальная и минимальная границы значений фактических отгрузок статистического ряда, которые будут использоваться в дальнейших расчетах.

Пример 6.7. Фильтрация значений статистического ряда отгрузок запаса в звене цепей поставок

На рис. 6.13 приведен пример статистического ряда отгрузок запаса товара по дням 2005 г., в котором отражены единичные всплески объемов потребления запаса. Средний объем отгрузок в день составляет 4534 единицы при стандартном отклонении отгрузок — 5380 единиц.

В качестве возможной максимальной границы учитываемых значений статистического ряда был выбран объем отгрузок

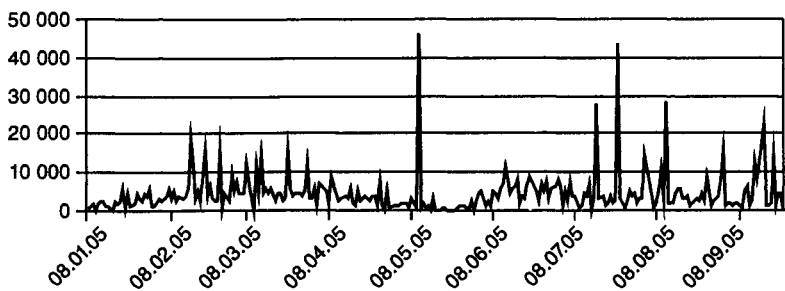


Рис. 6.13. Пример статистического ряда с единичными высокими объемами отгрузок запаса

15 000 единиц. Этот фильтр приводит к отсеиванию 9 значений с максимальным объемом из 264 имеющихся значений. Полученный результат фильтрации приведен на рис. 6.14.

Фильтрация значений статистического ряда может быть проведена и автоматически с помощью программных средств. Например, на рис. 6.15 приведен результат линейной фильтрации статистического ряда примера 6.7 по 5 точкам, выполненный с помощью *Microsoft Excel*. Сплошной линией на рисунке представлен выровненный статистический ряд, полученный методом наименьших квадратов.

Если число и объем отгрузок единичен, требуется провести тщательный анализ необычных по объемам отгрузок запаса экспертным путем, то есть с привлечением специалистов, связанных с работой с запасами и знающих все нюансы динамики потребности

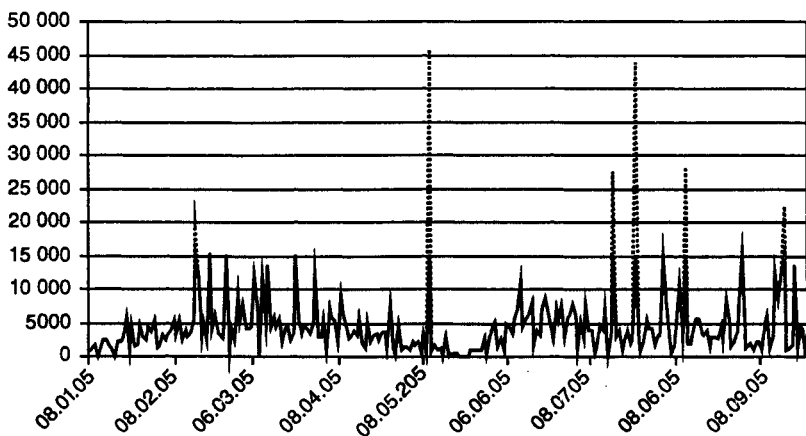


Рис. 6.14. Фильтрация максимальных значений статистического ряда с единичными высокими объемами отгрузок запаса

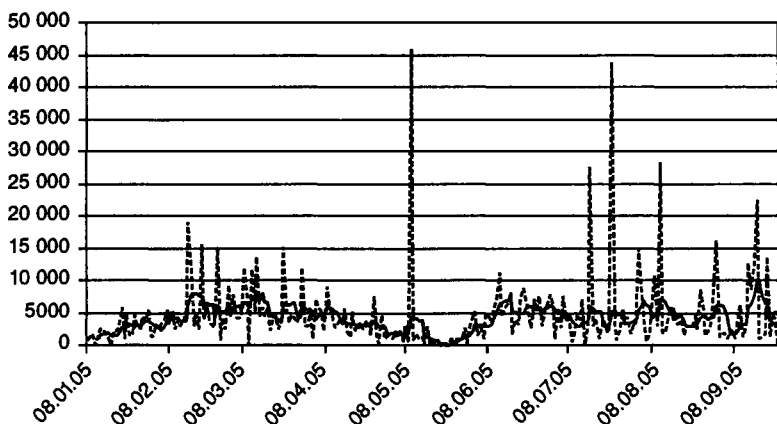


Рис. 6.15. Результат автоматической линейной фильтрации значимый статистического ряда с единичными высокими объемами отгрузок запаса

в запасе. Привлеченные эксперты должны определить вероятность полного или частичного повторения ситуации прошлых периодов и провести фильтрацию статистического ряда.

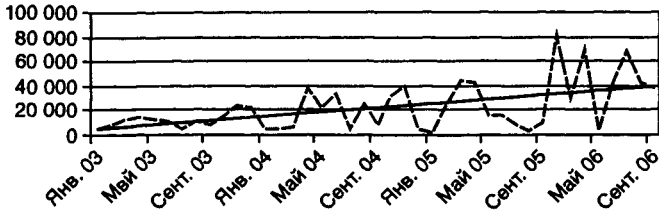
Кроме того, следует иметь в виду, что при наличии тенденции резкого возрастания или падения отгрузок в прошлые периоды рекомендуется сокращение рассматриваемых при составлении прогноза отчетных периодов.

Выбор вида уравнения тренда. Поиск и анализ тенденции потребности в запасе включают в себя определение вида уравнения, которое может наиболее точно описать тенденцию. Прежде чем приступить к математической обработке статистического ряда, требуется выдвинуть и исследовать гипотезы дальнейшего потребления запаса. Вариантами таких гипотез могут быть предположения о монотонном возрастании (падении) будущей потребности в запасе, о наличии ограничений изменения потребности в запасе сверху или снизу, о наличии ограничения времени развития потребности и др.

Уравнения тренда могут быть линейными или нелинейными. Их построение можно выполнять с помощью широко доступных программных средств (*Microsoft Excel*, *SPSS*, *MathCAD* и др.). В частности, на рис. 6.16 приведены примеры трендов линейного, параболического и полиномиального вида, построенных с помощью *Microsoft Excel*. Часто используются также уравнения экспоненциальной и гиперболической формы. Окончательный выбор наиболее подходящего вида уравнения тренда производится экспериментально на основе оценки точности прогноза (см. п. 6.4).

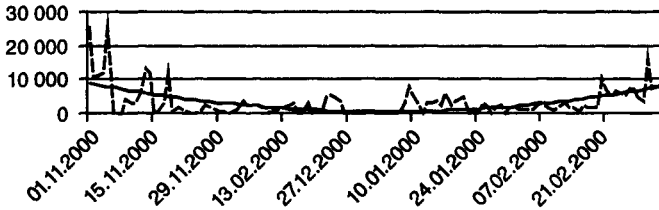
а. Линейный тренд

$$y = 846,81x - 1E + 06$$



б. Параболический тренд

$$y = 2,0476x^2 - 158571x + 3E + 09$$



в. Полиномиальный тренд

$$y = -5E - 05x^4 + 7,7607x^3 - 442572x^2 + 1E + 10x - 1E + 14$$

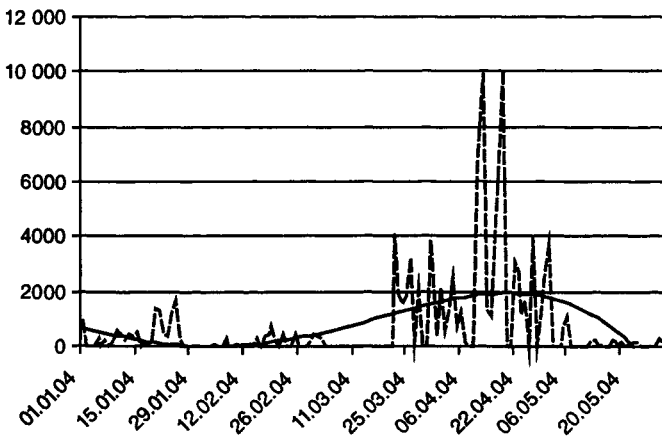


Рис. 6.16. Примеры уравнений трендов

Прогнозирование объема потребления на основе имеющейся тенденции проводится с помощью **метода экстраполяции** (см. рис. 6.1), который позволяет на основе уравнения, описывающего

тенденцию, определить предполагаемую величину аргумента на будущий период. Все компьютерные программы статистической обработки данных позволяют автоматически проводить такое прогнозирование. На рис. 6.17 представлены примеры прогнозирования тенденции на основе линейного и параболического трендов (см. рис. 6.16 а, б).

Временные ряды могут не иметь сезонную потребность, но только долгосрочную тенденцию. На рис. 6.18 представлен временной ряд на основе данных рис. 6.16а и рис. 6.17а по месяцам года. На рис. 6.18 видно, что при наличии явно выраженной тенденции роста потребности сезонная составляющая отсутствует.

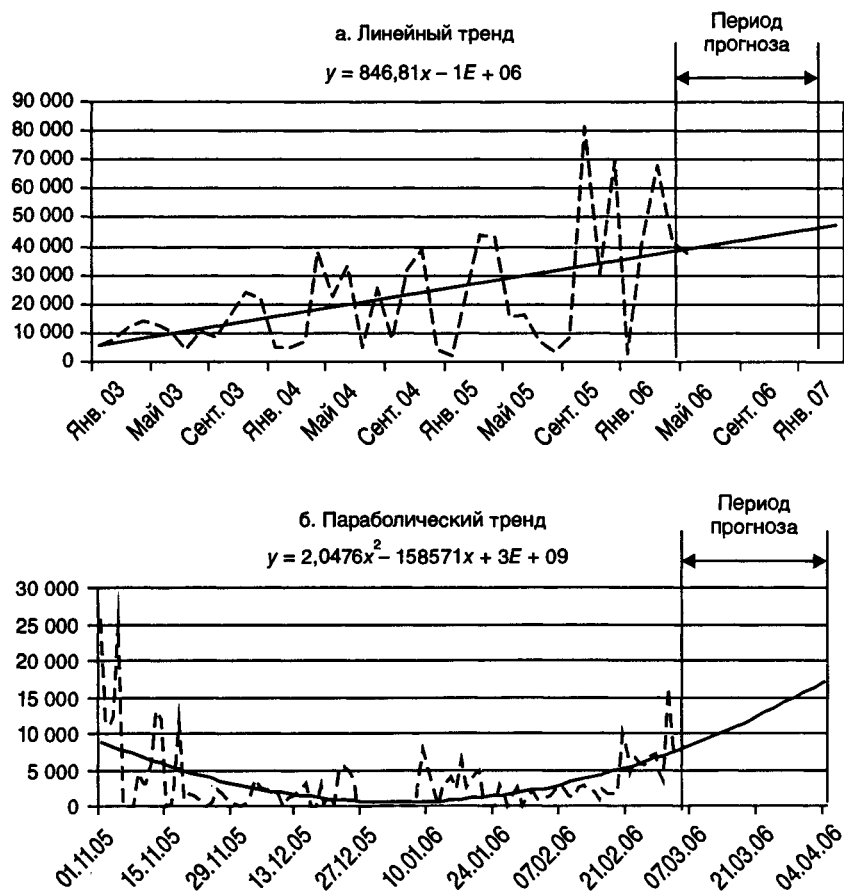


Рис. 6.17. Прогнозирование тенденций методом экстраполяции



Рис. 6.18. Временной ряд с долгосрочной тенденцией и отсутствием сезонной потребности

Временной ряд может иметь долгосрочную тенденцию, например, роста и явно выраженную сезонную потребность по месяцам каждого года, как на рис. 6.19.

Если временной ряд имеет сезонное потребление на фоне наличия долгосрочной тенденции (увеличение или уменьшение год от года продаж сезонных товаров), для прогнозирования сезонной потребности требуется учитывать коэффициент тенденции.



Рис. 6.19. Временные ряды с сезонной потребностью и наличием долгосрочной тенденции

Пример 6.8. Прогнозирование сезонной потребности в запасе с учетом долгосрочной тенденции.

В табл. 6.8 представлена статистика объемов отгрузок за три года: текущий год, предыдущий год и год, предшествующий предыдущему (см. столбцы 1–4 табл. 6.8).

Таблица 6.8

Прогноз потребности по методу взвешенной скользящей средней с учетом долгосрочной тенденции

Месяц	Объем отгрузок в году, предшествующем предыдущему	Объем отгрузок в предыдущем году	Объем отгрузок в текущем году	Прогноз объема отгрузок	Коэффициент тенденции	Прогноз объема отгрузок с учетом тенденции
Январь	287	546	145	0	0,00	0
Февраль	69	127	81	0	0,00	0
Март	59	189	41	568	1,89	1074
Апрель	46	77	27	254	2,47	628
Май	8	18	10	213	2,53	540
Июнь	5	17	15	82	1,76	145
Июль	80	964	40	28	2,69	76
Август	104	1257	4051	683	11,54	7883
Сентябрь	1274	3690	15 074	1542	12,07	18 613
Октябрь	953	1197	12 062	3758	3,59	13 492
Ноябрь	1390	1567	6772	4001	2,19	8780
Декабрь	260	1980	836	2624	1,18	3096

Прогноз объема отгрузок в текущем году (столбец 5 табл. 6.8) проведен по методу взвешенной скользящей средней. Для получения прогноза потребления, например, в третьем месяце года требуется учесть объемы отгрузок за первые два месяца двух предшествующих лет. Коэффициенты значимости равны 2 для предыдущего года и 1 — для года, предшествующего предыдущему. Расчет объема отгрузок в марте проведен следующим образом:

$$((546 + 127) \cdot 2 + (287 + 69) \cdot 1) / 3 = 567,33 \approx 568.$$

Прогноз объема отгрузок в апреле (столбец 5 табл. 6.8) рассчитан следующим образом:

$$((127 + 189) \cdot 2 + (69 + 59) \cdot 1) / 3 = 253,33 \approx 254 \text{ и т.д.}$$

Округление полученного расчетного значения прогноза отгрузок проводится в большую сторону для обеспечения гарантии обеспеченности потребности запасом. Наличие долгосрочной положительной тенденции статистики по данным табл. 6.8 описано с помощью коэффициента тенденции (см. столбец 6). Он рассчитывается в общем виде следующим образом:

$$K_{Tj} = \frac{\sum_{i=1}^n F_{j-1,i}}{\sum_{i=1}^n F_{j-2,i}}, \quad (6.12)$$

где K_{Tj} — коэффициент тенденции в периоде j ; j — индекс прогнозируемого периода; i — индекс предшествующего месяца; n — число предшествующих месяцев, учитываемых для определения коэффициента тенденции; $F_{j-1,i}$ — фактический объем потребности в предыдущем прогнозируемом периоде времени в предшествующем месяце i , единиц; $F_{j-2,i}$ — фактический объем потребности в периоде времени, предшествующем предыдущему прогнозируемому, в предшествующем месяце i , единиц.

В табл. 6.8 коэффициент тенденции (см. столбец 6), например, для марта рассчитан следующим образом (см. формулу (6.12)):

$$(546 + 127) / (287 + 69) = 1,89.$$

В апреле коэффициент тенденции равен, соответственно, следующей величине (столбец 6 табл. 6.8):

$$(127 + 189) / (69 + 59) = 2,47 \text{ и т.д.}$$

Прогноз объема отгрузок рассчитывает по формуле

$$P_{Tj} = P_j \cdot K_{Tj}, \quad (6.13)$$

где P_{Tj} — прогноз потребности с учетом тенденции в периоде j , единиц; j — индекс прогнозируемого периода; P_j — прогноз потребности в периоде j ; K_{Tj} — коэффициент тенденции в периоде j .

Для примера 6.8 (см. табл. 6.8) прогноз объема отгрузок, рассчитанный по методу взвешенной скользящей средней (см. столбец 5), требуется скорректировать на коэффициент тенденции (см. столбец 6). Получаем, например, в марте прогноз потребности с учетом имеющейся долгосрочной тенденции

$$568 \cdot 1,89 = 1073,52 \approx 1074.$$

В апреле прогноз объема отгрузок с учетом долгосрочной тенденции будет равен (столбец 6 табл. 6.8)

$$254 \cdot 2,47 = 627,38 \approx 628 \text{ и т.д.}$$

Результаты расчета прогноза потребности, имеющей сезонный характер, при наличии долгосрочной тенденции (по данным столбца 6 табл. 6.8) приведены на рис. 6.20. Сравнение результатов прогнозирования объема потребности по этой же статистике методом взвешенной скользящей средней без учета долгосрочной тенденции показывает значительно более высокую точность прогнозирования объема отгрузок с учетом как сезонной, так и долгосрочной тенденции.



Рис. 6.20. Прогнозирование сезонной потребности с учетом долгосрочной тенденции

д. Циклические колебания спроса

Циклические колебания спроса представляют продолжительные изменения тенденций потребления, сменяющие друг друга в периоды, как правило, более двух лет. Выявление циклических колебаний спроса затруднено необходимостью наличия статистической базы за длительный период времени и влиянием на спрос различных нерегулярных тенденций. Для учета циклических колебаний спроса в условиях отсутствия очевидной картины по статистической базе следует полагаться на знание типовых циклов, характерных для данной отрасли или вида бизнеса.

Так, для всех видов готовой продукции характерно наличие цикла жизни товара (рис. 6.21). Отслеживание текущего этапа жизненного цикла позиции запаса и планирование ввода (вывода) новых позиций запаса (например, при обновлении ассортимента бренда) позволяют и без накопления статистической базы за длительный период делать выводы о наличии циклических колебаний спроса.

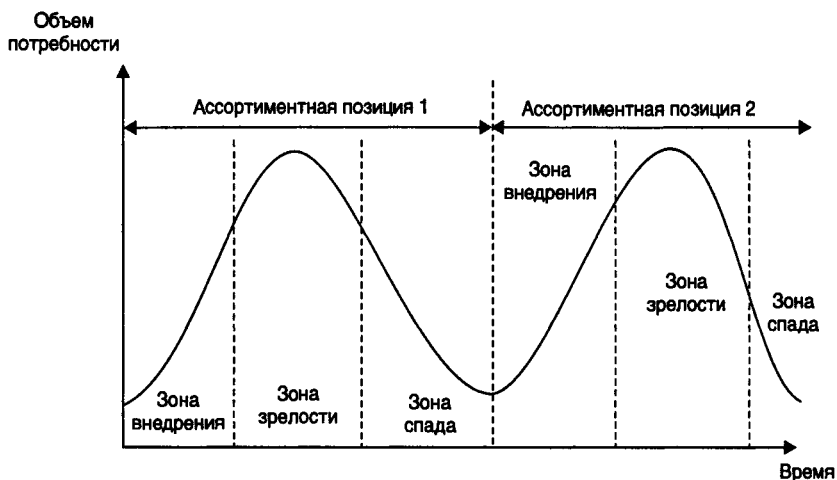


Рис. 6.21. Циклические изменения спроса на товар, вызванные жизненным циклом товара

Другим приемом отслеживания циклических изменений спроса является выявление ведущих показателей циклического изменения спроса на запас. Такими ведущими показателями могут быть, например, начало строительства крупного предприятия, которое в течение уже своего жизненного цикла будет заявлять потребность в обслуживании запасом своей деятельности, или принятие программ, соглашений операторов рынка о будущей деятельности и т.п.

е. Наличие эффекта стимулирования спроса

Эффект стимулирования спроса представляет собой изменение спроса на товар в ответ на маркетинговые мероприятия.

Маркетинговые мероприятия по стимулированию спроса, проводимые организацией, содержащей запас, оказывают существенное влияние на изменение потребности в запасе. Результат маркетинговых мероприятий дополняет тенденции развития рынка,

определяемые отделом маркетинга или отделом продаж. Он также может повлечь существенное изменение тенденции спроса и сезонной потребности, имеющих в во временных рядах статистических данных. Применение своевременных методов получения информации о планируемых рекламных акциях — залог корректного прогнозирования потребности в запасе. Знание плана маркетинговых акций особенно важно при составлении прогноза отгрузок запаса товаров рынку конечного потребления, который чрезвычайно гибко реагирует на стимулирующие мероприятия.

В общем виде результат успешного маркетингового мероприятия, направленного на стимулирование спроса, представлен на рис. 1.11. Проведение рекламных акций позволяет спланировать цикличность изменения спроса на продукт (см. п. 6.1.1.d).

В то же время стимулирующие маркетинговые мероприятия организации могут происходить регулярно, т.е. повторяться в одни и те же периоды года. В этом случае такое стимулирование спроса играет роль сезонного фактора и должно быть учтено в рамках прогнозирования сезонной потребности (см. п. 6.1.1.b).

Все это требует корректной организации системы обмена информацией между отделом маркетинга (отделом продаж) и отделом логистики (или иным подразделением, принимающим решения по управлению запасами организации).

f. Случайные факторы колебания спроса

При работе по выявлению периодов времени, в течение которых присутствует относительно равномерный спрос (см. п. 6.1.1.a), имеются сезонные (см. п. 6.1.1.b) и прочие тенденции потребления (см. п. 6.1.1.c), также циклические изменения спроса (см. п. 6.1.1.d) и влияние мероприятий по стимулированию спроса (см. п. 6.1.1.e), приходится сталкиваться со случайными и неожиданными факторами спроса.

К случайным изменениям спроса относятся те изменения, которые не получили объяснения наличием сезонных, циклических и прочих тенденций изменения спроса, а также влиянием мероприятий по стимулированию спроса.

Появление таких случайных изменений в потребности в запасе является неминуемым, что, естественно, снижает точность прогнозирования. Один из приемов преодоления влияния случайных факторов на точность прогнозирования — фильтрация статистического ряда, используемого при составлении прогноза. Он был рассмотрен ранее в п. 6.1.1.c (см. рис. 6.12 — рис. 6.15). Более слож-

ные методы учета случайного фактора при прогнозировании потребности в запасе (например, имитационного моделирования, нейросетевых методов, модели авторегрессивной интегрированной скользящей средней Бокс – Дженкинса и др.) требуют специальной математической подготовки и, как правило, выполняются силами специалистов отделов бизнес-аналитики и бизнес-информатики. Наличие универсальных пакетов *SYSTAT*, *SPSS*, языка *GPSS*, специализированных пакетов анализа временных рядов (*Forecast Expert*, *FreeFore*, *МЕЗОЗАВР* и др.), а так же *Neural Connection* и др. существенно упрощает эту задачу.

Достаточно эффективным и простым методом, позволяющим справиться с влиянием случайных факторов на изменение потребности в запасе, является прогнозирование на основе регрессионного анализа (см. подп. 6.1.2).

6.1.2. Прогнозирование потребности в запасе по индикаторам

Работа с временными рядами статистических данных предполагает анализ потребности в запасе по сложившимся с течением времени тенденциям (см. подп. 6.1.1. Прогнозирование потребности по временным рядам). В силу влияния случайных факторов (см. п. 6.1.1 f) зачастую складывается ситуация, когда прогнозирование по данным временных рядов не дает требуемой точности прогноза. В таких случаях можно воспользоваться идеей о том, что на отгрузки запаса рассматриваемых товарно-материальных ценностей оказывает влияние какая-либо переменная, от которой зависит прогнозируемый спрос. Например, температура воздуха оказывает воздействие на интенсивность спроса на прохладительные напитки, численность новорожденных детей определяет через 2–3 года спрос на детскую книжную продукцию и т.п. Определение и анализ таких переменных, которые принято называть индикаторами, дают возможность составить прогноз будущего потребления.

Индикаторами, оказывающими воздействие на спрос, являются, например:

- индекс оптовых цен;
- индекс потребительских цен;
- объем производства;
- показатели миграции населения;
- процентные ставки за кредит;
- уровень платежеспособности населения;
- затраты на рекламу и др.

Для того чтобы те или иные события могли служить индикаторами, требуются следующие три условия.

1. Наличие логического объяснения связи индикатора и прогнозируемой потребности.

2. Интервал времени между изменением индикатора и изменением потребности должен быть достаточно велик для возможности использования прогноза.

3. Наличие высокой корреляционной связи между индикатором и уровнем потребности.

Пример 6.9. Прогнозирование потребности в запасе по индикаторам

Рассмотрим задачу прогнозирования спроса на основные продукты питания в ресторане гостиницы. В качестве индикатора прогнозирования спроса выбран показатель численности постояльцев гостиницы. Имеется статистический ряд, описывающий связь между числом постояльцев и спросом на основные виды продуктов (табл. 6.9). Места в гостинице бронируются за 10 дней до заезда. Это позволяет утверждать, что второе условие использования индикатора (см. выше) выполнено. Коэффициент корреляции между значениями индикатора и потребности (см. формулу (3.5)) равен 82%, что соответствует достаточно тесной статистической связи между этими двумя показателями.

Таблица 6.9

Статистические данные о связи двух показателей

<i>Число постояльцев</i>	<i>Объем потребления основных продуктов питания</i>
220	1500
250	1510
305	1540
310	1680
325	1700
Коэффициент корреляции	0,82

Для прогнозирования потребности в запасе на основе индикаторов используют регрессионный анализ. Простейшей формой регрессии является линейная связь между двумя переменными. Уравнение линейной регрессии имеет вид

$$y = a + bx, \tag{6.14}$$

где y — прогнозируемая (зависимая) переменная, единиц; a, b — коэффициенты; x — индикатор (независимая переменная), единиц.

Коэффициенты a и b вычисляются следующим образом:

$$b = \frac{n \sum_{\forall i} x_i y_i - \sum_{\forall i} x_i \sum_{\forall i} y_i}{n \sum_{\forall i} x_i^2 - (\sum_{\forall i} x_i)^2}, \quad (6.15)$$

$$a = \frac{\sum_{\forall i} y_i - b \sum_{\forall i} x_i}{n}, \quad (6.16)$$

где a, b — коэффициенты, n — число парных наблюдений, y — прогнозируемая (зависимая) переменная, единиц; x — индикатор (независимая переменная), единиц.

Кроме линейной регрессии можно использовать и иные, более сложные виды регрессии (параболическую, гиперболическую, экспоненциальную и др.). Для данных примера 6.9 (см. табл. 6.9) построим график рассеяния значений индикатора и прогнозируемого потребления (рис. 6.22).

Рисунок 6.22 показывает, что линейный вид уравнения регрессии является приемлемым, так как точки графика визуально находятся вокруг некоторой предполагаемой прямой линии. Рассчитаем коэффициенты уравнения регрессии (см. (6.15) и (6.16)):

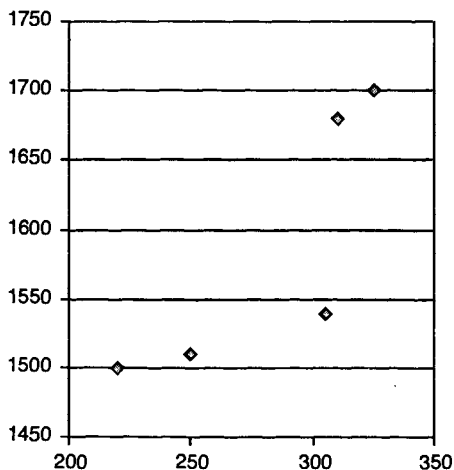


Рис. 6.22. График рассеивания переменных из табл. 6.9

$$b = 5 \cdot ((220 \cdot 1500 + 250 \cdot 1520 + 305 \cdot 1540 + 310 \cdot 1680 + 325 \cdot 1700) - 1410 \cdot 7930) / (5 \cdot 405\,650 - 1410 \cdot 1410) = \\ = (5 \cdot 2\,250\,500 - 11\,181\,300) / (2\,028\,250 - 1\,988\,100) = 1,7733;$$

$$a = (7930 - 1,7733 \cdot 1410) / 5 = 1085,9.$$

Таким образом, имеем уравнение линейной регрессии

$$y = 1085,9 + 1,7733 \cdot x. \quad (6.17)$$

Построение регрессионных уравнений проводят все стандартные программные пакеты. В частности, на рис. 6.23 представлен результат расчета линейной регрессии, выполненный в *Microsoft Excel*. *Microsoft Excel* позволяет быстро провести визуальный анализ точности уравнений регрессии различных видов.

На рис. 6.24 приведены варианты уравнения регрессии для того же примера логарифмического, полиномиального, степенного и экспоненциального вида. Анализ рисунка показывает, что линейное уравнение регрессии представляет собой простейший и достаточно точный вариант описания регрессии в примере 6.9.

Используя полученное уравнение линейной регрессии (см. (6.17)) можно провести прогнозирование значений потребления основных продуктов питания в ресторане гостиницы в зависимости от числа постояльцев (табл. 6.10). Прогноз потребления при численности постояльцев 220 человек составлен следующим образом:

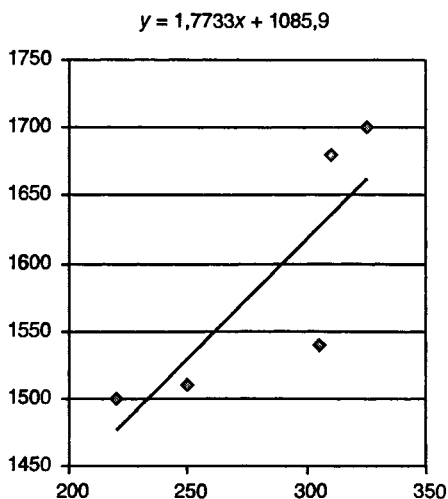
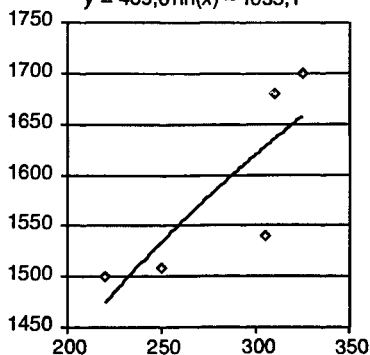


Рис. 6.23. Результат регрессионного анализа примера из табл. 6.9

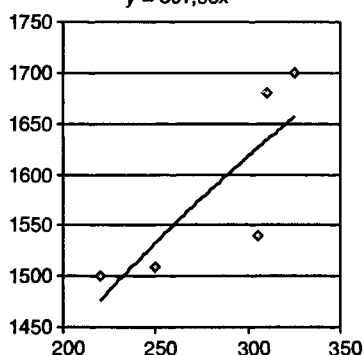
а. Логарифмическое уравнение регрессии

$$y = 469,01 \ln(x) - 1055,1$$



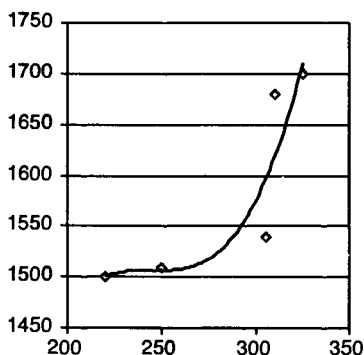
в. Степенное уравнение регрессии

$$y = 301,08x^{0,2948}$$



б. Полиномиальное уравнение регрессии

$$y = 0,0004x^3 - 0,2776x^2 + 67,673x - 3994,5$$



г. Экспоненциальное уравнение регрессии

$$y = 1156,6e^{0,0011x}$$

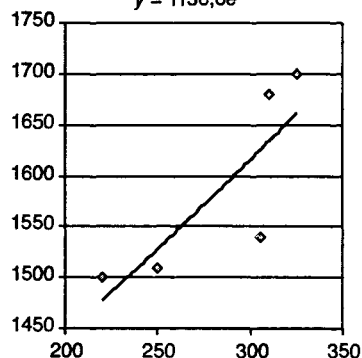


Рис. 6.24. Различные виды уравнений регрессий примера из табл. 6.9

$$1085,9 + 1,7733 \cdot 220 = 1476,026 \approx 1477.$$

При численности постояльцев, например, 230 человек прогнозируется объем потребности в запасе основных продуктов питания в размере

$$1085,9 + 1,7733 \cdot 230 = 1493,759 \approx 1494.$$

**Прогноз потребления основных продуктов питания по числу постояльцев
гостиницы**

Число постояльцев	Прогноз потребления основных продуктов питания
220	1477
230	1494
240	1512
250	1530
260	1547
270	1565
280	1583
290	1601
300	1618
305	1627
310	1636
320	1654
325	1663
330	1672
340	1689
350	1707

Основные формулы к подразделу 6.1

№ n/n	Показатель	Расчет	Условные обозначения
1	Прогнозируемый объем потребности по скользящей средней, единиц	$\bar{P}_j = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$	<i>i</i> – индекс предыдущего периода времени; <i>P_i</i> – объем потребления в предыдущем периоде времени <i>i</i> , единиц; <i>n</i> – число периодов, используемых в расчете скользящей средней
2	Прогнозируемый объем потребности по методу взвешенной скользящей средней, единиц	$P_j = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \cdot P_i}{\sum_{i=1}^n k_i}$	<i>i</i> – индекс предыдущего периода времени; <i>k_i</i> – коэффициент значимости периода времени <i>i</i> ; <i>P_i</i> – объем потребления в предыдущем периоде времени <i>i</i> , единиц; <i>n</i> – число используемых в расчете предыдущих периодов времени

№ n/n	Показатель	Расчет	Условные обозначения
3	Прогнозируемый объем потребности по методу экспоненциального сглаживания, единиц	$P_j = P_{j-1} + a(F_{j-1} - P_{j-1})$	P_{j-1} – прогнозируемый объем потребности в периоде времени $(j-1)$, единиц; a – константа сглаживания; F_{j-1} – фактическая потребность в периоде $(j-1)$, единиц
4	Коэффициент тенденции	$K_{Tj} = \frac{\sum_{i=1}^n F_{j-1,i}}{\sum_{i=1}^n F_{j-2,i}}$	j – индекс прогнозируемого периода; i – индекс предшествующего месяца; n – число предшествующих месяцев, учитываемых для определения коэффициента тенденции; $F_{j-1,i}$ – фактический объем потребности в предыдущем прогнозируемому периоде времени i в предшествующем месяце, единиц; $F_{j-2,i}$ – фактический объем потребности в периоде времени, предшествующем предыдущему прогнозируемому, в предшествующем месяце i , единиц
5	Прогнозируемый объем потребности при учете тенденции спроса, единиц	$P_{Tj} = P_j \cdot K_{Tj}$	j – индекс прогнозируемого периода; P_j – прогноз потребности в периоде j , единиц; K_{Tj} – коэффициент тенденции в периоде j

№ n/n	Показатель	Расчет	Условные обозначения
6	Уравнение линейной регрессии	$y = a + bx$	y – прогнозируемая (зависимая) переменная, единиц; a, b – коэффициенты; x – индикатор (независимая переменная), единиц
		$b = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$	n – число парных наблюдений; y – прогнозируемая (зависимая) переменная, единиц; x – индикатор (независимая переменная), единиц
		$a = \frac{\sum y_i - b \sum x_i}{n}$	n – число парных наблюдений; y – прогнозируемая (зависимая) переменная, единиц; x – индикатор (независимая переменная), единиц

Вопросы для самопроверки к подразделу 6.1

1. Перечислите возможные подходы к прогнозированию потребности в запасе.
2. Что такое количественный подход к прогнозированию потребности в запасе?
3. Что такое качественное прогнозирование потребности в запасе?
4. В чем заключается комбинированный подход к прогнозированию спроса?
5. Перечислите методы прогнозирования потребности в запасе.
6. Что такое временной ряд? Как он образуется?
7. Какие составляющие спроса могут быть выделены в результате анализа временного ряда?
8. Что такое относительно равномерный спрос?
9. Для запаса каких видов товарно-материальных ценностей типичен относительно равномерный спрос?
10. Как строится наивный прогноз?
11. Каковы основные преимущества и недостатки наивного прогнозирования?
12. Какой критерий рекомендуется использовать для проведения оценки целесообразности применения того или иного метода прогнозирования спроса?

13. В каких ситуациях следует учитывать количество рабочих дней в отчетном периоде при прогнозировании спроса?
14. Как рассчитывается среднедневное потребление запаса?
15. Перечислите все известные вам приемы составления прогноза месячной потребности в запасе.
16. Что такое скользящая средняя? Какое применение она находит при прогнозировании потребности в запасе?
17. На основе каких соображений определяется период расчета скользящей средней?
18. Каковы основные преимущества и недостатки прогнозирования потребности в запасе на основе скользящей средней?
19. Объясните суть метода взвешенной скользящей средней.
20. Как определяется коэффициент значимости периодов в методе взвешенной скользящей средней?
21. Каковы основные преимущества и недостатки метода прогнозирования потребности в запасе на основе взвешенной скользящей средней?
22. Как определяется прогноз потребности в методе экспоненциального сглаживания?
23. Как определяется константа сглаживания в методе экспоненциального сглаживания?
24. Что такое чувствительность прогноза? Как она связана с константой сглаживания?
25. Что такое сезонная потребность? Каковы сроки демонстрации сезонной потребности?
26. На основе каких данных прогнозируется сезонная потребность?
27. Перечислите все возможные тенденции изменения спроса.
28. Поясните, что такое краткосрочные и долгосрочные тенденции изменения спроса.
29. Перечислите этапы прогнозирования потребности в запасе, имеющей долгосрочную тенденцию динамики.
30. Какова цель фильтрации значений статистического ряда?
31. Приведите примеры статистической фильтрации статистического ряда.
32. Кто может выступать в роли эксперта при проведении экспертной фильтрации статистического ряда?
33. На ваш взгляд, кто из сотрудников организации может быть задействован в разработке и проверке гипотезы изменения потребления запаса?

34. Приведите примеры возможных гипотез изменения потребления запаса.
35. Поясните суть метода экстраполяции.
36. Что такое коэффициент тенденции?
37. Как следует составлять прогноз сезонного спроса при наличии долгосрочных тенденций?
38. В результате каких обстоятельств образуются циклические колебания спроса?
39. На статистической базе какого периода могут быть выявлены циклические колебания спроса?
40. Какие соображения могут помочь выявлению циклического изменения спроса?
41. Приведите несколько примеров ведущих показателей циклического колебания спроса.
42. В результате каких действий образуется эффект стимулирования спроса?
43. Какую роль играет эффект стимулирования спроса при прогнозировании потребности в запасе?
44. В каких случаях эффект стимулирования спроса может учитываться по методике работы с сезонной потребностью?
45. Образование каких видов запаса может быть связано с эффектом стимулирования спроса?
46. Что относится к случайным факторам спроса?
47. Можно ли избежать случайных колебаний потребности в запасе? Если да, то для каких видов товарно-материальных ценностей это возможно?
48. Какие методы прогнозирования потребности в запасе могут быть использованы для прогнозирования случайного спроса?
49. Что такое индикатор прогнозирования? В каких случаях он может использоваться?
50. Приведите несколько примеров индикаторов прогнозирования потребности в запасе.
51. Поясните каждое из условий использования индикатора прогнозирования.
52. Какие виды уравнений регрессии вы знаете?

6.2. Прогнозирование потребности в запасе на основе экспертных оценок

Наиболее часто прогнозирование потребности в запасе ведется на основе статистических данных о потреблении в прошлые периоды времени (см. п. 6.1). В некоторых случаях прогнозирование потребления запаса строится без учета статистики, например при вводе на рынок принципиально нового продукта или при выходе с известным продуктом на принципиально новый рынок. В период экономической и политической перестройки часто не удается воспользоваться статистической информацией. Поэтому обработка статистики требует значительного времени. При его отсутствии приходится искать методы прогнозирования, опирающиеся не на количественную, а на качественную информацию.

Во всех перечисленных примерах для прогнозирования потребности в запасе требуется прибегать к методам, которые основываются на опыте и интуиции специалистов, или к методу экспертных оценок.

Методом экспертных оценок называют описательные, качественные, приближительные, а также количественные оценки процессов или явлений, не поддающихся в принципе или в данной ситуации непосредственному измерению. В результате использования метода экспертной оценки выявляются субъективные мнения экспертов и на их основе определяются объективные оценки прогноза. Метод экспертных оценок основывается на следующих гипотезах:

- 1) эксперт является качественным источником информации;
- 2) групповое мнение экспертов близко к истинному решению проблемы.

При прогнозировании потребности в запасе методы экспертных оценок в своем классическом виде применяются довольно редко. Так как экспертные методы занимают рабочее время квалифицированных специалистов, их использование требует больших затрат. Кроме того, экспертные методы требуют длительной процедуры получения и обработки экспертных оценок. Тем не менее остановимся на кратком обзоре содержания экспертного оценивания в общем виде.

6.2.1. Этапы экспертного оценивания

Метод экспертных оценок включает несколько этапов (рис. 6.25).



Рис. 6.25. Этапы использования метода экспертных оценок

Последовательность этапов метода экспертных оценок во времени приведена на рис. 6.26.

Рассмотрим содержание каждого этапа метода экспертных оценок подробнее.

а. Разработка программы экспертного оценивания

Разработка программы экспертного оценивания — первый этап организации работ по применению экспертных оценок. В этом документе формулируются цель работы экспертов и основные по-

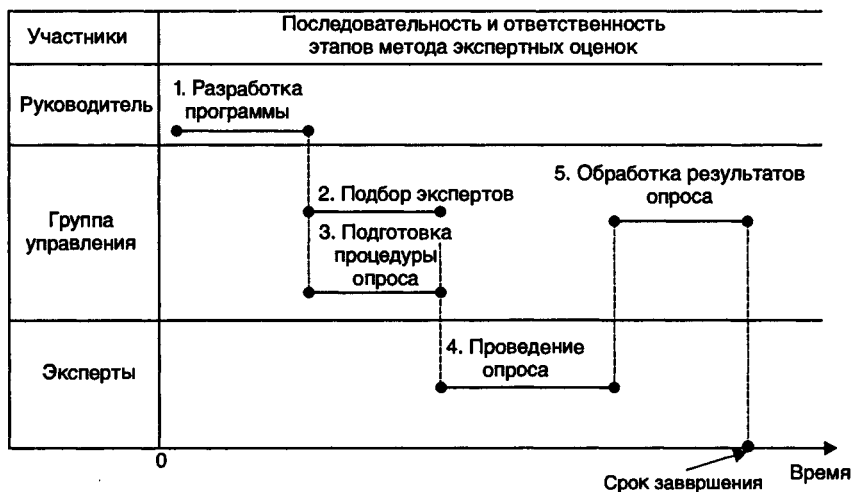


Рис. 6.26. Последовательность и ответственность выполнения этапов метода экспертных оценок

ложения ее выполнения. В программе должны быть отражены следующие вопросы:

- постановка цели экспертного опроса;
- сроки выполнения работ;
- задачи и состав группы управления;
- обязанности и права группы управления;
- финансовое и материальное обеспечение работ.

Для подготовки программы экспертного оценивания и руководства всей работой назначается руководитель экспертизы. На него возлагается формирование группы управления опросом и ответственность за организацию ее работы.

в. Подбор экспертов

Подбор экспертов — второй этап применения метода экспертных оценок. Подбор экспертов ведет группа управления опросом. Эта процедура включает несколько шагов:

- уяснение задачи;
- определение круга областей деятельности, связанных с задачей;
- определение состава экспертов по каждой области деятельности;
- определение числа экспертов в группе;
- составление предварительного списка экспертов с учетом их местонахождения;
- анализ квалификации экспертов и уточнение списка экспертов в группе;
- получение согласия экспертов участвовать в работе;
- составление окончательного списка экспертной группы.

Общим требованием при формировании группы экспертов является эффективность решения поставленной задачи. Как и любой показатель эффективности, *эффективность решения* задачи экспертами определяется как отношение а) результата экспертных оценок к б) затратам на проведение экспертной оценки. В качестве результата решения экспертами задачи выступает достоверность экспертизы, т.е. точность предсказания будущего реального процесса. Таким образом, можно сказать, что эффективность решения экспертами задачи представляет собой отношение достоверности результатов экспертизы и затрат на ее проведение:

$$\text{Эффективность решения} = \frac{\text{Достоверность экспертного оценивания}}{\text{Затраты на проведение экспертизы}}$$

Достоверность экспертного оценивания может быть определена только путем оценки соответствия экспертного прогноза характеристикам реального процесса. Экспертные оценки прогнозирования будущей потребности в запасе проводятся, как правило, регулярно с одним и тем же составом экспертов. В результате этого имеется возможность накапливать статистические данные о реально заявленных потребностях в запасах и рассчитывать показатели достоверности работы группы экспертов. Оценка точности прогнозирования группы экспертов определяется по классическим показателям точности прогноза (см. п. 6.4).

Затраты на проведение экспертизы могут быть ограниченными. Это оказывает влияние на максимальное число экспертов в группе и, следовательно, на достоверность получаемого решения. Возможно снижение достоверности результатов и увеличение расходов на оплату экспертов.

с. Подготовка процедуры опроса

Подготовка процедуры опроса ведется параллельно с формированием группы экспертов группой управления. При разработке процедуры опроса определяются:

- место и время опроса;
- число и задачи туров опроса;
- форма опроса;
- порядок фиксации и сбора результатов;
- состав необходимых для работы экспертов документов.

Важным вопросом является определение формы проведения опроса. Известен спектр методов проведения опроса. Выбор той или иной формы опроса определяется многими факторами, например:

- целью и задачами экспертизы;
- существом и сложностью анализируемой проблемы;
- полнотой и достоверностью исходной информации;
- требуемым объемом и уровнем достоверности информации, получаемой в результате опроса;
- временем на опрос и экспертизу в целом;
- допустимой стоимостью опроса и экспертизы в целом;
- числом экспертов и членов группы управления;
- квалификацией экспертов и членов группы управления.

К основным методам проведения опроса относятся: анкетирование, интервьюирование и групповое обсуждение.

Анкетирование проводится индивидуально и заочно по анкетам закрытого (с заранее указанными вариантами ответов) или открытого (без заранее определенного перечня вариантов ответов) типа. Заполненные анкеты собираются и обрабатываются сотрудниками группы управления (см. рис. 6.26). К преимуществам анкетирования можно отнести: относительную простоту организации; возможность охвата больших групп экспертов и получения количественных результатов после статистической обработки результатов анкетирования.

Недостатками этих методов являются отсутствие гарантии серьезного и заинтересованного заполнения анкеты экспертом и уверенности в том, что вопросы были правильно поняты экспертом, а также возможность субъективной интерпретации экспертом вопросов анкеты и неполнота и частичность ответов как при закрытом, так и при открытом типе анкет.

Интервьюирование проводится членами группы управления (см. рис. 6.26) очно по заранее составленному списку вопросов или в режиме свободного диалога индивидуально или с группой экспертов. Интервьюирование также имеет как сильные, так и слабые стороны. К недостаткам интервьюирования следует прежде всего отнести большую продолжительность опроса экспертов, высокую трудоемкость, а также необходимость достаточного штата работников, проводящих интервью. Преимущества интервьюирования заключаются в полном преодолении недостатков анкетирования.

Групповое обсуждение может быть реализовано несколькими методами. Наиболее часто используются: совещание, дискуссия, мозговой штурм и метод Дельфи. Каждый метод группового обсуждения обладает преимуществами и недостатками. Во многих случаях наибольший эффект дает применение нескольких методов.

Наиболее популярным методом группового обсуждения экспертами является метод Дельфи. Он представляет собой серии анкетирования или интервью экспертов, причем каждая серия анкет или вопросников для интервью разрабатывается на основе обработки результатов предыдущей серии. Главная цель метода Дельфи — составление согласованного членами экспертной группы прогноза.

d. Проведение опроса

В процессе непосредственного проведения опроса экспертов и обработки его результатов группа управления выполняет комплекс

работ в соответствии с разработанным планом, корректируя его по мере необходимости по содержанию, срокам и ресурсам.

Проведение опроса — главный этап совместной работы группы управления и экспертов. Основным содержанием опроса являются следующие элементы:

- предъявление вопросов экспертам;
- информационное обеспечение работы экспертов;
- выработка экспертами суждений, оценок, предложений;
- сбор результатов работы экспертов.

е. Обработка результатов опроса

Обработка результатов опроса является последним этапом метода экспертных оценок. На этом этапе производятся:

- обработка результатов экспертного оценивания;
- анализ результатов экспертного оценивания;
- составление отчета;
- обсуждение результатов;
- оформление итогов работы;
- ознакомление с результатами экспертизы заинтересованных организаций и лиц.

Исходной информацией для обработки результатов экспертных оценок являются числовые данные, выражающие предпочтения экспертов и содержательное обоснование этих предпочтений. Целью обработки является получение обобщенных данных и новой информации, содержащейся в скрытой форме в экспертных оценках.

Имеются разнообразные методы обработки экспертных оценок. Одним из простейших методов является получение групповой экспертной оценки путем суммирования индивидуальных оценок экспертов, скорректированных по коэффициенту компетентности эксперта. Расчет коэффициентов компетентности эксперта, в свою очередь, также может быть проведен по нескольким методикам, эффективность которых зависит от сферы применения метода.

6.2.2. Использование экспертных оценок при прогнозировании потребности в запасе

Как видно из приведенного в подп. 6.2.1 обзора содержания классического метода экспертной оценки, его реализация в рамках управления запасами может потребовать значительных затрат времени и средств. Это приводит к упрощению процедуры использования экспертных методов при прогнозировании потребности в

запасе. Эти упрощения касаются всех этапов метода экспертной оценки.

Наиболее существенно изменение статуса экспертов. В классическом виде эксперт представляет собой лицо, не связанное лично или должностными обязанностями ни с организацией, проводящей экспертное оценивание, ни с обсуждаемым вопросом. Это условие существенно для гарантии отсутствия личной заинтересованности эксперта в получаемом результате и для обеспечения объективности суждения эксперта. Такое положение привело к созданию специального института экспертов. При прогнозировании потребности в запасе в качестве экспертов могут выступать следующие лица:

- специалисты отдела логистики (или иного подразделения), непосредственно работающие с запасами;
- специалисты отдела продаж и маркетинга, непосредственно контактирующие с потребителями и хорошо осведомленные о планах заказчиков на будущее;
- руководители служб или отделов логистики, закупок, производства, продаж, маркетинга;
- потребители;
- внешние консультанты.

Другими словами, при прогнозировании потребности в запасе в качестве экспертов могут привлекаться (кроме последнего пункта списка) специалисты, непосредственно связанные с процессом управления запасом в данной организации. Это позволяет существенно сократить процедуру экспертного оценивания, проводить ее «в рабочем порядке». С одной стороны, такое упрощение может привести к снижению достоверности результатов экспертного оценивания, но, с другой стороны, повышает оперативность принятия решения и снижает затраты на проведение экспертизы. Следует иметь в виду, что получаемые при такой системе результаты имеют ярко выраженный субъективный характер, так как специалисты могут иметь личные предпочтения.

6.3. Комбинированный подход к прогнозированию потребности в запасе

Комбинированный подход к прогнозированию потребности в запасе представляет собой сочетание прогнозирования на основе статистических данных (см. п. 6.1) и экспертных оценок. Такое

сочетание позволяет избежать недостатков каждого из двух предыдущих подходов и использовать их преимущества.

Фактически комбинированный подход вызван несостоятельностью методов прогнозирования потребности, опирающихся на статистические данные. Чем более динамично и разнообразно развиваются рынок и цепи поставок, тем сильнее влияют неформализуемые факторы на характеристики конечного спроса и, следовательно, на потребность в запасе отдельных звеньев цепей поставок. Для повышения точности прогнозирования необходимо дополнять результаты статистической обработки данных прошлых периодов экспертными оценками новых тенденций.

Комбинирование подходов может дать следующие варианты.

I. Рассчитываемые автоматически по временным рядам с учетом сезонности и тенденциозности спроса (см. подп. 6.1.1) краткосрочные прогнозы потребления ежедневно (еженедельно) корректируются на основе экспертной оценки ведущего специалиста.

II. Рассчитанные автоматически по временным рядам с учетом сезонности и тенденциозности спроса (см. подп. 6.1.1) прогнозы ежемесячно корректируются по результатам группового обсуждения на совещаниях ведущих специалистов и руководителей подразделений (служб), связанных с управлением запасами (см. п. 2.2 и табл. 4.1).

III. Рассчитанные автоматически по временным рядам с учетом сезонности и тенденциозности спроса прогнозы ежеквартально корректируются по результатам группового обсуждения на совещаниях ведущих специалистов и руководителей подразделений (служб), связанных по цепям поставок организаций.

Вопросы для самопроверки к подразделам 6.2, 6.3

1. Приведите примеры, когда статистические данные не могут быть использованы при составлении прогноза потребления.
2. Что называется методом экспертных оценок?
3. Что в общем случае должно стать результатом метода экспертных оценок?
4. По каким причинам классические формы метода экспертных оценок редко используются при прогнозировании потребности в запасе?
5. Перечислите этапы использования метода экспертных оценок. Поясните последовательность их выполнения.
6. В чем состоит содержание программы экспертного оценивания?
7. Кто разрабатывает программу экспертного оценивания?

8. В чем состоят обязанности группы управления опросом?
9. Перечислите шаги подбора группы экспертов.
10. Как определяется эффективность решения экспертами задачи?
11. Как рассчитывается достоверность экспертного оценивания?
12. Какие основные статьи могут быть включены в состав затрат на проведение экспертизы?
13. Какие вопросы решаются при подготовке процедуры опроса?
14. Что определяет форму экспертного опроса?
15. Назовите основные методы проведения опроса.
16. Что такое анкета открытого (закрытого) типа?
17. Назовите основные достоинства анкетирования экспертов.
18. Назовите основные недостатки анкетирования.
19. Опишите порядок проведения интервьюирования экспертов.
20. Кто проводит интервьюирование экспертов?
21. Перечислите недостатки и преимущества интервьюирования по сравнению с анкетированием.
22. Какие методы группового обсуждения вы знаете?
23. В чем состоит метод Дельфи?
24. Перечислите основные элементы опроса экспертов.
25. Какие виды работ выполняются на этапе обработки результатов экспертного опроса?
26. Какова цель обработки результатов экспертного опроса?
27. Как может быть получена групповая экспертная оценка?
28. Кто может выступать в качестве эксперта при прогнозировании потребности в запасе?
29. Каково содержание комбинированного подхода к прогнозированию потребности в запасе?
30. Опишите некоторые варианты комбинирования подходов к прогнозированию потребности в запасе.

6.4. Оценка и анализ точности прогноза потребности в запасе

1) Прогнозирование потребности в запасе, выполняемое на основе имеющейся статистики (см. п. 6.1), экспертных оценок (см. п. 6.2) или комбинацией этих двух подходов (см. п. 6.3), требует отслеживания точности полученных данных. Для того чтобы прогноз позволял строить корректные планы потребления и отгру-

зок запаса, следует обеспечить контроль ошибки прогнозирования и механизм совершенствования техники его проведения. Таким образом, можно выделить 3 этапа работы с прогнозами потребности в запасе (рис. 6.27).

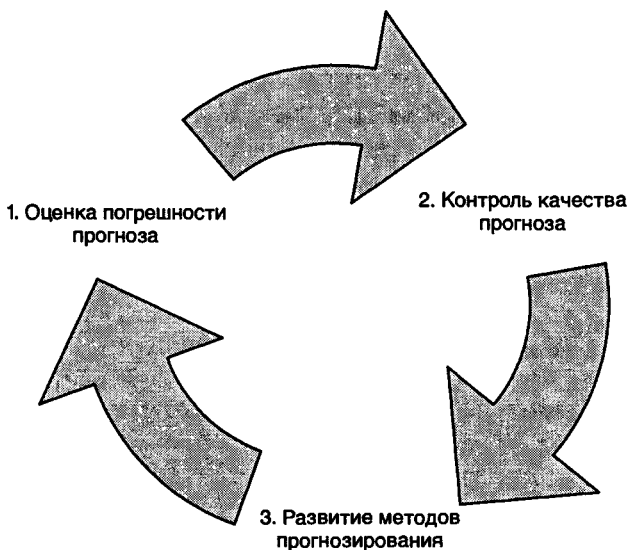


Рис. 6.27. Этапы работы с прогнозами потребности в запасе

6.4.1. Оценка точности прогноза

Первый этап работы с прогнозами потребности в запасе — оценка точности прогноза — может проводиться несколькими методами. Рассмотрим различные способы оценок точности на примере прогноза, полученного путем экспоненциального сглаживания при константе сглаживания $a = 0,2$ и $a = 0,8$ (см. табл. 6.6).

Ошибка прогноза — разница между фактическим и предсказанным значениями:

$$M_t = F_t - P_t, \quad (6.18)$$

где M_t — ошибка прогноза на период t , единиц; F_t — фактическое значение объема потребности в запасе в периоде t , единиц; P_t — прогноз потребления запаса в периоде t , единиц.

В столбцах 4 и 7 табл. 6.11 представлен результат расчета ошибки прогноза потребности в запасе по месяцам года. В январе ошибка прогноза рассчитана следующим образом (см. (6.18)):

Таблица 6.11

Оценка точности прогноза по абсолютным показателям

Месяц	Фактические отгрузки	Оценка прогноза потребности методом экспоненциального сглаживания при $\alpha = 0,8$		Оценка прогноза потребности методом экспоненциального сглаживания при $\alpha = 0,2$		
		Прогноз потребности	Ошибка прогноза	Прогноз потребности	Ошибка прогноза	Квадрат ошибки прогноза
Январь	17 244	—	—	—	—	—
Февраль	57 187	—	—	—	—	—
Март	48 504	53 823	-5319	53 823	-5319,00	2 8291 761
Апрель	58 647	49 581	9066	52 773	5874,00	34 503 876
Май	45 477	54 740	-9263	51 380	-5903,00	34 845 409
Июнь	23 833	52 074	-28 241	55 220	-31 387,00	985 143 769
Июль	21 730	26 820	-5090	44 500	-22 770,00	518 472 900
Август	65 289	26 174	39 115	45 954	19 335,00	373 842 225
Сентябрь	46 663	54 978	-8315	47 674	-1011,00	1 022 121
Октябрь	45 344	46 158	-814	45 318	26,00	676
Ноябрь	31 497	45 528	-14 031	45 339	-13 842,00	191 600 964
Декабрь	13 714	34 314	-20 600	42 588	-28 874,00	833 707 876
Итого	—	—	2578	—	-786,67	618 844,444
Средняя ошибка прогноза	—	—	214,85	—	-65,56	—
Абсолютная ошибка прогноза	—	—	214285	—	208772	—
Средняя абсолютная ошибка	—	—	17 857,08	—	17 397,67	—
Среднее квадрата ошибки	—	—	618 951 998,09	—	—	597 194 552,91
Стандартное отклонение ошибки	—	—	24 878,75	—	—	24 437,56

при $a = 0,8$: $48504 - 53823 = -5319$;

при $a = 0,2$: $48504 - 53823 = -5319$.

(6.19)

В апреле ошибка прогноза, соответственно, равна:

при $a = 0,8$: $58647 - 49581 = 9066$;

при $a = 0,2$: $58647 - 52773 = 5874$.

(6.20)

Значение ошибки прогноза может быть отрицательным, когда прогноз завышен, как в приведенных выше расчетах по марту (см. (6.19)), или положительным, когда прогноз потребления занижен (как в приведенных выше расчетах по апрелю (см. (6.20))).

Так как ошибки прогноза потребностей по месяцам имеют различные знаки, ошибка прогноза за год (см. строку «Итого», столбцы 4 и 7 табл. 6.11) нивелирует различия ошибок прогноза по месяцам. Завышенные и заниженные ошибки прогноза потребности по месяцам взаимно погашаются, что скрывает существенную погрешность прогнозирования в обоих случаях.

Средняя ошибка прогноза рассчитывается следующим образом:

$$\bar{M} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{n}, \quad (6.21)$$

где \bar{M} — средняя ошибка прогноза, единиц; M_i — ошибка прогноза за период t , единиц; n — число рассматриваемых периодов.

По оценкам средней ошибки прогноза потребности в запасе (табл. 6.11, см. строка «Средняя ошибка прогноза», столбцы 4 и 7) видно, что константа сглаживания $a = 0,2$ дает более точное значение, чем константа $a = 0,8$: $214,85 > -65,56$.

Избежать недостатка метода оценки точности по средней ошибке позволяет использование показателя *абсолютной ошибки прогноза*, которая рассчитывается по следующей формуле:

$$M_a = \sum_{i=1}^n |F_i - P_i|, \quad (6.22)$$

где M_a — абсолютная ошибка прогноза, единиц; n — число рассматриваемых периодов; F_i — фактическое значение объема потребности в запасе в периоде i , единиц; P_i — прогноз потребления запаса в периоде i , единиц.

Сумма модулей ошибки прогноза по месяцам (см. строка «Абсолютная ошибка прогноза» и столбцы 4 и 7 табл. 6.11) показывает, что абсолютная ошибка прогноза с константой сглаживания

$a = 0,2$ ниже, чем с константой сглаживания $a = 0,8$: $208\ 772 < < 214\ 285$.

Средняя абсолютная ошибка прогноза потребности в запасе за год рассчитывается с учетом количества месяцев по формуле

$$\bar{M}_a = \frac{\sum_{i=1}^n |F_i - P_i|}{n}, \quad (6.23)$$

где \bar{M}_a — средняя абсолютная ошибка прогноза, единиц; n — число рассматриваемых периодов; F_i — фактическое значение объема потребности в запасе в периоде i , единиц; P_i — прогноз потребления запаса в периоде i , единиц.

Средняя в месяц абсолютная ошибка прогноза по рассматриваемому примеру в табл. 6.11 для коэффициента сглаживания $a = 0,8$ равна (см. строку «Средняя абсолютная ошибка», столбец 4 и (6.23)) $214285 / 12 = 17857,08$; для коэффициента сглаживания $a = 0,2$ (см. столбец 7) — $208772 / 12 = 17397,67$. Как и по предыдущим оценкам точности, коэффициент сглаживания $a = 0,2$ дает более точный результат прогноза, чем коэффициент сглаживания $a = 0,8$.

Метод оценки точности прогноза по абсолютным отклонениям фактического и прогнозного объемов потребности в запасе придает равные веса и серьезным, и незначительным отклонениям. Избежать этого недостатка позволяет среднее квадрата ошибки:

$$\bar{M}_k = \frac{\sum_{i=1}^n (F_i - P_i)^2}{n-1}, \quad (6.24)$$

где \bar{M}_k — среднее квадрата ошибки прогноза, единиц²; n — число рассматриваемых периодов; F_i — фактическое значение объема потребности в запасе в периоде i , единиц; P_i — прогноз потребления запаса в периоде i , единиц.

В табл. 6.11 приведен результат расчета среднего квадрата ошибки прогноза при коэффициенте сглаживания $a = 0,8$ (см. столбец 4) и $a = 0,2$ (см. столбец 7). Из сравнения результатов видно, что точность прогноза при $a = 0,2$ выше, чем при $a = 0,8$: $618\ 951\ 998,09 > 597\ 194\ 552,91$. **Стандартное отклонение** рассчитывается как корень квадратный из значения среднего квадрата ошибки:

$$M_{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (F_i - P_i)^2}{n-1}}, \quad (6.25)$$

где M_{σ} — стандартное отклонение ошибки прогноза, единиц; n — число рассматриваемых периодов; F_i — фактическое значение объема потребности в запасе в периоде i , единиц; P_i — прогноз потребления запаса в периоде i , единиц.

Результаты расчета стандартного отклонения ошибки прогноза представлены в табл. 6.11 в строке «Стандартное отклонение ошибки» и в столбцах 4 и 7.

Показатели средней, абсолютной средней и квадратичной оценки точности прогноза (см. (6.18)—(6.25)) не отражают долю изменения потребности в запасе по отношению к масштабу прогноза. Например, для данных табл. 6.11 отклонение фактической потребности в запасе от прогнозируемой на 100 единиц или на 10 000 единиц даст одинаковую оценку ошибки прогноза. Для отражения доли отклонения фактического значения потребности от прогнозируемого используются относительные показатели ошибки прогноза. **Относительная ошибка прогноза** рассчитывается по следующей формуле:

$$M_{oi} = \frac{|F_i - P_i|}{P_i} 100, \quad (6.26)$$

где M_{oi} — относительная ошибка прогноза в периоде i , %; F_i — фактическое значение объема потребности в запасе в периоде i , единиц; P_i — прогноз потребления запаса в периоде i , единиц.

В табл. 6.12 приведены результаты расчета относительной ошибки прогноза по месяцам (см. столбцы 5 и 9). Для марта относительная ошибка рассчитана так:

$$\text{для } a = 0,8 \text{ и } a = 0,2 : |5319| / 53283 \cdot 100 = 9,88.$$

Для апреля относительная ошибка равна:

$$\text{для } a = 0,8 : |9066| / 49581 \cdot 100 = 18,29;$$

$$\text{для } a = 0,2 : |5874| / 52773 \cdot 100 = 11,13 \text{ и т.д.}$$

Средняя относительная ошибка прогноза потребности в запасе рассчитывается с учетом количества сделанных прогнозов следующим образом:

Таблица 6.12

Оценка точности прогноза по относительным показателям

Месяц	Фактические отгрузки	Оценка прогноза потребности методом экспоненциального сглаживания при $\alpha = 0,8$				Оценка прогноза потребности методом экспоненциального сглаживания при $\alpha = 0,2$			
		Прогноз потребности	Ошибка прогноза	Относительная ошибка	Относительная ошибка — вариант	Прогноз потребности	Ошибка прогноза	Относительная ошибка	Относительная ошибка — вариант
Январь	17 244	—	—	—	—	—	—	—	
Февраль	57 187	—	—	—	—	—	—	—	
Март	48 504	53823	-5319	9,88	10,97	53823	-5319,00	9,88	
Апрель	58 647	49581	9066	18,29	18,29	52773	5874,00	11,13	
Май	45 477	54740	-9263	16,92	20,37	51380	-5903,00	11,49	
Июнь	23 833	52074	-28 241	54,23	118,50	55220	-31 387,00	56,84	
Июль	21 730	26820	-5090	18,98	23,42	44500	-22 770,00	51,17	
Август	65 289	26174	39 115	149,44	149,44	45954	19 335,00	42,07	
Сентябрь	46 663	54978	-8315	15,12	17,82	47674	-1011,00	2,12	
Октябрь	45 344	46158	-814	1,76	1,80	45318	26,00	0,06	
Ноябрь	31 497	45528	-14 031	30,82	44,55	45339	-13842,00	30,53	
Декабрь	13 714	34314	-20 600	60,03	150,21	42588	-28 874,00	67,80	
Средняя ошибка	—	—	—	37,55	55,54	—	—	28,31	

$$\bar{M}_o = \frac{\sum_{i=1}^n |F_i - P_i|}{n \sum_{i=1}^n P_i} 100, \quad (6.27)$$

где \bar{M}_o — средняя относительная ошибка прогноза, %; n — число рассматриваемых периодов; F_i — фактическое значение объема потребности в запасе в периоде i , единиц; P_i — прогноз потребления запаса в периоде i , единиц.

Средняя относительная ошибка прогноза для рассматриваемого примера равна (табл. 6.12, строка «Средняя ошибка», столбцы 5 и 9) для $a = 0,8$ — 37,55%, для $a = 0,2$ — 28,31.

Относительную ошибку также можно рассчитывать и по отношению к минимальному из фактического и предполагаемого значений потребности:

$$M_{oi} = \frac{|F_i - P_i|}{\text{MIN}\{F_i; P_i\}} 100, \quad (6.28)$$

где M_{oi} — относительная ошибка прогноза в периоде i , %; F_i — фактическое значение объема потребности в запасе в периоде i , единиц; P_i — прогноз потребления запаса в периоде i , единиц.

В табл. 6.12 приведены результаты расчета второго варианта относительной ошибки прогноза с использованием минимальной величины из фактических и предполагаемых отгрузок. В марте, например, для $a = 0,8$ и $a = 0,2$ эта величина составила (см. столбцы 6 и 10)

$$|5319| / 48\,504 \cdot 100 = 10,98.$$

В апреле эта относительная ошибка рассчитана следующим образом:

$$\text{для } a = 0,8 : |9066| / 49\,581 \cdot 100 = 18,29;$$

$$\text{для } a = 0,2 : |5874| / 52\,773 \cdot 100 = 11,13.$$

Средняя относительная ошибка прогноза потребления запаса для варианта расчета (6.28) определяется по следующей формуле:

$$\bar{M}_o = \frac{\sum_{i=1}^n |F_i - P_i|}{n \sum_{i=1}^n \text{MIN}\{F_i; P_i\}} \cdot 100, \quad (6.29)$$

где \bar{M}_o — средняя относительная ошибка прогноза, %; n — число рассматриваемых периодов; F_i — фактическое значение объема потребности в запасе в периоде i , единиц; P_i — прогноз потребления запаса в периоде i , единиц.

В табл. 6.12 приведены результаты расчета средней относительной ошибки по второму варианту относительной ошибки прогноза с использованием минимальной величины из фактических и предполагаемых отгрузок. В марте, например, для $a = 0,8$ и $a = 0,2$ эта величина составила (см. строку «Средняя ошибка», столбцы 6 и 10), соответственно, 55,54 и 57,03.

Таким образом, коэффициент сглаживания $a = 0,2$ может использоваться для прогнозирования потребности в запасе рассматриваемого примера как наиболее надежный.

6.4.2. Контроль качества прогноза

Ошибки точности прогноза (см. подп. 6.4.1) необходимо контролировать, чтобы прогноз потребности позволял правильно организовывать деятельность по управлению запасами. Контроль прогноза потребления можно вести различными методами. Рассмотрим один из наиболее простых приемов контроля ошибки прогноза — *метод контрольного графика*. Этот метод основан на определяемых заранее величинах контрольных границ, в пределах которых ошибка прогноза определяется случайными факторами. Метод основан на том, что распределение ошибок прогноза описывается нормальным законом распределения вероятностей, а ошибки прогноза произвольно распределяются вокруг нулевого значения.

Для нормального закона распределения вероятностей приблизительно 95% ошибок прогноза должны попасть в пределы ± 2 стандартных отклонения. Стандартное отклонение для ошибок прогноза для рассматриваемого примера приведено в табл. 6.11 в последней строке «Стандартное отклонение». Остановимся на контроле ошибок прогнозирования для коэффициента сглаживания $a = 0,2$, который по результатам анализа ошибок прогноза должен быть отобран как наиболее надежный (см. предыдущий параграф). Стандартное отклонение ошибки прогноза при этом равно

24 437,56, или приблизительно 25 000 единиц. Рассмотрим, каким образом ошибки прогнозирования потребности по месяцам распределены в границах $\pm 25\ 000$ единиц. Динамика ошибок прогноза представлена на рис. 6.28. Контрольный график ошибок прогноза показывает, что абсолютное большинство случаев наличия ошибок прогнозирования находится в рамках установленных контрольных границ. Следовательно, прогноз можно считать адекватным. В противном случае техника прогнозирования требовала бы изменения.

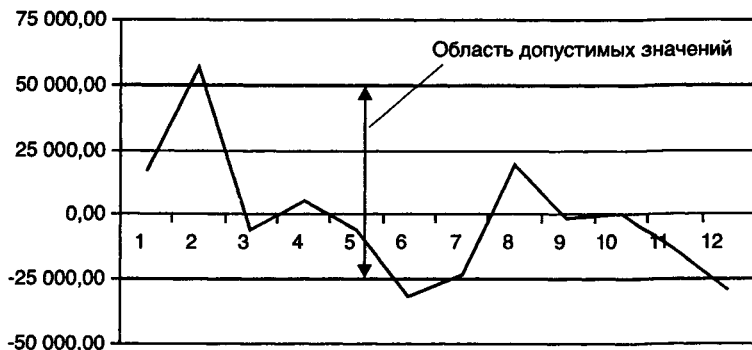


Рис. 6.28. Контрольный график ошибок прогноза потребности в запасе

В то же время следует отметить, что в рамках контрольных границ ошибки прогноза имеют явно выраженную циклическую тенденцию, повторяющую форму сезонной потребности в запасе (ср. рис. 6.28 и 6.29).

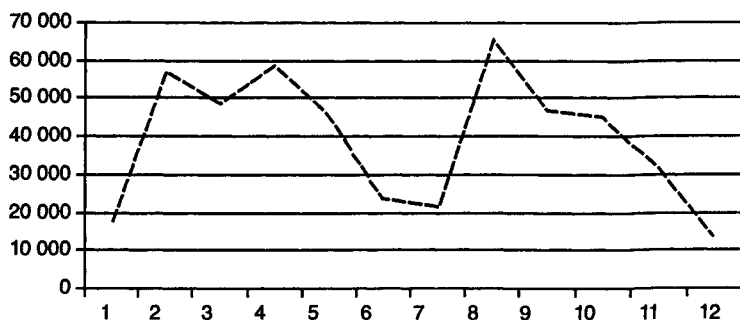


Рис. 6.29. Динамика потребности в запасе по месяцам

Обнаружение закономерности распределения ошибок прогноза на контрольном графике в контрольных границах указывает на то, что ошибка прогноза является предсказуемой, а не случайной. Следовательно, прогноз можно улучшить. В данном случае очевидно, что ошибка прогнозирования растет с ростом объема потребности и уменьшается с его сокращением.

Основные формулы к подразделу 6.4

№ n/n	Показатель	Расчет	Условные обозначения
1	Ошибка прогноза, единиц	$M_t = F_t - P_t$	F_t – фактическое значение объема потребности в запасе в периоде t , единиц; P_t – прогноз потребления запаса в периоде t , единиц
2	Средняя ошибка прогноза, единиц	$\bar{M} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{n}$	M_t – ошибка прогноза на период t , единиц; n – число рассматриваемых периодов
3	Абсолютная ошибка прогноза, единиц	$M_a = \sum_{i=1}^n F_i - P_i $	n – число рассматриваемых периодов; F_i – фактическое значение объема потребности в запасе в периоде i , единиц; P_i – прогноз потребления запаса в периоде i , единиц
4	Средняя абсолютная ошибка прогноза, единиц	$\bar{M}_a = \frac{\sum_{i=1}^n F_i - P_i }{n}$	n – число рассматриваемых периодов; F_i – фактическое значение объема потребности в запасе в периоде i , единиц; P_i – прогноз потребления запаса в периоде i , единиц
5	Среднее квадрата ошибки, единиц ²	$\bar{M}_k = \frac{\sum_{i=1}^n (F_i - P_i)^2}{n-1}$	n – число рассматриваемых периодов; F_i – фактическое значение объема потребности в запасе в периоде i , единиц; P_i – прогноз потребления запаса в периоде i , единиц

№ n/n	Показатель	Расчет	Условные обозначения
6	Стандартное отклонение ошибки прогноза, единиц	$M_{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (F_i - P_i)^2}{n-1}}$	n – число рассматриваемых периодов; F_i – фактическое значение объема потребности в запасе в периоде i , единиц; P_i – прогноз потребления запаса в периоде i , единиц
7	Относительная ошибка, %	$M_o = \frac{ F_i - P_i }{P_i} 100$	F_i – фактическое значение объема потребности в запасе в периоде i , единиц; P_i – прогноз потребления запаса в периоде i , единиц
		$M_o = \frac{ F_i - P_i }{\text{MIN}\{F_i; P_i\}} 100$	F_i – фактическое значение объема потребности в запасе в периоде i , единиц; P_i – прогноз потребления запаса в периоде i , единиц
8	Средняя относительная ошибка, %	$\bar{M}_o = \frac{\sum_{i=1}^n F_i - P_i }{n \sum_{i=1}^n P_i} 100$	n – число рассматриваемых периодов; F_i – фактическое значение объема потребности в запасе в периоде i , единиц; P_i – прогноз потребления запаса в периоде i , единиц
		$\bar{M}_o = \frac{\sum_{i=1}^n F_i - P_i }{n \sum_{i=1}^n \text{MIN}\{F_i; P_i\}} 100$	

Вопросы для самопроверки к подразделу 6.4

1. В каких целях требуется отслеживать точность прогноза потребности в запасе?
2. Перечислите этапы работы с прогнозами потребности.
3. Что такое ошибка прогноза? Как она рассчитывается? При решении каких задач она может быть использована?
4. О чем говорят положительные и отрицательные значения ошибок прогноза?
5. В чем состоит основной недостаток метода ошибки прогноза для получения выводов о качестве используемых методов?
6. Как можно рассчитать среднюю ошибку прогнозирования за длительный период?

7. Чем абсолютная ошибка прогноза отличается от простой ошибки прогноза? В чем ее главное преимущество?
8. Что показывает средняя абсолютная ошибка прогноза потребности?
9. Что показывает стандартное отклонение ошибки прогноза?
10. Какие варианты расчета относительной ошибки прогноза вы знаете?
11. Для решения каких задач используется средняя относительная ошибка прогноза?
12. В чем заключается метод контрольного графика при анализе ошибки прогноза потребности?
13. Для какого закона распределения вероятностей верны основные предположения метода контрольного графика?
14. На что указывает наличие ошибок прогноза за пределами контрольных границ контрольного графика?
15. Какими факторами объясняются ошибки прогноза, находящиеся в контрольных границах графика анализа ошибок прогнозирования?
16. О чем свидетельствует наличие закономерностей распределения ошибок прогнозирования в контрольных границах контрольного графика?
17. Как можно прогнозировать ошибки прогнозирования?
18. При каких условиях необходимо изменение методов прогнозирования?

Список дополнительной литературы к главе 6

1. *Бауэрсокс Д. Дж., Клосс Д. Дж.* Логистика: Интегрированная цепь поставок. М.: Олимп-Бизнес, 2001.
2. *Джонсон Дж.* и др. Современная логистика. 7-е изд.: Пер. с англ. М.: Вильямс, 2002.
3. *Линдерс М.Р., Харольд Е.Ф.* Управление снабжением и запасами. Логистика: Пер. с англ. СПб.: Полигон, 1999.
4. *Степанов В.И.* Логистика: Учебник. М.: ТК Велби: Проспект, 2006.
5. *Стивенсон В.Дж.* Управление производством. М.: Лаборатория базовых знаний, 1998.
6. *Чейз Р.Б.* и др. Производственный и операционный менеджмент. 8-е изд.: Пер. с англ. М.: Вильямс, 2001.
7. *Шрайбфедер Дж.* Эффективное управление запасами. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005.

ГЛАВА 7

ЗАТРАТЫ, СВЯЗАННЫЕ С ЗАПАСАМИ В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК

7.1. Роль и состав затрат, связанных с запасами

В процедуре разработки алгоритма управления запасами (см. п. 4.1) определение состава затрат, связанных с запасами, стоит на втором месте после завершения составления прогноза (плана) потребности в запасе на будущий период (см. рис. 4.1, 4.2 и главы 5–6). Этот этап процедуры позволяет определить значения ключевых составляющих критерия оптимизации уровня запаса. Его результат оказывает принципиально важное влияние на результаты последующих этапов разработки алгоритма управления запасами и на качество управления запасами в целом.

Затраты, связанные с запасами, в своем стоимостном измерении представляют собой часть логистических издержек. Они являются главной составляющей частью издержек на логистику. В среднем затраты на запасы составляют от 12 до 40% совокупных логистических затрат. При этом производственные предприятия имеют более низкий уровень этого показателя, а оптовые и розничные компании — довольно высокий удельный вес затрат, связанных с запасами (до 50%).

Затраты, связанные с запасами, включают (рис. 7.1):

1. Затраты на закупку.
2. Затраты на пополнение запаса.
3. Затраты на содержание запаса.

Затраты на закупку запаса — расходы финансовых ресурсов на непосредственную закупку товарно-материальных ценностей запаса у поставщика. Вопросы расчета этих затрат рассмотрены в подп. 7.1.1.

Затраты на пополнение запаса представляют собой расходы материальных, финансовых, информационных, трудовых и других видов ресурсов, необходимых для обеспечения пополнения запаса. Они включают затраты при планировании, осуществлении и контроле закупки. Состав работ, использующих эти ресурсы, рассмотрен в подп. 2.2 и главе 4. Затраты на пополнение запаса связаны с деятельностью подразделений, участвующих в принятии и реализации решений о пополнении запаса в целях обеспечения предполагаемой или заявленной потребности. К таким подразде-

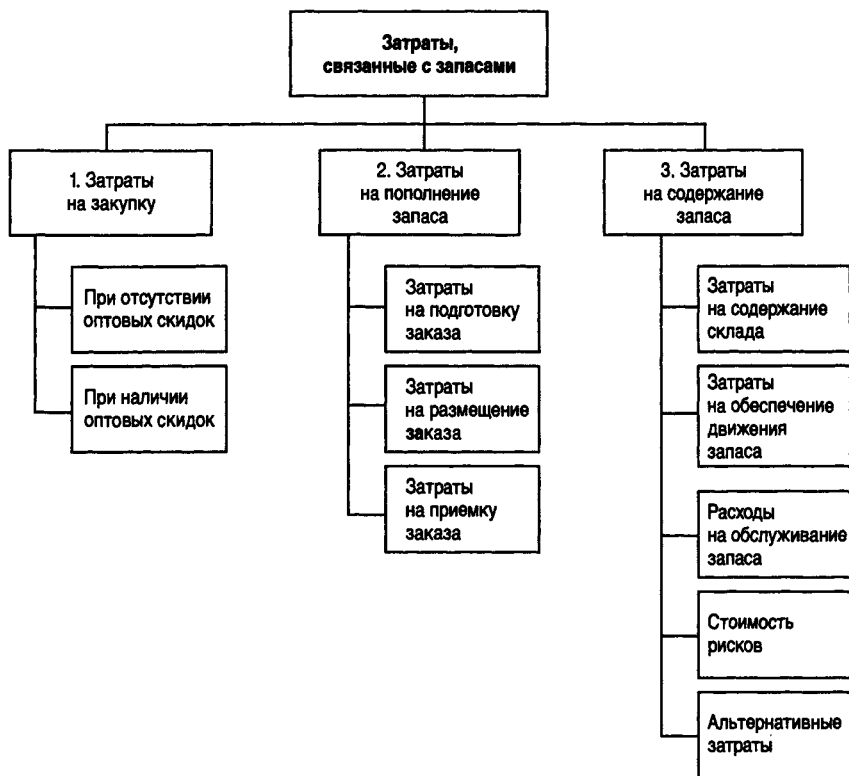


Рис. 7.1. Затраты, связанные с запасами в цепях поставок

лениям относятся отдел маркетинга, продаж (или коммерческий отдел), производственные подразделения, отделы закупок, логистики, информационных технологий, бизнес-аналитики, планово-экономический отдел, управленческого учета, финансов, бухгалтерия и др. (см. табл. 4.1 и 4.2). Состав затрат на пополнение запаса описан в подп. 7.1.2.

Затраты на содержание запаса (*holding (carrying) costs*) представляют собой расходы материальных, финансовых, информационных, трудовых и других видов ресурсов, необходимых для обеспечения сохранности и поддержания качества товарно-материальных ценностей, находящихся в запасе на определенной территории или на транспортном средстве. Состав работ, использующих эти ресурсы, рассмотрен в подп. 2.2 и в главе 4. Затраты на содержание запаса связаны с деятельностью складского хозяйства и транспортного отдела, выполняющих работы непосредственно с физическим запасом. Состав затрат на содержание запаса представлен в подп. 7.1.3.

В отличие от других логистических издержек затраты, связанные с запасами, не находят полного отражения в балансе предприятия и в отчете о прибылях и убытках. Статья «Запасы» находится в разделе активов баланса. Затраты, связанные с запасами, не имеют отдельной статьи отражения. Между тем финансовые средства, вложенные в запасы, отвлекаются от других направлений инвестиций компании. Затраты, связанные с обслуживанием запаса, отрывают финансовые ресурсы от иных видов деятельности. Экономия на запасах, таким образом, существенно отражается на общих результатах бизнеса. Таким образом, затраты, связанные с запасами, оказывают существенное влияние на финансовое положение компании и требуют учета и анализа.

При этом необходимо помнить, что снижение уровня наличных запасов снижает затраты на содержание запаса, но требует увеличения затрат на размещение заказов и транспортные расходы. Следовательно, решение об уровне запаса должно сопровождаться комплексной оценкой изменения связанных с этим решением статей затрат не только в сфере логистики, но и в иных областях деятельности компании.

Определение целевых показателей движения запаса (скорости обращения и времени оборота и др. (см. п. 3.2)), обеспечивающих заданный уровень обслуживания потребителей и заданный уровень рентабельности логистической системы, также имеет связь с затратами и оказывает принципиальное влияние на финансовые результаты работы организации.

Для правильного учета всех аспектов работы с запасами, связанными с финансовыми результатами деятельности компании, необходимо знать состав статей затрат, связанных с запасами (см. подп. 7.1.1 — 7.1.3).

7.1.1. Затраты на закупку

Затраты на закупку (см. рис. 7.1) запаса рассчитываются следующим образом:

$$C_p = C \cdot Q, \quad (7.1)$$

где C_p — затраты на закупку запаса, руб.; C — закупочная цена единицы товара, руб.; Q — размер заказа, единиц.

При отсутствии оптовых скидок (*quantity discounts*) при проведении закупок изменение затрат на закупку имеет прямо пропорциональную зависимость от размера партии закупки (рис. 7.2 и формула (7.1)). В этом случае уровень цены за единицу товара фикс-

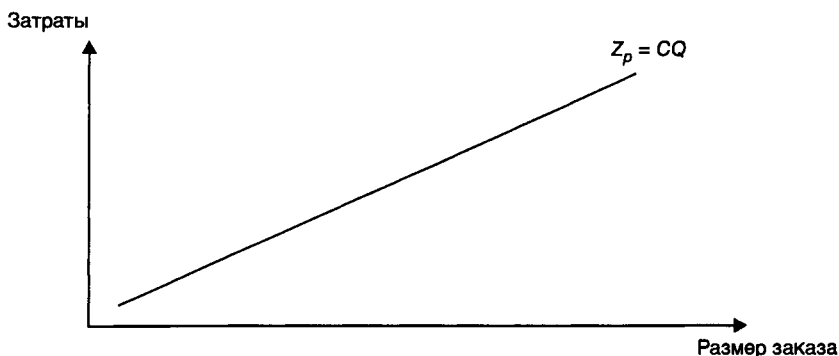


Рис. 7.2. Зависимость затрат на закупку от размера партии при отсутствии оптовых скидок

сирован и не зависит от размера партии закупки (рис. 7.3). При наличии оптовых скидок затраты на закупку меняются дискретно в соответствии со схемой изменения цены, согласованной с поставщиком. Пример схемы изменения цены при наличии оптовых скидок приведен на рис. 7.4. Зависимость затрат на закупку от размера партии закупки при наличии оптовых скидок приведена на рис. 7.5.

Затраты на закупку составляют основную часть капитальных затрат, связанных с запасами. Удельный вес финансовых ресурсов, замороженных в запасе, в общих затратах, связанных с запасами, достаточно велик. В капитальных затратах, как правило, также учитываются альтернативные затраты, формирующиеся в процессе хранения запаса, и прибыль, которая могла быть получена при использовании финансовых ресурсов, вложенных в запас, в иных

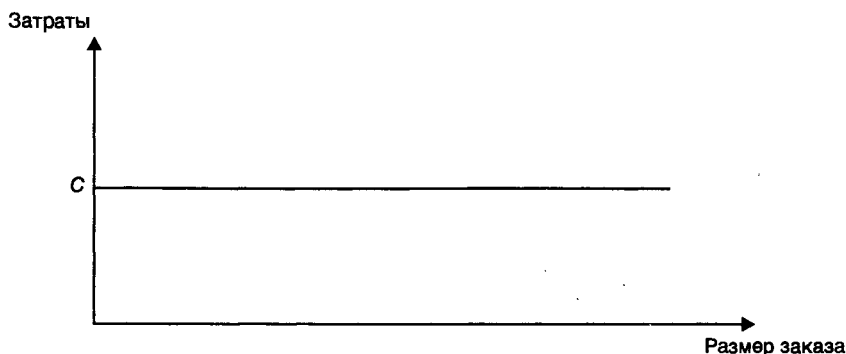


Рис. 7.3. Уровень цены на закупку единицы товара при отсутствии оптовых скидок

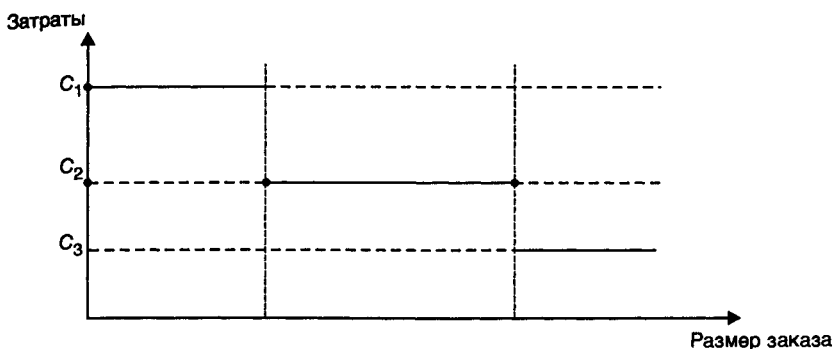


Рис. 7.4. Уровень цены на закупку единицы товара при наличии оптовых скидков

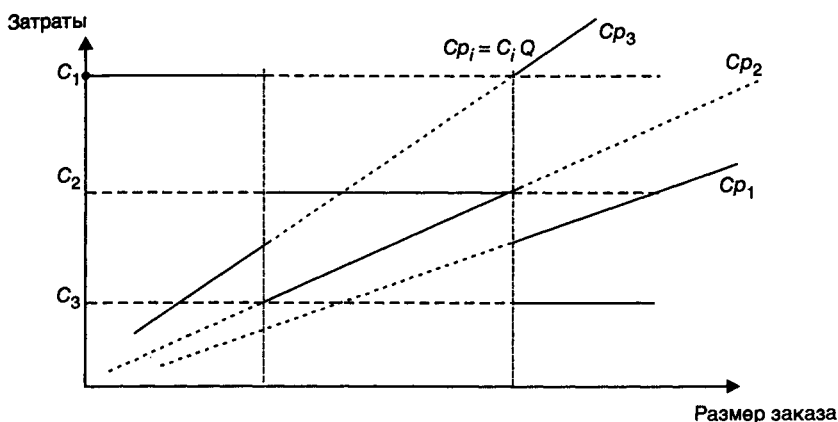


Рис. 7.5. Зависимость затрат на закупку от размера партии при наличии оптовых скидков

целях. Альтернативные затраты относятся к затратам, связанным с содержанием запаса, и рассмотрены в подп. 7.1.3.

7.1.2. Затраты на пополнение запаса

Затраты на пополнение запаса — вторая группа затрат, связанных с запасами (см. рис. 7.1). Затраты на пополнение запаса — расходы материальных, финансовых, информационных, трудовых и других видов ресурсов, необходимых для оформления и получения заказа. Они включают затраты при планировании, осуществлении и контроле закупки.

Если общая потребность в единичный период времени составляет S единиц, а восполнение этой потребности ведется партиями

по Q единиц, то отношение S / Q определяет число заказов в единичный период. Тогда затраты на пополнение запаса составят

$$C_{pz} = S / Q \cdot A, \quad (7.2)$$

где C_{pz} — затраты на пополнение запаса, руб.; S — объем потребности в запасе, единиц; Q — размер заказа, единиц; A — затраты на выполнение одного заказа, руб.

Затраты на выполнение одного заказа A (*ordering costs*) включают постоянные затраты на подготовку, размещение, контроль исполнения и приемку одного заказа. Величина A , как и постоянные затраты, не зависит от объема заказа. Они связаны с процедурой выдачи заказов. В состав затрат на выполнение одного заказа входят, например, затраты на следующие виды работ (рис. 7.6):

на подготовку заказа:

- на анализ статистической информации по движению запаса;
- на поиск поставщика;
- на ведение переговоров;
- представительские расходы;
- на определение нужного объема заказа;
- на оформление заказа;

на пополнение запаса:

- на передачу заказа;
 - на контроль выполнения;
- на приемку заказа:
- на отслеживание процесса транспортировки заказа;
 - на контроль качества поставки;
 - на оформление претензий по качеству при необходимости;
 - на регистрацию полученного заказа в компьютерной системе и пр.

Чем больший размер заказа пополняет запас в единичный период времени, тем реже приходится делать заказ, тем, следовательно, меньше затраты, связанные с пополнением запаса (рис. 7.7).

Затраты на выполнение заказа могут быть определены как отношение общих годовых затрат на содержание отдела, осуществляющего заказы (это может быть отдел закупок или отдел логистики), на число подаваемых за год заказов:

$$A = \frac{O_{op}}{N_Q}, \quad (7.3)$$

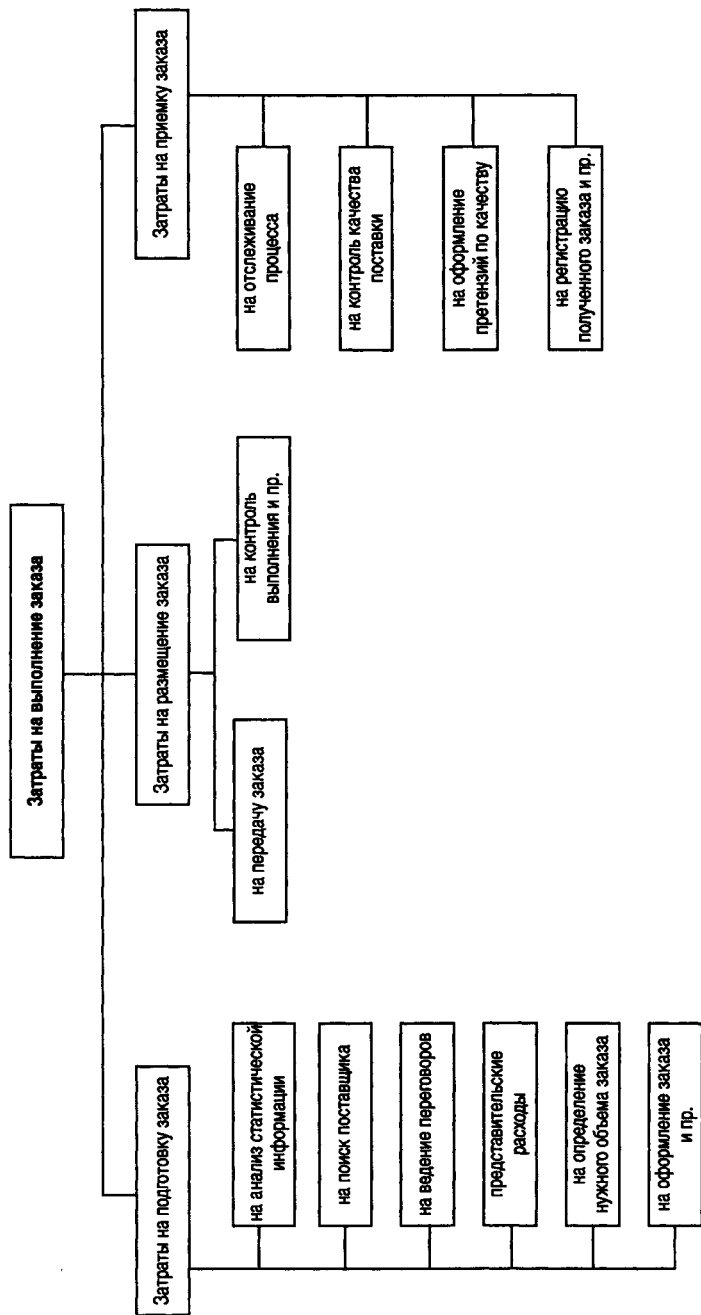


Рис. 7.6. Состав затрат на выполнение заказа

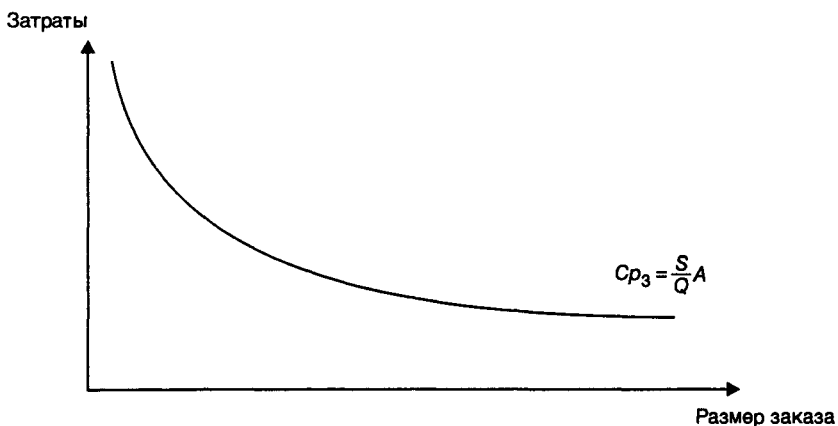


Рис. 7.7. Зависимость затрат на пополнение запаса от размера партии закупки

где A — затраты на выполнение одного заказа, руб.; $O_{\text{ор}}$ — совокупные годовые затраты на содержание отдела, выполняющего заказы на восполнение запаса, руб.; N_Q — число выданных за год заказов по всем позициям запаса.

При использовании формулы (7.3) затраты на подачу каждого заказа будут завышены. Другой метод оценки затрат на выполнение одного заказа A — хронометраж и выборочное обследование в целях определения средних затрат времени на подготовку и подачу одного заказа. Стоимость этого метода высокая. Получение результата требует длительного времени для сбора и обработки данных.

При хорошо налаженном управленческом учете данные о затратах на выполнение одного заказа накапливаются в корпоративной информационной системе. Их сбор и обработка не требуют ни значительных средств, ни времени. В случае если статистику о затратах на выполнение одного заказа сложно получить, можно прибегнуть к методу экспертной оценки (см. подп. 6.2.1).

7.1.3. Затраты на содержание запаса

Затраты на содержание запаса представляют собой расходы материальных, финансовых, информационных, трудовых и других видов ресурсов, необходимых для обеспечения сохранности и поддержания качества товарно-материальных ценностей, находящихся в запасе на определенной территории или на транспортном средстве. Затраты на содержание запаса рассчитываются по следующей формуле:

$$C_c = \bar{Z} \cdot I, \tag{7.4}$$

где C_c – затраты на содержание запаса, руб.; \bar{Z} – средний уровень запаса, единиц; I – затраты на содержание единицы запаса, руб.

Средний уровень запаса \bar{Z} может быть рассчитан по формуле (3.7) или исходя из следующих соображений. Если воспользоваться общепринятым подходом к расчету среднего уровня запаса, то средний уровень запаса при выполнении его партиями по Q единиц равен половине этой величины, т.е. $Q/2$ (рис. 7.8 и формула (3.7)):

$$\bar{Z} = \frac{Q}{2}, \quad (7.5)$$

где \bar{Z} – средний уровень запаса, единиц; Q – размер заказа, единиц.

При учете наличия страхового запаса средний уровень запаса будет рассчитан иначе (рис. 7.9):

$$\bar{Z} = Z_s + \frac{Q}{2}, \quad (7.6)$$

где \bar{Z} – средний уровень запаса, единиц; Z_s – страховой уровень запаса, единиц; Q – размер заказа, единиц.

Функция затрат на содержание запаса может иметь один из следующих видов: при ситуации рис. 7.8:

$$C_c = (Q/2) \cdot I, \quad (7.7)$$

или (рис. 7.9):

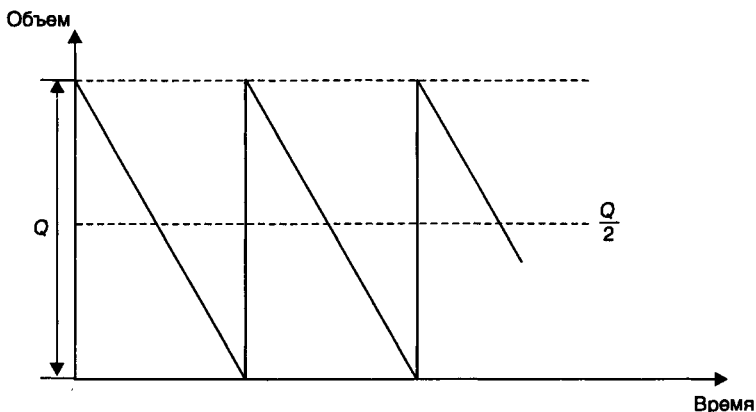


Рис. 7.8. Расчет среднего запаса в звене цепей поставок

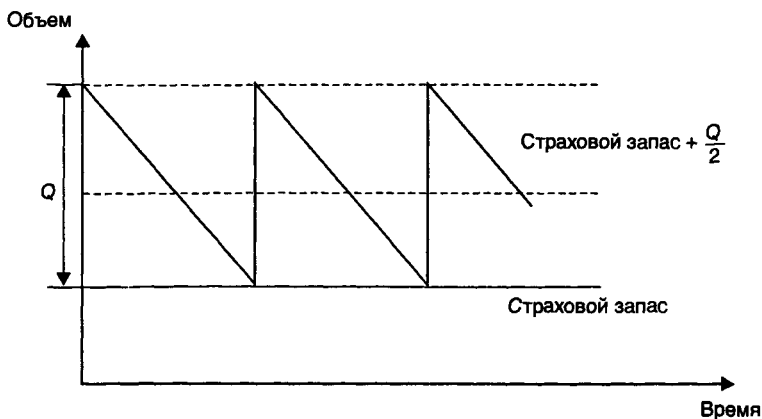


Рис. 7.9. Расчет среднего запаса с учетом наличия страхового запаса

$$C_c = (Z_s + Q/2) \cdot I, \quad (7.8)$$

где C_c — затраты на содержание запаса, руб.; Z_s — размер страхового запаса, единиц; Q — размер заказа, единиц; I — затраты на содержание единицы запаса, руб.

Часто затраты на содержание запаса оцениваются в процентах от стоимости наличного запаса. В таком случае затраты на содержание запаса следует рассчитывать по формуле

$$C_c = \bar{Z} \cdot C \cdot i, \quad (7.9)$$

где C_c — затраты на содержание запаса, руб.; \bar{Z} — средний уровень запаса, единиц; C — стоимость единицы запаса, руб.; i — затраты на содержание единицы запаса, %.

Затраты на содержание запаса в общем случае прямо пропорционально зависят от размера заказа: чем большими партиями пополняется запас, тем дороже стоит содержание запаса (рис. 7.10).

К затратам на содержание единицы запаса могут быть отнесены (рис. 7.11):

1. Затраты на содержание склада:

- амортизационные отчисления на машины, оборудование и технические средства;
- основная и дополнительная заработная плата работников склада и отдела снабжения, связанных с работой склада;
- стоимость аренды складского помещения;
- коммунальные платежи;
- расходы на оплату управленческого персонала;

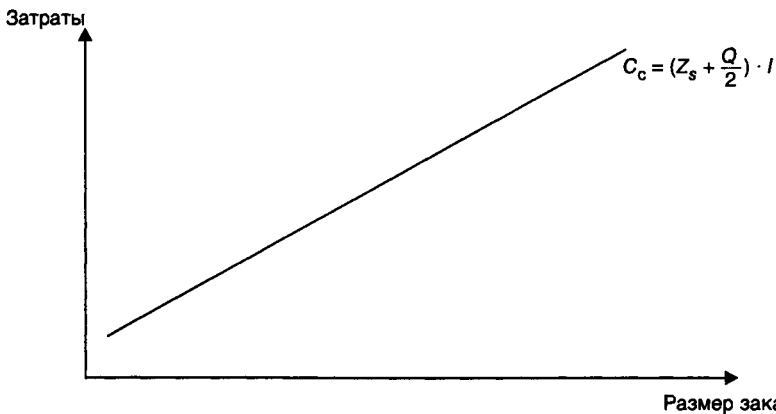


Рис. 7.10. Зависимость затрат на содержание запаса в звене цепей поставок от размера партии закупки

- затраты на регламентные работы с хранимыми товарно-материальными ценностями;
- затраты на инвентаризацию запаса и пр.

2. Затраты на обеспечение движения запаса:

- оплата труда работников, задействованных в приемке;
- стоимость израсходованных при приемке материалов;
- расходы на подачу транспорта;
- расходы на погрузо-разгрузочные работы;
- затраты на транспортировку из зоны приемки к месту хранения;
- затраты на упаковку и затаривание;
- оплата труда работников, задействованных в отгрузке запаса со склада, и пр.

3. Расходы на обслуживание запаса:

- стоимость страхования;
- процент за полученные кредиты;
- налоги и пр.

4. Стоимость рисков, связанных с содержанием запаса:

- порча товарно-материальных ценностей в результате хранения;
- потери от естественной убыли;
- моральное старение;
- кражи.

5. Альтернативные затраты.

Затраты на содержание склада имеют постоянную и переменную составляющие. В зависимости от типа склада состав этих за-

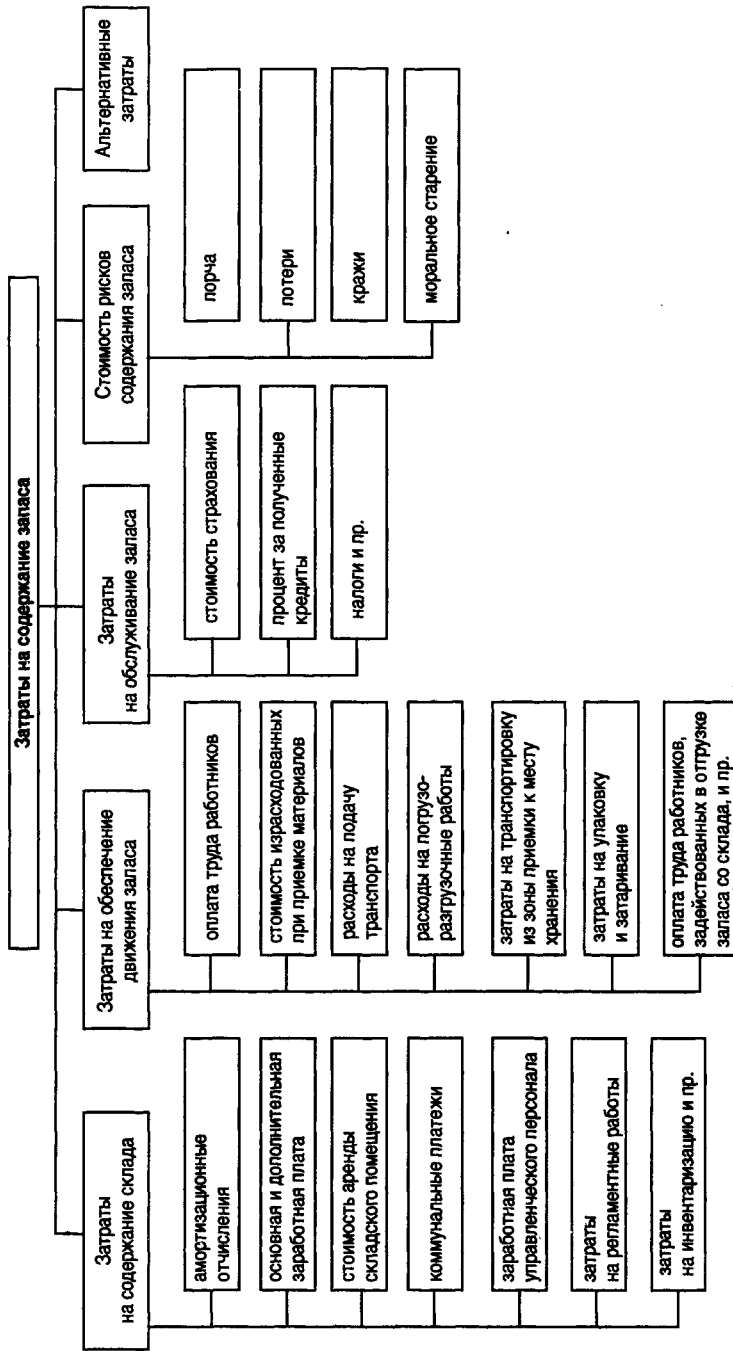


Рис. 7.11. Затраты на содержание запаса в звене цепей поставок

трат меняется. Содержание *склада, находящегося в собственности предприятия*, в основном определяется постоянными затратами (амортизационные отчисления, коммунальные платежи, расходы на оплату труда управленческого персонала и др.). Переменные затраты имеют небольшой удельный вес и носят косвенный характер (основная и дополнительная заработная плата работников склада и др.).

При работе со *складом общего пользования* плата взимается в зависимости, как правило, от объема товарно-материальных ценностей, принимаемых и отгружаемых складом, и объема запаса, хранящихся на складе. Поэтому в большинстве случаев в затратах на содержание склада общего пользования в основном больший удельный вес составляют переменные затраты, связанные с объемом перерабатываемого запаса.

В случае если организация, владеющая запасом, арендует склад, то, как правило, в структуре затрат на содержание склада большую долю составляют постоянные затраты, не связанные в краткосрочном периоде с объемом хранящегося запаса, а связанные с предполагаемым максимальным объемом запаса.

Затраты на обеспечение движения запаса в основном определяются затратами на грузопереработку запаса и имеют переменный характер.

Расходы на обслуживание запаса включают ряд важных составляющих. *Стоимость страхования* пропорциональна стоимости запаса и количественной оценке рисков и связана с природой товарно-материальных ценностей запаса и складскими мощностями. Например, страхование дорогостоящих продуктов, требующих особых условий содержания, обходится дороже страхования малоценных продуктов. Если товарно-материальные ценности запаса закупались с привлечением кредитов, то плата за кредит включается в состав затрат на обслуживание запаса.

Уплата *налогов* связана с действующим налоговым законодательством и, как правило, имеет отношение к стоимости имущества и зависит от состояния запаса. В целом уровень налогов пропорционален объему запаса.

Стоимость рисков, связанных с содержанием запаса, основывается на учете тех видов рисков, которые связаны с физическим состоянием запаса. К таким видам рисков относятся порча, потеря, моральное старение и кража.

В процессе хранения товарно-материальные ценности могут частично или полностью утрачивать свое качество. Это определя-

ется понятием *порчи*. Как правило, порча не покрывается страхованием. В результате порчи часть товарно-материальных ценностей необходимо уценить, списать, уничтожить или перевезти на свалку. Процент потерь определяется статистически на основе прошлого опыта.

Потеря, или естественная убыль, также проявляется в результате хранения запаса. С течением времени хранения товарно-материальные ценности могут терять влагу или содержание некоторых химических веществ, в результате чего сокращается вес или объем запаса. Потери могут быть связаны не только с особенностями самих товарно-материальных ценностей, но и с условиями их хранения.

Моральное старение проявляется в том, что в результате нахождения товарно-материальных ценностей на складе они теряют с течением времени свои потребительские качества не в связи с порчей или потерей, а в связи с появлением товаров-заменителей, новых видов товаров или новых технологий. Для реализации такого морально устаревшего запаса приходится снижать цену реализации или перевозить запас на иные территории, где он будет иметь более высокую потребительную стоимость. И в том и в другом случае владелец запаса несет убытки и дополнительные затраты.

Кражи — наиболее серьезный вид риска, связанный с запасами. В отличие от порчи, потери, морального старения кража, как правило, скрывается и может быть обнаружена только после отгрузки запаса. Борьба с кражами требует проведения комплекса работ по обеспечению безопасности хранения запаса.

Альтернативные затраты представляют собой финансовые затраты, замороженные в приобретенных товарно-материальных ценностях. Наличие запаса требует собственных или заемных финансовых ресурсов, замороженных в запасе. Эти ресурсы могли бы быть направлены в иные сферы деятельности, включая инвестиционные. Поэтому затраты, понесенные при закупке и последующем хранении запаса, имеют так называемую альтернативную составляющую, определяющую норму прибыли, которая могла бы быть получена при использовании данных финансовых ресурсов в иных целях. Отсутствие прибыли в связи с наличием замороженного (иммобилизованного) капитала в запасах означает, что компания, содержащая запасы, несет потери.

7.2. Общие затраты, связанные с запасами

Общие затраты, связанные с запасами, представляют собой сумму затрат на закупку, пополнение запаса и содержание запаса (см. рис. 7.1). Учитывая выражения, определяющие объем этих групп затрат (формулы (7.1), (7.2), (7.3)), общие затраты, связанные с запасами, могут быть рассчитаны следующим образом:

$$T = C_p + C_{pz} + C_c, \quad (7.10)$$

где T — общие затраты, связанные с запасом, руб.; C_p — затраты на закупку запаса, руб.; C_{pz} — затраты на пополнение запаса, руб.; C_c — затраты на содержание запаса, руб.,
или

$$T = C \cdot S + S/Q \cdot A + (Z_s + Q/2) \cdot I, \quad (7.11)$$

где T — общие затраты, связанные с запасом, руб.; C — закупочная цена единицы товара, руб.; Q — размер заказа, единиц; S — объем потребности в запасе, единиц; A — затраты на выполнение одного заказа, руб.; Z_s — размер страхового запаса, единиц; I — затраты на содержание единицы запаса, руб.

Иллюстрация формирования общих затрат, связанных с запасами, приведена на рис. 7.12.

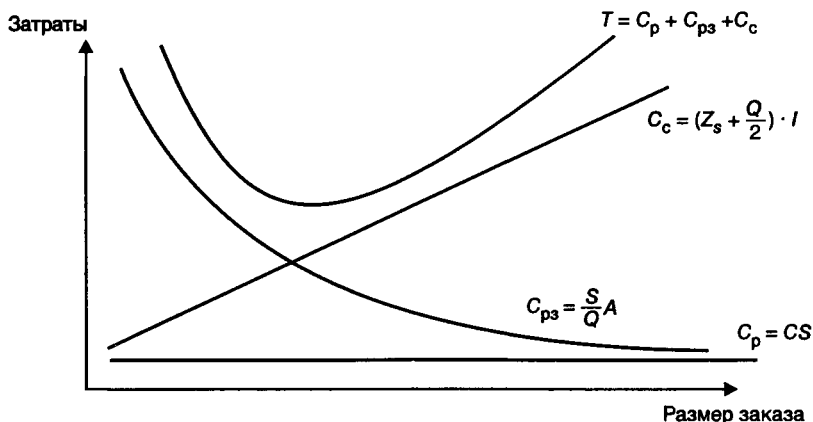


Рис. 7.12. Формирование общих затрат, связанных с запасами в звене цепей поставок

Основные формулы к главе 7

№ п/п	Показатель	Расчет	Условные обозначения
1	Затраты на закупку запаса, руб.	$C_p = C \cdot Q$	C – закупочная цена единицы товара, руб.; Q – размер заказа, единиц
2	Затраты на пополнение запаса, руб.	$C_{pz} = (S/Q)A$	S – объем потребности в запасе, единиц; Q – размер заказа, единиц; A – затраты на выполнение одного заказа, руб.
3	Затраты на выполнение одного заказа, руб.	$A = \frac{O_{op}}{N_Q}$	O_{op} – совокупные годовые затраты на содержание отдела, выполняющего заказы на восполнение запаса, руб.; N_Q – количество выданных за год заказов по всем позициям запаса
4	Затраты на содержание запаса, руб.;	$C_c = \bar{Z} \cdot I$	\bar{Z} – средний уровень запаса, единиц; I – затраты на содержание единицы запаса, руб.; i – затраты на содержание единицы запаса, %; C – закупочная цена единицы запаса, руб.; Q – размер заказа, единиц; Z_s – размер страхового запаса, единиц
		$C_c = \bar{Z} \cdot C \cdot i$	
		$C_c = (Q/2)I$	
		$C_c = (Z_s + Q/2)I$	
5	Общие затраты, связанные с запасом, руб.	$T = C_p + C_{pz} + C_c$	C_p – затраты на закупку запаса, руб.; C_{pz} – затраты на пополнение запаса, руб.; C_c – затраты на содержание запаса, руб.; C – закупочная цена единицы товара, руб.; Q – размер заказа, единиц; S – объем потребности в запасе, единиц; A – затраты на выполнение одного заказа, руб.; Z_s – размер страхового запаса, единиц; I – затраты на содержание единицы запаса, руб.
		$T = C \cdot S + S/Q \times A + (Z_s + Q/2) \cdot I$	

Вопросы для самопроверки к главе 7

1. Поясните различие между понятиями «издержки», «затраты», «расходы».
2. Перечислите группы затрат, связанных с запасами.
3. Как затраты, связанные с запасами, отражаются в балансе и в отчете о прибылях и убытках?
4. Как снижение уровня запаса влияет на различные виды затрат?
5. Поясните расчет затрат на закупку.
6. Как отличается функция затрат на закупку при наличии и отсутствии оптовых скидок?
7. Что такое затраты на пополнение запаса?
8. Поясните, как ведется расчет затрат на пополнение запаса.
9. Как величина затрат на выполнение одного заказа зависит от размера партии закупки?
10. Перечислите группы затрат, учитываемых при расчете затрат на выполнение одного заказа.
11. Перечислите постоянные и переменные затраты на выполнение одного заказа.
12. Определите состав прямых и косвенных затрат, связанных с выполнением одного заказа.
13. Какие варианты расчета затрат на выполнение одного заказа вы можете предложить? Определите условия их использования.
14. Что представляют собой затраты на содержание запаса?
15. Поясните, как ведется расчет затрат на содержание запаса.
16. Перечислите прямые и косвенные, постоянные и переменные затраты на содержание склада.
17. Перечислите прямые и косвенные, постоянные и переменные затраты по обеспечению движения запаса.
18. Перечислите прямые и косвенные, постоянные и переменные затраты на обслуживание запаса.
19. Что включают в себя затраты на обслуживание запаса?
20. Перечислите риски, связанные с содержанием запаса.
21. Какой вид затрат, как правило, более существен в затратах на содержание собственного склада, склада общего пользования, арендуемого склада?
22. Какой вид затрат составляет наиболее существенную долю в затратах на обеспечение движения запаса?
23. Что входит в расходы на обслуживание запаса?
24. Что такое альтернативные затраты? Как они формируются?

25. Из каких затрат складываются общие затраты, связанные с запасами?
26. Поясните, как ведется расчет общих затрат, связанных с запасами.

Список дополнительной литературы к главе 7

1. *Альбеков А.У., Митько О.А.* Коммерческая логистика. Ростов н/Д: Феникс, 2002.
2. *Бауэрсокс Д. Дж., Клосс Д. Дж.* Логистика: Интегрированная цепь поставок. М.: Олимп-Бизнес, 2001.
3. *Гаджинский А.М.* Логистика: Учебник. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Маркетинг, 2002.
4. *Джонсон Дж.* и др. Современная логистика. 7-е изд.: Пер. с англ. М.: Вильямс, 2002..
5. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / Под общ. ред. проф. В.И. Сергеева. М.: ИНФРА-М, 2004.
6. *Лебедев В.Г.* и др. Управление затратами на предприятии: Учебное пособие. СПб.: Бизнес-пресса, 2003.
7. *Линдерс М.Р., Харольд Е.Ф.* Управление снабжением и запасами. Логистика: Пер. с англ. СПб.: Полигон, 1999.
8. *Неруш Ю.М.* Логистика: Учебник. М.: ЮНИТИ–ДАНА, 2000.
9. *Родников А.Н.* Логистика: Терминологический словарь. М.: ИНФРА-М, 2000.
10. *Сергеев В.И.* Логистика в бизнесе. М.: ИНФРА-М, 2001.
11. *Степанов В.И.* Логистика: Учебник. М.: ТК Велби: Проспект, 2006.
12. *Стивенсон В.Дж.* Управление производством. М.: Лаборатория базовых знаний, 1998.
13. Управление организацией: Энциклопедический словарь / Под ред. А.Г. Поршнева, А.Я. Кибанова, В.Н. Гунина. М.: ИНФРА-М, 2001.
14. *Шрайбфедер Дж.* Эффективное управление запасами. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005.

ГЛАВА 8

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕРА ЗАКАЗА НА ВОСПОЛНЕНИЕ ЗАПАСА

Завершив рассмотрение состава статей затрат, которые необходимо учитывать при управлении запасами в конкретной организации (см. главу 7), перейдем к расчету оптимального размера заказа на пополнение запаса — третьему этапу процедуры разработки алгоритма управления запасами (см. п. 4.1 и рис. 4.1). При расчете размера заказа общие затраты, связанные с запасами (см. формулу (7.11)), являются критерием оптимизации.

Так как запас представляет собой товарно-материальные ценности, ожидающие потребления (см. п. 1.1), оценка будущей потребности в запасе является исходной информацией для управления запасами, а определение характеристик пополнения запаса — единственными инструментами оптимизации уровня запаса. Расчет оптимального размера заказа, пополняющего запас, является одной из характеристик поставок (см. рис. 4.2). Второй характеристикой является частота выполнения поставок — показатель, производный от оптимального размера заказа. В этой главе рассматриваются варианты расчета характеристик пополнения запаса.

8.1. Влияние размера заказа на состояние запаса

Размер заказа, пополняющего запас, существенно влияет на уровень запаса в организации.

Пример 8.1. Влияние размера заказа на уровень запаса в звене цепей поставок

Рассмотрим пример, исходные данные которого сведены в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Исходные данные к примеру 8.1

<i>Параметр</i>	<i>Значение</i>
Плановая потребность на год	1000 ед.
Закупочная цена единицы товара	1 руб.
Затраты на содержание запаса	20% цены закупки
Затраты на выполнение одного заказа	25 руб.

Пусть склад должен обслужить в планируемом году потребность в товаре на 1000 единиц. Закупочная цена единицы запаса равна

1 руб. Затраты на содержание запаса составляют 20% цены закупки. Затраты на выполнение одного заказа равны 25 руб. Если запас товаров, обеспечивающий потребность сети распределения, создается только в начале года (т.е. $Q = 1000$), то предприятие использует этот запас в течение всего года, полностью истощая его к концу года (рис. 8.1а). На начало периода, таким образом, имеем остаток запаса, равный Q , на конец периода остаток запаса равен нулю. Средний уровень запаса на предприятии при этом будет равен (см. формулу (3.7))

$$\bar{Z} = (Q + 0)/2 = 1000/2 = 500,$$

где \bar{Z} — средний уровень запаса, единиц; Q — размер заказа, единиц.

Затраты на содержание запаса при одноразовом пополнении запаса в объеме, равном годовой потребности, составят (см. формулу (7.9)):

$$C_c = \bar{Z} \cdot C \cdot I = 500 \cdot 1 \cdot 0,2 = 100,$$

где C_c — затраты на содержание запаса, руб.; \bar{Z} — средний уровень запаса, единиц; C — закупочная цена единицы запаса, руб.; I — затраты на содержание единицы запаса, %.

Если же запас создается два раза в год — в начале первого и второго полугодия, то средний уровень запаса в год равен

$$\bar{Z} = (Q + 0)/2 = 1000/2/2 = 250.$$

Затраты на содержание запаса составят

$$C_c = \bar{Z} \cdot C \cdot I = 250 \cdot 1 \cdot 0,2 = 50.$$

При организации поставок сырья один раз в квартал (четыре раза в год) средний уровень запаса еще более снижается и составляет (рис. 8.1б)

$$\bar{Z} = (Q + 0)/2 = 1000/4/2 = 175.$$

Затраты на содержание запаса в этом случае будут равны

$$C_c = \bar{Z} \cdot C \cdot I = 175 \cdot 1 \cdot 0,2 = 25.$$

Результаты проведенных расчетов сведены в табл. 8.2. Они иллюстрируют целесообразность сокращения размера заказа для экономии затрат на содержание запаса. В то же время с увеличением числа заказов, вызванным сокращением размера заказа

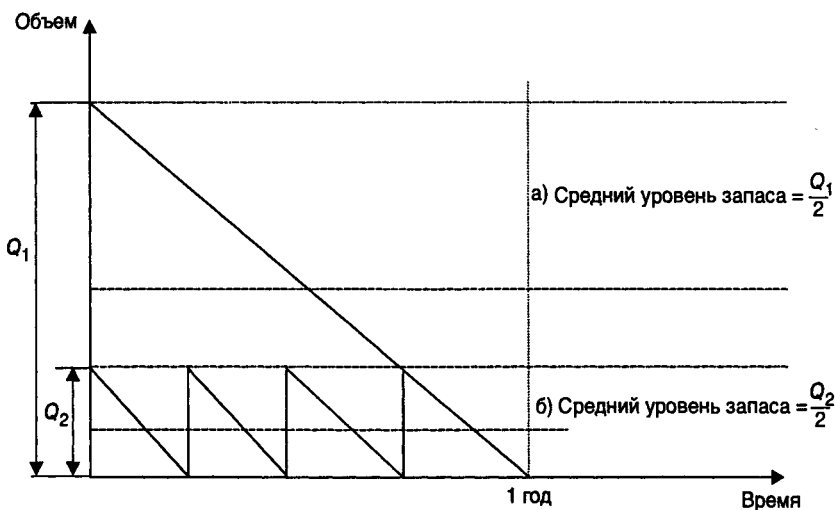


Рис. 8.1. Зависимость среднего уровня запаса от размера заказа

(см. рис. 8.1), увеличиваются затраты на пополнение запаса. Так, например, для одной поставки в год затраты на пополнение запаса составят (см. формулу (7.2) и табл. 8.2)

$$C_{\text{рз}} = (S/Q) \cdot A = 1000 / 1000 \cdot 25 = 25,$$

где $C_{\text{рз}}$ — затраты на пополнение запаса, руб.; S — объем потребности в запасе, единиц; Q — размер заказа, единиц; A — затраты на выполнение одного заказа, руб.

При двух поставках в год затраты на пополнение запаса составят

$$C_{\text{рз}} = (S/Q) \cdot A = 1000 / 500 \cdot 25 = 50.$$

При четырех поставках в год затраты на пополнение запаса составляют

$$C_{\text{рз}} = (S/Q) \cdot A = 1000 / 250 \cdot 25 = 100.$$

Таким образом, увеличивая число закупок в год, организация снижает размеры заказа и средний уровень запаса сырья, экономя на затратах, связанных с содержанием запаса. При этом увеличиваются затраты, связанные с оформлением, выдачей и приемкой заказов, теряется возможность воспользоваться оптовыми скидками, растут расходы на доставку и пр.

Анализ общих затрат, складывающихся из затрат на размещение заказов и затрат на содержание (см. табл. 8.2), показывает, что минимальные издержки соответствуют размеру заказа в 500 единиц

Зависимость среднего уровня запаса и затрат, связанных с запасами, от размера заказа

Число заказов в год	Размер заказа, единиц	Затраты на размещение заказов, руб.	Затраты на содержание среднего запаса, руб.	Общие затраты, руб.
1	1000	25	100	125
2	500	50	50	100
3	333	75	33	108
4	250	100	25	125
5	200	125	20	145

при закупках по полугодиям, два раза в год. Графическая иллюстрация полученных в табл. 8.2 результатов представлена на рис. 8.2. Форма зависимости соответствует закономерности, зафиксированной на рис. 7.12.

Табличный вариант определения оптимального размера заказа не может удовлетворить все возможные случаи работы с запасами. Предпочтительнее проводить расчет, не заполняя таблицу, а проводя вычисления по формулам.

Иногда складывается ситуация, когда размер заказа определяется по каким-либо частным организационным соображениям, например удобству транспортировки или возможности загрузки складских помещений. Между тем объем закупки должен быть не

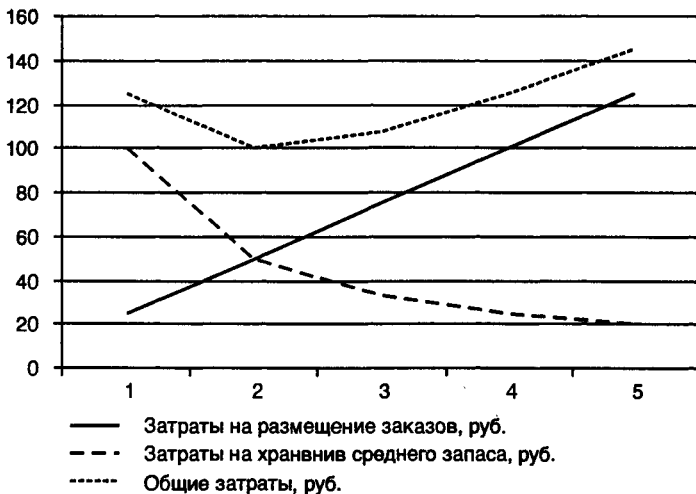


Рис. 8.2. Формирование общих затрат в зависимости от размера заказа

только рациональным, но и оптимальным. Поскольку проблема управления запасами рассматривается в логистической системе, то критерием оптимизации должен быть минимум общих затрат на хранение запаса и повторение заказа. Данный критерий учитывает три фактора, воздействующих на величину общих затрат:

- затраты на содержание запаса;
- затраты на пополнение запаса;
- закупочную стоимость заказанного товара.

Эти факторы тесно взаимосвязаны между собой, причем направления их действия неодинаковы, например:

- желание сэкономить затраты на содержание запаса вызывает рост затрат на оформление заказов и оплату заказанной продукции;
- экономия затрат на пополнение запаса приводит к потерям, связанным с содержанием излишних складских помещений;
- при максимальной загрузке складских помещений значительно увеличиваются затраты на содержание запаса, растет риск появления неликвидных запасов (табл. 8.3).

Таблица 8.3

Примеры взаимосвязи затрат, составляющих общие затраты

<i>Действие</i>	<i>Последствие</i>
Экономия затрат на содержание запаса	Рост затрат на пополнение запаса Снижение оптовых скидок
Экономия затрат на пополнение запаса	Рост затрат на содержание запаса
Обеспечение максимальной загрузки складских площадей	Риск появления неликвидного запаса Рост затрат на содержание запаса

Задача оптимизации совокупных затрат позволяет найти компромисс между рассматриваемыми факторами и обеспечить наиболее выгодное их сочетание.

8.2. Классическая формула расчета оптимального размера заказа

В основе оптимизации уровня запаса лежит расчет размера заказа, который может обеспечить оптимальный уровень запаса при обслуживании потребности на заданном уровне. Критерием оптимизации при этом является, как правило, минимум общих затрат, связанных с запасами (см. п. 7.2 и формулы (7.10) и (7.11), а также рис. 7.12).

Формула расчета оптимального размера заказа была разработана в 1915 г. и с тех пор претерпела не принципиальные, но многообразные переработки, вызванные развитием условий и возможностей бизнеса. В настоящее время можно встретить разнообразные названия таких формул:

- *EOQ (Economic Order Quantity Model)*;
- экономичный размер заказа (*economic order quantity*);
- модель (или формула) Вильсона (Уилсона, *Wilson*);
- формула Харриса, Кампа и др.

Формула Вильсона — наиболее известный и широко применяемый метод расчета размера заказа. Она была получена в результате дифференцирования функции общих затрат (см. формулу (7.11)) по размеру заказа Q :

$$Q^* = \frac{dT}{dQ} = \frac{d[C \cdot S + \frac{S}{Q} \cdot A + (Z_s + \frac{Q}{2}) \cdot I]}{dQ},$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot S}{I}}, \quad (8.1)$$

где T — общие затраты, связанные с запасом, руб.; C — закупочная цена единицы товара, руб.; Q — размер заказа, единиц; S — объем потребности в запасе, единиц; A — затраты на выполнение одного заказа, руб.; Z_s — размер страхового запаса, единиц; I — затраты на содержание единицы запаса, руб.; Q^* — оптимальный размер заказа, единиц.

Функция общих затрат T (см. формулу (8.1)) в рамках своего минимального значения $\pm 20\%$ изменяется весьма незначительно. Вне этих пределов общие затраты, связанные с запасами, резко снижаются или растут (рис. 8.3). Такая особенность позволяет определять оптимальное значение размера заказа приблизительно без потерь по затратам. Таким образом, формула Вильсона малочувствительна к ошибкам в исходной информации или в прогнозе спроса из-за малой кривизны графика общих затрат в области оптимального размера заказа. Учитывая состав формулы, при ошибке прогноза спроса на $+20\%$ изменение оптимального размера заказа составит

$$\sqrt{1,2} = 1,095, \text{ или } 9,5\%.$$

Если затраты на содержание запаса рассчитаны с ошибкой -20% , то ошибка расчета оптимального размера заказа составит

$$\sqrt{\frac{1}{1-0,2}} = 1,118, \text{ или } 11,8\%.$$

Аналогично если ошибка расчета затрат на содержание запаса составляет $+20\%$, то ошибка расчета оптимального размера заказа составит

$$\sqrt{\frac{1}{1+0,2}} = 0,913, \text{ или } 8,7\%.$$

На рис. 8.3 видно, что рост значений общих затрат при снижении размера заказа относительно оптимального размера идет значительно более интенсивно, чем при отклонениях размера заказа в большую сторону от оптимального размера заказа. Поэтому можно сказать, что иногда гораздо дороже заказывать меньше, чем больше оптимального аргумента функции общих затрат Q^* .

Часто в качестве варианта формулы Вильсона используют следующее выражение:

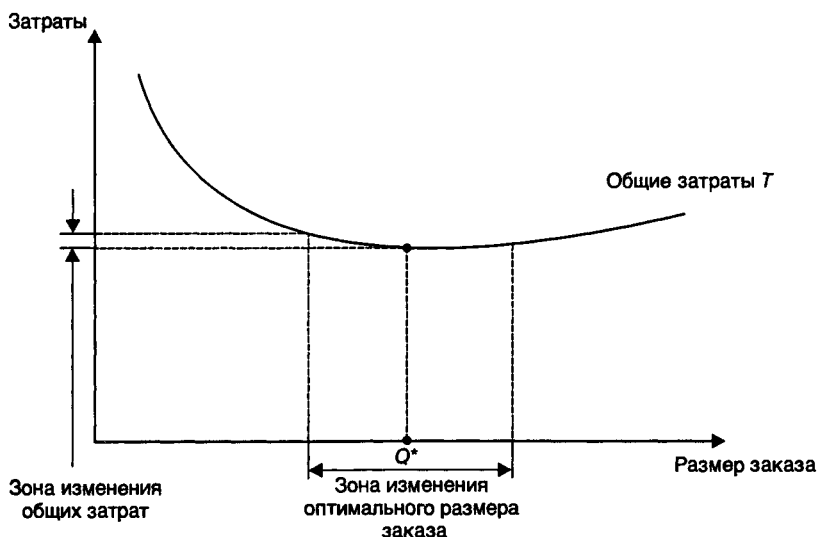


Рис. 8.3. Зоны изменения оптимального размера заказа и общих затрат, связанных с запасами в сети поставок

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot S}{i \cdot C}}, \quad (8.2)$$

где Q^* — оптимальный размер заказа, единиц; A — затраты на выполнение одного заказа, руб.; S — объем потребности в запасе, единиц; i — доля закупочной цены единицы запаса, приходящаяся на затраты по содержанию запаса; C — закупочная цена единицы запаса, руб.

В табл. 8.2 рассчитан оптимальный размер заказа, равный 500 единицам. Подставив данные примера 8.1 в формулу расчета оптимального размера заказа (см. формулу (8.1)), получим тот же результат:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot 25 \cdot 1000}{0,2 \cdot 1}} = 500.$$

Несмотря на кажущуюся привлекательность формулы Вильсона для решения задачи оптимизации размера заказа, ее использование даже теоретически ограничено. Вывод формулы основывается на ряде допущений, абсолютное большинство которых не может быть применено в практике бизнеса. К таким допущениям можно отнести следующие:

- модель применяется для одного наименования запаса;
- уровень спроса постоянный в течение планового периода;
- средний уровень запаса составляет половину размера заказа;
- интервал времени между поставками постоянный;
- время доставки постоянное;
- затраты на содержание запаса определяются исходя из среднего уровня запаса;
- затраты на выполнение заказа постоянные;
- цены на закупку заказа постоянные;
- каждый заказ приходит отдельной поставкой;
- поставка приходится на склад одновременно, т.е. в рамках одного учетного периода (мгновенная поставка) (см. рис. 2.4);
- вследствие постоянного темпа потребления и отгрузки приемка осуществляется в момент времени, когда уровень запаса равен нулю;
- транспортный (транзитный), подготовительный, сезонный и страховой (гарантийный) запасы отсутствуют;
- отсутствуют ограничения на производственные мощности склада;
- отсутствуют потери от дефицита.

Таким образом, движение запаса, предполагаемое в формуле Вильсона, имеет вид, представленный на рис. 8.4.

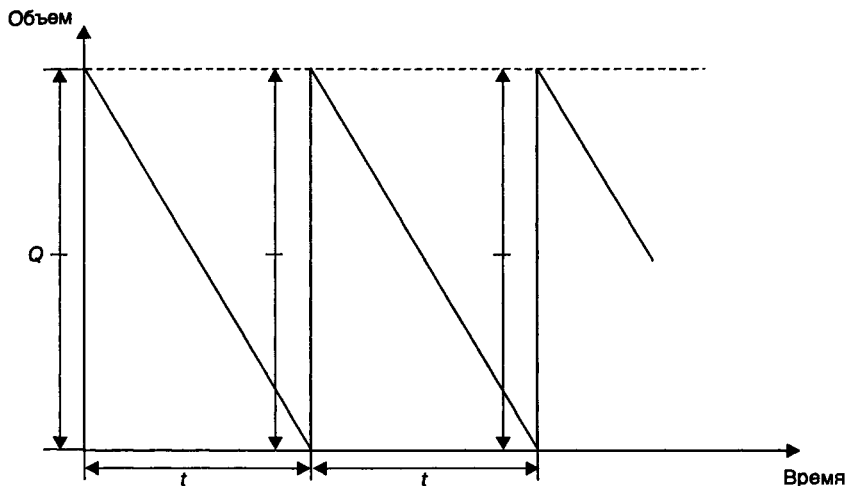


Рис. 8.4. Движение запаса с постоянным темпом отгрузок, мгновенной поставкой и без страхового запаса

Отмеченное в списке условий применения формулы Вильсона отсутствие учета страхового запаса (см. рис. 8.4) может быть преодолено расчетами в табличной форме.

Пример 8.2. Учет страхового запаса при расчете оптимального размера заказа на восполнение запаса

Рассмотрим пример, представленный в табл. 8.4.

Таблица 8.4

Исходные данные к примеру 8.2

Размер заказа	Страховой запас	Средний запас [1]/2 + [2]	Затраты на содержание запаса	Стоимость пополнения запаса	Общие затраты [4] + [5]
1	2	3	4	5	6
100	100	150	150 000 000	390 000 000	540 000 000
200	100	200	200 000 000	195 000 000	395 000 000
300	100	250	250 000 000	130 000 000	380 000 000
400	100	300	300 000 000	97 500 000	397 500 000
500	100	350	350 000 000	78 000 000	428 000 000
600	100	400	400 000 000	65 000 000	465 000 000

Комментарий к табл. 8.4.

Столбец 1: размер заказа проставляется исходя из возможных диапазонов его изменения. Столбец 2: страховой запас задан постоянным в размере

100 единиц. Столбец 3: для расчета среднего запаса используется формула (7.5). Столбец 4: затраты на содержание запаса рассчитаны по формуле (7.4) со значением затрат на содержание единицы запаса, равным 1 000 000 руб. ($I = 1\,000\,000$ руб.). Столбец 5: затраты на пополнение запаса рассчитаны по формуле (7.2) при объеме плановой потребности 2 600 000 руб. ($S = 2\,600\,000$ руб.) и затратах на выполнение одного заказа 15 000 руб. ($A = 15\,000$ руб.). Столбец 6: Общие затраты рассчитаны как сумма затрат на содержание запаса с учетом страхового запаса (столбец 4) и затрат на пополнение запаса (столбец 5).

Анализ результатов расчетов, проведенных в табл. 8.4 (столбец 6), показывает, что оптимальным размером заказа по критерию минимума общих затрат является заказ в объеме 300 единиц.

Предположения о постоянстве спроса, мгновенности поставки, о том, что поставка придет без задержки и сбоев, серьезно упрощают реальные бизнес-ситуации. Несмотря на это, применение классической формулы Вильсона вполне возможно для решения практических задач. Проиллюстрируем это следующим примером.

Пример 8.3. Применение формулы Вильсона для определения рекомендуемого объема закупки товара

Коммерческая организация в Москве ведет торговлю мукой в мешках по 50 кг. Исходные данные приведены в табл. 8.5.

Таблица 8.5

Исходные данные к примеру 8.3

<i>Параметр</i>	<i>Значение</i>
Плановая потребность на год	4000 т
Среднее число заказов в месяц	5
Годовые затраты на работу с поставщиками	204 тыс. руб.
Арендная плата за офис в год	120 тыс. руб.
Капитальные затраты, связанные с запасом	7100 руб./т
Альтернативная норма прибыли	14%
Стоимость обработки запаса	420 руб./т
Арендная плата склада	13 руб./м ²
Арендуемая площадь склада	150 м ²
Оплата труда рабочих и сотрудников склада	1488 тыс. руб.

Для определения оптимального размера заказа воспользуемся классической формулой Вильсона (см. формулу (8.1)). Для проведения расчетов необходимы сведения: о годовой потребности (S), затратах на выполнение одного заказа (A), затратах на содержание единицы запаса (I).

Годовая потребность организации в закупках муки $S = 4000$ т задана как исходная информация (см. табл. 8.5). Затраты на выполнение одного заказа определяются на основе следующих данных (см. табл. 8.5).

Затраты на выполнение одного заказа = Затраты на работу с поставщиками + Стоимость аренды офиса.

Затраты на работу с поставщиками = Годовые затраты на работу с поставщиками / Число месяцев в году / Число заказов в месяц = $204\ 000 / 12 / 5 = 3400$ руб.

Стоимость аренды офиса = Арендная плата за офис в год / Число месяцев в году / Число заказов в месяц = $120\ 000 / 12 / 5 = 2000$ руб.

Затраты на выполнение одного заказа
 $A = 3400 + 2000 = 5400$ руб.

Затраты на содержание единицы запаса определены на основе следующих данных (см. табл. 8.5): 8482 руб./т.

Затраты на содержание единицы запаса = Стоимость аренды склада + Стоимость обработки запаса + Оплата труда рабочих и сотрудников склада + Альтернативные затраты.

Стоимость аренды склада = Арендная плата · Арендуемая площадь склада = $13 \cdot 150 = 1950$ руб./т.

Оплата труда рабочих и сотрудников склада = Годовой фонд оплаты труда / Плановая потребность на год = $1\ 488\ 000 / 4000 = 372$ руб./т.

Альтернативные затраты = Капитальные затраты · Альтернативная норма прибыли = $7100 \cdot 0,14 = 994$ руб./т.

Затраты на содержание единицы запаса $I = 1950 + 420 + 372 + 994 = 3736$ руб./т.

Расчет оптимального размера заказа по формуле Вильсона равен:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot 5400 \cdot 4000}{3736}} = 107,53.$$

Все поставщики, с которыми работает организация, размещены в Ставропольском крае на расстоянии в среднем 1500 км от Москвы. Следовательно, целесообразно производить поставки железнодорожным транспортом, крытыми вагонами грузоподъемностью 68 т. При поставках по одному вагону 5 раз в месяц общий объем завезенной муки составит

$$\text{Грузоподъемность одного вагона} \times \text{Число заказов в месяц} \times \text{Число месяцев в году} = 68 \cdot 5 \cdot 12 = 4080 \text{ т.}$$

При поставках по два вагона 5 раз в месяц общий объем завезенной муки за год составит $68 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 12 = 8160 \text{ т.}$

Рассчитанный по формуле Вильсона оптимальный размер заказа с учетом грузоподъемности транспортного средства, таким образом, должен быть скорректирован со 107 до 68 или до 136 т. Для избегания излишнего запаса при покрытии 4000 т плановой потребности требуется остановиться на поставках по одному вагону 5 раз в месяц или на поставках по два вагона 3 раза в месяц.

Основные формулы к подразделам 8.1, 8.2

№ n/n	Показатель	Расчет	Условные обозначения
1	Базовая формула расчета оптимального размера заказа	$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot S}{I}}$	A — затраты на выполнение одного заказа, руб.; S — объем потребности в запасе, единиц; I — затраты на содержание единицы запаса, руб.
3	Формула Вильсона при учете цены в затратах на хранение запаса	$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot S}{i \cdot C}}$	A — затраты на выполнение одного заказа, руб.; S — объем потребности в запасе, единиц; i — доля цены продукции, приходящаяся на затраты на содержание запаса; C — закупочная цена единицы запаса, руб.

Вопросы для самопроверки к подразделам 8.1, 8.2

1. Поясните связь расчета оптимального размера заказа с другими этапами управления запасами.
2. Какой инструмент управления запасами оказывает принципиальное влияние на оптимизацию уровня запаса?

3. Каким образом размер заказа и частота выполнения поставок связаны друг с другом?
4. Как размер заказа, пополняющего запас, связан со средним уровнем запаса?
5. Перечислите все известные вам варианты расчета среднего уровня запаса.
6. Как размер заказа влияет на затраты на пополнение запаса?
7. Как размер заказа влияет на затраты по содержанию запаса?
8. Опишите особенности кривой функции общих затрат.
9. Перечислите все известные варианты названий формул расчета оптимального размера заказа.
10. Самостоятельно выведите формулу Вильсона.
11. Как отклонение от расчетного оптимального размера заказа влияет на изменение общих затрат, связанных с запасами?
12. Отклонение в большую или в меньшую сторону от рассчитанного оптимального размера заказа предпочтительно при необходимости корректировки расчетного значения размера заказа?
13. Перечислите основные допущения, используемые в формуле Вильсона.
14. Охарактеризуйте движение запаса, для которого найдена формула Вильсона.
15. Как грузоподъемность транспортных средств может быть учтена при определении оптимального размера заказа?
16. Почему классическая формула расчета оптимального размера заказа требует модификации?

8.3. Модификации классической формулы расчета оптимального размера заказа

Классические формулы расчета оптимального размера заказа (см. формулу (8.1) и (8.2)) имеют множество модификаций, соответствующих разнообразным ситуациям работы с запасом в условиях современного бизнеса. Рассмотрим некоторые из них.

- a. Модель с учетом потерь от замороженного капитала.
- b. Модель с постепенным пополнением.
- c. Модель с учетом потерь от дефицита.
- d. Модель с учетом потерь от дефицита при постепенном пополнении.
- e. Модель работы с многономенклатурным заказом.
- f. Модель с учетом оптовых скидок.
- g. Модель с учетом НДС.

При использовании всех модификаций формулы Вильсона следует иметь в виду, что все исходные данные приводятся к одному плановому периоду времени.

8.3.1. Модель с учетом потерь от замороженного капитала

Два варианта базовой формулы расчета оптимального размера заказа (см. формулы (8.1) и (8.2)) рассматривают затраты на содержание запаса с двух позиций. Формула (8.1) предполагает, что замороженными в запасах средствами (альтернативными затратами) можно пренебречь. Формула (8.2), напротив, пренебрегает затратами на содержание запаса, учитывая затраты, связанные с замороженным капиталом. Последний подход оправдан в том случае, если доля капитальных затрат (см. подп. 7.1.1) при работе с запасами велика и составляет львиную долю от затрат на содержание запаса. Для того чтобы учесть и ту и другую сторону затрат, связанных с содержанием запаса на складах, можно объединить составляющие затрат на складирование. Аналитическая обработка суммы затрат на складскую обработку и потерь от замораживания капитала в общих затратах, связанных с содержанием запаса, приводит к следующей формуле:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot S}{I + iC}}, \quad (8.3)$$

где A — затраты на выполнение одного заказа, руб.; S — объем потребности в запасе, единиц; I — затраты на содержание единицы запаса, руб.; i — доля цены продукции, приходящаяся на затраты по содержанию запаса; C — закупочная цена единицы запаса, руб.

8.3.2. Модель с постепенным пополнением

Модель расчета оптимального размера заказа с постепенным пополнением используется в случае, когда допущение об одновременном оприходовании на склад поступившей партии поставки (мгновенной поставки) не может быть принято. Это относится к ситуациям с большими объемами поставок (например, при поставках по железной дороге) или при длительных процедурах приемки (например, при проверке по качеству) (см. главу 2 и рис. 2.5). Для продолженной поставки необходимо учесть соотношение темпов прихода и отгрузки в рамках единичного учетного или планового периода.

В общем случае объем поставки товарно-материальных ценностей превышает темп потребления. В противном случае запас не накапливается и предприятие работает на принципах поставки по схеме «точно в срок» или в состоянии дефицита. При продолженной поставке оптимальный размер заказа должен быть увеличен по сравнению с расчетом по формулам (8.1) и (8.2), чтобы приходимая в течение некоторого периода времени партия могла поддерживать непрерывное потребление. Для работы в условиях продолженной поставки можно использовать следующую формулу:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I}} \cdot \sqrt{\frac{d}{d-s}} = \sqrt{\frac{2AS}{I(1-\frac{s}{d})}}, \quad (8.4)$$

где Q^* — оптимальный размер заказа, единиц; A — затраты на выполнение одного заказа, руб.; S — объем потребности в запасе, единиц; I — затраты на содержание единицы запаса, руб.; s — среднесуточный объем потребности в запасе, единиц/день; d — среднесуточный объем поступления товарно-материальных ценностей на склад, единиц/день.

Также можно использовать формулу (8.4) и при оценке поступлений и отгрузок в целом за плановый период:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I(1-\frac{S}{D})}}, \quad (8.5)$$

где Q^* — оптимальный размер заказа, единиц; A — затраты на выполнение одного заказа, руб.; S — объем потребности в запасе, единиц; I — затраты на содержание единицы запаса, руб.; D — объем поступления товарно-материальных ценностей на склад в течение планового периода, единиц.

8.3.3. Модель с учетом потерь от дефицита

При наличии дефицита работа с запасом может проходить по двум схемам. В первом случае наступление дефицита рассматривается как невозможность удовлетворения заявок на отгрузку запаса. В этом случае клиентам отказывают, последующее восполнение запаса ведется в прежних размерах. Модель работы без учета дефицита показана на рис. 8.5.

При учете дефицита выполнение заявки клиента откладывается до момента получения следующей поставки, в размере которой

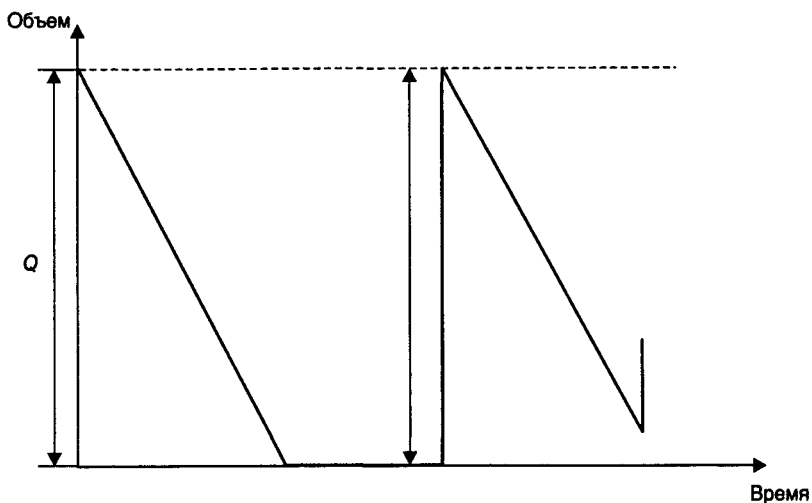


Рис. 8.5. Движение запаса без учета потерь от дефицита

учтен размер проявившегося за время выполнения заказа дефицита. В такой ситуации последующая за дефицитом поставка должна иметь увеличенный по сравнению с предыдущей поставкой размер, чтобы покрыть не только текущий спрос, но и ранее заявленный, но неудовлетворенный (рис. 8.6). Такую схему также называют ситуацией с отложенным спросом.

При решении, по какой схеме следует работать (с учетом или без учета дефицита), важно соизмерить затраты, которые органи-

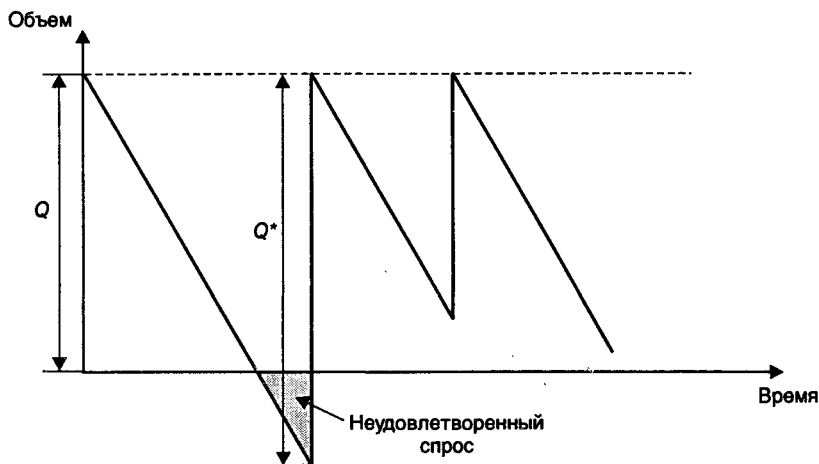


Рис. 8.6. Движение запаса с учетом потерь от дефицита

зация несет в той или другой ситуации. Если издержки дефицита (*shortage cost*) велики и превышают затраты на содержание запаса увеличенной партии поставки при работе с отложенным спросом, организация может создать повышенный уровень запаса, так как это будет экономически оправдано. Если же издержки дефицита меньше затрат на содержание запаса увеличенной партии поставки при работе с отложенным спросом, организация не может создавать дополнительные запасы и будет отказывать клиентам. Таким образом, для определения оптимального размера заказа в ситуациях, допускающих дефицит, необходимо сравнить затраты на содержание запаса с издержками в результате дефицита. Именно их соотношение позволит определить, в какой степени можно увеличить закупку для обслуживания отложенного спроса.

Формула расчета оптимального размера заказа с учетом потерь от дефицита имеет следующий вид:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot S}{I} \cdot \frac{H + I}{H}}, \quad (8.6)$$

где Q^* — оптимальный размер заказа, единиц; A — затраты на выполнение одного заказа, руб.; S — объем потребности в запасе, единиц; I — затраты на содержание единицы запаса, руб.; H — издержки дефицита на единицу запаса, руб.

Издержки дефицита можно разделять на две составляющие: жесткие и мягкие издержки дефицита.

К жестким издержкам дефицита можно отнести затраты, которые можно определить и зафиксировать в момент их возникновения. К таким затратам относятся:

- упущенная прибыль в связи с отказом в отгрузке товара из-за его отсутствия на складе;
- прирост закупочной цены, транспортных и прочих расходов в связи с экстренной закупкой отсутствующего на складе товара.

Эти затраты легко учитывать, можно планировать и прогнозировать на основе статистических данных или экспертной оценки. Зарубежные специалисты называют эти затраты жесткими.

Мягкие издержки дефицита — затраты, которые не могут быть определены и зафиксированы в момент их возникновения, так как время их формирования довольно продолжительное. К таким затратам относятся затраты, связанные:

- с потерей клиента;

- смещением или потерей сегмента рынка;
- потерей рынка;
- изменением или потерей имиджа.

Формирование этих затрат очень трудно отследить до момента завершения процесса их формирования. Например, довольно трудно зафиксировать процесс потери клиента или смещения сегмента рынка, пока этот процесс не завершен. Эта составляющая издержек дефицита называется иногда мягкой. Ее сложно прогнозировать и можно использовать только при решении задач стратегического или долгосрочного характера. Как правило, при управлении запасами этой составляющей издержек дефицита пренебрегают. В случае если учет затрат, связанных с дефицитом запаса, не налажен, можно прибегнуть к экспертным оценкам.

8.3.4. Модель с учетом потерь от дефицита при постепенном пополнении

В случае когда объединяются ситуации работы с учетом потерь от дефицита с постепенным пополнением (см. подп. 8.3.2 и 8.3.3), следует применять иной вариант формулы расчета оптимального размера заказа, в котором объединены особенности работы как с отложенным спросом, так и с продолженными поставками (рис. 8.7):

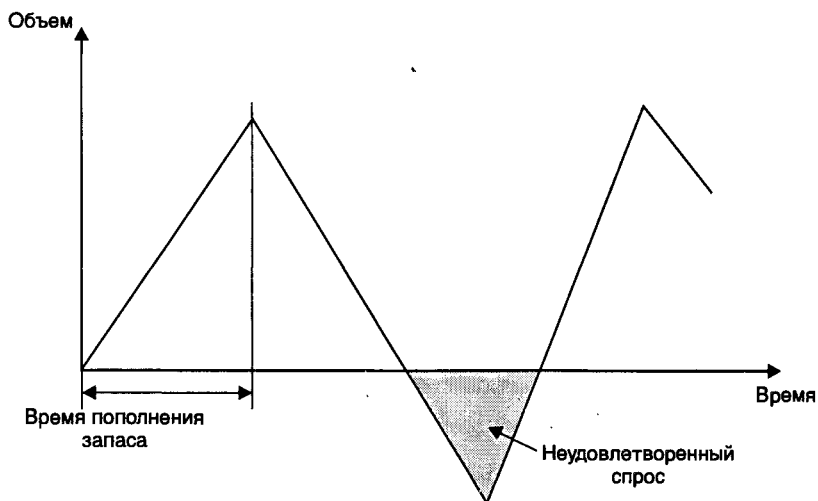


Рис. 8.7. Движение запаса с постепенным пополнением и при учете дефицита

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I}} \cdot \sqrt{\frac{1 - \frac{I}{H}}{1 - \frac{s}{d}}}, \quad (8.7)$$

где Q^* — оптимальный размер заказа, единиц; A — затраты на выполнение одного заказа, руб.; S — объем потребности в запасе, единиц; I — затраты на содержание единицы запаса, руб.; H — издержки дефицита на единицу запаса, руб.; s — среднесуточная потребность в запасе, единиц/день; d — среднесуточный объем поступления товарно-материальных ценностей на склад, единиц/день.

8.3.5. Модель работы с многономенклатурным заказом

Все ранее приведенные модификации формулы Вильсона содержали допущения, что поставка ведется однономенклатурными заказами. Между тем такая практика довольно редка. Чаще работают с многономенклатурными заказами, когда в одной партии поставки присутствует целая гамма различных наименований товарно-материальных ценностей. Для расчета оптимальных размеров заказа каждого из наименований необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$Q_i^* = S_i \cdot \sqrt{\frac{2A}{\bar{S} \cdot \bar{I}}}, \quad (8.8)$$

где Q^* — оптимальный размер заказа, единиц; где S_i — объем потребности в запасе наименования i , единиц; A — затраты на выполнение одного заказа, руб.; \bar{S} — вектор потребностей в запасе различных наименований, единиц; включает множество чисел, соответствующее количеству наименований товарно-материальных ценностей в поставке: например, вектор со значениями (5; 7; 10; 12) соответствует работе с четырьмя наименованиями товарно-материальных ценностей в одном заказе, причем первое наименование имеет потребность в запасе в объеме 5 единиц, второе наименование — 7, третье наименование — 10, четвертое наименование — 12 единиц; \bar{I} — вектор затрат на содержание единицы запаса различных наименований, руб.; включает множество чисел, соответствующее количеству наименований товарно-материальных ценностей в поставке: например, вектор со значениями (28; 32;

30; 40) соответствует работе с четырьмя наименованиями товарно-материальных ценностей в одном заказе, причем первое наименование имеет затраты на содержание на единицу запаса в объеме 28 единиц, второе — 32, третье — 30 и четвертое — 40 единиц; $\vec{S} \cdot \vec{I}$ — произведение векторов, которое рассчитывается для рассматриваемого примера как сумма произведений потребности на плановый период и затрат на содержание единицы запаса соответствующего наименования: $5 \cdot 28 + 7 \cdot 32 + 10 \cdot 30 + 12 \cdot 40 = 1144$ единиц.

8.3.6. Модель с учетом оптовых скидок

Классическая формула Вильсона, как отмечалось ранее (см. п. 8.2), не учитывает возможности работы с оптовыми скидками, которые согласуются с поставщиком при закупке больших партий товаров. Формирование общих затрат, связанных с запасами, при наличии оптовых скидок проиллюстрировано на рис. 8.8.

На рис. 8.8 чем большими партиями закупаются товарно-материальные ценности, тем ниже цены закупки (от C_1 до C_3). Каждая из цен имеет определенный интервал действия, определяющий объем заказа, для которого она может использоваться. В соответствии с этим получаем три кривые общих затрат на создание и под-

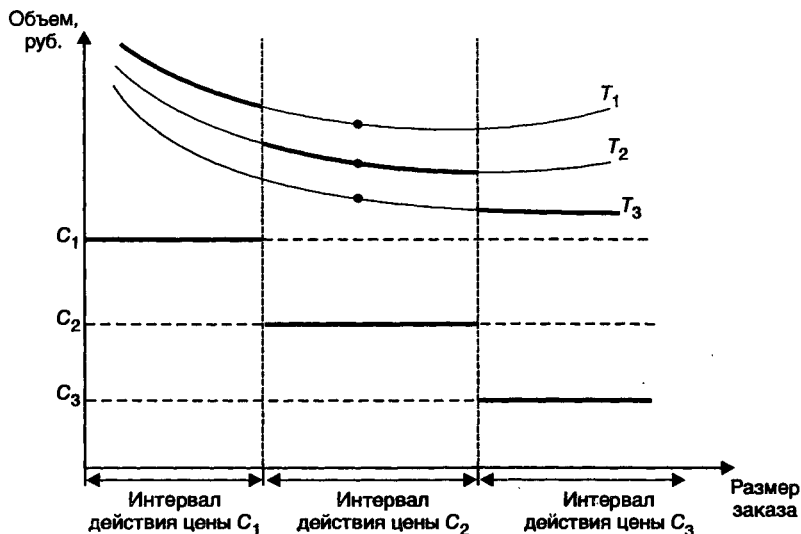


Рис. 8.8. Формирование общих затрат, связанных с запасом, при наличии оптовых скидок

держание запаса. Для самой высокой цены (C_1) кривая общих затрат находится на самом высоком уровне. Для самой низкой цены (C_3) кривая общих затрат находится на самом низком уровне. Каждая из получившихся кривых отражает реальные затраты только на интервале объема заказа, для которого действуют соответствующие цены. Каждая из кривых общих затрат имеет свой минимум, но только для одной из них этот минимум может быть реализован практически (на рисунке это кривая для цены C_2).

Для изучения возможности учета оптовых скидок при расчете оптимального размера заказа рассмотрим два варианта ситуаций.

Вариант 1. Затраты на содержание запаса не зависят от цены закупки.

Вариант 2. Затраты на содержание запаса зависят от цены закупки.

Вариант 1. В ситуации, когда затраты на содержание запаса не зависят от цены закупки, следует пользоваться формулой (7.4):

$$C_c = \bar{Z} \cdot I,$$

где C_c — затраты на содержание запаса, руб.; \bar{Z} — средний уровень запаса, единиц; I — затраты на содержание единицы запаса, руб.

На рис. 8.9 показано формирование общих затрат при наличии оптовых скидок и затратах на содержание запаса, не зависящих от цены закупки. Общие затраты T_1 рассчитаны для цены C_1 , используемой для минимальных размеров заказов. Общие затраты T_2 , соответствующие цене C_2 , — для средних размеров заказов. Общие затраты T_3 , рассчитанные по цене C_3 , соответствуют максимальным размерам заказов. Так как затраты на содержание запаса не зависят от изменения цены и определяются только размером заказа (см. комментарий к рис. 7.10), все три кривые общих затрат на создание и поддержание запаса будут иметь минимум, соответствующий одному и тому же оптимальному размеру заказа. Рассчитать этот оптимальный размер заказа можно, воспользовавшись формулой (8.1) или ее модификациями (см. п. 8.3) в зависимости от условий движения запаса.

В отличие от предыдущих модификаций формулы Вильсона (см. подп. 8.3.1—8.3.5) определить оптимальный размер заказа при учете оптовых скидок с помощью расчета по какой-либо формуле нельзя. Информации, полученной в результате использования формулы (8.1) для рис. 8.9, явно недостаточно для выбора того или иного уровня цены и соответствующего ей размера заказа. Форму-

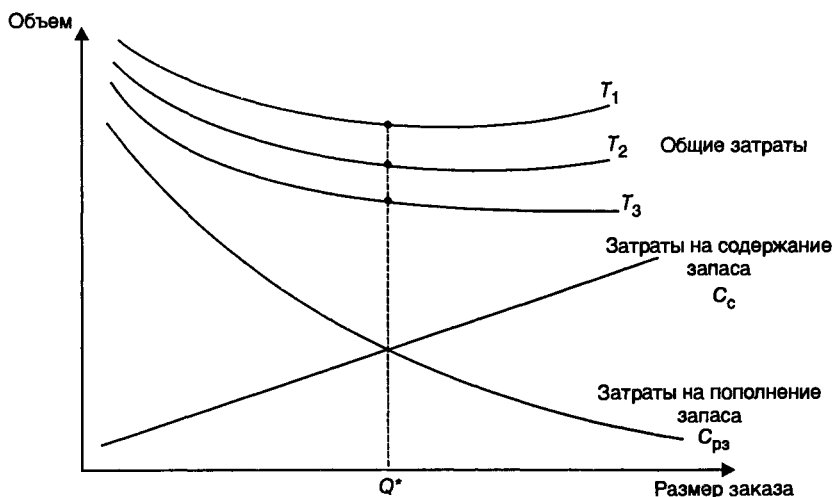


Рис. 8.9. Формирование общих затрат, связанных с запасом, при наличии оптовых скидок и затратах на содержание запаса, не зависящих от цены закупки

ла Вильсона в этой ситуации полезна только тем, что позволяет заменить полный перебор вариантов использования оптовых скидок ограниченным перебором этих вариантов.

Пример 8.4. Расчет оптимального размера заказа с учетом оптовых скидок при отсутствии зависимости затрат на содержание запаса от закупочной цены

Пусть потребность в продукции в год составляет 800 единиц ($S = 800$ единиц). Стоимость заказа — 20 руб. ($A = 20$ руб.). Затраты на содержание единицы запаса в год — 4 руб. ($I = 4$ руб.). Имеется система оптовых скидок, приведенная в табл. 8.6.

Таблица 8.6

Система оптовых скидок к примеру 8.4

Размер заказа, единиц	Цена единицы, руб.
До 50	20
50–79	18
80–99	17
Более 100	16

Процедура расчета оптимального размера заказа с учетом оптовых скидок в случае, когда затраты на содержание запаса не зависят от цены закупки, состоит в следующем (рис. 8.10).

1. Рассчитать оптимальный размер заказа:

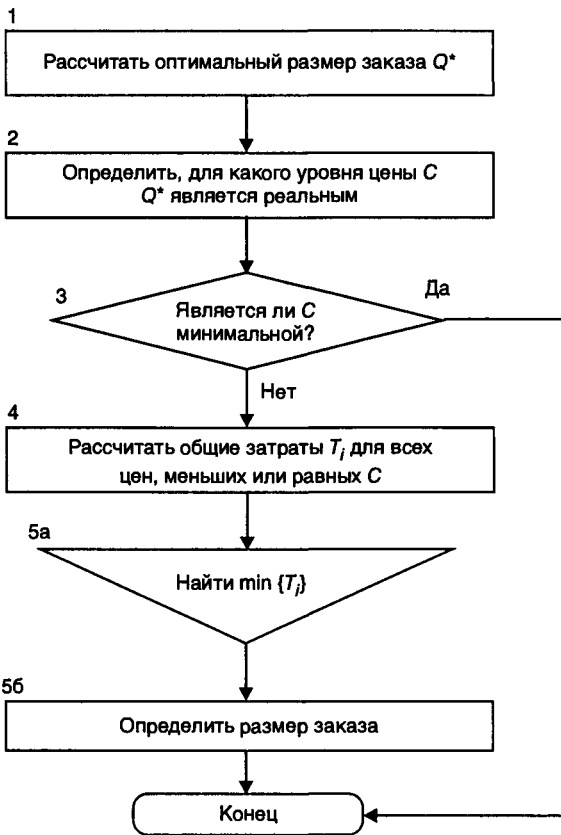


Рис. 8.10. Процедура расчета оптимального размера заказа при наличии оптовых скидок и затратах на содержание запаса, не зависящих от цены закупки

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot S}{I}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 800}{4}} = 89,44 \approx 90.$$

2. Определить, для какой цены рассчитанный в п. (1) оптимальный размер заказа является реальным (см. табл. 8.6):

90 единиц продукции можно купить по цене 17 руб./ед.

3. Определить, является ли найденная в п. (2) цена минимальной. Если да, то рассчитанный оптимальный размер заказа является ответом задачи. Если нет — идти к шагу 4:

17 руб./ед. — не минимальная цена.

4. Рассчитать общие затраты для цен, меньших или равных цене, найденной в п. (2) по формуле (7.11). Если бы реальной ценой в

рассматриваемом примере оказалась минимальная цена из табл. 8.6, то рассчитанный в п. (1) оптимальный размер заказа был бы ответом задачи, так как минимум кривой общих затрат при минимальной цене является самой низкой точкой затрат из всех возможных. Но так как в п. (3) было показано, что оптимальный размер заказа соответствует не минимальной цене, то необходимо продолжить расчет. Требуется рассчитать общие затраты на создание и поддержание запаса для цены 17 руб. /ед. и цены 16 руб. /ед.:

$$T = C \cdot S + S / Q \cdot A + (Z_s + Q / 2) \cdot I;$$

$$T_{17} = 80/2 \cdot 4 + 800/80 \cdot 20 + 17 \cdot 800 = 13\,960 \text{ руб.};$$

$$T_{16} = 100/2 \cdot 4 + 800/100 \cdot 20 + 16 \cdot 800 = 13\,160 \text{ руб.}$$

5. Найти минимальное значение общих затрат на создание и поддержание запаса из рассчитанных и отметить соответствующую цену и объем закупки:

а. Минимальные общие затраты соответствуют цене 16 руб./ед.

б. Закупку следует вести по 100 единиц в партии.

Вариант 2. В ситуации, когда затраты на содержание запаса зависят от цены закупки, для определения затрат на содержание запаса следует пользоваться формулой (7.9)

$$C_c = \bar{Z} \cdot C \cdot I,$$

где C_c — затраты на содержание запаса, руб.; \bar{Z} — средний уровень запаса, единиц; C — стоимость единицы запаса, руб.; I — затраты на содержание единицы запаса, %.

На рис. 8.11 показано формирование общих затрат при наличии оптовых скидок и затрат на содержание запаса, зависящих от цены закупки.

Так как с падением цен по мере роста объема заказа затраты на содержание единицы запаса возрастают, то в отличие от иллюстрации на рис. 8.9 имеются три прямые, описывающие изменение затрат на содержание запаса. Цена C_1 — максимальная, поэтому функция соответствующих затрат на содержание запаса находится выше остальных функций затрат на содержание запаса. Как следствие каждая из кривых общих затрат имеет точки минимума в разных значениях аргумента (объема заказа). Это определяет основное отличие этого варианта от варианта 1. Процедура расчета оптимального размера заказа при наличии оптовых скидок и за-

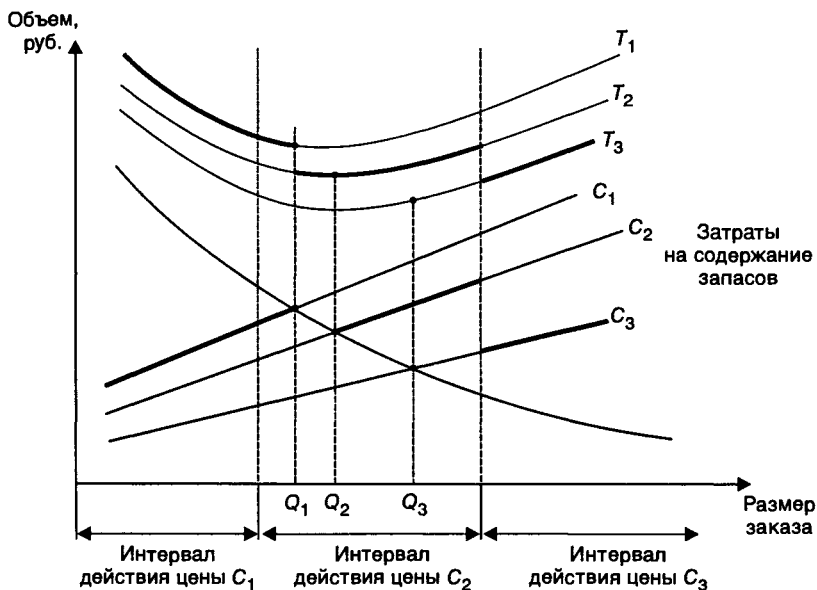


Рис. 8.11. Формирование общих затрат при наличии оптовых скидок и затратах на содержание запаса, зависящих от цены закупки

тратах на содержание запаса, не зависящих от цены закупки, приведена на рис. 8.12.

Пример 8.5. Расчет оптимального размера заказа с учетом оптовых скидок при зависимости затрат на содержание запаса от цены закупки

Пусть потребность в продукции на год составляет 1000 единиц. Затраты на выполнение одного заказа составляют 100 руб., затраты на содержание запаса составляют 40% цены единицы запаса. Имеется система оптовых скидок, представленная в табл. 8.7.

Таблица 8.7

Система оптовых скидок к примеру 8.5

Размер заказа, единиц	Цена, руб./ед.
До 120	78
Более 120	50

1. Начиная с минимальной цены, рассчитать оптимальный размер заказа для каждой из цен, пока не будет найден оптимальный размер заказа.

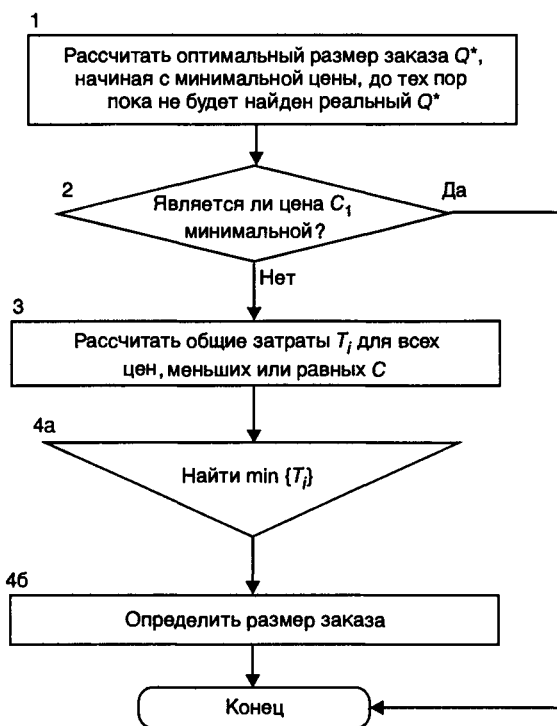


Рис. 8.12. Процедура расчета оптимального размера заказа при наличии оптовых скидок и затратах на содержание запаса, зависящих от цены закупки

$$Q_1^* = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot S}{I}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \cdot 1000}{0,4 \cdot 50}} = 100 \text{ ед.} \text{ — нереальный размер заказа.}$$

$$Q_2^* = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot S}{I}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \cdot 1000}{0,4 \cdot 78}} = 80,06 \approx 81 \text{ ед.} \text{ — реальный размер заказа.}$$

Заказ на 100 единиц товара по цене 50 руб. за единицу нереален, так как данная оптовая скидка назначается при размере заказа в 120 единиц и более. Заказ на 81 единицу товара по цене 78 руб. за единицу реален, так как по этой цене такую партию можно приобрести.

2. Определить, является ли найденная в п. (1) цена минимальной. Если да, то найденный в п. (1) оптимальный размер заказа является ответом задачи. Если нет — переходим к шагу 3:

78 руб./ед. — не минимальная цена.

3. Рассчитать общие затраты для всех цен, меньших или равных уровню цены, найденной в п. (1) по формуле (7.11).

Если бы реальной ценой в рассматриваемом примере оказалась минимальная цена, то рассчитанный в п. (1) оптимальный размер заказа был бы ответом задачи, так как минимум кривой общих затрат при минимальной цене является самой низкой точкой затрат из всех возможных (см. рис. 8.11). Но так как оптимальный размер заказа п. (1) соответствует не минимальной цене (см. п. (2)), то необходимо продолжить расчет. Требуется рассчитать общие затраты на создание и поддержание запаса для цены в 78 руб./ед. и 50 руб./ед.:

$$T = C \cdot S + S / Q \cdot A + (Z_s + Q / 2) \cdot I;$$

$$T_{50} = 50 \cdot 1000 + \frac{1000}{120} \cdot 100 + \frac{120}{2} \cdot 0,4 \cdot 50 = 52\,033,33 \text{ руб.};$$

$$T_{78} = 78 \cdot 1000 + \frac{1000}{80} \cdot 100 + \frac{80}{2} \cdot 0,4 \cdot 78 = 80\,498 \text{ руб.}$$

4. Найти минимальное значение общих затрат из рассчитанных в п. (3) и определить соответствующую цену и объем закупки.

- а. Минимальные общие затраты соответствуют цене 50 руб./ед.
- б. Закупку следует вести по 120 единиц в партии.

8.3.7. Модель с учетом НДС

Еще одна современная отечественная модификация формулы Вильсона позволяет ответить на вопрос, должна ли цена единицы запаса применяться в расчетах оптимального размера поставки с НДС или без НДС? Этот вопрос обычно поднимается при обсуждении методики управления запасами в экономических и финансовых службах компании. В финансовом планировании учитывают как цены закупки, так и цены с НДС. Например, цена с НДС используется в бюджете движения денежных средств, а цена без НДС — в расчетах себестоимости продукции и в бюджете доходов и расходов. НДС подлежит уплате поставщику и должен учитываться при расчете оптимального размера заказа, но НДС также подлежит возмещению и не является расходом.

В формуле (8.3) цена является инструментом определения размера связанного капитала. В нее включены затраты на пополнение запаса, стоимость закупки и затраты на содержание запаса. Все эти

финансовые средства отвлечены из оборота в связи с приобретением товарно-материальных ценностей, содержащихся в запасе. Так как при оплате заказа выплачивается цена с НДС, именно эта цена должна использоваться в формуле (8.3). Таким образом, формула преобразуется в следующий вид:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I + irC}}, \quad (8.9)$$

где Q^* — оптимальный размер заказа, единиц; A — затраты на выполнение одного заказа, руб.; S — объем потребности в запасе, единиц; I — затраты на содержание единицы запаса, руб.; i — доля закупочной цены запаса, приходящаяся на затраты по содержанию запаса; r — коэффициент ставки НДС; C — закупочная цена единицы запаса, руб.

Если ставка НДС составляет 20%, то коэффициент r будет равен 1,2, если ставка НДС — 10%, то коэффициент r равен 1,1. Если приобретаемые товарно-материальные ценности не облагаются НДС, то коэффициент r равен 1,0.

8.3.8. Модель с учетом затрат на содержание запаса на единицу площади склада

Особенность определения затрат на содержание запаса для расчета оптимального размера заказа по классической формуле Вильсона (см. формулу (8.1)) состоит в том, что затраты на содержание запаса должны быть приведены к единице запаса заданного наименования или к группе единиц запаса. Между тем, как правило, учет таких затрат увязан с площадями или объемами склада. Учитывая это, классическая модель расчета оптимального размера заказа должна быть скорректирована. Складские затраты могут быть выражены следующим образом:

$$I = akS, \quad (8.10)$$

где a — затраты на содержание единицы запаса с учетом занимаемой площади (объема) склада, руб./м² или руб./м³; k — коэффициент, учитывающий пространственные габариты единицы запаса, м²/единиц или м³/единиц; S — общий объем потребности за плановый период, единиц.

При подстановке затрат на содержание запаса, выраженных в формуле (8.10), классическая модель расчета оптимального размера заказа принимает следующий вид:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I}} = \sqrt{\frac{2AS}{akS}} = \sqrt{\frac{2A}{ak}}, \quad (8.11)$$

где A — затраты на выполнение одного заказа, руб.; S — объем потребности в запасе, единиц; I — затраты на содержание единицы запаса, руб.; a — затраты на содержание единицы запаса с учетом занимаемой площади (объема) склада, руб./м² или руб./м³; k — коэффициент, учитывающий пространственные габариты единицы запаса, м²/единиц или м³/единиц.

Основные формулы к подразделу 8.3

№ n/n	Показатель	Расчет	Условные обозначения
1	Оптимальный размер заказа при учете потерь от замороженного капитала	$Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I + iC}}$	A — затраты на выполнение одного заказа, руб.; S — объем потребности в запасе, единиц; I — затраты на содержание единицы запаса, руб.; i — доля цены продукции, приходящаяся на затраты по содержанию запаса; C — закупочная цена единицы запаса, руб.
2	Оптимальный размер заказа с учетом постепенного пополнения	$Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I(1 - \frac{s}{d})}}$	A — затраты на выполнение одного заказа, руб.; S — объем потребности в запасе, единиц; I — затраты на содержание единицы запаса, руб.; s — среднесуточный объем потребности в запасе, единиц/день; d — среднесуточный объем поступления товарно-материальных ценностей на склад, единиц/день; S — объем потребности в запасе, единиц; D — объем поступления товарно-материальных ценностей на склад в течение планового периода, единиц
		$Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I(1 - \frac{S}{D})}}$	

№ n/n	Показатель	Расчет	Условные обозначения
3	Оптимальный размер заказа с учетом потерь от дефицита	$Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I} \cdot \frac{H+I}{H}}$	<p>A — затраты на выполнение одного заказа, руб.;</p> <p>S — объем потребности в запасе, единиц;</p> <p>I — затраты на содержание единицы запаса, руб.;</p> <p>H — издержки дефицита на единицу запаса, руб.</p>
4	Оптимальный размер заказа с постепенным пополнением запаса и при учете потерь от дефицита	$Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I}} \times \sqrt{\frac{1 - \frac{I}{H}}{1 - \frac{s}{d}}}$	<p>A — затраты на выполнение одного заказа, руб.;</p> <p>S — объем потребности в запасе, единиц;</p> <p>I — затраты на содержание единицы запаса, руб.;</p> <p>H — издержки дефицита на единицу запаса, руб.;</p> <p>s — среднесуточная потребность в запасе, единиц/день;</p> <p>d — среднесуточный объем поступления товарно-материальных ценностей на склад, единиц/день</p>
5	Оптимальный размер многономенклатурного заказа	$Q_i^* = S_i \sqrt{\frac{2A}{\bar{S} \cdot \bar{I}}}$	<p>S_i — объем потребности в запасе наименования i, единиц;</p> <p>A — затраты на выполнение одного заказа, руб.;</p> <p>\bar{S} — вектор потребностей в запасе различных наименований, единиц,</p> <p>\bar{I} — вектор затрат на содержание единицы запаса различных наименований, руб.</p>

№ n/n	Показатель	Расчет	Условные обозначения
6	Оптимальный размер заказа с учетом НДС	$Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I + irC}}$	<p>A — затраты на выполнение одного заказа, руб.;</p> <p>S — объем потребности в запасе, единиц;</p> <p>I — затраты на содержание единицы запаса, руб.;</p> <p>i — доля закупочной цены запаса, приходящаяся на затраты по содержанию запаса;</p> <p>r — коэффициент ставки НДС;</p> <p>C — закупочная цена единицы запаса, руб.;</p> <p>Q^* — размер заказа, единиц</p>
7	Оптимальный размер заказа с учетом затрат на содержание запаса на единицу площади или объема склада	$Q_i^* = \sqrt{\frac{2AS}{ak}}$	<p>A — затраты на выполнение одного заказа, руб.;</p> <p>S — объем потребности в запасе, единиц;</p> <p>a — затраты на содержание единицы запаса с учетом занимаемой площади (объема) склада, руб./м² или руб./м³;</p> <p>k — коэффициент, учитывающий пространственные габариты единицы запаса, м²/единиц или м³/единиц</p>

Вопросы для самопроверки к подразделу 8.3

1. Следует ли пренебрегать альтернативными затратами при расчете оптимального размера заказа? Если да, то при каких условиях?
2. Каким образом характер пополнения запаса (мгновенное или продолженное пополнение) влияет на размер заказа, пополняющего запас?
3. При каком соотношении характеристик поставок и потребления происходит накопление запаса?
4. Какие варианты учета дефицита при работе с запасом вы знаете?
5. Влияет ли учет дефицита на размер заказа, пополняющего запас? Если да, то каким образом?
6. Какие элементы входят в состав издержек дефицита?
7. Что такое жесткие и мягкие издержки дефицита? Почему они так называются?

8. Какие элементы входят в состав жестких издержек дефицита?
9. На какой плановый период могут прогнозироваться жесткие издержки дефицита?
10. Какие элементы входят в мягкие издержки дефицита?
11. На какой плановый период могут прогнозироваться мягкие издержки дефицита?
12. Поясните расчет размера многономенклатурного заказа.
13. Как оптовые скидки влияют на решение о размере заказа?
14. Поясните формирование общих затрат, связанных с запасами, при отсутствии зависимости затрат на содержание запаса от цены закупки.
15. Поясните формирование общих затрат, связанных с запасами, при зависимости затрат на содержание запаса от цены закупки.
16. Для какого уровня закупочной цены общие затраты, связанные с запасами, минимальны?
17. По каким формулам следует рассчитывать оптимальный размер заказа для различных уровней цен при связи затрат на содержание запаса с ценой закупки?
18. Объясните, почему при определении оптимального размера заказа при наличии оптовых скидок следует использовать процедуру поиска решения, а не ограничиться расчетом по той или иной формуле.
19. В чем принципиальная разница определения оптимального размера заказа в вариантах наличия и отсутствия связи затрат на содержание запаса с ценой закупки при работе с оптовыми скидками?
20. Следует ли учитывать НДС при расчете оптимального размера заказа? Если да, то каким образом это следует делать?
21. Какие единицы измерения затрат на содержание запаса требуются для расчета оптимального размера заказа по классической формуле?
22. Каким образом рассчитывается оптимальный размер заказа при учете затрат на содержание запаса на единицу площади или объема склада?

8.4. Сбор и обработка исходной информации для расчета оптимального размера заказа

Исходной информацией для расчета оптимального размера заказа с использованием различных модификаций формулы Вильсона являются следующие величины (см. п. 8.3):

- объем потребности в запасе, единиц (S);
- среднесуточная потребность в запасе, единиц/день (s);
- закупочная цена единицы запаса, руб. (C);
- доля цены продукции, приходящаяся на затраты по содержанию запаса (i);
- объем поступления товарно-материальных ценностей на склад в течение планового периода, единиц (D);
- среднесуточный объем поступления товарно-материальных ценностей на склад, единиц/день (d);
- затраты на содержание единицы запаса, руб. (I);
- затраты на содержание единицы продукции с учетом занимаемой площади (объема) склада, руб./м² или руб./м³ (a);
- коэффициент, учитывающий пространственные габариты единицы продукции, м²/единиц или м³/единиц (k);
- затраты на выполнение одного заказа, руб. (A);
- издержки дефицита, руб./единица запаса (H);
- коэффициент ставки НДС (r).

Все названные величины прогнозируются на плановый период и могут быть разделены на несколько групп (табл. 8.8).

1. Характеристики потребности.
2. Ценовые характеристики.
3. Характеристики поступления запаса на склад.
4. Затраты на содержание.
5. Затраты на пополнение запаса.
6. Издержки дефицита.
7. Характеристики товарно-материальных ценностей.
8. Дополнительные величины.

Рассмотрим содержание каждой из групп исходной информации.

1. Характеристики потребления. Основная проблема определения характеристик потребления (см. стр. 1 табл. 8.8) состоит в том, что в силу высокой динамичности среды бизнеса точность их прогнозирования невысока. Причинами ошибок прогнозирования могут быть:

Информация, используемая при расчете оптимального размера заказа

Группа информации	Пример показателя	Источник получения информации
1. Характеристики потребности	Объем потребности в запасе, единиц (S)	1. Статистическая обработка массивов данных: – по поступившим заявкам клиентов; – по отгрузкам со склада. 2. Прогнозирование объема потребности по статистическим данным. 3. Прогнозирование потребности на основе экспертных оценок
	Среднесуточная потребность в запасе, единиц/день (s)	Усреднение потребности с учетом количества календарных или рабочих дней
2. Ценовые характеристики	Закупочная цена единицы запаса, руб. (C)	1. Данные в товаросопроводительных, финансовых, учетных документов. 2. Данные оперативного складского учета. 3. Данные, содержащиеся в прайс-листах. 4. Сведения, полученные от поставщиков. 5. Экспертная оценка
	Доля цены продукции, приходящаяся на затраты по содержанию запаса (f)	1. Анализ данных управленческого учета. 2. Экспертная оценка
3. Характеристики поступления на склад	Объем поступления товарно-материальных ценностей на склад в течение планового периода, единиц (D)	1. Статистическая обработка массивов данных по объемам поставок на склад. 2. Данные оперативного складского учета. 3. Данные товаросопроводительных документов. 4. Экспертная оценка
	Среднесуточный объем поступления товарно-материальных ценностей на склад, единиц/день (d)	Усреднение потребности с учетом количества календарных или рабочих дней
4. Затраты на содержание запаса	Затраты на содержание единицы запаса, руб. (f)	1. Данные управленческого учета. 2. Расчет удельных затрат на содержание запаса с учетом широты номенклатуры и ассортимента, оборачиваемости запаса и прочих показателей. 3. Экспертная оценка

Группа информации	Пример показателя	Источник получения информации
	Затраты на содержание единицы запаса с учетом занимаемой площади (объема) склада, руб./м ² или руб./м ³ (а)	1. Данные управленческого учета. 2. Расчет удельных затрат на содержание запаса на единицу площади или объема. 3. Экспертная оценка
5. Затраты на пополнение запаса	Затраты на выполнение одного заказа, руб. (А)	1. Данные управленческого учета. 2. Расчет удельных офисных затрат с учетом численности сотрудников, количества поставщиков, широты номенклатуры и ассортимента, состава функциональных обязанностей сотрудников и прочих показателей. 3. Экспертная оценка
6. Издержки дефицита	Издержки дефицита, руб./единица запаса (Н)	1. Данные управленческого учета. 2. Статистическая обработка данных финансовых и учетных документов. 3. Экспертная оценка
7. Характеристики товарно-материальных ценностей	Коэффициент, учитывающий пространственные габариты единицы продукции, м ² /единиц или м ³ /единиц (к)	1. Статистическая обработка данных о габаритах единицы продукции. 2. Экспертная оценка
8. Дополнительные величины	Коэффициент ставки НДС (r)	Соответствующая документация

- отсутствие или незначительный объем, а также отсутствие или недостаточная детализация статистической базы прошлых периодов;
- неверная интерпретация данных статистической базы;
- значительная вариация объемов потребности в прошлых периодах времени;
- нерегулярность потребности, вызванная действием зачастую уникально сочетаемых факторов внешней среды в прошлом и в будущем;
- выраженные и невыраженные сезонные тенденции потребления;
- недостаток информации о возможных изменениях внешней и внутренней среды бизнеса в будущем и др.

Снижение точности прогнозирования является объективной чертой современной экономики всех стран. Основные принципы

определения точности прогнозов рассмотрены в подп. 6.4.1. В 1970-е годы ошибка прогнозирования составляла 5–10%. Экономико-математические методы и модели во многом опережали запросы практики бизнеса. Примеры таких методов были рассмотрены в п. 6.1. С начала 1980-х годов наметилась тенденция снижения точности прогнозов в сфере экономики. Это было вызвано бурным развитием разнообразных экономических, политических, климатических, демографических и прочих факторов. В результате математических средств стало явно недостаточно в силу сложности формализации и фиксации многих переменных.

Экспертное прогнозирование опирается на опыт и интуицию специалистов без необходимости формализованного описания процесса получения прогноза (см. п. 6.2). Оно не имеет широкого применения в силу ограниченности штата экспертов и крайне высокой оплаты их труда, хотя точность прогнозирования с привлечением экспертов, как правило, значительно выше точности аналитических прогнозов.

В силу создавшейся ситуации наиболее часто используется сочетание возможностей формального математического аппарата обработки статистических данных с преимуществами экспертных оценок. Общее описание такого комбинированного метода прогнозирования приведено в п. 6.3. Аналитически рассчитанные прогнозы, как правило, рекомендуется корректировать силами экспертов или ведущих специалистов и руководителей организации, которые при принятии решения могут учесть и неформализованную информацию.

В настоящее время средняя ошибка прогноза составит 15–20% и считается приемлемой. В зависимости от рода бизнеса ошибки могут составлять 30, 40, 50%. Единичные выбросы могут достигать сотен процентов. Таким образом, наличие возрастающей ошибки прогноза, в частности прогноза спроса на товарно-материальные ценности, находящиеся в запасе, следует признать фактом, причем фактом, который не должен ставить под сомнение возможность оптимального управления запасами. В то же время не стоит забывать, что возрастающая ошибка прогноза требует дополнительного внимания к инструментам поддержки бесперебойного обеспечения потребности: страховому запасу, уровню обслуживания, алгоритму управления запасом. Очень полезным инструментом преодоления проблем, вызванных, в частности, точностью прогноза спроса, являются *ABC*- и *XYZ*-классификации (см. п. 12.1).

В группу **«Характеристики потребности»** можно отнести: объем потребности в запасе (единиц (S)) среднесуточную потребность в запасе (единиц/день (s)).

Учитывая замечания о точности современных прогнозов, для определения величины потребности в запасе прежде всего требуется статистическая обработка массивов данных по поступившим заявкам (или по отгрузкам со склада), на основе которой проводится прогноз. Если статистическая база отсутствует, недостаточна или имеет некорректную форму представления, прогнозирование можно строить на основе экспертных оценок. И в том и в другом случае в определении величины потребности в запасе будет ошибка, что, естественно, скажется на точности расчета оптимального размера заказа.

Для определения второй величины группы **«Характеристики потребности»** — среднесуточной потребности в запасе — достаточно провести усреднение потребности, определенной с помощью статистической обработки данных или экспертных оценок, с учетом числа календарных или рабочих дней. Проблем в таком расчете, как правило, не возникает.

В группу **«Ценовые характеристики»** следует отнести: цену единицы запаса (руб. (C)) и долю цены продукции, приходящуюся на затраты по содержанию запаса (руб./единица запаса (i)).

В этой группе вопросы возникают только при определении значений второй величины (i). Первая величина — закупочная цена единицы запаса — имеется в товаросопроводительных, финансовых, учетных документах, данных оперативного складского учета, в прайс-листах и других сведениях, полученных от поставщиков. В сложных случаях может быть применена экспертная оценка.

Доля цены продукции, приходящаяся на затраты на содержание запаса, как правило, определяется экспертно и часто находится в диапазоне от 15 до 27%, редко — до 40%. В качестве экспертов могут выступать руководители складского хозяйства, работники финансовых или плановых подразделений, логисты, товарные менеджеры, аналитики группы контроллинга или управленческого учета. Если хорошо налажен управленческий учет и имеется достаточная статистическая база затрат, доля цены продукции, приходящаяся на затраты на содержание запаса, может быть рассчитана на основе анализа данных управленческого учета.

В группу **«Характеристики поступления запаса на склад»** входят: поступления товарно-материальных ценностей на склад в течение

планового периода (единиц (D)) и среднесуточные поступления товарно-материальных ценностей на склад (единиц/день (d)).

Определение и расчет величин этой группы не представляют проблем. Для прогнозирования объема поступления товарно-материальных ценностей на склад можно воспользоваться статистикой поставок на склад в прошлые периоды, содержащейся в массивах баз данных по объемам поставок на склад, в оперативном складском учете, в товаросопроводительных документах. Важно учитывать также сведения о поставщиках и особенностях их работы, имеющие неформализованный характер. Целесообразно использовать экспертные оценки как при подтверждении исходных данных для расчета прогноза, так и для обработки полученных в процессе прогнозирования результатов. Среднесуточный объем поступления товарно-материальных ценностей на склад определяется путем усреднения значения первой величины с учетом числа календарных или рабочих дней.

Определение величин группы «Затраты на содержание запаса» может вызвать определенные затруднения, если в организации не налажен учет логистических затрат (см. подп. 7.1.3). В эту группу входят: затраты на содержание единицы запаса (руб. (I)) и затраты на содержание единицы запаса с учетом занимаемой площади (объема) склада (руб./м² или руб./м³ (a)).

Особенностью первой величины является приведение ее к единице запаса, точнее к единице наименования запаса, в то время как наиболее типичным для отечественной практики учета затрат на содержание запаса является приведение затрат хранения к единице площади, объема или месту хранения — как и второй величины этой группы. Для обеспечения прогнозирования затрат на содержание требуется развитая система управленческого учета, как правило в рамках интегрированной информационно-компьютерной системы, либо, при ее отсутствии, экспертная оценка затрат на содержание определенного наименования товарно-материальных ценностей, находящихся в запасе, исходя из общих затрат на содержание всей номенклатуры запаса.

Попыткой упростить задачу является расчет затрат на содержание единицы продукции с учетом занимаемой площади (объема) склада (руб./м² или руб./м³) (см. формулу 8.11). Фактически эта величина заменяет экспертную оценку, наиболее часто используемую при определении затрат на содержание в расчете на единицу наименования запаса, формальным расчетом на основе удельных затрат на содержание запаса на единицу площади или объема. Рас-

чет затрат как по первому, так и по второму варианту дает оценочные значения затрат на содержание.

Пример 8.6. Использование формулы Вильсона в экономической практике (а)

Средний уровень продаж в день составляет 100 единиц товара (S). Накладные расходы на доставку товара на склад — 550 руб. (A). Затраты на содержание единицы товара на складе — 40 руб./сутки (I). Имеющиеся данные позволяют определить:

1) оптимальный размер заказа (см. формулу 8.1):

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot 550 \cdot 100}{40}} = 52,44 \approx 53 \text{ единицы};$$

2) длительность периода хранения партии поставки на складе:

$$Q^* / S = 53 / 100 = 0,53 \approx 0,5 \text{ дня};$$

3) число поставок в день (см. комментарий к формуле 7.2):

$$S / Q^* = 100 / 53 = 1,89 \approx 2 \text{ раза};$$

4) накладные расходы в день:

$$A \cdot S / Q^* = 550 \cdot 2 = 1100 \text{ руб.};$$

5) затраты на содержание партии поставки (см. формулу 7.7):

$$I \cdot Q^* / 2 = 40 \cdot 53 / 2 = 1060 \text{ руб.}$$

Довольно часто затраты на содержание запаса (I) и затраты на выполнение заказа (A) определяются для каждой номенклатурной позиции запаса. В таком случае можно использовать граничные значения затрат для расчета оптимального размера заказа.

Пример 8.7. Использование формулы Вильсона в экономической практике (б)

Пусть затраты на организацию заказа составляют от 200 до 600 руб. (A), затраты на хранение продукции колеблются от 18 до 23% цены закупки (i), объем прогнозируемой потребности в запасе за год составляет 800 м² (S), цена закупки — 120 руб./м² (C). По имеющимся данным можно определить:

1) оптимальный размер заказа:

а) средние затраты на выполнение заказа:

$$\frac{A_1 + A_2}{2} = \frac{200 + 600}{2} = 400 \text{ руб.};$$

б) минимальные затраты на содержание запаса (см. формулу 7.9):

$$i_1 \cdot C \cdot S = 0,18 \cdot 120 \cdot 800 = 17\,280 \text{ руб.};$$

в) максимальные затраты на содержание запаса (см. формулу 7.9):

$$i_2 \cdot C \cdot S = 0,23 \cdot 120 \cdot 800 = 22\,080 \text{ руб.};$$

г) средние затраты на содержание запаса:

$$\frac{(б) + (в)}{2} = \frac{17\,280 + 22\,080}{2} = 19\,680 \text{ руб.};$$

д) оптимальный размер заказа (см. формулу 8.1):

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot 400 \cdot 800}{19\,680}} = 5,70 \approx 6 \text{ м}^2;$$

2) оптимальное число поставок в год (см. комментарий к формуле 7.2):

$$\frac{S}{Q^*} = \frac{800}{6} = 133,33 \approx 134 \text{ раза};$$

3) оптимальный интервал между поставками (см. формулу 9.8):

$$N / \frac{S}{Q^*} = 365 / 134 = 2,72 \approx 2 \text{ дня};$$

4) средний уровень текущего запаса (см. формулу 3.7):

$$Q^* / 2 = 6 / 2 = 3 \text{ м}^2.$$

В группу «Затраты на пополнение заказа» (*ordering costs*) входят затраты на выполнение одного заказа (руб. (*A*)) — величина, вызывающая наибольшее число вопросов и проблем. Затраты на выполнение одного заказа включают постоянные затраты, связанные с выдачей заказов (см. подп. 7.1.2), например затраты:

- на поиск поставщика;
- ведение переговоров;
- оформление заказа;
- отправку заказа;
- принятие заказа по его прибытии;
- участие в приемке товарно-материальных ценностей;
- оформление претензий по качеству;
- содержание отдела закупок и пр.

Наиболее простым, хотя и не самым точным методом определения затрат на пополнение запаса является деление общих годовых расходов отдела закупок (заработная плата работников отдела, материальные и накладные расходы) на число подаваемых за год заказов. Кроме того, можно рассчитать удельные офисные затраты с учетом численности работников, числа поставщиков, широты номенклатуры и ассортимента, состава функциональных обязанностей работников и прочих показателей.

Пример 8.8. Использование формулы Вильсона в экономической практике (в)

Пусть за год на склад поступило 430 партий различных видов продукции. Расходы на содержание отдела закупок составили за тот же период 14 400 тыс. руб. (A). Затраты на выполнение одного заказа равны удельным расходам отдела закупок в расчете на одну партию поставки. По продукции вида «Б» известно, что затраты на ее содержание составляют 12% от закупочной цены (i), прогнозируемый объем потребности в этом товаре — 16 тыс. т в год (S), закупочная цена — 190 руб./т (C). По имеющимся данным можно определить:

1) оптимальный размер заказа:

а) затраты на содержание продукции «Б»:

$$I \cdot C \cdot S = 0,12 \cdot 190 \cdot 16000 = 364\,800 \text{ руб.};$$

б) затраты на выполнение одного заказа:

$$14\,400\,000 / 430 = 33\,488,37 \text{ руб.};$$

в) оптимальный размер заказа (см. формулу 8.1):

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot 33\,488,37 \cdot 16\,000}{364\,800}} = 54,2 \approx 55 \text{ т};$$

2) средний уровень текущего запаса (см. формулу 3.7):

$$Q^* / 2 = 55 / 2 = 27,5 \text{ т};$$

3) число заказов в год (см. комментарий к формуле 7.2):

$$S / Q^* = 16000 / 55 = 290,9 \approx 291 \text{ раз};$$

4) интервал между заказами (см. формулу 9.8):

$$N / S / Q^* = 365 / 291 = 1,25 \approx 2 \text{ дня}.$$

Многие предприятия иностранного капитала на территории России дают примеры прекрасной организации учетной работы,

когда получение требуемой информации о стоимости размещения заказа не представляет сложности, так как она представлена в корпоративной информационной системе. Если статистику о затратах на размещение заказа получить сложно, можно прибегнуть к экспертной оценке.

Для расчета «Издержек дефицита» можно воспользоваться данными управленческого учета, а также финансовых и учетных документов. Описание структуры издержек дефицита приведено в подп. 8.3.3.

Расчет величин групп «Характеристики товарно-материальных ценностей» и «Дополнительные величины», как правило, не вызывают затруднений, так как основываются на данных о габаритах единицы продукции, экспертных оценках и данных, содержащихся в соответствующей документации.

При сборе исходной информации для расчета оптимального размера заказа могут возникнуть некоторые затруднения. Они связаны, как правило:

- с недостаточным объемом или неполной структурой статистической базы;
- неналаженным управленческим учетом затрат, связанных с запасами;
- трудностью привлечения квалифицированных кадров для проведения экспертных оценок.

В качестве исходных данных для расчета оптимального размера заказа используются неточные данные, что вызвано, кроме указанных выше причин, нестабильностью внутренней и внешней среды бизнеса. В целом следует признать, что мнение о сложности получения исходной информации для расчета оптимального размера заказа нельзя считать неоспоримым. Приведенная выше информация показывает, что пути преодоления возникающих проблем имеются.

8.5. Проблемы использования формул расчета оптимального размера заказа

Рассмотренные в п. 8.2 и 8.3 формула Вильсона и ее модификации хорошо проработаны математически. Проблемы расчета оптимального размера заказа состоят не в качестве аналитического инструментария, а в доступности исходной информации (см. п. 8.4) и корректности интерпретации полученных результатов.

Решая задачи управления запасами, необходимо следовать принципам:

1. Источником возникновения затрат должны являться товарно-материальные ценности.

2. Из всех видов затрат должны быть исключены все элементы, вызванные низким уровнем планирования и управления, например:

- потери от простоя транспорта по вине работников организации;
- сверхнормативная естественная убыль и кражи;
- выплаты процентов по ссудам;
- неустойки за нарушение договорных обязательств по срокам, ассортименту и объему поставок.

Затраты необходимо учитывать по месту их возникновения, исключая повторный счет. Например, в состав транспортных затрат должны быть включены только те затраты, которые возникают непосредственно при транспортировке грузов.

До сих пор в формулах расчета оптимального размера заказа не учитывались соотношения между транспортными расходами и размером заказа. Если транспортные расходы оплачивает продавец (при оплате товара по месту назначения), этими соотношениями можно пренебречь, так как транспортные расходы учтены в цене закупки товара. Если же передача собственности происходит по месту отправления, то при определении оптимального размера заказа транспортные расходы следует учитывать.

Как правило, чем больше партия груза, тем меньше удельные транспортные расходы. При прочих равных условиях предприятиям выгодны размеры поставок, которые обеспечивают экономию транспортных расходов. Такие размеры поставок могут превышать рассчитанный по формуле оптимальный размер заказа. Увеличение размера заказа влияет на затраты на содержание запаса: чем больше партия закупки, тем больше средний запас и, следовательно, выше уровень затрат на содержание запаса. В этом случае необходимо включить в расчет общих затрат на содержание запаса транспортные расходы и провести расчеты общих затрат, связанных с запасами, при различных вариантах размера транспортных партий.

Можно отметить и другие проблемы, которые осложняют внедрение формул расчета оптимального размера заказа в повседневную практику бизнеса. К ним можно отнести, например, следующие проблемы.

- Получаемая расчетная величина оптимального размера заказа зачастую меньше принятой партии отгрузки или транспортной партии.
- Принятие решения о реальной величине размера заказа должно опираться на неформализуемые факторы, согласованные с различными службами.
- Степень расхождения расчетного (оптимального) и принятого реального объема заказа является основанием реорганизации текущего порядка работ в сфере закупок.
- Реорганизация бизнес-процессов закупок может повлечь изменение организационной структуры управления сферой закупок и связанных подразделений.
- Руководство организации должно сначала оценить целесообразность организационных изменений, толчком к которым является факт расхождения расчетного оптимального и принятого реального объема закупок.

Опираясь на опыт диагностики и анализа состояния систем управления запасами в организациях и результаты обсуждения проблем, возникающих при расчетах оптимальных размеров заказов, можно утверждать, что рассматриваемый инструментарий (в том числе все модификации формулы Вильсона) имеет негативную репутацию среди специалистов в России. Его считают чисто теоретическим и неприемлемым для практики. Такое мнение вызвано прежде всего следующими обстоятельствами:

- 1) во многих отечественных компаниях осложнено получение исходной информации для проведения расчетов;
- 2) отсутствуют формулы, соответствующие конкретной бизнес-ситуации, для которой ведется расчет;
- 3) результат расчета имеет существенное отклонение от принятых на практике партий заказов, и его реализация невозможна из-за влияния различных факторов внутренней и внешней среды бизнеса.

Для доказательства принципиальной ценности формул расчета оптимальных размеров заказа рассмотрим возможности преодоления каждого из отмеченных соображений.

Особенности получения исходной информации для проведения расчетов оптимального размера заказа рассмотрены в п. 8.4.

Отсутствуют формулы, отвечающие конкретной бизнес-ситуации. В п. 8.3 рассмотрены модификации расчета оптимального размера заказа для ситуаций, в которых учтены:

- цены закупки в затратах на хранение запаса;

- полный состав затрат на содержание запаса;
- страховой (гарантийный или резервный) запас;
- постепенный характер пополнения запаса на складе;
- потери от дефицита;
- потери от дефицита при постепенном пополнении запаса склада;
- работа с многономенклатурным заказом;
- оптовые скидки за закупку товарно-материальных ценностей;
- налог на добавленную стоимость;
- затраты на содержание запаса на единицу площади или объема.

Подборка формул п. 8.3 помогает ответить на вопрос, как рассчитать оптимальный размер заказа. Несмотря на кажущееся разнообразие бизнес-ситуаций, большая их часть вполне типичны. В сложных случаях можно самостоятельно вывести формулу оптимального размера заказа, используя функцию общих затрат (см. формулы (7.10) и (7.11)). Рассмотрим два примера управления запасами, где не применяются особые формулы для расчета оптимального размера заказа.

Пример 1. Время транспортировки заказа составляет большую часть времени выполнения заказа и сопоставимо с интервалом времени между заказами. В общих затратах, связанных с запасами, требуется учитывать затраты, связанные с пребыванием запаса в пути. Введем дополнительные обозначения:

$t_{\text{мз}}$ — интервал между заказами, дни;

t_t — время нахождения запаса на транспортных средствах, дни.

Средний размер запаса в пути можно определить по формуле

$$\bar{Z}_t = \frac{t_t}{t_{\text{мз}}} \cdot Q, \quad (8.12)$$

где Q — размер заказа, единиц.

Если обозначить C_t удельные затраты, связанные с пребыванием запаса на транспортных средствах (руб./ед. запаса), то затраты, связанные с запасом на транспортных средствах, будут определяться выражением

$$\bar{C}_t = C_t \cdot \frac{t_t}{t_{\text{мз}}} \cdot Q. \quad (8.13)$$

Общие затраты, связанные с запасом, можно определить, используя формулы (7.10) и (7.11), следующим образом:

$$T = \frac{Q}{2} \cdot I + \frac{S}{Q} \cdot A + C \cdot S + C_t \cdot \frac{t_t}{t_{\text{мз}}} \cdot Q, \quad (8.14)$$

где T — общие затраты, руб.; Q — размер заказа, единиц; I — затраты на содержание единицы запаса, руб.; S — объем потребности в запасе, единиц; A — затраты на выполнение одного заказа, руб.; C — закупочная цена единицы запаса, руб.; $t_{\text{мз}}$ — интервал времени между заказами, дни; t_t — время нахождения запаса на транспортных средствах, дни; C_t — удельные затраты, связанные с запасом на транспортных средствах, руб./единица запаса.

Оптимальный размер заказа с учетом затрат, связанных с нахождением запаса на транспортных средствах (в пути), соответствует варианту, когда общие затраты T , связанные с запасом, минимальны. Для оптимизации функции T общих затрат, связанных с запасами, необходимо найти производную функции T по Q и, приравняв ее нулю, найти выражение для оптимального размера заказа Q^* :

$$\frac{dT}{dQ} = \frac{I}{2} - \frac{A \cdot S}{Q^2} + \frac{C_t \cdot t_t}{t_{\text{мз}}}, \quad \frac{dT}{dQ} = 0, \quad \text{откуда}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I} \cdot \frac{t_{\text{мз}}}{t_{\text{мз}} + 2t_t \cdot \frac{C_t}{I}}}, \quad (8.15)$$

где Q^* — оптимальный размер заказа, единиц; A — затраты на выполнение одного заказа, руб.; S — объем потребности в запасе, единиц; I — затраты на содержание единицы запаса, руб.; $t_{\text{мз}}$ — интервал времени между заказами, дни; C_t — удельные затраты, связанные с запасом на транспортных средствах, руб./единица запаса; t_t — время нахождения запаса на транспортных средствах, дни.

Формула (8.15) представляет собой искомое выражение, с помощью которого можно определить оптимальный размер заказа с учетом затрат, связанных с пребыванием запаса в пути. Основой расчета является формула Вильсона, значение которой корректируется на коэффициент, учитывающий соотношение затрат на содержание запаса на складе и затрат на содержание запаса в пути.

Пример 2. Требуется учесть затраты на транспортные средства, участвующие в доставке заказа. Затраты на выполнение одного за-

каза (A) включают только постоянные затраты офиса. Транспортные затраты на доставку партии требуется определять отдельно. Пусть F — грузоподъемность одного транспортного средства, единиц. Тогда Q/F — число транспортных средств, требующихся для выполнения одного заказа; E — транспортные затраты на одно транспортное средство (т.с.) при доставке одного заказа, руб. / 1 т.с. / 1 заказ. Тогда $Q/F \cdot E$ — транспортные затраты, связанные с выполнением одного заказа. Так как в плановый период будет выполнено S/Q заказов, то транспортные затраты за плановый период составят

$$C_{\text{ек}} = \frac{S}{Q} \cdot \frac{Q}{F} \cdot E,$$

или

$$C_{\text{тр}} = S \cdot \frac{E}{F}, \quad (8.16)$$

где $C_{\text{тр}}$ — транспортные затраты, руб.; S — объем потребности в запасе, единиц; F — грузоподъемность одного транспортного средства, единиц; E — транспортные затраты на одно транспортное средство при доставке одного заказа, руб.

Используя результат формулы (8.16), получаем, что общие затраты, связанные с запасами, в ситуации с учетом транспортных затрат записываются следующим образом:

$$T = \frac{Q}{2} \cdot I + \frac{S}{Q} \cdot A + C \cdot S + \frac{S}{F} \cdot E, \quad (8.17)$$

где T — общие затраты, руб.; Q — размер заказа, единиц; I — затраты на содержание единицы запаса, руб.; S — объем потребности в запасе, единиц; A — затраты на выполнение одного заказа, руб.; C — закупочная цена единицы запаса, руб.; E — транспортные затраты на одно транспортное средство (т.с.) при доставке одного заказа, руб. / 1 т.с. / 1 заказ; F — грузоподъемность одного транспортного средства, единиц.

Минимизация функции T общих затрат, связанных с запасами, в этой ситуации приводит к определению оптимального размера заказа через классическую формулу Вильсона, так как четвертое слагаемое формулы (8.17), отражающее влияние транспортных затрат при выполнении заказов, при рассматриваемом подходе не зависит от Q :

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I}}$$

Следовательно, выбор транспортных средств для реализации заказа следует производить путем перебора вариантов, что подробно рассматривалось ранее на примере ситуации с оптовыми скидками при закупках (см. подп. 8.3.6).

Таким образом, отсутствие «подходящей» формулы для расчета оптимального размера заказа не причина для отказа от определения оптимального для организации размера заказа, восполняющего запас. Простота формулы Вильсона не свидетельство ее неприемлемости в практической работе, а следствие глубокой проработки вопроса.

Итак, расчеты проведены, получен результат. После кропотливой работы по подготовке исходной информации и математического обеспечения для определения оптимального размера заказа специалистов ожидает еще одно препятствие практического характера: результат расчета имеет существенное отклонение от принятых на практике партий заказов и его реализация невозможна из-за влияния различных факторов внутренней и внешней среды бизнеса.

Оптимальный размер заказа существенно отличается от реальных. При ответе на вопрос, какими объемами заказов целесообразно восполнять запас, как правило, руководствуются следующей информацией.

- Закупочная цена.
- Система оптовых скидок поставщика.
- Транспортные расходы.
- Транспортные тарифы.
- Грузовместимость транспортных средств.
- Минимальная партия отпуска поставщика.
- Географическое расположение поставщика (наличие таможи).
- Климатические условия доставки.
- Время выполнения заказа поставщиком и перевозчиком.
- Возможные интервалы задержки выполнения заказа поставщиком и перевозчиком.
- Возможность оперативной связи с поставщиком и перевозчиком.
- Средние партии отпуска запаса со склада.

- Общий объем потребности в запасе за плановый период и ее сезонные характеристики.
- Затраты на содержание.
- Расходы на грузопереработку закупленной партии и пр.

Хотя приведенный выше перечень нельзя считать полным, можно сказать, что более 80% внимания специалистов при принятии решения о размерах закупаемых партий в конце XX — начале XXI в. в российском бизнесе уделяется факторам внешней, а не внутренней среды бизнеса. Действительно, из приведенных факторов первые 13 относятся к факторам внешней среды и только два последних являются факторами внутренней среды бизнеса.

Оправдано ли такое внимание к внешней среде? Безусловно, да, если учитывать конкретную бизнес-ситуацию. В то же время следует обратить внимание на то, что современная логистика формирует максимально свободное поведение менеджеров и руководителей, ориентированное на достижение главного критерия оптимизации в логистике — минимума общих затрат, связанных с движением материальных потоков. Следствием этой свободы мышления и действий стало бурное развитие логистических систем и цепей поставок, в которые вовлекаются самостоятельные, юридически и экономически независимые звенья, которые объединяются общей заинтересованностью в создании добавочной стоимости товаров. По мере развития этих процессов формируются возможности воздействия менеджеров и руководителей на факторы не только внутренней, но и внешней среды бизнеса.

При проведении расчетов по классической формуле Вильсона (см. формулу (8.1)) учитываются следующие факторы:

- затраты на выполнение одного заказа (A), часто включающие в себя транспортные затраты;
- общий объем потребности в запасе за плановый период (S);
- затраты на содержание запаса (I);
- закупочная цена (C).

Два из них (затраты на выполнение одного заказа (A) и затраты на содержание запаса (I)) являются внутренними, два (общий объем потребности в запасе за плановый период (S) и закупочная цена (C)) — внешними факторами. Влияние внутренних факторов бизнеса повышается до 50%, т.е. более чем в два раза.

Можно с уверенностью сказать, что, если специалисты не знакомы с формулой Вильсона, при принятии решений о размере заказа игнорируются или учитываются не в полной мере наиболее

важные факторы внутренней среды (например, постоянные офисные затраты на пополнение запаса и зачастую полный состав затрат на содержание запаса). Результат расчета по формуле Вильсона и ее модификациям позволяет увидеть оптимальный размер заказа, прежде всего исходя из внутренних интересов организации. Такой расчет позволяет ответить на вопрос, что мы хотели бы иметь для достижения собственного экономического интереса. (Именно поэтому *формулу Вильсона* называют *моделью экономического размера заказа*.) Опираясь на полученный результат, мы можем начать формировать внешнюю среду так, чтобы она по возможности не мешала достижению экономического результата деятельности организации, ведущей закупки и содержащей запас.

8.6. Направления использования формул расчета оптимального размера заказа

Если рассчитанный оптимальный размер заказа существенно отличается от реального, такой результат не должен восприниматься как свидетельство невозможности применять формулу Вильсона. Скорее, наоборот, по такому результату формулу Вильсона следует назвать чрезвычайно практически значимой, так как она помогает увидеть привычную ситуацию по-новому, заметить, насколько сложившаяся практика противоречит экономической эффективности работы компании, продумать пути реорганизации логистической системы, наметить стратегически значимые изменения, которые должна претерпеть внешняя среда.

Рассмотрим пример. Московская организация, занятая производством и продажами лекарственных препаратов, после расчета оптимальных размеров заказа обратила внимание на то, что партии закупки одного из видов сырья более чем в 10 раз превышают расчетные. Поставки этого сырья производись один раз в день. Таким образом, казалось бы, все возможное было уже сделано: завышение транспортных расходов поставщика должно было привести к повышению закупочной цены и пр. Результат расчета по формуле Вильсона явно был практически нереализуемым. Но руководитель предприятия посмотрел на эту информацию иначе. Он предложил поставщику разместить запас сырья на своем складе. Это предложение было очень выгодно поставщику, так как основная доля его поставок приходилась именно на наше предприятие. Поставщик в результате сэкономил не только накладные и транспортные расходы, но и расходы на аренду складской площади. В результате

анализа расхождения оптимального и реального размеров заказа выиграли и поставщик и потребитель, получивший возможность обеспечивать поставки сырья раз в час не только без завышения цены закупки, но и по более низким ценам. Этот пример показывает, как расчет по формуле Вильсона помогает развивать логистическую систему закупок.

Расчет оптимального размера заказа по формуле Вильсона и ее модификациям помогает выявить неэффективную организацию работы с отдельными номенклатурными или ассортиментными группами товаров или поставщиками. Действительно, если расчет оптимального размера заказа показывает, что он в среднем ниже реальных партий закупок, например в 3–4 раза, а по одной из номенклатурных позиций это соотношение равно 8, то логичным будет вопрос, почему для этой позиции запаса действие внешних факторов более выражено, чем для других (обычно влияние внутренних факторов бизнеса на все товарные позиции, как правило, одинаковое). Попытки найти ответ на вопрос помогут выявить узкие места во взаимоотношениях с поставщиками этой позиции и найти способы совершенствования работы логистической цепи.

Если расчет оптимального размера заказа ведется по номенклатуре одного поставщика или по группе поставщиков со схожими позициями, то выявление расхождения между расчетным и реальным размерами заказов позволяет выявить более и менее выгодных поставщиков и найти пути развития отношений с ними.

Таким образом, расхождение расчетного оптимального размера заказа и реальной партии поставки позволяет наметить практически значимые пути совершенствования логистической системы организации. Формула Вильсона и ее модификации играют в этом ключевые роли.

Формула Вильсона лежит в основе решения основных методических задач управления запасами. Эта тема рассмотрена в главе 9. Используем классический вид формулы Вильсона для рассмотрения прочих возможностей ее применения в экономической практике.

Пример 8.9. Использование формулы Вильсона в экономической практике (г)

Пусть годовой спрос на продукцию — 1000 единиц ($S = 1000$ единиц), затраты на доставку одной партии продукции составляют 20 руб. ($A = 20$ руб.), а цена продукции — 2 руб. ($C = 2$ руб.). Затраты на содержание запаса составляют 20% цены единицы продукции ($i = 0,2$).

Используя формулу Вильсона, можно определить оптимальный размер заказа:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{iC}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 1000}{0,4 \cdot 2}} = 223,6 \approx 224 \text{ единиц.}$$

Предположим, что минимальная партия отпуска поставщика составляет 300 единиц. Предположим также, что поставщик заинтересован в сотрудничестве и готов рассматривать различные варианты условий сделки.

Если партию в 300 единиц считать исходно заданной, то покупатель может рассчитывать на снижение закупочной цены единицы продукции, так как, завышая объем закупок на условиях поставщика, он ухудшает собственные экономические результаты от сделки. Аргументация покупателя при ведении переговоров с поставщиком в этой ситуации может быть основана на следующем расчете, в котором используется преобразование формулы Вильсона:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{iC}} \Rightarrow$$

$$Q^2 i C = 2AS \Rightarrow \quad (8.18)$$

$$C = \frac{2AS}{Q^2 i}, \quad (8.19)$$

где C — закупочная цена единицы запаса, руб.; A — затраты на выполнение одного заказа, руб.; S — объем потребности в запасе, единиц; Q — размер заказа, единиц; i — доля цены продукции, приходящаяся на затраты по содержанию запаса;

$$C = \frac{2 \cdot 20 \cdot 1000}{300^2 \cdot 0,4} = 1,1 \text{ руб.}$$

Таким образом, при закупке партии в 300 единиц против первоначально заявленных 224 единиц для получения желаемого экономического результата от сделки покупатель должен рассчитывать на снижение цены закупки с 2 до 1,1 руб. Использование формулы Вильсона для определения новой закупочной цены позволяет вести переговоры с поставщиком в условиях прозрачности. Популярность формулы Вильсона позволяет ей стать инструментом инте-

грации интересов поставщика и покупателя при заключении рассматриваемой сделки.

Аналогично, преобразуя формулу Вильсона, можно получить рекомендуемые уровни затрат на доставку заказа (A), затрат на содержание запаса (i или I), объемы спроса, которые целесообразно удовлетворить (S). Основываясь на формуле (8.18), можно записать следующие выражения:

$$Q^2 i C = 2AS \Rightarrow$$

$$i = \frac{2AS}{Q^2 C}, \quad (8.20)$$

$$A = \frac{Q^2 i C}{2S}, \quad (8.21)$$

$$S = \frac{Q^2 i C}{2A}, \quad (8.22)$$

где A — затраты на выполнение одного заказа, руб.; C — закупочная цена единицы запаса, руб.; i — доля цены продукции, приходящаяся на затраты по содержанию запаса; Q — оптимальный или принятый в работе размер заказа, единиц; S — объем потребности в запасе, единиц.

Формулы (8.19)—(8.22) позволяют, ориентируясь на фиксацию одних переменных, определить желательный уровень других. Тем самым появляется возможность плановым порядком влиять на движение запаса на всех этапах:

1. При организации закупок для восполнения запаса через планирование величин:

- размера заказа (Q);
- уровня закупочных цен (C);
- уровня затрат на выполнение и доставку заказа (A).

2. При обеспечении хранения и содержания запаса через планирование величин:

- размера заказа (Q);
- уровня затрат на содержание запаса (i).

3. При организации поставок через:

- размер заказа (Q), обслуживающих спрос;
- планирование объема потребности (S).

Обобщим методические возможности использования формулы Вильсона.

1. Несмотря на, казалось бы, неприемлемые результаты расчета оптимального размера заказа по формуле Вильсона, необходимо правильно интерпретировать полученные величины.

2. Размеры оптимального заказа, рассчитанные по формуле Вильсона, прежде всего ориентированы на учет факторов внутренней среды, которыми, как правило, пренебрегают.

3. Оптимальный размер заказа позволяет учесть экономический интерес предприятия, содержащего запас, в организации взаимоотношений с поставщиками, перевозчиками, складскими службами и работниками отдела закупок.

4. Для корректировки расчетного размера оптимального заказа следует использовать как формализованные, так и неформализуемые факторы среды бизнеса.

5. Оптимальный размер заказа является важным параметром планирования и организации работы с запасами при использовании как модели управления запасами с фиксированным размером заказа, так и модели управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами.

6. Оптимальный размер заказа лежит в основе определения уровня максимального желательного запаса и оптимального интервала времени между заказами и является инструментом интеграции сфер управления запасами, складированием, грузопереработкой и закупками.

7. Формулу Вильсона можно использовать для оптимального планирования дополнительной информации, связанной с запасами, например уровня закупочных цен, затрат на выполнение, доставку заказа и хранение запаса, рекомендуемого объема обслуживаемой потребности.

Наконец, введение конкретной формулы расчета, очевидно, не дает ответа на вопрос: «Каким должен быть размер заказа?» Ответ лежит в спектре логистического менеджмента различных уровней управления организацией. Тем не менее формула расчета оптимального размера заказа — надежный инструмент для организаций, которые только начинают работать с запасами. Расчет оптимального размера заказа — первый и необходимый шаг на пути совершенствования работы с запасами, и им не стоит пренебрегать.

Основные формулы к подразделам 8.4—8.6

№ п/п	Показатель	Расчет	Условные обозначения
1	Средний размер запаса в пути, единиц	$\bar{Z}_1 = \frac{t_1}{t_{\text{мз}}} Q$	t_1 — время нахождения запаса на транспортных средствах, дни; $t_{\text{мз}}$ — интервал между заказами, дни; Q — размер заказа, единиц
2	Средние затраты, связанные с запасом в пути, руб.	$\bar{C}_1 = C_1 \frac{t_1}{t_{\text{мз}}} Q$	C_1 — удельные затраты, связанные с запасом на транспортных средствах, руб./единица запаса; t_1 — время нахождения запаса на транспортных средствах, дни; $t_{\text{мз}}$ — интервал времени между заказами, дни; Q — размер заказа, единиц
3	Общие затраты, связанные с запасом, включая запас в пути	$T = \frac{Q}{2} \cdot I + \frac{S}{Q} \cdot A + C \cdot S + C_1 \cdot \frac{t_1}{t_{\text{мз}}} \cdot Q$	Q — размер заказа, единиц; I — затраты на содержание единицы запаса, руб.; S — объем потребности в запасе, единиц; A — затраты на выполнение одного заказа, руб.; C — закупочная цена единицы запаса, руб.; $t_{\text{мз}}$ — интервал между заказами, дни; t_1 — время нахождения запаса на транспортных средствах, дни; C_1 — удельные затраты, связанные с запасом на транспортных средствах, руб./единица запаса
4	Оптимальный размер заказа с учетом запаса в пути	$Q^* = \sqrt{\frac{2AS}{I} \cdot \frac{t_{\text{мз}}}{t_{\text{мз}} + 2t_1} \cdot \frac{C_1}{I}}$	A — затраты на выполнение одного заказа, руб.; S — объем потребности в запасе, единиц; I — затраты на содержание единицы запаса, руб.; $t_{\text{мз}}$ — интервал между заказами, дни; C_1 — удельные затраты, связанные с запасом на транспортных средствах, руб./единица запаса; t_1 — время нахождения запаса на транспортных средствах, дни

№ п/п	Показатель	Расчет	Условные обозначения
5	Транспортные затраты, руб.	$C_{\text{тр}} = S \cdot \frac{E}{F}$	S – объем потребности в запасе, единиц; F – грузоподъемность одного транспортного средства, единиц; E – транспортные затраты на одно транспортное средство при доставке одного заказа, руб.
6	Общие затраты, связанные с запасом, с учетом транспортных затрат	$T = \frac{Q}{2} \cdot I + \frac{S}{Q} \cdot A + C \cdot S + \frac{S}{F} \cdot E$	Q – размер заказа, единиц; I – затраты на содержание единицы запаса, руб.; S – объем потребности в запасе, единиц; A – затраты на выполнение одного заказа, руб.; C – закупочная цена единицы запаса, руб.; E – транспортные затраты на одно транспортное средство (т.с.) при доставке одного заказа, руб. / 1 т.с. / 1 заказ; F – грузоподъемность одного транспортного средства, единиц
7	Закупочная цена единицы запаса, руб.	$C = \frac{2AS}{Q^2 i}$	A – затраты на выполнение одного заказа, руб.; S – объем потребности в запасе, единиц; Q – размер заказа, единиц; i – доля цены продукции, приходящаяся на затраты по содержанию запаса
8	Доля цены продукции, приходящаяся на затраты по содержанию запаса	$i = \frac{2AS}{Q^2 C}$	A – затраты на выполнение одного заказа, руб.; S – объем потребности в запасе, единиц; Q – размер заказа, единиц; C – закупочная цена единицы запаса, руб.

№ п/п	Показатель	Расчет	Условные обозначения
9	Затраты на выполнение одного заказа, руб.	$A = \frac{Q^2 i C}{2S}$	Q – размер заказа, единиц; i – доля цены продукции, приходящаяся на затраты по содержанию запаса; C – закупочная цена единицы запаса, руб.; S – объем потребности в запасе, единиц
10	Объем потребности в запасе, единиц	$S = \frac{Q^2 i C}{2A}$	Q – оптимальный или принятый в работе размер заказа, единиц; i – доля цены продукции, приходящаяся на затраты по содержанию запаса; C – закупочная цена единицы запаса, руб.; A – затраты на выполнение одного заказа, руб.

Вопросы для самопроверки к подразделам 8.4—8.6

1. Перечислите основные параметры, используемые в качестве исходных данных при расчете оптимального размера заказа.
2. Какие группы данных требуются для расчета оптимального размера заказа?
3. Назовите основные причины ошибок при прогнозировании потребности в запасе.
4. Каким образом количественные и качественные методы прогнозирования потребности, а также их комбинация могут повысить точность прогнозирования потребности в запасе?
5. Какие факторы — объективные или субъективные — влияют на точность прогнозирования потребности в запасе?
6. Могут ли потребность в запасе и отгрузки запаса отличаться по величине друг от друга в один и тот же период? Если да, то по каким причинам?
7. Каким образом можно определить долю цены продукции, приходящуюся на затраты на содержание запаса на складе?
8. Кто может выступать в роли эксперта при определении величины затрат на содержание запаса?
9. Отличается ли точность прогнозирования поступлений запаса на склад от точности прогнозирования потребности в запасе? Если да, то по каким причинам?

10. Назовите варианты расчета затрат на выполнение одного заказа.
11. Каковы основные причины затруднений при сборе исходной информации для расчета оптимального размера заказа? Как их можно преодолеть?
12. Каким образом можно достичь экономии на транспортных расходах?
13. Изменение каких еще видов затрат связаны с изменением транспортных затрат?
14. Каким образом следует учитывать запас в пути при расчете оптимального размера заказа?
15. Как рассчитываются средние затраты, связанные с наличием запаса в пути?
16. Для каких условий пополнения запаса необходим учет наличия запаса в пути?
17. Каким образом при определении оптимального размера заказа можно учесть транспортные затраты?
18. Чему равны общие затраты, связанные с запасами и учитывающие транспортные затраты?
19. Какие факторы внутренней и внешней среды управления запасами не могут быть учтены в формуле расчета оптимального размера заказа?
20. На какую среду менеджмента — внутреннюю или внешнюю — делается акцент при расчете оптимального размера заказа по формуле Вильсона?
21. Имеется ли принципиальная возможность воздействия на факторы внешней среды, влияющие на решения в отношении запасов?
22. Приведите пример использования результатов расчета оптимального размера заказа по формуле Вильсона для решений стратегического характера.
23. Каким образом можно использовать формулу Вильсона для оценки условий работы с поставщиками?
24. Приведите пример воздействия результатов расчетов оптимальных размеров заказа по формуле Вильсона на изменение цепи поставки.
25. Каким образом формула Вильсона может быть полезна для балансировки значений экономических показателей работы с запасами?

Список дополнительной литературы к главе 8

1. Бауэрсокс Д. Дж., Клосс Д. Дж. Логистика: Интегрированная цепь поставок. М.: Олимп-Бизнес, 2001..
2. Джонсон Дж. и др. Современная логистика. 7-е изд.: Пер. с англ. М.: Вильямс, 2002.

3. *Зеваков А.М., Петров В.В.* Логистика производственных и товарных запасов: Учебник. СПб.: Изд-во Михайлова В.А., 2002.
4. *Кристофер М.* Логистика и управление цепями поставок. СПб.: Питер, 2004.
5. *Линдерс М.Р., Харольд Е.Ф.* Управление снабжением и запасами. Логистика: Пер. с англ. СПб.: Полигон, 1999.
6. *Рыжиков Ю.И.* Теория очередей и управление запасами. М.: Питер, 2001.
7. *Стивенсон В.Дж.* Управление производством. М.: Лаборатория базовых знаний, 1998.
8. *Чейз Р.Б.* и др. Производственный и операционный менеджмент. 8-е изд.: Пер. с англ. М.: Вильямс, 2001.
9. *Шрайбфедер Дж.* Эффективное управление запасами. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005.

9.1. Основные модели управления запасами

При описании движения запаса используют две оси переменных: объем запаса и время (рис. 9.1).

Изменение объема запаса во времени — основная проблема обеспечения потребности в запасе данного места хранения. Необходимо содержать запас в таком объеме, чтобы, невзирая на особенности реализации пополнения и потребления запаса, он всегда был достаточен для обслуживания потребления на заданном уровне. Ранее отмечалось, что запас формируется под воздействием входящего и выходящего материальных потоков (см. рис. 1.2). Не имея возможности напрямую влиять на характеристики потребности в запасе, специалисты по управлению запасами используют возможности влиять на характеристики поставки. При этом главными вопросами являются объем заказа и момент, когда следует заказать товарно-материальные ценности для восполнения запаса.

Оба вопроса взаимосвязаны. Исходя из принятого размера пополнения запаса, необходимого для удовлетворения заданной или прогнозируемой (планируемой) потребности, можно определить моменты подачи заказов. Значение экономически целесообразного размера заказа — ключевой параметр оптимизации уровня запаса в организации. Именно от его величины зависят дальнейшее

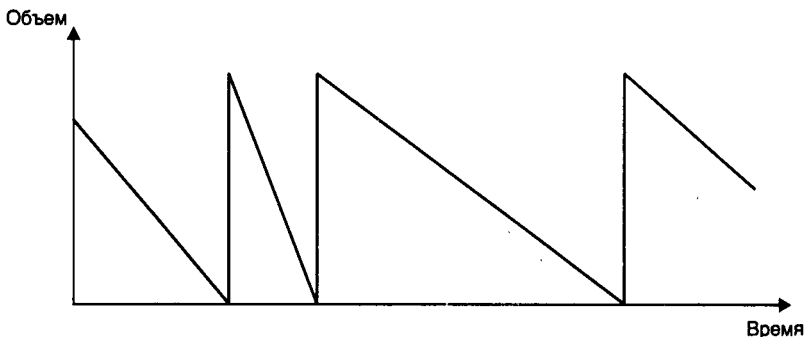


Рис. 9.1. Движение запаса в звене цепи поставки во времени

поведение запаса и управление им. Особенности расчета оптимального размера заказа были рассмотрены в главе 8.

Из рис. 9.1 очевидно, что для манипуляции запасом у специалистов по управлению запасами имеется только два инструмента: 1) размер заказа и 2) интервал времени между заказами. Исходя из этого можно сказать, что имеется только две возможности построения модели управления запасами. Первая состоит в фиксировании размера заказа. Тем самым специалисты получают однозначный ответ на вопрос об объеме восполнения запаса. Вторая возможность — зафиксировать интервал времени между заказами, тем самым однозначно ответив на вопрос о моменте, когда следует выдать заказ на восполнение запаса.

Таким образом, теоретически имеется две модели управления запасами:

1) модель управления запасами с фиксированным размером заказа (или двухбункерная система (*two-bin system*));

2) модель управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами.

Эти модели являются основными в управлении запасами. Все огромное разнообразие алгоритмов управления запасами основывается на методике фиксированного размера заказа или методике фиксированного интервала времени между заказами.

В настоящей главе будут рассмотрены основные модели управления запасами (см. подп. 9.1.1 и 9.1.2), а также примеры производных моделей (см. подп. 9.2.1 и 9.2.2). Основным допущением классических моделей управления запасами с фиксированным размером заказа и фиксированным интервалом времени между заказами является постоянство (или усреднение) объема потребности в запасе в единицу времени. Как было показано в главах 5 и 6, объем потребности в запасе, как правило, меняется с течением времени. Для учета вероятности изменения объема потребности используются варианты моделей с фиксированным размером заказа и фиксированным интервалом времени между заказами на основе математических моделей, изучаемых в рамках дисциплины «Экономико-математические методы и модели в логистике». Следует учитывать, что практика управления запасами ориентирована на оперативные решения и гибкое использование методов, что зачастую требует упрощения математического аппарата. Методика разработки алгоритмов управления запасами приведена в главе 10.

9.1.1. Модель управления запасами с фиксированным размером заказа

Рассмотрим модель управления запасами с фиксированным размером заказа в классическом виде. Название модели говорит о ее ключевом параметре — размере заказа. Он строго зафиксирован и не меняется при изменении условий движения запаса. Так как размер выполняющего заказа представляет собой исходную информацию для расчета других параметров модели, требуется зафиксировать оптимальный или близкий к оптимальному размер заказа. Расчет и особенности определения оптимального размера заказа рассмотрены в главе 8.

Методика управления запасами на основе фиксации размера заказа заключается в том, что заказы на пополнение запаса делаются в момент снижения запаса до заранее определенного, порогового уровня запаса в объеме, равном оптимальному размеру заказа (рис. 9.2). Все параметры модели рассчитываются таким образом, что при соблюдении исходных данных модель гарантирует бездефицитное обслуживание потребности в условиях определенности (т.е. в условиях постоянного темпа потребления).

Исходные данные для расчета параметров модели с фиксированным размером заказа:

- 1) объем потребности в запасе, единиц;
- 2) оптимальный размер заказа, единиц;
- 3) время выполнения заказа, дни;
- 4) возможная задержка поставки, дни.

Расчетные параметры модели с фиксированным размером заказа (см. рис. 9.2):

- 1) максимальный желательный запас, единиц;
- 2) пороговый уровень запаса, единиц;
- 3) страховой запас, единиц.

Максимальный желательный запас в отличие от последующих двух основных параметров не имеет непосредственного воздействия на движение запаса в целом. Этот уровень запаса определяется для отслеживания целесообразной загрузки площадей склада с точки зрения критерия минимизации совокупных затрат.

Пороговый уровень запаса (или точка повторного заказа, *reorder point*) определяет уровень запаса, при достижении которого производится очередной заказ. Величина порогового уровня должна быть рассчитана таким образом, что поступление заказа на склад происходит в момент снижения текущего запаса до уровня страхо-

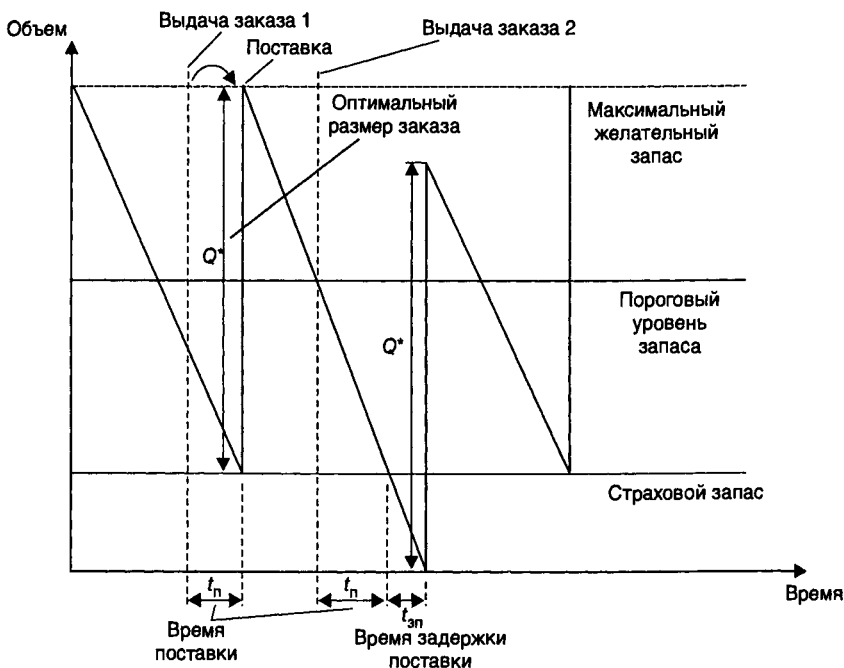


Рис. 9.2. Иллюстрация движения запаса при фиксированном размере заказа. При расчете порогового уровня задержка поставки не учитывается.

Страховой (или гарантийный) запас позволяет удовлетворять потребность в запасе на время предполагаемой задержки поставки. При этом под возможной задержкой поставки подразумевается максимальная возможная задержка. Восполнение страхового запаса производится во время последующих поставок путем создания порогового уровня запаса.

Расчет параметров модели управления запасами с фиксированным размером заказа приведен в табл. 9.1.

Все параметры модели управления запасами с фиксированным размером заказа рассчитаны в табл. 9.1 (см. также рис. 9.2) таким образом, что при соблюдении заданных границ исходных данных за время выполнения заказа запас снижается с порогового до страхового уровня запаса. При получении поставки в срок фиксированный размер заказа восполняет запас до желательного максимального уровня. При наличии сбоев поставок бездефицитность обслуживания потребления обеспечивает страховой запас.

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

№ п/п	Показатель	Порядок расчета
1	Объем потребности, единиц	—
2	Оптимальный размер заказа, единиц	—
3	Время выполнения заказа, дни	—
4	Возможная задержка поставки, дни	—
5	Ожидаемое дневное потребление, единиц/день	[1] / [Число рабочих дней]
6	Срок расходования заказа, дни	[2] / [5]
7	Ожидаемое потребление за время выполнения заказа, единиц	[3] · [5]
8	Максимальное потребление за время выполнения заказа, единиц	([3] + [4]) · [5]
9	Страховой запас, единиц	[5] · [4]
10	Пороговый уровень запаса, единиц	[9] + [7]
11	Максимальный желательный запас, единиц	[9] + [2]
12	Срок расходования запаса до порогового уровня, дни	([11] – [10]) / [5]

Первые четыре позиции табл. 9.1 содержат *исходные данные*. Все позиции, включая позиции 3 и 4, предполагаются неизменными. Например, если происходит задержка поставки, то время этой задержки строго равно значению, которое задается в позиции 4 таблицы.

Объем потребности в запасе определяется по плановым или прогнозным оценкам, которые могут быть получены на основе сведений, содержащихся в главе 5.

Оптимальный размер заказа определяется по одной из методик, описанных в главе 8.

Время выполнения заказа включает длительность периода от момента принятия решения о восполнении запаса до момента оприходования поступившего заказа на склад. Структура этого периода рассмотрена в п. 2.2.

Время задержки поставки представляет собой оценку возможного отклонения от заданного времени выполнения заказа, проводимую, как правило, на основе анализа статистики выполнения заказов прошлых периодов.

Расчет параметров модели управления запасами с фиксированным размером заказа в табл. 9.1 представлен в виде, удобном для проведения расчетов в *Microsoft Excel*: в записи формулы расчета

указаны номера позиций соответствующих величин этой же таблицы. Например, для расчета ожидаемого дневного потребления запаса (позиция 5) требуется разделить значение позиции 1 (объем потребности) на число рабочих дней периода, для которого проводится расчет модели. Рассмотрим расчет основных параметров модели более подробно.

Для расчета **максимального желательного запаса** (позиция 11 табл. 9.1) можно использовать следующую формулу:

$$\text{МЖЗ} = Z_s + Q^*, \quad (9.1)$$

где МЖЗ — максимальный желательный запас, единиц; Z_s — страховой запас, единиц; Q^* — оптимальный размер заказа.

Размер страхового запаса может быть рассчитан различными способами. В табл. 9.1 (позиция 9) страховой запас рассчитан методом прямого счета:

$$Z_s = \Pi_d \cdot t_{\text{зп}}, \quad (9.2)$$

где Z_s — страховой запас, единиц; Π_d — ожидаемое дневное потребление, единиц; $t_{\text{зп}}$ — время задержки поставки, дни.

Страховой запас представляет собой разницу между максимальным потреблением за время выполнения заказа (позиция 8 табл. 9.1) и ожидаемым потреблением за время выполнения заказа (позиция 7 табл. 9.1) (см. также рис. 9.2):

$$Z_s = \text{МП} - \text{ОП}, \quad (9.3)$$

где Z_s — страховой запас, единиц; МП — максимальное потребление за время выполнения заказа, единиц; ОП — ожидаемое потребление за время выполнения заказа, единиц.

В свою очередь, максимальное потребление за время выполнения заказа (позиция 8 табл. 9.1) рассчитывается по формуле

$$\text{МП} = \Pi_d \cdot (t_{\text{п}} + t_{\text{зп}}), \quad (9.4)$$

где МП — максимальное потребление за время выполнения заказа, единиц; Π_d — ожидаемое дневное потребление, единиц; $t_{\text{п}}$ — время выполнения заказа, дни; $t_{\text{зп}}$ — время задержки поставки, дни.

Ожидаемое дневное потребление Π_d рассчитывается исходя из ожидаемой потребности в запасе за весь период (см. позицию 5 табл. 9.1):

$$S_d = S / N, \quad (9.5)$$

где S_d — ожидаемое дневное потребление, единиц; S — объем потребности в запасе, единиц; N — число рабочих дней в плановом периоде.

Ожидаемое потребление за время выполнения заказа ОП (см. позицию 7 табл. 9.1) рассчитывается как произведение ожидаемого дневного потребления на время выполнения заказа:

$$\text{ОП} = S_d \cdot t_n, \quad (9.6)$$

где ОП — ожидаемое потребление за время выполнения заказа, единиц; S_d — ожидаемое дневное потребление, единиц; t_n — время выполнения заказа, дни.

Страховой запас Z_s может быть также рассчитан и по другим формулам, имеющим статистический, вероятностный или эмпирический характер (см. формулы (1.7)—(1.10)).

Максимальный желательный запас в модели управления запасами с фиксированным размером заказа является экономически целесообразным, ориентированным на учет совокупности значимых факторов формулы Вильсона (см. п. 8.2). Максимальный желательный запас является важным фактором планирования использования складских площадей и определения объема склада. В рассматриваемой модели формула Вильсона является инструментом интеграции сфер управления запасами и управления складированием и грузопереработкой.

Пороговый уровень запаса рассчитывается следующим образом (см. позицию 10 табл. 9.1):

$$\text{ПУ} = \text{ОП} + Z_s, \quad (9.7)$$

где ПУ — пороговый уровень запаса, единиц; Z_s — страховой запас, единиц; ОП — ожидаемое потребление за время выполнения заказа.

Срок расходования запаса до порогового уровня (см. позицию 12 табл. 9.1) имеет справочное значение.

Пример 9.1. Расчет параметров модели с фиксированным размером заказа

Расчет уровней запаса при основных параметрах табл. 9.2 при отсутствии задержек поставок на примере 30 дней приведен в табл. 9.3. Первоначально объем запаса соответствует максимальному желательному уровню — 40 единиц (см. позицию 11 табл. 9.2). При предположении, что потребность в запасе постоянна и равна ожидаемому дневному уровню в 4 единицы (см. позицию 5 табл. 9.2), на шестой день уровень запаса снизится до 20 единиц, что соответствует пороговому уровню запаса (см. позицию 10 табл. 9.2). В со-

Пример расчета параметров модели управления запасами с фиксированным размером заказа

№ п/п	Показатель	Значение
1	Объем потребности, единиц	1440
2	Оптимальный размер заказа, единиц	36
3	Время выполнения заказа, дни	4
4	Возможная задержка поставки, дни	1
5	Ожидаемое дневное потребление, единиц/день	4
6	Срок расходования заказа, дни	9
7	Ожидаемое потребление за время выполнения заказа, единиц	16
8	Максимальное потребление за время выполнения заказа, единиц	20
9	Страховой запас, единиц	4
10	Пороговый уровень запаса, единиц	20
11	Максимальный желательный запас, единиц	40

ответствии с методикой управления запасами с фиксированным размером заказа в момент достижения порогового уровня требуется сделать заказ. В табл. 9.3 факт выдачи заказа отмечен цифрой 0. С момента заказа и до момента оприходования на склад проходит 4 дня (см. позицию 3 табл. 9.2). На десятый день запас снижается до страхового уровня (см. позицию 9 табл. 9.2) в 4 единицы. В этот же день фиксируется приход заказа, который пополняет запас до максимального желательного уровня. Движение запаса при отсутствии задержек поставок проиллюстрировано на рис. 9.3.

Таблица 9.3

Расчет уровней запаса без задержек поставок при основных параметрах табл. 9.2

Дни	Запас	Расход	Приход
День 1	40	4	
День 2	36	4	
День 3	32	4	
День 4	28	4	
День 5	24	4	
День 6	20	4	0
День 7	16	4	
День 8	12	4	
День 9	8	4	

Дни	Запас	Расход	Приход
День 10	40	4	36
День 11	36	4	
День 12	32	4	
День 13	28	4	
День 14	24	4	
День 15	20	4	0
День 16	16	4	
День 17	12	4	
День 18	8	4	
День 19	40	4	36
День 20	36	4	
День 21	32	4	
День 22	28	4	
День 23	24	4	
День 24	20	4	0
День 25	16	4	
День 26	12	4	
День 27	8	4	
День 28	40	4	36
День 29	36	4	
День 30	32	4	

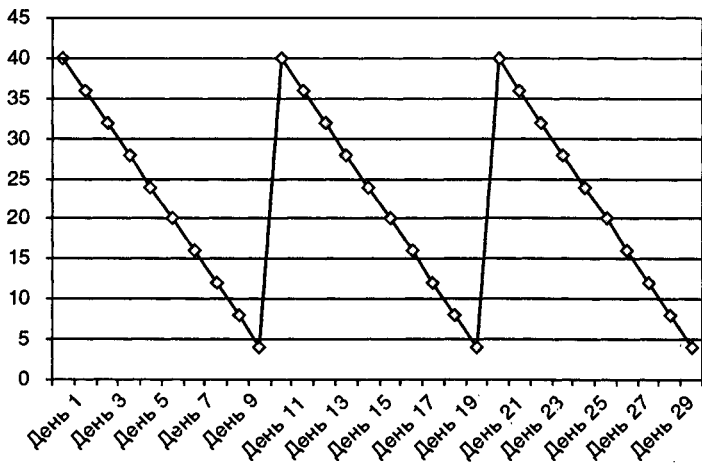


Рис. 9.3. Иллюстрация движения запаса при отсутствии задержек поставки по параметрам табл. 9.2

При наличии задержек поставок классическая модель управления запасами с фиксированным размером заказа реализована в табл. 9.4. Первая задержка поставки происходит на 19-й день. За время задержки запас снижается до 0 единиц к 20-му дню и пополняется до 36 единиц в результате учета пришедшей с задержкой поставки. Страховой запас в этом случае полностью исчерпывается. После поставки запас не восполняется до максимально желательного уровня. Наличие второй задержки поставки на 28-й день также не приводит к дефициту запаса. Страховой запас исчерпывается, пополнение происходит до уровня, ниже максимального желательного запаса. Восстановление максимального желательного уровня запаса происходит после поступления поставки без задержки (рис. 9.4).

Таблица 9.4

Расчет уровней запаса при наличии задержек поставок к примеру 9.1

Дни	Запас	Расход	Приход
День 1	40	4	
День 2	36	4	
День 3	32	4	
День 4	28	4	
День 5	24	4	
День 6	20	4	0
День 7	16	4	
День 8	12	4	
День 9	8	4	
День 10	40	4	36
День 11	36	4	
День 12	32	4	
День 13	28	4	
День 14	24	4	
День 15	20	4	0
День 16	16	4	
День 17	12	4	
День 18	8	4	
День 19	4	4	0
День 20	36	4	36
День 21	32	4	
День 22	28	4	

Дни	Запас	Расход	Приход
День 23	24	4	
День 24	20	4	0
День 25	16	4	
День 26	12	4	
День 27	8	4	
День 28	4	4	0
День 29	36	4	36
День 30	32	4	
День 31	28	4	
День 32	24	4	
День 33	20	4	0
День 34	16	4	
День 35	12	4	
День 36	8	4	
День 37	40	4	36
День 38	36	4	
День 39	32	4	
День 40	28	4	

Классическая модель управления запасами с фиксированным размером заказа работает автоматически, т.е. без привлечения специалистов для принятия решений о восполнении запаса, с гарантией отсутствия дефицита запаса только в случае постоянного по-

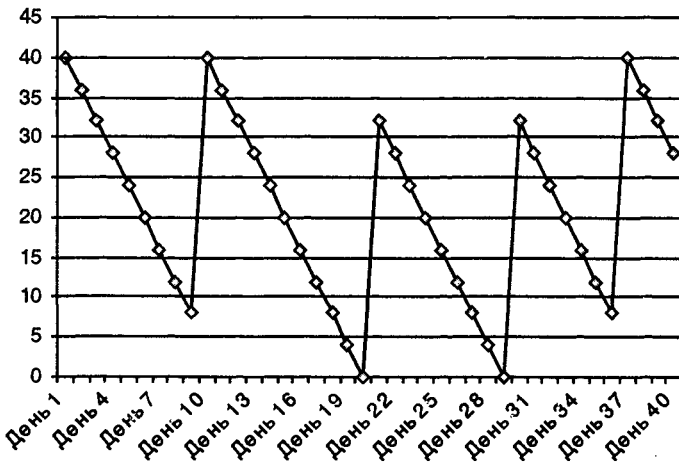


Рис. 9.4. Иллюстрация движения запаса при наличии задержек поставки по параметрам табл. 9.2

требления запаса. Так, для данных табл. 9.2 при колебаниях потребности в запасе, показанных в табл. 9.5, отклонение потребности в запасе от ожидаемого дневного потребления наблюдается с 11-го дня. Как следствие даже при отсутствии задержки поставки на 17-й день наступает дефицит запаса, который покрывается поставкой на 18-й день. Дефицит запаса на 29-й день вызван задержкой поставки, поступившей на 30-й день. На рис. 9.5 показано движение запаса при колебании потребности в запасе и наличии задержек поставок.

Таблица 9.5

Расчет уровней запаса при колебании потребности в запасе и задержках поставок к примеру 9.1

<i>Дни</i>	<i>Запас</i>	<i>Расход</i>	<i>Приход</i>
День 1	40	4	
День 2	36	4	
День 3	32	4	
День 4	28	4	
День 5	24	4	
День 6	20	4	0
День 7	16	4	
День 8	12	4	
День 9	8	4	
День 10	40	4	36
День 11	36	9	
День 12	27	6	
День 13	21	7	
День 14	14	4	0
День 15	10	3	
День 16	7	9	
День 17	-2	9	
День 18	25	8	36
День 19	17	7	
День 20	10	3	
День 21	7	7	
День 22	0	9	0
День 23	27	4	36
День 24	23	5	
День 25	18	6	0
День 26	12	3	

Дни	Запас	Расход	Приход
День 27	9	8	
День 28	1	9	
День 29	-8	2	0
День 30	26	9	36
День 31	17	4	0
День 32	13	5	
День 33	8	3	
День 34	5	9	
День 35	32	8	36
День 36	24	4	
День 37	20	6	
День 38	14	10	0
День 39	4	7	
День 40	-3	6	

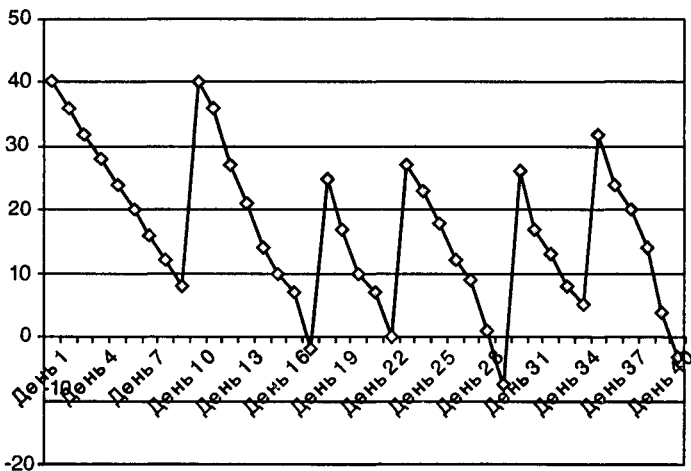


Рис. 9.5. Иллюстрация движения запаса при колебании потребности в запасе и задержках поставки по параметрам табл. 9.2

Таблица 9.5 и рис. 9.5 показывают, что в условиях колебания потребности, так же как и при колебании времени выполнения заказа и времени задержки поставки, для обеспечения отсутствия дефицита запаса требуется доработать классический алгоритм фиксированного размера заказа. Методика проектирования новых алгоритмов приведена в главе 10.

9.1.2. Модель управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами

Вторая модель управления запасами (см. п. 9.1) — модель с фиксированным интервалом времени между заказами (*fixed-order-interval model*). В модели с фиксированным интервалом времени между заказами, как ясно из названия, заказы делаются в строго определенные моменты времени, которые отстоят друг от друга на равные интервалы, например 1 раз в месяц, 1 раз в неделю, 1 раз в 14 дней и т.п.

Фиксированный интервал времени между заказами должен иметь оптимальный размер. Как объясняется в п. 8.1, оптимизация уровня запаса связывается с оптимизацией размера заказа на восполнение запаса. Таким образом, определять оптимальный интервал времени между заказами следует на основе оптимального размера заказа (см. п. 8.2—8.3). Оптимальный размер заказа позволяет минимизировать совокупные затраты на содержание и пополнение запаса, а также достичь наилучшего сочетания таких факторов, как используемая площадь складских помещений, издержки на хранение запаса и стоимость заказа.

Расчет интервала времени между заказами можно производить следующим образом:

$$t_{\text{мз}} = \frac{N \cdot Q^*}{S}, \quad (9.8)$$

где $t_{\text{мз}}$ — интервал времени между заказами, дни; N — число рабочих дней в плановом периоде, дни; Q^* — оптимальный размер заказа, единиц; S — объем потребности в запасе, единиц.

Полученный с помощью формулы (9.8) интервал времени между заказами не является обязательным. Он может быть скорректирован на основе экспертных оценок. Например, при расчетном результате в 4 дня можно использовать интервал в 5 дней, чтобы производить заказы 1 раз в неделю.

Методика управления запасами на основе фиксации интервала между заказами заключается в том, что заказы на пополнение запаса делаются в заранее определенный момент через фиксированные интервалы между заказами в размере, который обеспечивает пополнение запаса до максимально желательного уровня (рис. 9.6). На рисунке видно, что размер заказа должен быть равен

$$Q_i = \text{МЖЗ} - Z_{Ti} + \text{ОП} - Z_{ii}, \quad (9.9)$$

где Q_i — размер заказа i , единиц; МЖЗ — максимальный желательный запас, единиц; Z_{Ti} — уровень текущего запаса при выдаче заказа i , единиц; Z_{ii} — объем запаса в пути, не полученного к моменту выдачи заказа i , единиц; ОП — ожидаемое потребление за время выполнения заказа, единиц.

Размер заказа Q является постоянно пересчитываемой величиной. Как видно из формулы (9.9), размер заказа рассчитывается таким образом, что при условии точного соответствия фактического потребления ожидаемому поставка пополняет запас на складе до максимального желательного уровня. Действительно, разница максимально желательного и текущего запасов определяет величину заказа, необходимую для восполнения запаса до максимального желательного уровня на момент расчета, а ожидаемое потребление за время выполнения заказа обеспечивает это восполнение в момент осуществления поставки.

Уровень текущего запаса Z_T определяется на момент выдачи заказа по учетной информации о состоянии запаса на складе. Он также может быть рассчитан по формулам (1.2)—(1.3).

Объем запаса в пути Z_i относится к заказам, выполненным ранее, но не полученным к моменту выдачи заказа, для которого ведется расчет размер заказа. Расчет запаса в пути представлен в формуле (1.1).

Все параметры модели рассчитываются таким образом, что при соблюдении исходных данных модель гарантирует бездефицитность обслуживания запасом потребности в условиях определенности (т.е. в условиях постоянного темпа потребления).

Исходными данными для расчета параметров модели с фиксированным интервалом времени между заказами являются следующие показатели:

- 1) объем потребности в запасе, единиц;
- 2) интервал времени между заказами, дни;
- 3) время выполнения заказа, дни;
- 4) возможная задержка поставки, дни.

Расчетными параметрами модели с фиксированным интервалом времени между заказами являются (см. рис. 9.6):

- 1) максимальный желательный запас, единиц;
- 2) страховой запас, единиц.

Максимальный желательный запас определяется для отслеживания целесообразной загрузки площадей склада с точки зрения критерия минимизации совокупных затрат.

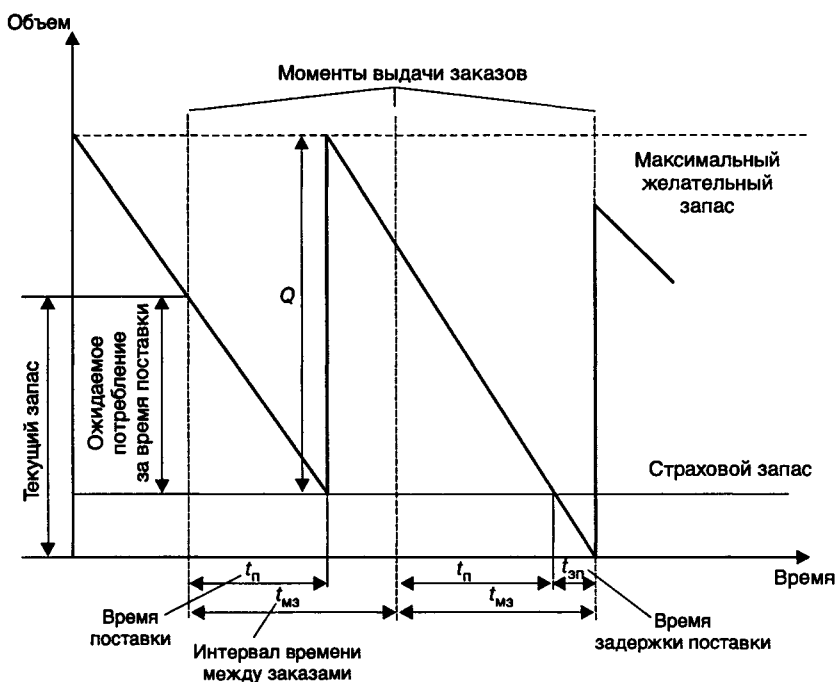


Рис. 9.6. Иллюстрация движения запаса при фиксированном интервале времени между заказами

Максимальный желательный запас, как видно из рис. 9.6, может быть рассчитан следующим образом:

$$\text{МЖЗ} = \text{ОП}_i + Z_s, \quad (9.10)$$

где МЖЗ — максимальный желательный запас, единиц; ОП_i — ожидаемое потребление за интервал времени между заказами, единиц; Z_s — объем страхового запаса, единиц.

С учетом формулы (9.10) размер заказа, кроме выражения (9.9), может быть рассчитан по формуле

$$Q_i = \text{ОП}_i + Z_s - Z_{Ti} - Z_r, \quad (9.11)$$

где Q_i — размер заказа i , единиц; ОП_i — ожидаемое потребление за интервал времени между заказами, единиц; Z_s — объем страхового запаса, единиц; Z_{Ti} — уровень текущего запаса при выдаче заказа i , единиц; Z_r — объем запаса в пути, не полученного к моменту выдачи заказа i , единиц; ОП — ожидаемое потребление за время выполнения заказа, единиц.

Страховой (или **гарантийный**) **запас** позволяет удовлетворять потребность в запасе на время предполагаемой задержки поставки. При этом под возможной задержкой поставки подразумевается максимальная возможная задержка. Расчет параметров модели управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами приведен в табл. 9.6.

Таблица 9.6

Расчет параметров модели управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами

№ п/п	Показатель	Порядок расчета
1	Объем потребности, единиц	—
2	Интервал времени между заказами, дни	—
3	Время выполнения заказа, дни	—
4	Возможная задержка поставки, дни	—
5	Ожидаемое дневное потребление, единиц/день	[1] / [число рабочих дней]
6	Ожидаемое потребление за время поставки, единиц	[3] · [5]
7	Максимальное потребление за время выполнения заказа, единиц	(([3] + [4]) · [5])
8	Страховой запас, единиц	[5] · [4]
9	Максимальный желательный запас, единиц	[8] + [2] · [5]

Все параметры модели управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами рассчитаны в табл. 9.6 (см. также рис. 9.6) таким образом, что при соблюдении заданных границ исходных данных за время выполнения заказа запас снижается с текущего до страхового уровня запаса. При получении поставки в срок рассчитанный по формуле (9.9) размер заказа восполняет запас до максимального желательного уровня. При наличии сбоев поставок бездефицитность обслуживания потребления обеспечивает страховой запас.

Первые четыре позиции табл. 9.6 содержат *исходные данные*. Так же как и в модели с фиксированным размером заказа, все позиции исходных данных, включая позиции 3 и 4, предполагаются неизменными. Например, если происходит задержка поставки, то время этой задержки строго равно значению, которое задается в позиции 4 таблицы.

Объем потребности в запасе определяется по плановым или прогнозным оценкам, которые могут быть получены на основе сведений, содержащихся в главе 5.

Интервал времени между заказами определяется по формуле (9.8).

Время выполнения заказа включает в себя длительность периода от момента принятия решения о восполнении запаса до момента оприходования поступившего заказа на склад. Структура этого периода времени рассмотрена в п. 2.2.

Время задержки поставки представляет собой оценку возможного отклонения от заданного времени выполнения заказа, проводимую, как правило, на основе анализа статистики выполнения заказов прошлых периодов.

Расчет основных параметров модели управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами в табл. 9.6 представлен в виде, удобном для проведения расчетов в *Microsoft Excel*: в записи формулы расчета указаны номера позиций соответствующих величин этой же таблицы. Например, для расчета ожидаемого дневного потребления запаса (позиция 5) требуется разделить значение позиции 1 (объем потребности) на число рабочих дней периода, для которого проводится расчет модели. Рассмотрим расчет основных параметров модели с фиксированным интервалом времени между заказами более подробно.

Максимальный желательный запас (см. позицию 9 табл. 9.6) рассчитывается как сумма страхового запаса (позиция 8) и произведения интервала времени между заказами (позиция 2) на ожидаемое дневное потребление (позиция 5 табл. 9.6):

$$\text{МЖЗ} = Z_s + t_{\text{мз}} \cdot \text{ОП}, \quad (9.12)$$

где МЖЗ — максимальный желательный запас, единиц; Z_s — страховой запас, единиц; $t_{\text{мз}}$ — интервал времени между заказами, дни; ОП — ожидаемое потребление за время выполнения заказа, единиц.

Размер страхового запаса Z_s может быть рассчитан различными способами. В табл. 9.6 (позиция 9) так же как и в табл. 9.1 (позиция 9) страховой запас рассчитан методом прямого счета для обеспечения потребности в запасе во время задержки поставки (см. формулу (9.2)). Также страховой запас может быть рассчитан как разница между максимальным потреблением за время выполнения заказа (позиция 7 табл. 9.6) и ожидаемым потреблением за время выполнения заказа (позиция 6 табл. 9.6) (см. также рис. 9.6 и формулу (9.3)).

Пример 9.2. Расчет параметров модели с фиксированным интервалом времени между заказами

Пример расчета основных параметров модели управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами по данным, использованным для расчета модели с фиксированным размером заказа (см. табл. 9.2), приведен в табл. 9.7.

Таблица 9.7

Пример расчета параметров модели управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами

№ п/п	Показатель	Значение
1	Объем потребности, единиц	1440
2	Интервал между заказами, дни	10
3	Время выполнения заказа, дни	4
4	Возможная задержка поставки, дни	1
5	Ожидаемое дневное потребление, единиц/день	4
6	Ожидаемое потребление за время выполнения заказа, единиц	16
7	Максимальное потребление за время выполнения заказа, единиц	20
8	Страховой запас, единиц	4
9	Максимальный желательный запас, единиц	44

При расчете интервала между заказами (см. позицию 2 табл. 9.7) была использована формула (9.8):

$$t_{\text{мз}} = \frac{N \cdot Q^*}{S} = \frac{30 \cdot 12 \cdot 36}{1440} = 9,$$

где $t_{\text{мз}}$ — интервал времени между заказами, дни; N — число рабочих дней в плановом периоде, дни; Q^* — оптимальный размер заказа, единиц; S — объем потребности в запасе, единиц.

Расчет движения запаса при основных параметрах табл. 9.7 на примере 40 дней приведен в табл. 9.8.

Таблица 9.8

Расчет уровней запаса без задержек поставок при основных параметрах табл. 9.7

Дни	Запас	Расход	Приход	Размер заказа
День 1	40	4	0	16
День 2	36	4		

Дни	Запас	Расход	Приход	Размер заказа
День 3	32	4		
День 4	28	4		
День 5	40	4	16	
День 6	36	4		
День 7	32	4		
День 8	28	4		
День 9	24	4		
День 10	20	4	0	36
День 11	16	4		
День 12	12	4		
День 13	8	4		
День 14	40	4	36	
День 15	36	4		
День 16	32	4		
День 17	28	4		
День 18	24	4		
День 19	20	4	0	36
День 20	16	4		
День 21	12	4		
День 22	8	4		
День 23	40	4	36	
День 24	36	4		
День 25	32	4		
День 26	28	4		
День 27	24	4		
День 28	20	4	0	36
День 29	16	4		
День 30	12	4		
День 31	8	4		
День 32	40	4	36	
День 33	36	4		
День 34	32	4		
День 35	28	4		
День 36	24	4		
День 37	20	4	0	36
День 38	16	4		

Предположим, что первый заказ делается в первый день. Тогда размер заказа определяется следующим образом (см. формулу (9.9)):

$$Q_1 = 40 - 40 + 16 = 16 \text{ единиц.}$$

Поставка выданного заказа придет на 5-й день (через 4 дня, см. позицию 3 табл. 9.7). Следующий заказ должен быть выполнен через 9 дней, т.е. на 10-й день, в размере

$$Q_2 = 40 - 20 + 16 = 36 \text{ единиц.}$$

Без задержек второй заказ придет на 14-й день и т.д. Иллюстрация движения запаса при отсутствии задержек поставок в модели с фиксированным интервалом времени между заказами приводится на рис. 9.7.

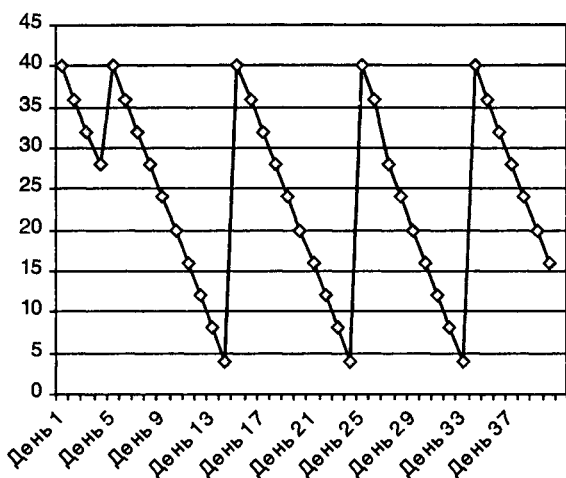


Рис. 9.7. Иллюстрация движения запаса при отсутствии задержек поставки по параметрам табл. 9.7

При наличии задержек поставок классическая модель управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами показана в табл. 9.9. Первая задержка поставки происходит по второму заказу, сделанному на 10-й день. Вместо 14-го дня поставка приходит на 15-й день. За время задержки поставки потребность в запасе поддерживается за счет страхового запаса, который к концу дня задержки полностью исчерпывается. Поступивший с опозданием второй заказ восполняет запас не до максимального желательного запаса (40 единиц), а на величину второго заказа (36 единиц). Третий заказ, сделанный на 19-й день, также приходит с задержкой. Поступление третьего заказа в 24-й день, как и в предыдущем случае, восполняет запас до уровня в 36 единиц. Четвер-

тый заказ, сделанный на 28-й день, поступает без задержек и восполняет запас до максимального желательного уровня (рис. 9.8).

Таблица 9.9

Расчет уровней запаса с задержками поставок при основных параметрах табл. 9.7

<i>Дни</i>	<i>Запас</i>	<i>Расход</i>	<i>Приход</i>	<i>Размер заказа</i>
День 1	40	4	0	16
День 2	36	4		
День 3	32	4		
День 4	28	4		
День 5	40	4	16	
День 6	36	4		
День 7	32	4		
День 8	28	4		
День 9	24	4		
День 10	20	4	0	36
День 11	16	4		
День 12	12	4		
День 13	8	4		
День 14	4	4	0	
День 15	36	4	36	
День 16	32	4		
День 17	28	4		
День 18	24	4		
День 19	20	4	0	36
День 20	16	4		
День 21	12	4		
День 22	8	4		
День 23	4	4	0	
День 24	36	4	36	
День 25	32	4		
День 26	28	4		
День 27	24	4		
День 28	20	4	0	36
День 29	16	4		
День 30	12	4		
День 31	8	4		
День 32	40	4	36	

Дни	Запас	Расход	Приход	Размер заказа
День 33	36	4		
День 34	32	4		
День 35	28	4		
День 36	24	4		
День 37	20	4	0	36
День 38	16	4		
День 39	12	4		
День 40	8	4		

Классическая модель управления запасами с фиксированным интервалом между заказами работает автоматически, т.е. без привлечения специалистов для принятия решений о восполнении запаса, с гарантией отсутствия дефицита запаса только в случае постоянного потребления запаса. Так, для данных табл. 9.7 при колебаниях потребности в запасе, показанных в табл. 9.10, отклонение от потребности в запасе от ожидаемого дневного потребления соответствует данным, рассмотренным на примере модели с фиксированным размером заказа в табл. 9.5 (см. также рис. 9.5). Отклонение спроса начинается с 11-го дня. При отсутствии задержки поставки второго заказа, сделанного в 10-й день, пополнение запаса позволило бы избежать дефицита, который наступает на 14-й день в связи с задержкой поставки. Дальнейшее увеличение

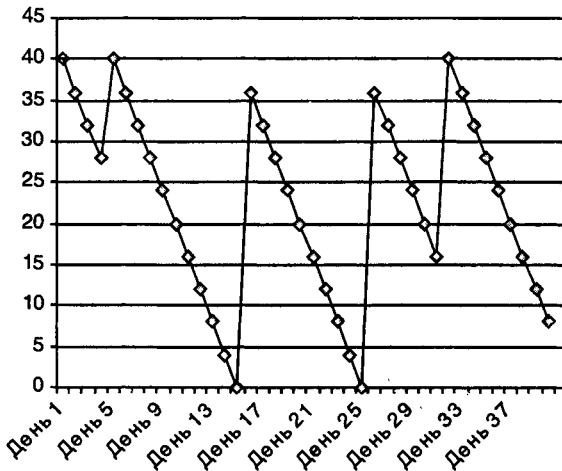


Рис. 9.8. Иллюстрация движения запаса при наличии задержек поставки по параметрам табл. 9.7

дефицита с 19-го по 23-й день не может быть предотвращено, так как модель управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами позволяет контролировать состояние запаса и реагировать на него только в определенные моменты выдачи заказов, которые в данном примере относятся к 1, 10, 19, 28 и 37-му дням. Важно обратить внимание, что вследствие того, что при расчете размера заказа (см. формулу (9.9)) учитывается текущий уровень запаса, третий заказ позволяет исправить ситуацию. Размер третьего заказа равен

$$Q_3 = 40 - (-3) + 16 = 59 \text{ единиц.}$$

Ученный дефицит, имеющийся на 19-й день, позволяет увеличить размер заказа. Аналогично происходит и с четвертым заказом на 28-й день:

$$Q_4 = 40 - (-5) + 16 = 61 \text{ единица.}$$

Так или иначе, модель с фиксированным размером заказа не позволяет избежать дефицита запаса при колебании потребности. На рис. 9.9 показано движение запаса при колебании потребности в запасе и наличии задержек поставок. В целом результат управления запасами по методике с фиксированным интервалом времени между заказами дает худший результат, чем по методике с фиксированным размером заказа, так как в последнем случае имеется постоянный контроль над уровнем запаса, что позволяет быстро принять решение о пополнении запаса.

Таблица 9.10

Расчет уровня запаса при колебании потребности в запасе и наличии задержек поставок при основных параметрах табл. 9.7

Дни	Запас	Расход	Приход	Размер заказа
День 1	40	4	0	16
День 2	36	4		
День 3	32	4		
День 4	28	4		
День 5	40	4	16	
День 6	36	4		
День 7	32	4		
День 8	28	4		
День 9	24	4		
День 10	20	4	0	36
День 11	16	9		

Дни	Запас	Расход	Приход	Размер заказа
День 12	7	6		
День 13	1	7		
День 14	-6	4	0	
День 15	26	3	36	
День 16	23	9		
День 17	14	9		
День 18	5	8		
День 19	-3	7	0	59
День 20	-10	3		
День 21	-13	7		
День 22	-20	9		
День 23	-29	4	0	
День 24	26	5	59	
День 25	21	6		
День 26	12	8		
День 27	4	9		
День 28	-5	2	0	61
День 29	-7	9		
День 30	-16	4		
День 31	-20	5		
День 32	36	3	61	
День 33	33	9		
День 34	24	8		
День 35	16	4		
День 36	12	6		
День 37	6	10	0	50
День 38	-4	7		
День 39	-11	6		
День 40	-17	4		

9.1.3. Сравнение основных моделей управления запасами

Основные модели управления запасами с фиксированным размером заказа (см. подп. 9.1.1) и с фиксированным интервалом времени между заказами (см. подп. 9.1.2) содержат необходимый набор исходных и расчетных параметров, используя которые можно спроектировать оригинальный алгоритм управления запасами, ориентированный на специфические условия пополнения и потребления запаса.

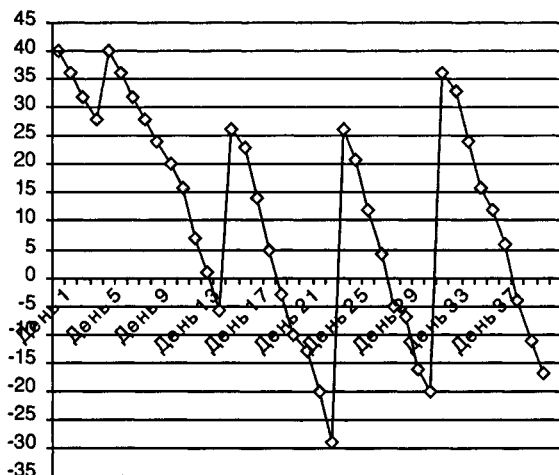


Рис. 9.9. Иллюстрация движения запаса при колебании потребности в запасе и наличии задержек поставки по параметрам табл. 9.7

Исходными данными для работы моделей управления запасами могут быть:

- объем потребности в запасе, единиц;
- оптимальный размер заказа, единиц;
- время выполнения заказа, дни;
- возможная задержка поставки, дни;
- интервал времени между заказами, дни.

Расчетными параметрами модели управления запасами могут быть:

- страховой запас, единиц;
- пороговый уровень запаса, единиц;
- максимальный желательный запас, единиц.

Ключевыми параметрами модели управления запасами могут быть:

- размер заказа, единиц;
- текущий уровень запаса, единиц.

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

Различное сочетание элементов основных моделей управления запасами, а также добавление принципиально новых идей в алгоритм работы модели приводит к возможности формирования огромного числа моделей управления запасами, отвечающих самым разнообразным требованиям.

Предположим идеальную теоретическую ситуацию, когда заказ исполняется мгновенно. Такая ситуация показана на рис. 8.4. Заказ можно производить в момент, когда запас материальных ресурсов на складе равен нулю. При постоянной скорости потребления обе модели управления запасами (с фиксированным размером заказа и с фиксированным интервалом времени между заказами) становятся одинаковыми, так как заказы будут производиться через равные интервалы времени, а размеры заказов всегда будут равны друг другу. Страховой запас каждой из двух основных моделей сведется к нулю. В реальных условиях выполнение заказа требует определенного времени; кроме того, вполне вероятны ошибки исполнителей и различные виды сбоев.

Практически возможны следующие отклонения фактических показателей от запланированных:

- изменение интенсивности потребления;
- задержка или ускорение поставки;
- поставка незапланированного объема заказа;
- ошибки учета фактического запаса, ведущие к неправильному размеру заказа.

Довольно часто имеет место многообразное сочетание возмущающих воздействий, отклоняющих движение запаса от запланированного порядка. К состоянию дефицита запас подталкивают, например:

- увеличение объема потребления запаса;
- задержка поставки;
- неполная поставка;
- занижение размера заказа.

К завышению затрат на содержание запаса и дефициту складских площадей ведут сбои, связанные, например:

- с сокращением объема потребления запаса;
- ускорением поставки;
- поставкой завышенного объема;
- завышением размера заказа.

В то же время в основных моделях управления запасами предусмотрена возможность сгладить сбои поставки и потребления. Так, *модель с фиксированным размером заказа* учитывает задержку по-

ставки. Страховой запас позволяет обеспечивать потребность во время предполагаемой задержки поставки. Если значение возможной задержки поставки будет представлять собой максимально возможную задержку, то механизм модели предохранит потребителя от дефицита в случае единичного сбоя поставки. Пороговый уровень обеспечивает поддержку системы в бездефицитном состоянии.

Модель с фиксированным интервалом времени между заказами также учитывает задержку поставки путем ограничения страхового запаса. Если прогноз потребления до момента будущей поставки был точным, механизм модели предохранит потребителя от дефицита материальных ресурсов при сбоях поставки.

Все же в общем случае следует отметить, что основные модели управления запасами применимы лишь к весьма ограниченному спектру условий функционирования и взаимодействия поставщиков и потребителей.

Сравнение моделей приводит к выводу о наличии недостатков и преимуществ. **Модель с фиксированным размером заказа** требует непрерывного учета текущего запаса на складе. Это приводит к повышению затрат ее использования. Однако максимальный желательный запас в этой модели, как правило, имеет меньший размер, чем в модели с фиксированным интервалом времени между заказами в связи с частой привязкой интервала времени между заказами к календарю. Например, в рассмотренном в подп. 9.1.1 примере (см. табл. 9.2) максимальный размер заказа равен 40 единицам, так же как и при расчете параметров модели с фиксированным интервалом времени между заказами в 9 дней (см. подп. 9.1.2 и табл. 9.7). Интервал между заказами в 9 дней приводит к выдаче заказов в 1, 10, 19, 28-й и т.д. день планового периода, что может быть не всегда удобно поставщику и заказчику. Удобнее работать декадами, через 10 дней, например делая заказы 1, 10 и 20-го числа каждого месяца. Такое изменение интервала между заказами приводит к росту максимального желательного запаса до 44 единиц.

В целом можно отметить, что **модель с фиксированным размером заказа** по сравнению с моделью с фиксированным интервалом времени между заказами чаще приводит к экономии затрат на содержание запаса на складе за счет сокращения площадей под запасами. В то же время **модель с фиксированным интервалом времени между заказами** требует лишь периодического контроля количества запасов. Это упрощает процедуру использования модели и сокращает операционные затраты.

Основные формулы к подразделу 9.1

№ n/n	Показатель	Расчет	Условные обозначения
1	Максимальный желательный запас, единиц	$MЖЗ = Z_s + Q^*$	Z_s — страховой запас, единиц; Q^* — оптимальный размер заказа
2	Страховой запас, единиц	$Z_s = S_d \cdot t_{зп}$	S_d — ожидаемое дневное потребление, единиц; $t_{зп}$ — время задержки поставки, дни
		$Z_s = МП - ОП$	МП — максимальное потребление за время выполнения заказа, единиц; ОП — ожидаемое потребление за время выполнения заказа, единиц
3	Максимальное потребление за время выполнения заказа, единиц	$МП = S_d \cdot (t_n + t_{зп})$	S_d — ожидаемое дневное потребление, единиц; t_n — время выполнения заказа, дни; $t_{зп}$ — время задержки поставки, дни
4	Объем потребности в запасе, единиц	$S_d = S / N$	S — объем потребности в запасе, единиц; N — число рабочих дней в плановом периоде
5	Пороговый уровень запаса, единиц	$ПУ = Z_s + ОП$	Z_s — страховой запас, единиц; ОП — ожидаемое потребление за время выполнения заказа
6	Интервал времени между заказами, дни	$t_{мз} = \frac{N \cdot Q^*}{S}$	N — количество рабочих дней в плановом периоде, дни; Q^* — оптимальный размер заказа, единиц; S — объем потребности в запасе, единиц
7	Размер заказа i , единиц	$Q_i = MЖЗ - Z_T + ОП - Z_i$	МЖЗ — максимальный желательный запас, единиц; Z_T — уровень текущего запаса при выдаче заказа i , единиц; Z_i — объем запаса в пути, единиц; ОП — ожидаемое потребление за время выполнения заказа, единиц

№ n/n	Показатель	Расчет	Условные обозначения
8	Максимальный желательный запас, единиц	$\text{МЖЗ} = Z_s + t_{\text{мз}} \cdot \text{ОП}$	Z_s — страховой запас, единиц; $t_{\text{мз}}$ — интервал времени между заказами, дни; ОП — ожидаемое потребление за время выполнения заказа, единиц

Вопросы для самопроверки к подразделу 9.1

1. В осях каких координат рассматривается движение запаса?
2. В чем заключается основной принцип воздействия на запас?
3. Какие главные вопросы решаются при управлении запасами?
4. Каким образом принятый размер заказа, пополняющего запас, связан с интервалом времени между заказами?
5. Объясните, почему основных моделей управления запасами две.
6. Почему модель с фиксированным размером заказа и модель с фиксированным интервалом времени между заказами называются основными системами управления запасами?
7. Назовите ключевой параметр модели управления запасами с фиксированным размером заказа.
8. В каких условиях наиболее эффективно применять идеи системы с фиксированным размером заказа?
9. Поясните методику управления запасами с фиксированным размером заказа.
10. Перечислите исходные данные модели управления запасами с фиксированным размером заказа. Поясните особенности их оценки.
11. Перечислите расчетные параметры модели управления запасами с фиксированным размером заказа. Поясните, как проводится их расчет.
12. При решении каких задач логистики следует учитывать размер максимального желательного запаса?
13. Какова функция порогового уровня запаса?
14. Перечислите известные вам принципы расчета страхового уровня запаса.
15. В чем состоят преимущества и недостатки системы с фиксированным размером заказа?
16. Назовите ключевой параметр модели управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами.
17. В каких условиях наиболее эффективно применять идеи системы с фиксированным интервалом времени между заказами?

18. Изложите методику управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами.
19. Перечислите исходные данные модели управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами. Поясните особенности их оценки.
20. Перечислите расчетные параметры модели управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами. Поясните, как проводится их расчет.
21. В чем состоят преимущества и недостатки системы с фиксированным интервалом времени между заказами?
22. В каких условиях модели управления запасами с фиксированным размером заказа и с фиксированным интервалом времени между заказами дают одинаковый результат?
23. Почему использование основных моделей управления запасами ограничено?
24. Какие элементы моделей управления запасами с фиксированным размером заказа и с фиксированным интервалом времени между заказами могут быть использованы в самых разнообразных практических ситуациях?
25. Какие виды контроля остатков запаса требуются при работе с моделью управления запасами с фиксированным размером заказа и с моделью с фиксированным интервалом времени между заказами?

9.2. Модели управления запасами в условиях изменяющейся потребности

Как было показано в предыдущем подразделе, модели с фиксированным размером заказа и с фиксированным интервалом времени между заказами могут быть эффективно применены лишь в ограниченном спектре условий взаимодействия поставщиков и потребителей.

Требование повышения эффективности использования моделей управления запасами в логистической системе приводит к необходимости разработать оригинальные алгоритмы управления запасами. В теории управления запасами имеется большое число специальных способов проведения такой работы.

Различное сочетание элементов основных моделей управления запасами, а также добавление принципиально новых идей в алгоритм работы модели позволяют сформировать огромное число моделей управления запасами, отвечающих самым разнообразным требованиям.

В подп. 9.2.1 и 9.2.2 приведены примеры популярных в бизнесе моделей, разработанных на основе элементов основных моделей управления запасами.

9.2.1. Модель управления запасами с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня

Основные модели управления запасами (см. подп. 9.1.1 и 9.1.2) можно успешно использовать в условиях относительно стабильного потребления запаса. Между тем довольно часто потребность в запасе имеет колебания сезонного или общего характера. Обеспечение бесперебойного снабжения потребителя в таких условиях требует доработки основных моделей. Одним из результатов проектирования новых моделей, предназначенных для управления запасами при наличии колебаний потребности, является модель с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня. Эта модель предполагает, что дефицит запаса недопустим. Следовательно, модель ориентирована на ситуацию, когда затраты на содержание запаса (см. подп. 7.1.3) ниже издержек в результате дефицита (см. подп. 8.3.3), что приводит к необходимости накапливать достаточно большой объем запаса.

В модели с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня заказы производятся в установленные моменты времени (как в модели с фиксированным интервалом времени между заказами) и при снижении запаса до порогового уровня (как в модели с фиксированным размером заказа). Таким образом, рассматриваемая модель включает элемент модели с фиксированным интервалом времени между заказами (установленная периодичность выдачи заказа на пополнения запаса) и элемент модели с фиксированным размером заказа (отслеживание порогового уровня запаса). Совместное использование этих элементов позволяет предохранить логистическую систему от дефицитного состояния без излишнего завышения объема запаса.

Отличительную особенность модели с установленной периодичностью пополнения запаса до установленного уровня состоит в том, что заказы делятся на две категории. Плановые заказы производятся через заданные интервалы времени. Возможны дополнительные или внеочередные заказы, если запас на складе снижается до порогового уровня.

Расчет параметров этой модели приведен в табл. 9.11. По составу и расчету параметров модель с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня схожа как с моделью

управления запасами с фиксированным размером заказа, так и с моделью управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами (см. табл. 9.1 и 9.6).

Таблица 9.11

Расчет параметров модели управления запасами с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня

№ п/п	Показатель	Порядок расчета
1	Объем потребности, единиц	—
2	Интервал времени между заказами, дни	—
3	Время выполнения заказа, дни	—
4	Возможная задержка поставки, дни	—
5	Ожидаемое дневное потребление, единиц/день	[1] / [Количество рабочих дней]
6	Ожидаемое потребление за время поставки, единиц	[3] · [5]
7	Максимальное потребление за время выполнения заказа, единиц	([3] + [4]) · [5]
8	Страховой запас, единиц	[5] · [4]
9	Пороговый уровень запаса, единиц	—
10	Максимальный желательный запас, единиц	[9] + [2] · [5]

Исходные данные для расчета параметров модели с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня совпадают с моделью управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами. Такими показателями являются:

- 1) объем потребности в запасе, единиц;
- 2) интервал времени между заказами, дни;
- 3) время выполнения заказа, дни;
- 4) возможная задержка поставки, дни.

Расчетные параметры модели с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня совпадают с расчетными параметрами модели с фиксированным размером заказа. К ним относятся:

- 1) максимальный желательный запас, единиц;
- 2) пороговый уровень запаса, единиц;
- 3) страховой запас, единиц.

На рис. 9.9 приведена иллюстрация движения запаса при использовании модели управления запасами с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня. Заранее

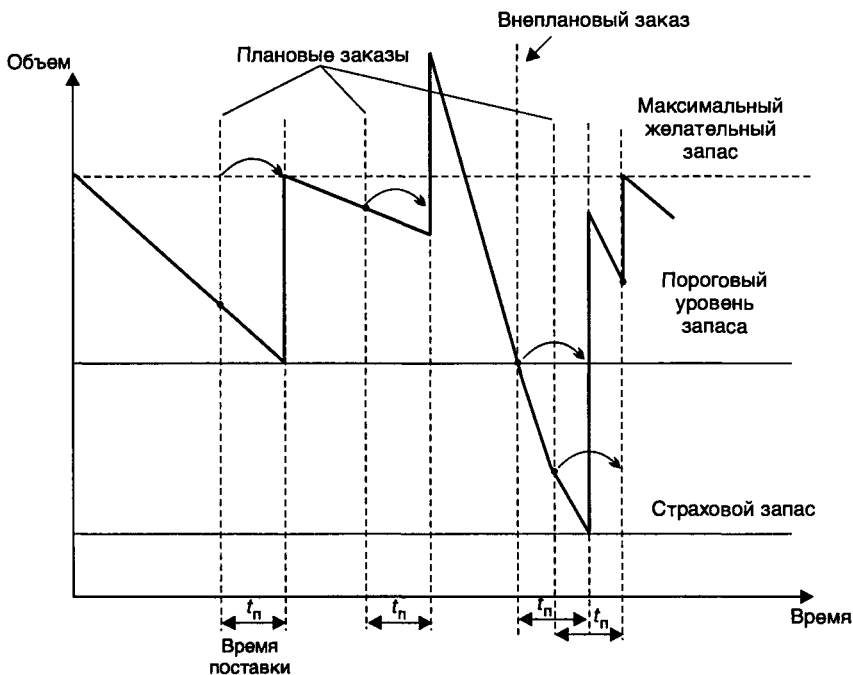


Рис. 9.10. Иллюстрация движения запаса при установленной периодичности пополнения запаса до постоянного уровня

определены моменты выдачи плановых заказов. Интервал времени между заказами (см. позицию 2 табл. 9.11) устанавливается как исходная величина, которая может быть рассчитана по формуле (9.8). Плановые заказы выдаются в объеме, который определяется либо по известной формуле из модели с фиксированным интервалом времени между заказами (см. формулу (9.9)), либо экспертно с учетом возможного изменения потребности в запасе в будущие периоды. Дополнительные заказы, рассчитанные по тем же принципам, делаются только при снижении запаса до порогового уровня.

Пример 9.3. Расчет параметров модели с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня

Для исходных данных, использованных в модели управления запасами с фиксированным размером заказа (см. табл. 9.2) и в модели с фиксированным интервалом времени между заказами (см. табл. 9.7), проведем расчет параметров модели с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня (табл. 9.12).

Пример расчета параметров модели с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня

<i>№ п/п</i>	<i>Показатель</i>	<i>Значение</i>
1	Объем потребности, единиц	1440
2	Интервал между заказами, дни	10
3	Время выполнения заказа, дни	4
4	Возможная задержка поставки, дни	1
5	Ожидаемое дневное потребление, единиц/день	4
6	Ожидаемое потребление за время выполнения заказа, единиц	16
7	Максимальное потребление за время выполнения заказа, единиц	20
8	Страховой запас, единиц	4
9	Пороговый уровень запаса, единиц	20
10	Максимальный желательный запас, единиц	44

По сравнению с исходной информацией модели с фиксированным интервалом времени между заказами (см. табл. 9.7) в табл. 9.12 внесено одно изменение: рассчитанное по формуле (9.8) значение интервала времени между заказами в 9 дней заменено на 10 дней с тем, чтобы организовать выдачу заказов по декадам. В остальном в данных табл. 9.12 при расчете значений параметров используются формулы, которые обсуждались при разборе основных моделей (см. подп. 9.1.1 и 9.1.2).

Иллюстрация движения запаса на примере изменения потребности при изучении модели с фиксированным размером заказа (см. табл. 9.5) и модели с фиксированным интервалом времени между заказами (см. табл. 9.10) приведена в табл. 9.13.

Таблица 9.13

Расчет уровней запаса при колебании потребности а запаса и наличии задержек поставок при основных параметрах табл. 9.12

<i>Дни</i>	<i>Запас</i>	<i>Расход</i>	<i>Приход</i>	<i>Размер заказа</i>
День 1	44	4	0	16
День 2	40	4		
День 3	36	4		
День 4	32	4		
День 5	44	4	16	

<i>Дни</i>	<i>Запас</i>	<i>Расход</i>	<i>Приход</i>	<i>Размер заказа</i>
День 6	40	4		
День 7	36	4		
День 8	32	4		
День 9	28	4		
День 10	24	4	0	36
День 11	20	9	0	40
День 12	11	6		
День 13	5	7		
День 14	34	4	36	
День 15	70	3	40	
День 16	67	9		
День 17	58	9		
День 18	49	8		
День 19	41	7		
День 20	34	3	0	26
День 21	31	7		
День 22	24	9		
День 23	15	4	0	45
День 24	37	5	26	
День 25	32	6		
День 26	26	3		
День 27	68	8	45	
День 28	60	9		
День 29	51	2		
День 30	49	9	0	11
День 31	40	4		
День 32	36	5		
День 33	31	3		
День 34	39	9	11	
День 35	30	8		
День 36	22	4		
День 37	18	6	0	42
День 38	12	10		
День 39	2	7		
День 40	-5	6	0	65
День 41	31	4	42	
День 42	27	4		

Дни	Запас	Расход	Приход	Размер заказа
День 43	23	4		
День 44	84	4	65	
День 45	80	4		
День 46	76	4		
День 47	72	4		
День 48	68	4		
День 49	64	4		
День 50	60	4	0	0

Плановые заказы выполняются в 10, 20, 30, 40 и 50-й дни. Расчет размера заказа выполнен по формуле (9.8). Так, в 1-й день размер заказа рассчитан следующим образом:

$$Q_1 = 44 - 44 + 16 = 16.$$

На 10-й день размер заказа делается в объеме

$$Q_2 = 44 - 24 + 16 = 36 \text{ и т.д.}$$

Соответственно, плановые заказы приходят без задержки в 14, 24, 34, 44-й и т.д. дни.

Внеочередные заказы делаются при снижении запаса до порогового уровня. Расчет порогового уровня запаса в данном случае выполнен по классической формуле (см. формулу (9.7)):

$$ПУ = 4 + 16 = 20.$$

Пороговый уровень может быть рассчитан и не по среднему дневному потреблению (см. позицию 5 табл. 9.12), а по наиболее вероятному, максимальному или иным образом определенной потребности в запасе в день.

Внеочередные заказы в рассматриваемом примере должны быть сделаны в 11-й день (уровень запаса равен 20), в 23-й день (уровень запаса равен 15), в 37-й день (уровень запаса равен 18). Предполагается, что все внеочередные заказы пришли в срок.

В результате, как видно из рис. 9.10, результат работы модели с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня значительно лучше, чем моделей с фиксированным размером заказа (см. рис. 9.5) и с фиксированным интервалом времени между заказами (см. рис. 9.8). Незначительный дефицит в 5 единиц появляется только в 40-й день и только в течение одного

дня. Он покрывается внеочередной поставкой, организованной в 37-й день.

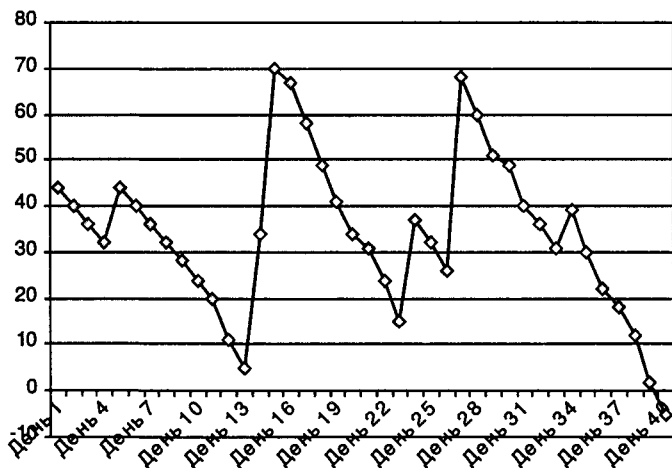


Рис. 9.11. Иллюстрация движения запаса при колебании потребности в запасе и наличии задержек поставки по параметрам табл. 9.12

Таким образом, модель с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня позволяет удовлетворять изменяющиеся потребности в запасе с минимальным уровнем дефицита.

9.2.2. Модель управления запасами «минимум-максимум»

Еще одним вариантом доработки основных моделей для условий колебаний потребности в запасе является модель управления запасами «минимум-максимум». В отличие от модели с периодическим пополнением запаса до постоянного уровня (см. подп. 9.2.2) эта модель разработана для условий, когда издержки содержания запаса превышают издержки в результате дефицита. В такой ситуации наличие определенного уровня дефицита оправдано, а содержание большого запаса нежелательно. Поэтому в модели «минимум-максимум» заказы производятся не в каждый заданный момент времени, как в модели с фиксированным интервалом времени между заказами, а только в те заданные моменты, когда запас оказался меньшим или равным установленному минимальному уровню запаса. В случае выдачи заказа его размер определяется экспертно, чтобы поставкаполнила запас до максимального желательного уровня. Таким образом, данная модель работает с дву-

мя уровнями запаса — минимальным и максимальным, чему и обязана своим названием.

Как и предыдущая модель с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня, модель «минимум-максимум» содержит в себе элементы основных моделей управления запасами. Как и в модели с фиксированным интервалом времени между заказами, здесь используется постоянный интервал времени между возможными заказами. Из модели с фиксированным размером заказа заимствована идея отслеживания некоторого порогового уровня, который здесь называется минимальным.

Исходные данные для расчета параметров модели «минимум-максимум» совпадают с моделью управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами:

- 1) объем потребности в запасе, единиц;
- 2) интервал времени между заказами, дни;
- 3) время выполнения заказа, дни;
- 4) возможная задержка поставки, дни.

Расчетными параметрами модели «минимум-максимум» являются:

- 1) максимальный запас, единиц;
- 2) минимальный запас, единиц;
- 3) страховой запас, единиц.

Расчет максимального запаса может быть проведен по формулам расчета максимального желательного запаса (см. позицию 10 табл. 9.11). Роль минимального уровня запаса аналогична роли порогового уровня запаса в модели с фиксированным размером заказа (см. табл. 9.12). Отличие состоит в том, что в расчете минимального уровня запаса следует учитывать не только ожидаемое потребление за время выполнения заказа и уровень страхового запаса (как это делается при расчете порогового уровня запаса), но и возможное отклонение потребности от запланированной величины. Порядок расчета всех остальных параметров модели «минимум-максимум» аналогичен расчету параметров модели с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня (см. табл. 9.11). Заказы выдаются в объеме, который определяется либо по известной формуле из модели с фиксированным интервалом времени между заказами (см. формулу (9.9)), либо экспертно — с учетом возможного изменения потребности в запасе в будущие периоды.

На рис. 9.12 приведена иллюстрация движения запаса при использовании модели «минимум-максимум». Заранее определены

моменты выдачи плановых заказов. Интервал времени между заказами (см. позицию 2 табл. 9.11) устанавливается как исходная величина, которая может быть рассчитана по формуле (9.8). От плановых заказов, возможно, потребуется отказаться, если в заданный момент заказа уровень запаса будет выше порогового уровня.

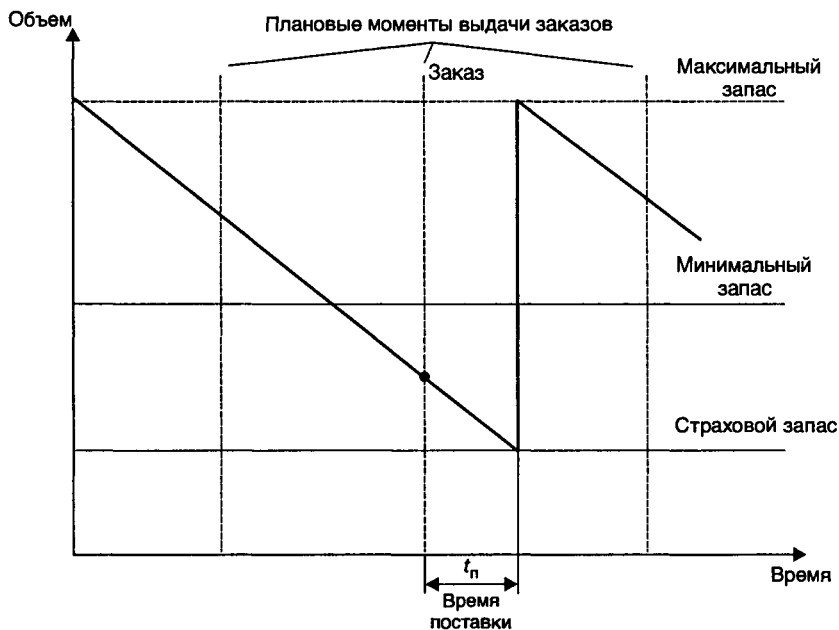


Рис. 9.12. Иллюстрация движения запаса в модели «Минимум-максимум»

Пример 9.4. Расчет параметров модели «минимум-максимум»

Для исходных данных, использованных в примерах использования основных моделей (табл. 9.2, 9.7), а также модели с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня (табл. 9.12) рассчитаны показатели модели «минимум-максимум» (табл. 9.14).

Максимальное потребление за время выполнения заказа (см. позицию 8 табл. 9.14) рассчитано исходя из предположения, что ожидаемое потребление за время выполнения заказа может быть увеличено на стандартное отклонение спроса по данным прошлого периода, равное 2 единицам. Тогда максимальное потребление за время выполнения заказа будет равно

$$\text{МП} = (4 + 2) \cdot (4 + 1) = 30.$$

Пример расчета параметров модели «минимум-максимум»

№ п/п	Показатель	Значение
1	Объем потребности, единиц	1440
2	Интервал между заказами, дни	10
3	Время выполнения заказа, дни	4
4	Возможная задержка поставки, дни	1
5	Ожидаемое дневное потребление, единиц/день	4
6	Ожидаемое потребление за время выполнения заказа, единиц	16
7	Максимальное потребление за время выполнения заказа, единиц	30
8	Страховой запас, единиц	14
9	Минимальный уровень запаса, единиц	38
10	Максимальный запас, единиц	74

Страховой запас (см. позицию 9 табл. 9.14) будет равен, учитывая наличие и задержки поставки (см. позицию 4 табл. 9.14) и возможное отклонение спроса на стандартное отклонение в 2 единицы как разницу максимального потребления за время выполнения заказа (см. позицию 8 табл. 9.14) и ожидаемого потребления за время выполнения заказа (см. позицию 4 табл. 9.14) (см. формулу (9.3)),

$$Z_s = 30 - 16 = 14.$$

Минимальный уровень запаса (см. позицию 10 табл. 9.14) определен на основе формулы расчета порогового уровня запаса при учете возможного увеличения потребности на величину стандартного отклонения в 2 единицы (см. позицию 10 табл. 9.1):

$$ПУ = 14 + (4 + 2) \cdot 4 = 38.$$

Максимальный запас (см. позицию 11 табл. 9.14) определен на основе формулы расчета максимального желательного запаса при учете возможного увеличения потребности на величину стандартного отклонения в 2 единицы (см. позицию 10 табл. 9.11):

$$МЗ = 14 + (4 + 2) \cdot 10 = 74.$$

Иллюстрация движения запаса по методике «минимум-максимум» приведена в табл. 9.15.

Первоначально запас находится на максимальном уровне. Предположим, что заказы выполняются на 10-й день. В первый день заказ не выдается, так как запас находится выше заданного

**Расчет уровней запаса при колебании потребности в запасе и наличии
задержек поставок при основных параметрах табл. 9.12**

<i>Дни</i>	<i>Запас</i>	<i>Расход</i>	<i>Приход</i>	<i>Размер заказа</i>
День 1	74	4	0	
День 2	70	4		
День 3	66	4		
День 4	62	4		
День 5	58	4		
День 6	54	4		
День 7	50	4		
День 8	46	4		
День 9	42	4		
День 10	38	4	0	52
День 11	34	9		
День 12	25	6		
День 13	19	7		
День 14	64	4	52	
День 15	60	3		
День 16	57	9		
День 17	48	9		
День 18	39	8		
День 19	31	7		
День 20	24	3	0	66
День 21	21	7		
День 22	14	9		
День 23	5	4		
День 24	67	5	66	
День 25	62	6		
День 26	56	3		
День 27	53	8		
День 28	45	9		
День 29	36	2		
День 30	34	9	0	56
День 31	25	4		
День 32	21	5		
День 33	16	3		
День 34	69	9	56	
День 35	60	8		

Дни	Запас	Расход	Приход	Размер заказа
День 36	52	4		
День 37	48	6		
День 38	42	10		
День 39	32	7		
День 40	25	6	0	65
День 41	19	4		
День 42	15	4		
День 43	11	4		
День 44	72	4	65	
День 45	68	4		
День 46	64	4		
День 47	60	4		
День 48	56	4		
День 49	52	4		
День 50	48	4	0	
День 51	44	4		
День 52	40	4		
День 53	36	4		
День 54	32	4		
День 55	28	4		
День 56	24	4		
День 57	20	4		
День 58	16	4		
День 59	12	4		
День 60	8	4	0	82

минимального уровня (см. позицию 8 табл. 9.14). До 10-го дня текущий контроль уровня запаса не проводится. На 10-й день уровень запаса равен минимальному, требуется выдать заказ, который в данном примере определяется по формуле определения размера заказа в модели с фиксированным размером заказа (см. формулу (9.9)):

$$Q_1 = 74 - 38 + 16 = 52.$$

Сделанный заказ выполняется через четыре дня и учитывается на 14-й день. Вопрос о выдаче следующего заказа рассматривается на 20-й день. Текущий уровень запаса равен 24 единицам, что ниже

минимально допустимого уровня; следовательно, заказ должен быть сделан в объеме

$$Q_2 = 74 - 24 + 16 = 66 \text{ и т.д.}$$

Заказ не выдается на 50-й день, так как запас находится на уровне, превышающем минимальный уровень. Иллюстрация движения запаса по данным табл. 9.15 представлена на рис. 9.13.

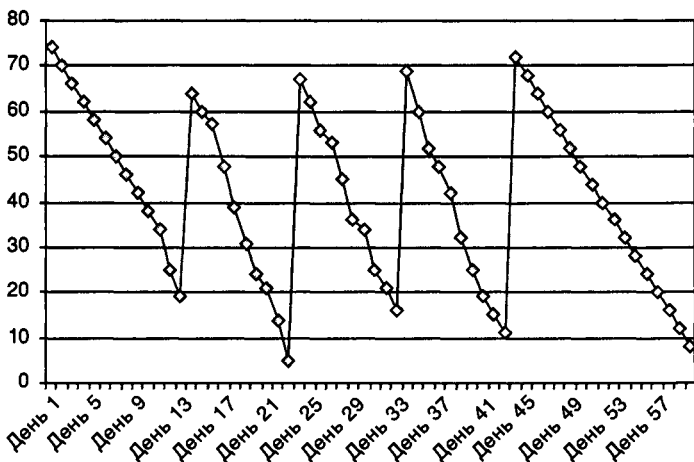


Рис. 9.13. Иллюстрация движения запаса при колебании потребности в запасе по параметрам табл. 9.15

Как видно из рис. 9.13, обеспечение потребности запасом после корректировки расчетов основных параметров (максимального и минимального уровня запаса, а также страхового запаса) модели «минимум-максимум» дает результат, сравнимый с результатом использования модели с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня (рис. 9.9). В течение длительного периода времени дефицита удается избежать, пользуясь определенными аналитическими расчетами и предположением, что задержек поставок не было. В отличие от результатов производных моделей использование основных моделей управления запасами в условиях колебания потребности приводит к устойчивому дефициту запаса в периоды, близкие к получению поставок (рис. 9.5 и 9.8).

Вопросы для самопроверки к главе 9

1. Для каких условий движения запаса разработана модель с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня?
2. Каким должно быть соотношение между затратами на содержание запаса и издержками в результате дефицита для применения модели с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня?
3. Изложите методику работы с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня.
4. Элементы каких моделей использованы в модели с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня?
5. Какие элементы модели управления запасами с фиксированным размером заказа использованы в модели с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня?
6. Какие категории заказов используются в модели с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня?
7. Какие элементы модели управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами использованы в модели с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня?
8. Назовите исходные параметры модели с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня и расскажите об особенностях их определения.
9. Как можно рассчитать интервал времени между заказами в модели с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня?
10. Как определяется размер заказа в модели с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня?
11. Каким образом определяется размер дополнительных заказов в модели с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня?
12. Для каких условий движения запаса разработана модель «минимум-максимум»?
13. Каким должно быть соотношение затрат на содержание запаса и издержек дефицита для применения модели «минимум-максимум»?
14. Изложите методику работы модели «минимум-максимум».
15. Элементы каких моделей использованы в модели «минимум-максимум»?
16. Какие элементы модели управления запасами с фиксированным размером заказа использованы в модели «минимум-максимум»?

17. Какие категории заказов используются в модели «минимум-максимум»?
18. Какие элементы модели управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами использованы в модели «минимум-максимум»?
19. Назовите исходные параметры модели «минимум-максимум» и расскажите об особенностях их определения.
20. Как можно рассчитать интервал времени между заказами в модели «минимум-максимум»?
21. Как определяется размер заказа в модели «минимум-максимум»?

Список дополнительной литературы к главе 9

1. *Альбеков А.У., Митько О.А.* Коммерческая логистика. Ростов н/Д: Феникс, 2002.
2. *Аникин Б.А., Тяпухин А.П.* Коммерческая логистика: Учебник. М.: Велби, 2005.
3. *Гаджинский А.М.* Логистика: Учебник. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Маркетинг, 2002.
4. *Козловский В.А.* и др. Логистический менеджмент. СПб.: Лань, 2002.
5. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / Под общ. ред. проф. В.И. Сергеева. М.: ИНФРА-М, 2004.
6. Логистика: Учебник. 3-е изд. / Под. ред. Б.А. Аникина. М.: ИНФРА-М, 2001.
7. *Неруш Ю.М.* Логистика: Учебник. М.: ЮНИТИ–ДАНА, 2000.
8. *Пилишенко А.Н.* Логистика. Практикум. — М.: МИЭТ, 1998.
9. *Сергеев В.И.* Логистика в бизнесе. М.: ИНФРА-М, 2001..
10. *Степанов В.И.* Логистика: Учебник. М.: ТК Велби: Проспект, 2006.
11. *Стивенсон В. Дж.* Управление производством. М.: Лаборатория базовых знаний, 1998.

ГЛАВА 10

УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

В п. 9.1 были рассмотрены основы теории управления запасами на примере расчета параметров в так называемых условиях определенности. Предполагалось, что потребность в запасе, размер заказа, время выполнения заказа и задержки поставки — величины постоянные. Было установлено, что имеются две основные модели управления запасами, позволяющие принимать решения, в результате которых запас поддерживается на уровне, обеспечивающем удовлетворение заданного объема потребности: модель с фиксированным размером заказа (см. подп. 9.1.1) и модель с фиксированным интервалом времени между заказами (см. подп. 9.1.2).

Модификация основных моделей позволяет использовать их в условиях нестабильного потребления. Примеры моделей управления запасами в условиях наличия колебания потребности приведены в п. 9.2: модель с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня (см. подп. 9.2.1) и модель «минимум-максимум» (см. подп. 9.2.2). Эти модели основаны на элементарных математических действиях при расчете основных параметров. Между тем теория вероятностей позволяет значительно расширить аппарат расчета параметров классических моделей.

Теория вероятностей изучает распределение случайных величин. В управлении запасами вероятностные изменения возможны как со стороны входящего, так и со стороны выходящего материального потока (см. рис. 1.2). Наиболее существенна вероятность изменения потребности в запасе, так как именно потребность представляет собой исходную информацию для принятия решений в процессе управления запасами.

Предположим, что потребность в запасе изменяется в соответствии с нормальным законом распределения вероятности. Тогда случайная величина X — объем потребности в запасе. Математическое ожидание случайной величины — средняя потребность в запасе (рис. 10.1). Справа от математического ожидания случайной величины X располагаются значения X , большие средней величины. Следовательно, правая область графика является областью риска дефицита запаса, который возникает при удовлетворении потребности, превышающей прогнозируемую среднюю величину спроса. При превышении среднего объема потребности в запасах формируются издержки дефицита (см. подп. 8.3.3). Слева от мате-

матического ожидания случайной величины X находится область риска избытка запаса, который накапливается при объеме потребности, которая меньше спрогнозированной средней величины спроса. При снижении потребности ниже среднего объема потребности формируются издержки, связанные с наличием избыточного запаса.

Площадь под кривой функции распределения вероятностей равна единице. В управлении запасами эта характеристика является аналогом уровня удовлетворения потребности в запасе или уровня обслуживания. Допустимый уровень дефицита запаса отмечен на рис. 10.1 выделенной областью под кривой.



Рис. 10.1. Потребность в запасе как случайная величина

Использование теории вероятностей позволяет говорить о работе моделей в так называемых условиях неопределенности. Неопределенность предполагает наличие не только изменений объема потребности в запасе и времени выполнения заказа на пополнение запаса, но и некоторого, отличного от 100%, уровня удовлетворения потребности в запасе. Вопросы определения рекомендуемого уровня обслуживания заказов рассмотрены в п. 10.1. Расчет пара-

метров модели с фиксированным размером заказа в условиях неопределенности приведен в п. 10.2, модели с фиксированным интервалом времени между заказами — в п. 10.3.

10.1. Уровень обслуживания

Ни одна модель управления запасами не может гарантировать наличия запаса, достаточного для всех вариантов потребности. Как видно из рис. 10.1, такая возможность при нормальном законе распределения является сугубо теоретической, так как требует обслуживания бесконечного множества случайных потребностей. Поэтому принято определять допустимый уровень обслуживания запасом заявляемой потребности, отличный от 100%. Другими словами, принято определять *вероятность* того, что необходимый для удовлетворения спроса запас окажется в наличии.

Уровень обслуживания (*service level*) — вероятность того, что в период исполнения заказа на пополнение запаса объем потребности в запасе не превысит объем наличных запасов. После получения заказа запас, как следует из логики движения запаса, должен пополняться на величину, близкую к максимальному желательному запасу. Риски неудовлетворения спроса при этом отсутствуют.

Пример 10.1. Значение уровня обслуживания

Уровень обслуживания 97% означает, что имеется 97% вероятности того, что наличный запас будет достаточен для бездефицитной работы в период исполнения заказа на пополнение запаса. Уровень обслуживания в 97% предполагает, что риск исчерпания запаса составляет 3% (см. рис. 10.1). Допустим, объем потребности в товаре составляет 1000 паллет в месяц. При уровне обслуживания в 97% можно получить 970 паллет из запаса, 30 паллет будет не хватать.

Таким образом, при определении уровня обслуживания находится не только вероятность исчерпания запаса, но и рассчитывается, сколько изделий будет недоставать при удовлетворении потребности. При этом следует иметь в виду, что определение уровня обслуживания целесообразно при большом количестве потребителей, когда мы можем говорить о наличии вероятности распределения потребности как случайной величины.

Уровень обслуживания можно определить как часть немедленно удовлетворенного спроса. В этом случае принято говорить об уровне обслуживания за определенный период, например год, или

об уровне исполнения заказов (*fill rate*). Расчет такого уровня обслуживания можно проводить по формуле

$$L = U/D, \quad (10.1)$$

где L — уровень обслуживания запасом потребности в заданном периоде, доли; U — число удовлетворенных заказов в заданном периоде, единиц; D — общее число заказов в заданном периоде, единиц.

10.1.1. Варианты определения уровня обслуживания

На определение уровня обслуживания могут влиять следующие факторы:

- стратегия развития компании, требующая поддержания имиджа безотказного поставщика, наличия широкого выбора товара и пр. в определенный период времени;
- издержки дефицита (см. подп. 8.3.3);
- затраты на содержание запаса (см. подп. 7.1.3).

Под влиянием этих факторов для расчета уровня обслуживания можно воспользоваться одним из следующих методов:

- 1) метод экспертного принятия решений (см. подп. 10.1.1.a);
- 2) статистический метод (см. подп. 10.1.1.b);
- 3) метод учета затрат (см. подп. 10.1.1.c).

а. Экспертный метод

Часто уровень обслуживания определяется экспертно, в результате коллективного обсуждения руководителями стратегии поведения организации. Оценка уровня обслуживания при этом может быть задана в виде конкретной величины (например, 98%), как интервал (не ниже 95%) или как рекомендация (максимально высокой).

Два других метода определения уровня обслуживания в отличие от первого в основном опираются на конкретные численные значения факторов, влияющих на уровень обслуживания.

б. Статистический метод

Рассмотрим возможности использования статистического метода для расчета уровня обслуживания на примере.

Пример 10.2. Расчет уровня обслуживания статистическим методом

В табл. 10.1 приведены данные учета поступления и выполнения заказов за первую декаду сентября. Всего подано 74 заказа, из них удовлетворено 67. Используя формулу (10.1), получаем, что уро-

Данные учета удовлетворения потребности в запасе

Дата	Подано заказов/ выполнено заказов	В том числе по числу позиций в заказе								Отметка о выполнении	
		1	2	3	4	5	6	7	8	Срок	Объем
1 сентября	3				2	1					
	2				2	0				2	2
2 сентября	5					3	2				
	3					2	1			3	2
3 сентября	10			1	3		6				
	10			1	3		6			9	9
4 сентября	9		1	1	3	3	1				
	8		1	1	3	3	0			8	8
5 сентября	9				2	5	1	1			
	8				2	4	1	1		7	8
6 сентября	10				2	2	5	1			
	9				2	2	4	1		9	9
7 сентября	7						4	2	1		
	6						4	2	0	5	6
8 сентября	8			2	1	2	3				
	8			2	1	2	3			7	8
9 сентября	4				3	1					
	4				3	1				4	4
10 сентября	9				2	3	4				
	9				2	3	4			8	9
Итого	74	0	1	4	18	20	26	4	1		
	67	0	1	4	18	17	23	4	0	62	65
Уровень обслуживания	90,54	Уровень обслуживания по характеристикам							0,84	0,88	
Подано заявок по позициям	378,00	Уровень обслуживания общий							0,74		
Удовлетворено заявок по позициям	337,00										
Уровень обслуживания по позициям	89,15										

вень обслуживания за прошедшую декаду составлял $67 / 74 \cdot 100 = 90,5\%$.

Уточнение уровня обслуживания ведется через уточнение качества удовлетворения потребности. Потребность заявляется по объему и сроку отгрузки.

Если требуется отследить уровень обслуживания потребности с учетом числа позиций в каждом заказе, следует воспользоваться следующей формулой:

$$U = \sum_{i=1}^k i \cdot N_i, \quad (10.2)$$

где U — число удовлетворенных заказов в заданном периоде, единиц; i — индекс числа позиций в заказе; k — число позиций запаса; N_i — число удовлетворенных заказов, имеющих i позиций в заказе.

Общее число заказов в периоде D может быть определено так:

$$D = \sum_{i=1}^k i \cdot M_i, \quad (10.3)$$

где D — общее число заказов в заданном периоде, единиц; i — индекс количества позиций в заказе; k — число позиций запаса; M_i — число поданных заказов, имеющих i позиций в заказе.

Таким образом, уровень обслуживания может быть определен по формуле

$$L = \frac{\sum_{i=1}^k i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^k M_i}, \quad (10.4)$$

где L — уровень обслуживания запасом потребности в заданном периоде, доли; i — индекс числа позиций в заказе; k — число позиций запаса; N_i — число удовлетворенных заказов, имеющих i позиций в заказе; M_i — число поданных заказов, имеющих i позиций в заказе.

Используя данные табл. 10.1, можно по формуле (10.3) определить, что всего было подано заказов на 378 позиций:

$$0 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 4 \cdot 3 + 18 \cdot 4 + 20 \cdot 5 + 26 \cdot 6 + 4 \cdot 7 + 1 \cdot 8 = 378.$$

Из них было отгружены 337 позиций (см. формулу (10.2)):

$$0 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 4 \cdot 3 + 18 \cdot 4 + 17 \cdot 5 + 23 \cdot 6 + 4 \cdot 7 + 0 \cdot 8 = 337.$$

По формуле (10.4) определяем уточненный по числу позиций уровень обслуживания:

$$337 / 378 \cdot 100 = 89,2\%.$$

Объем потребности в запасе без детализации заявленных в заказе позиций позволяет оценить уровень обслуживания по объемным показателям. В табл. 10.1 приведены данные о выполнении заказов по объему: из 67 выполненных заказов 65 было выполнено в соответствии с указанным количеством. Следовательно, уровень обслуживания потребности по объему равен $65 / 74 \cdot 100 = 88\%$.

Из 67 выполненных заказов 62 были выполнены точно в срок. Уровень обслуживания потребности по срокам равен $62 / 74 = 84\%$.

Для учета нескольких характеристик качества обслуживания запасом потребности следует перемножить полученные индексы:

$$L = \frac{U_v}{D} \cdot \frac{U_t}{D}, \quad (10.5)$$

где L — уровень обслуживания запасом потребности в заданном периоде, доли; U_v — количество удовлетворенных заказов по объему в заданном периоде, единиц; U_t — количество удовлетворенных заказов по сроку отгрузки в заданном периоде, единиц; D — общее количество заказов в заданном периоде, единиц.

В рассматриваемом примере (см. табл. 10.1) уровень обслуживания запасом потребности по трем характеристикам будет равен $0,88 \cdot 0,84 = 0,74$. Эта оценка показывает, что только 74% потребности было обслужено запасом без отклонений от требований клиентов.

Как отмечалось ранее, для вычисления уровня обслуживания статистическим методом используются данные о состоянии запаса прошлых периодов. Как правило, имеется статистика об отгрузках запаса в привязке к периоду времени.

Пример 10.3. Расчет уровня обслуживания по статистическому ряду

Пусть единичным учетным периодом является день. Статистика отгрузок запаса представлена в табл. 10.2.

Обработка статистического ряда табл. 10.2 позволяет получить частотный ряд, в котором учтены объем заявляемой потребности

Статистика отгрузок запаса в отчетном периоде

Дата	Объем отгрузок
1 сентября	1
2 сентября	1
3 сентября	4
4 сентября	2
5 сентября	3
...	...

и количество дней, в течение которых зафиксирована отгрузка соответствующего объема (табл. 10.3). Из таблицы видно, что в отчетном периоде отгрузки запаса отсутствовали 30 дней. Отгрузки по одной единице велись 70 дней, по две единицы — 62 дня и т.д. В рассматриваемом примере рассмотрен период в 250 рабочих дней. В третьем столбце рассчитан общий объем отгрузок соответствующими партиями. Он получен перемножением значений первого и второго столбцов:

партиями по 1 единице всего было отгружено
 $1 \cdot 70 = 70$ единиц;

партиями по 2 единице — $2 \cdot 62 = 124$ единицы и т.д.

Общий объем отгрузок за весь отчетный период составляет 616 единиц. Предположив, что все заявленные потребности были обслужены, можно определить среднюю потребность в запасе за отчетный период:

средняя потребность = $616 / 250 = 2,46$ единицы.

Средняя потребность в 2,64 единицы, как видно из табл. 10.3, неполно характеризует реальную потребность отчетного периода, которая составляла от 0 до 20 единиц в день. Оценка частоты отклонения потребности от средней величины может быть проведена через расчет удельного веса отгрузок определенного объема в общем итоге (см. столбец 4 табл. 10.3): значение первой строки определено из соотношения $30 / 250 \cdot 100\% = 12\%$; значение второй строки — из соотношения $70 / 250 = 28\%$ и т.д. Полученные величины показывают, что спрос отсутствовал в 12% единичных отчетных периодов, спрос на 1 единицу имелся в 28% случаев, на 2 единицы — в 24,8% случаев и т.д. В частности, видно, что рассчитанная выше средняя потребность в запасе не является наиболее

часто проявляемой, наиболее вероятна потребность в 1 единице запаса в день.

Определение рекомендуемого уровня обслуживания из запаса может быть проведено на основе значения нарастающего итога удельных весов отгрузок определенного объема в общем итоге.

Пример 10.4. Расчет уровня обслуживания по частотному ряду

Статистические данные отгрузок запаса представлены в табл. 10.3. Значение первой строки столбца 5 равно значению столбца 4. Вторая строка рассчитана как сумма предыдущей строки и текущей строки столбца 4: $12 + 28 = 40$. Третья строка рассчитана аналогично: $40 + 24,8 = 64,8$ и т.д.

Анализ значений столбца 5 табл. 10.3 позволяет, опираясь на статистику отчетного периода, дать рекомендации по уровню обслуживания в плановом периоде. Если запас будет иметься в размере не менее 1 единицы, то это позволит обслужить 40% обращений. При наличии на складе не менее 3 единиц могут быть обслужены 80,8% заявок на отгрузку. При наличии неснижаемого остатка в 8 единиц могут быть обеспечены 98,4% заявок. Повышение запаса в два раза, до 16 единиц, приведет к повышению уровня обслуживания только на 0,4 — 98,8%. Таким образом, анализ статистики отчетного периода позволяет определиться с величиной уровня обслуживания, а также со значениями страхового и порогового уровней запаса в модели с фиксированным размером заказа.

Таблица 10.3

Частотный ряд отгрузок запаса в отчетном периоде

Объем потребности	Количество дней	Общий объем	Удельный вес	Нарастающий итог
1	2	3	4	5
		[1] · [2]	[2]/[итог[2]] · 100%	
0	30	0	12	12
1	70	70	28	40
2	62	124	24,8	64,8
3	40	120	16	80,8
4	27	108	10,8	91,6
5	6	30	2,4	94
8	11	88	4,4	98,4
16	1	16	0,4	98,8
20	3	60	1,2	100
<i>Итого</i>	250	616	100	—

за (см. подп. 9.1.1) или с фиксированным интервалом времени между заказами (см. подп. 9.1.2).

При определении уровня обслуживания важна оценка не только вероятности удовлетворения потребности, но и объем возникающего дефицита. Для статистического определения его величины требуется проверить гипотезу соответствия статистики отгрузок (потребности) тому или иному закону распределения вероятностей. Проиллюстрируем определение величины дефицита на примере нормального закона распределения вероятностей.

Годовой уровень исполнения заказов (годовой уровень обслуживания) определяет вероятность обслуживания потребности в момент ее возникновения. Допустимый уровень дефицита равен при этом

$$P = 1 - L, \quad (10.6)$$

где P — допустимый уровень дефицита за год, доли; L — заданный уровень обслуживания, доли.

Если задан годовой уровень обслуживания в 98%, следовательно, допустимый риск дефицита равен 2%. Если годовая потребность равна 1000 единиц, то на протяжении года будет поддерживаться дефицит в $1000 \cdot 0,02 = 20$ единиц:

$$P_y = S \cdot P = S \cdot (1 - L), \quad (10.7)$$

где P_y — годовой уровень дефицита, единиц; S — общий объем потребности за год, единиц; P — допустимый уровень дефицита за год, доли; L — заданный уровень обслуживания, доли.

Для заданного уровня обслуживания в период выполнения заказа объем дефицита запаса при нормальном законе распределения потребности в запасе можно получить исходя из выражения

$$P = E(z) \cdot \sigma_{dt}, \quad (10.8)$$

где P — объем дефицита запаса в период выполнения заказа, единиц; $E(z)$ — стандартный объем дефицита запаса; σ_{dt} — стандартное отклонение потребления запаса в период выполнения заказа, единиц.

Величина $E(z)$ является справочной. Ее размер определяется из таблиц, составленных для соответствующих законов распределения вероятностей. Для нормального закона распределения вероятностей значения функции нормальных потерь $E(z)$ приведены в табл. 10.4. Таблица состоит из трех столбцов. Уровень обслужива-

ния в период выполнения заказа задан долями единицы с точностью до четвертого знака после запятой. Соответствующее уровню обслуживания значение функции нормальных потерь определяет объем дефицита запаса в период выполнения заказа для стандартного отклонения потребности в запасе в период выполнения заказа σ_{dt} , равного 1 единице. Если стандартное отклонение потребности в запасе в период выполнения заказа σ_{dt} отлично от единицы, то объем дефицита запаса в период выполнения заказа рассчитывается путем умножения значения функции нормальных потерь на значение σ_{dt} (см. формулу (10.8)).

Пример 10.5. Расчет возможного дефицита запаса

Пусть задан уровень обслуживания потребности в период выполнения заказа 95%, стандартное отклонение потребности в запасе, описываемой нормальным законом распределения вероятностей, за период выполнения заказа σ_{dt} составляет 10 единиц. Требуется определить объем возможного дефицита запаса за период выполнения заказа.

1. Определяем значение функции нормальных потерь $E(z)$ по табл. 10.4. Наиболее близкий к указанному значению уровня обслуживания в 95% (0,95) уровень обслуживания в таблице равен 0,9495, соответствующее ему значение $E(z)$ равно 0,021.

2. Определяем объем дефицита запаса в период выполнения заказа по формуле (10.8): $P = 0,021 \cdot 20 = 0,42 \approx 1$ единица.

Если уровень обслуживания определяет вероятность обслуживания в течение периода выполнения заказа, то для определения допустимого уровня дефицита в течение определенного периода (например, года) требуется определить необходимое количество заказов, обслуживающих потребность:

$$F = S / Q, \quad (10.9)$$

где F — число заказов для обслуживания годовой потребности; S — общая потребность в запасе в год, единиц; Q — размер заказа на пополнение запаса, единиц.

Тогда годовой уровень дефицита запаса составит

$$P_y = P \cdot F, \quad (10.10)$$

где P_y — годовой уровень дефицита, единиц (см. формулу (10.7)); P — размер дефицита запаса в период выполнения заказа, единиц (см. формулу (10.8)); F — число заказов для обслуживания годовой потребности (см. формулу (10.9)),

или

$$P_y = E(z) \cdot \sigma_{dt} \cdot \frac{S}{Q}, \quad (10.11)$$

где P_y — годовой уровень дефицита, единиц; $E(z)$ — стандартный объем дефицита запаса, единиц; σ_{dt} — стандартное отклонение потребления запаса в период выполнения заказа, единиц; S — общая потребность в запасе в год, единиц; Q — размер заказа на пополнение запаса, единиц.

Если в примере 10.5 общая потребность равна 1000 единиц, а размер заказа равен 100 единиц, то вероятный годовой уровень дефицита составит

$$P_y = 1 \cdot 1000 / 100 = 10 \text{ единиц.}$$

Учитывая равенство значений формул (10.7) и (10.11), можем записать выражение

$$S \cdot (1 - L) = E(z) \cdot \sigma_{dt} \cdot \frac{S}{Q}, \quad (10.12)$$

где S — общий объем потребности за год, единиц; L — заданный уровень обслуживания, доли; $E(z)$ — стандартный объем дефицита запаса, единиц; σ_{dt} — стандартное отклонение потребления запаса в период выполнения заказа, единиц; Q — размер заказа на пополнение запаса, единиц.

Из формулы (10.12) можно вывести формулу расчета стандартного объема дефицита запаса:

$$E(z) = \frac{(1 - L) \cdot Q}{\sigma_{dt}}, \quad (10.13)$$

где $E(z)$ — стандартный объем дефицита запаса, единиц; L — заданный уровень обслуживания, доли; Q — размер заказа на пополнение запаса, единиц; σ_{dt} — стандартное отклонение потребления запаса в период выполнения заказа, единиц.

Таблица 10.4 позволяет также ответить на вопрос, какой уровень обслуживания должен быть обеспечен в период выполнения заказа, если известен вероятный объем дефицита за этот период при нормальном законе распределения потребности в запасе. Для решения этой задачи требуется определить величину z , которая представляет собой число стандартных отклонений.

Пример 10.6. Расчет дефицита запаса в период выполнения заказа

Пусть известно, что потребление запаса описывается нормальным законом распределения вероятностей и имеет стандарт-

ное отклонение в период исполнения заказа 10 единиц. Пусть задан уровень обслуживания заказов в период выполнения заказа в 92 %. Для заданного уровня обслуживания из табл. 10.4 можем определить объем дефицита запаса в период выполнения заказа.

Ближайшее к заданному значению уровня обслуживания в табл. 10.4 — 0,9192, соответствующее этой величине значение функции нормальных потерь $E(z) = 0,037$. В соответствии с формулой (10.8) имеем вероятный объем дефицита в период выполнения заказа

$$P = 0,037 \cdot 10 = 0,37 \approx 1 \text{ единица.}$$

Если объем дефицита составит 2 единицы, то значение функции нормальных потерь составит с учетом формулы (10.8)

$$E(z) = P / \sigma_{dr}$$

или

$$E(z) = 2 / 10 = 0,2.$$

На основе данных табл. 10.4 по значению $E(z) = 0,204$ находим, что уровень обслуживания в период выполнения заказа составляет 0,6844, или 68%.

Ориентировочное число недостающих единиц запаса P представляет собой ориентировочное или среднее значение. Фактический объем дефицита запаса для каждого периода выполнения заказа будет близок к этому значению.

с. Метод учета затрат

Содержание высокого уровня запаса для избежания дефицита и обеспечения высокого уровня обслуживания может обходиться довольно дорого. С другой стороны, наличие дефицита влечет за собой появление издержек дефицита. Исходя из этого уровень обслуживания должен составлять долю, которая обеспечивает оптимальное соотношение потерь от создания излишнего запаса и, следовательно, роста затрат на содержание запаса и потерь от дефицита запаса и роста издержек дефицита.

При независимом спросе уровень обслуживания может быть определен следующим образом:

$$L = \frac{C_h}{C_h + C_c}, \quad (10.14)$$

где L — уровень обслуживания, доли; C_c — затраты на содержание запаса, руб.; C_h — издержки в результате дефицита запаса, руб.

На практике определение затрат на содержание запаса и издержек дефицита затруднено. Поэтому их расчет может быть заменен определением их пропорции.

Пример 10.7. Расчет уровня обслуживания на основе учета затрат

Издержки в результате дефицита запаса относятся к затратам на содержание запаса по конкретной позиции укрупненной номенклатуры как 30 : 1, рекомендуемый уровень обслуживания будет равен $L = 30 / (30 + 1) = 0,9677$, или $\approx 97\%$.

10.1.2. Расчет страхового запаса в условиях неопределенности

Как правило, для обеспечения заданного уровня обслуживания используют страховой запас, который должен гарантировать обеспечение потребности в запасе в случае ее отклонения от заданных средних величин, а также в случае вероятной задержки поставки (см. п. 1.2 и формулы (1.7)—(1.10)).

Расчет страхового запаса через вероятность роста объема потребности требует описания потребности тем или иным законом распределения вероятностей. Любой закон распределения вероятностей характеризуется математическим ожиданием потребности (среднего объема потребности) и стандартным отклонением потребности в течение некоторого периода времени.

Как показано на рис. 10.1, площадь под кривой функции закона распределения вероятности является аналогом уровня обслуживания запасом потребности в период выполнения заказа. Если задан уровень допустимого дефицита, можно определить число стандартных отклонений от средней потребности, для которого требуется обеспечить запас. На рис. 10.1 требуемое число стандартных отклонений, связанное с заданным уровнем обслуживания, обозначено z .

При стабильной потребности, равной среднему значению, уровень обслуживания составит 100%, что было проиллюстрировано для моделей с фиксированным размером заказа (см. подп. 9.1.1) и с фиксированным интервалом времени между заказами (см. подп. 9.1.2). Для поддержания запаса в бездефицитном состоянии требуется учесть вероятность роста потребности в страховом запасе. Если страховой запас будет равен числу стандартных отклонений, соответствующих заданному уровню обслуживания, он

позволит обеспечить вероятное бездефицитное обслуживание потребности. При этом рассчитать страховой запас можно с помощью данных табл. 10.5. Тело таблицы содержит различные значения площади под кривой, соответствующие уровню обслуживания потребности запасом, в долях с точностью до четырех знаков после запятой, а также соответствующие им значения числа стандартных отклонений от средней величины (z). Например, при уровне обслуживания 97% находим в таблице ближайшую к заданному значению величину площади под кривой (0,9699). Этой величине соответствует по горизонтали значение $z = 1,8$. Уточнение z до сотых долей проводится по соответствующему значению 0,9699 столбцу (.08). Получаем $z = 1,88$. Следовательно, если имеем потребность со средним значением 1500 единиц и со стандартным отклонением, равным 25 единиц, то размер страхового запаса, поддерживающий обслуживание потребности в период выполнения заказа, должен быть равен $1,88 \cdot 25 = 47$ единиц.

Таблица 10.5 может быть использована и для определения уровня обслуживания по заданному числу стандартных отклонений, которые следует обеспечивать бездефицитным обслуживанием в период выполнения заказа.

Пример 10.8. Расчет уровня обслуживания по числу стандартных отклонений

Если задан интервал в 3σ , то по табл. 10.5 можно определить, что соответствующий уровень обслуживания будет равен 0,9967 (или почти 100%), при 2σ — 0,9772 (или 98%), при σ — 0,8413 (или 84%).

Для более точного вычисления размера страхового запаса необходимо учитывать распределение не только потребности, но и времени выполнения заказа, а также логику движения запаса в модели с фиксированным размером заказа (см. п. 10.2) и в модели с фиксированным интервалом времени между заказами (см. п. 10.3).

Площадь под кривой стандартного нормального распределения

z	Уровень обслуживания в период ЛТ	E(z)	z	Уровень обслуживания в период ЛТ	E(z)	z	Уровень обслуживания в период ЛТ	E(z)	z	Уровень обслуживания в период ЛТ	E(z)
-2.40	0.0082	2.403	-0.80	0.2119	0.920	0.80	0.7881	0.120	2.40	0.9910	0.003
-2.36	0.0091	2.363	-0.76	0.2236	0.889	0.64	0.7995	0.112	2.44	0.9927	0.002
-2.32	0.0102	2.323	-0.72	0.3358	0.858	0.98	0.8106	0.104	2.48	0.9934	0.002
-2.28	0.0113	2.284	-0.68	0.2483	0.828	0.92	0.8212	0.097	2.52	0.9941	0.002
-2.24	0.0125	2.244	-0.64	0.2611	0.798	0.96	0.8315	0.089	2.56	0.9948	0.002
-2.20	0.0139	2.205	-0.60	0.2743	0.759	1.00	0.8413	0.083	2.50	0.9953	0.001
-2.16	0.0154	2.185	-0.56	0.2877	0.740	1.04	0.8508	0.077	2.64	0.9959	0.001
-2.12	0.0170	2.126	-0.52	0.3015	0.712	1.08	0.8599	0.071	2.68	0.9963	0.001
-2.08	0.0188	2.087	-0.48	0.3156	0.684	1.12	0.8686	0.066	2.72	0.9967	0.001
-2.04	0.0207	2.048	-0.44	0.3300	0.657	1.16	0.8770	0.061	2.76	0.9971	0.001
-2.00	0.0228	2.008	-0.40	0.0228	0.630	1.20	0.8849	0.056	2.80	0.9974	0.0008
-1.96	0.0250	1.969	-0.36	0.3594	0.597	1.24	0.8925	0.052	2.84	0.9977	0.0007
-1.92	0.0274	1.930	-0.32	0.3745	0.575	1.28	0.8997	0.048	2.68	0.9980	0.0006
-1.88	0.0301	1.892	-0.28	0.3897	0.555	1.32	0.9066	0.044	2.92	0.9982	0.0005
-1.84	0.0329	1.853	-0.24	0.4052	0.530	1.36	0.9131	0.040	2.96	0.9985	0.0004
-1.80	0.0359	1.814	-0.20	0.4207	0.507	1.40	0.9192	0.037	3.00	0.9987	0.0004
-1.76	0.0392	1.776	-0.16	0.4364	0.484	1.44	0.9251	0.034	3.04	0.9988	0.0003
-1.72	0.0427	1.737	-0.12	0.4522	0.452	1.48	0.9306	0.031	3.08	0.9990	0.0003
-1.68	0.0465	1.699	-0.08	0.4681	0.440	1.52	0.9357	0.028	3.12	0.9991	0.0002
-1.64	0.0505	1.661	-0.04	0.4840	0.419	1.56	0.9406	0.026	3.16	0.9992	0.0002
-1.60	0.0548	1.623	0.00	0.5000	0.399	1.60	0.9452	0.023	3.20	0.9993	0.0002
-1.56	0.0594	1.586	0.04	0.5160	0.379	1.64	0.9495	0.021	3.24	0.9994	0.0001
-1.52	0.0643	1.548	0.08	0.5319	0.360	1.68	0.9535	0.019	3.26	0.9995	0.0001
-1.48	0.0694	1.511	0.12	0.5478	0.342	1.72	0.9573	0.017	3.32	0.9995	0.0001
-1.44	0.0749	1.474	0.16	0.5636	0.324	1.76	0.9608	0.016	3.36	0.9996	0.0001
-1.40	0.0808	1.437	0.20	0.5793	0.307	1.80	0.9641	0.014	3.40	0.9997	0.0001
-1.36	0.0869	1.400	0.24	0.5948	0.290	1.84	0.9671	0.013			
-1.32	0.0934	1.364	0.28	0.6103	0.275	1.88	0.9699	0.012			
-1.28	0.1003	1.328	0.32	0.6255	0.256	1.92	0.9726	0.010			
-1.24	0.1075	1.292	0.36	0.6406	0.237	1.96	0.9750	0.009			
-1.20	0.1151	1.256	0.40	0.6554	0.230	2.00	0.9772	0.008			
-1.16	0.1230	1.221	0.44	0.6700	0.219	2.04	0.9793	0.008			
-1.12	0.1314	1.188	0.48	0.6844	0.204	2.06	0.9812	0.007			
-1.08	0.1401	1.151	0.52	0.6985	0.192	2.12	0.9830	0.006			
-1.04	0.1492	1.117	0.56	0.7123	0.180	2.16	0.9846	0.005			
-1.00	0.1587	1.083	0.60	0.7257	0.169	2.20	0.9851	0.005			
-0.96	0.1685	1.049	0.64	0.7369	0.158	2.24	0.9875	0.004			
-0.92	0.1788	1.017	0.68	0.7517	0.148	2.28	0.9887	0.004			
-0.88	0.1894	0.984	0.72	0.7542	0.136	2.32	0.9898	0.003			
-0.84	0.2005	0.952	0.76	0.7764	0.129	2.36	0.9908	0.003			

Основные формулы к подразделу 10.1

№ п/п	Показатель	Расчет	Условные обозначения
1	Уровень обслуживания запасом потребности, доли	$L = \frac{U}{D}$	U — число удовлетворенных заказов в заданном периоде, единиц; D — общее число заказов в заданном периоде, единиц
		$L = \frac{\sum_{i=1}^k i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^k M_i}$	i — индекс числа позиций в заказе; k — число позиций запаса; N_i — число удовлетворенных заказов, имеющих i позиций в заказе; M_i — число поданных заказов, имеющих i позиций в заказе
		$L = \frac{U_v}{D} \cdot \frac{U_t}{D}$	U_v — число удовлетворенных заказов по объему в заданном периоде, единиц; U_t — число удовлетворенных заказов по сроку отгрузки в заданном периоде, единиц; D — общее число заказов в заданном периоде, единиц
		$L = \frac{C_h}{C_h + C_c}$	C_c — затраты на содержание запаса, руб.; C_h — издержки дефицита запаса, руб.
2	Число удовлетворенных заказов в заданном периоде, единиц	$U = \sum_{i=1}^k i \cdot N_i$	i — индекс числа позиций в заказе; k — число позиций запаса; N_i — число удовлетворенных заказов, имеющих i позиций в заказе
3	Общее число заказов в заданном периоде, единиц	$D = \sum_{i=1}^k i \cdot M_i$	i — индекс числа позиций в заказе; k — число позиций запаса; M_i — число поданных заказов, имеющих i позиций в заказе
4	Допустимый уровень дефицита за год, доли	$P = 1 - L$	L — заданный уровень обслуживания, доли

№ n/n	Показатель	Расчет	Условные обозначения
5	Годовой уровень дефицита, единиц	$P_y = S \cdot P = S(1 - L)$	S — общий объем потребности за год, единиц; P — допустимый уровень дефицита за год, доли; L — заданный уровень обслуживания, доли
		$P_y = P \cdot F$	P — объем дефицита запаса в период выполнения заказа, единиц (см. формулу (10.8)); F — число заказов для обслуживания годовой потребности
		$P_y = E(z) \cdot \sigma_{dt} \cdot \frac{S}{Q}$	$E(z)$ — стандартный объем дефицита запаса, единиц; σ_{dt} — стандартное отклонение потребления запаса в период выполнения заказа, единиц; S — общая потребность в запасе в год, единиц; Q — размер заказа на пополнение запаса, единиц
6	Объем дефицита запаса в период выполнения заказа, единиц	$P = E(z) \cdot \sigma_{dt}$	$E(z)$ — стандартный объем дефицита запаса; σ_{dt} — стандартное отклонение потребления запаса в период выполнения заказа, единиц
7	Число заказов для обслуживания годовой потребности	$F = S/Q$	S — общая потребность в запасе в год, единиц; Q — размер заказа на пополнение запаса, единиц
8	Стандартный объем дефицита запаса, единиц	$E(z) = \frac{(1 - L) \cdot Q}{\sigma_{dt}}$	L — заданный уровень обслуживания, доли; Q — размер заказа на пополнение запаса, единиц; σ_{dt} — стандартное отклонение потребления запаса в период выполнения заказа, единиц

Вопросы для самопроверки к подразделу 10.1

1. Какие виды неопределенности имеются в сфере управления запасами?

2. Перечислите известные законы распределения вероятностей. Какие из них могут быть использованы при управлении запасами?
3. Проведите аналогию между случайной величиной, ее математическим ожиданием, дисперсией, значением интеграла функции распределения вероятностей и характеристиками и параметрами управления запасами.
4. Объясните, почему уровень удовлетворения потребности в запасе, как правило, отличается от 100%. В каких случаях уровень обслуживания может быть равен 100%?
5. Что такое уровень обслуживания? Чем он отличается от годового уровня исполнения заказов?
6. Почему уровень обслуживания связан с периодом выполнения заказа?
7. Какие факторы влияют на определение уровня обслуживания?
8. Какие методы могут быть использованы для расчета уровня обслуживания?
9. В каких условиях рекомендуется применять экспертный метод определения уровня обслуживания?
10. Какие стороны качества удовлетворения потребности в запасе должны быть учтены при расчете уровня обслуживания?
11. Как рассчитывается уровень обслуживания при учете числа позиций заказов?
12. Как рассчитывается уровень обслуживания при учете объемных показателей?
13. Как рассчитывается уровень обслуживания при учете нескольких характеристик удовлетворения потребности одновременно?
14. Объясните, как формируется частотный ряд отгрузок из статистического ряда учета движения запаса.
15. Можно ли уточнить некоторые параметры основных моделей управления запасами с помощью анализа частотного ряда?
16. Почему при определении уровня обслуживания важна не только оценка вероятности удовлетворения потребности, но и оценка вероятного дефицита запаса?
17. Почему при использовании аппарата теории вероятностей требуется проверять гипотезы соответствия статистики отгрузок тому или иному закону распределения вероятностей?
18. Чем статистика отгрузок отличается от статистики заявленной потребности? Приведите примеры различия, поясните причины.
19. Как определяется допустимый уровень дефицита?

20. Как годовой уровень обслуживания связан с уровнем обслуживания в период выполнения заказа?
21. Что такое функция нормальных потерь? Как она используется при управлении запасами?
22. Как рассчитывается дефицит запаса в период выполнения заказа?
23. Как годовой уровень дефицита связан с размером дефицита запаса в период выполнения заказа?
24. Что такое стандартный дефицит запаса? Как он может быть рассчитан и использован при управлении запасами?
25. Какие затраты влияют на определение уровня обслуживания и почему?
26. Как рассчитывается рекомендуемый уровень обслуживания с учетом статей затрат, связанных с запасами?

10.2. Расчет параметров модели с фиксированным размером заказа в условиях неопределенности

Как видно из рис. 9.2, параметром, определяющим стабильность функционирования модели с фиксированным размером заказа в условиях нестабильного потребления и изменчивого времени выполнения заказа, является пороговый уровень запаса. Он рассчитывается как сумма страхового запаса и ожидаемого уровня потребления за время выполнения заказа (см. формулу (9.7)).

В уровне страхового запаса учитывается возможность фиксированного отклонения времени выполнения заказа от заданного интервала с ожидаемым потреблением за время выполнения заказа — возможность отклонения потребности в запасе от заданного среднего значения (см. позиции 4 и 5 табл. 9.1). Пороговый уровень запаса должен быть рассчитан таким образом, чтобы обеспечить поддержание запаса при заданном уровне обеспечения потребности, который в общем случае является величиной менее 100%.

В модели с фиксированным объемом заказа непрерывно контролируется текущий уровень запаса. Выдача заказа происходит в момент, когда запас снижается до порогового уровня. Таким образом, риск дефицита запаса в этой модели возникает только в период выполнения заказа.

При постоянных потребности и времени выполнения заказа ожидаемое потребление за время выполнения заказа рассчитывается как произведение среднего дневного потребления и времени выполнения заказа (см. формулу (9.6)). Варианты расчета страхо-

вого запаса были приведены выше (см. формулы (1.7)—(1.10), (9.2) и (9.3)). При наличии отклонений потребности в запасе от среднего дневного потребления, а также времени выполнения заказа от зафиксированного требуется учесть эти отклонения в уровне страхового запаса. Рассмотрим, каким образом при расчете порогового уровня запаса может быть использован аппарат теории вероятностей.

Ситуация 1. Известны ожидаемый объем потребности в запасе в период выполнения заказа и его стандартное отклонение. В этом случае страховой запас может быть рассчитан следующим образом:

$$Z_s = z \cdot \sigma_{st} \quad (10.15)$$

где Z_s — объем страхового запаса, единиц; z — число стандартных отклонений; σ_{st} — стандартное отклонение потребности в период выполнения заказа, единиц.

Так как стандартное отклонение потребности связано с единичным периодом времени, если время выполнения заказа больше единичного учетного периода, то стандартное отклонение потребности может быть определено как квадратный корень из суммы дисперсий:

$$\sigma_{st} = \sqrt{n \cdot \sigma_s^2} \quad (10.16)$$

где σ_{st} — стандартное отклонение потребности в период выполнения заказа, единиц; n — число дней в периоде выполнения заказа; σ_s — стандартное отклонение потребности, единиц/день.

Пример 10.9. Расчет страхового запаса в условиях неопределенности

Пусть потребность в запасе может быть описана нормальным законом распределения. Известно стандартное отклонение потребности в запасе, равное 10 изделиям в день. Пусть время выполнения заказа составляет 5 дней. Требуется определить необходимый уровень страхового запаса для обеспечения обслуживания заявок клиентов на 98%. Для решения задачи воспользуемся формулой (10.15). Стандартное отклонение потребности за время выполнения заказа будет равно (см. формулу (10.16))

$$\sigma_{st} = \sqrt{5 \cdot 10^2} = 22,36 \text{ единицы.}$$

Число стандартных отклонений, соответствующее 98% обслуживания, определяется по табл. 10.5: $z = 2,05$ (для 0,9798). Тогда страховой запас должен быть равен

$$Z_s = 2,05 \cdot 22,36 = 45,838 \approx 46 \text{ единиц.}$$

Пороговый уровень запаса может быть рассчитан с учетом формул (9.7) и (10.15) следующим образом:

$$\text{ПУ} = \text{ОП} + z \cdot \sigma_{st}, \quad (10.17)$$

где ПУ — пороговый уровень запаса, единиц; ОП — ожидаемое потребление за время выполнения заказа; z — число стандартных отклонений; σ_{st} — стандартное отклонение спроса в период выполнения заказа, единиц.

Пример 10.10. Расчет параметров модели с фиксированным размером заказа в условиях неопределенности

Рассмотрим численные данные примера 9.1, представленные в табл. 9.2 и 9.5. Предположим, что рассматривается вариационный ряд генеральной совокупности статистики отгрузок, описываемой нормальным законом распределения, с математическим ожиданием (средней потребностью) 5 единиц и стандартным отклонением 4,14 единицы в день. Ожидаемое потребление за время выполнения заказа составляет 16 единиц. Время выполнения заказа — 4 дня. Оптимальный размер заказа — 36 единиц. Требуется определить основные параметры модели с фиксированным размером заказа (страховой запас, пороговый уровень запаса и максимальный желательный запас) для обеспечения обслуживания 95% заявок клиентов на отгрузку товара.

1. Расчет размера страхового запаса (см. формулу (10.15)):

а) число стандартных отклонений z при значении площади под кривой нормального распределения $0,95 \approx 0,9505$ равно 1,65 (см. табл. 10.5).

б) стандартное отклонение потребности за время выполнения заказа будет равно (см. формулу (10.16))

$$\sigma_{st} = \sqrt{4 \cdot 4,14^2} = 8,28 \text{ единиц;}$$

в) размер страхового запаса:

$$Z_s = 1,65 \cdot 8,28 = 13,66 \approx 14 \text{ единиц.}$$

2. Расчет порогового уровня запаса (см. формулу (10.17)):

$$\text{ПУ} = 16 + 14 = 30 \text{ единиц.}$$

3. Расчет максимального желательного уровня запаса (см. формулу (9.1)):

$$\text{МЖЗ} = 14 + 36 = 50 \text{ единиц.}$$

Таким образом, получены параметры модели с фиксированным размером заказа, представленные в табл. 10.6. Учет вероятности изменения потребности в запасе привел к повышению уровня всех параметров по сравнению с результатами расчета, приведенными в табл. 9.2, где потребность в запасе рассматривалась как постоянная величина, равная среднедневной потребности (см. позицию 5 в табл. 9.2). Воспользовавшись данными об изменении спроса из табл. 9.5, проведем расчет модели по новым параметрам (табл. 10.7). Иллюстрация движения запаса приведена на рис. 10.2. Дефицит запаса значительно снижен по сравнению с результатом расчета по табл. 9.5 и рис. 9.5. Он появляется только на 36-й день после второй подряд задержки поставки в объеме 2 единиц и сохраняется в течение дня прихода новой поставки.

Таблица 10.6

Параметры модели управления запасами с фиксированным размером заказа к примеру 10.10

№ п/п	Показатель	Значение
1	Размер потребности, единиц	1440
2	Оптимальный размер заказа, единиц	36
3	Время выполнения заказа, дни	4
4	Возможная задержка поставки, дни	1
5	Ожидаемое дневное потребление, единиц/день	4
6	Ожидаемое потребление за время выполнения заказа, единиц	16
7	Страховой запас, единиц	14
8	Пороговый уровень запаса, единиц	30
9	Максимальный желательный запас, единиц	50
10	Срок расходования запаса до порогового уровня, дни	5

Таблица 10.7

Расчет уровней запаса при колебании потребности в запасе и задержках поставок к примеру 10.10

Дни	Запас	Расход	Приход
День 1	50	4	
День 2	46	4	
День 3	42	4	

<i>Дни</i>	<i>Запас</i>	<i>Расход</i>	<i>Приход</i>
День 4	38	4	
День 5	34	4	
День 6	30	4	0
День 7	26	4	
День 8	22	4	
День 9	18	4	
День 10	50	4	36
День 11	46	9	
День 12	37	6	
День 13	31	7	
День 14	24	4	0
День 15	20	3	
День 16	17	9	
День 17	8	9	
День 18	35	8	36
День 19	27	7	0
День 20	20	3	
День 21	17	7	
День 22	10	9	
День 23	37	4	36
День 24	33	5	
День 25	28	6	0
День 26	22	3	
День 27	19	8	
День 28	11	9	
День 29	2	2	
День 30	36	9	36
День 31	27	4	0
День 32	23	5	
День 33	18	3	
День 34	15	9	
День 35	6	8	
День 36	34	4	36
День 37	30	6	0
День 38	24	10	
День 39	14	7	
День 40	7	6	

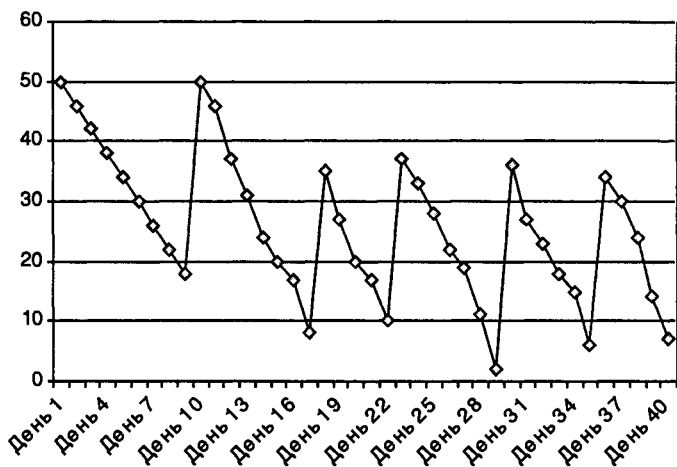


Рис. 10.2. Иллюстрация движения запаса при колебании потребности в запасе и задержках поставок к примеру 10.10

Ситуация 2. Обычно установить среднюю потребность и ее стандартное отклонение в период выполнения заказа довольно сложно. Чаще известны данные о ежедневном или еженедельном спросе и о времени выполнения заказа. Если известно, что изменив спрос, а время выполнения заказа остается постоянным, то страховой запас должен быть рассчитан по следующей формуле:

$$Z_s = z \cdot \sigma_s \cdot \sqrt{t_n}, \quad (10.18)$$

где Z_s — объем страхового запаса, единиц; z — число стандартных отклонений; σ_s — стандартное отклонение потребности, единиц/день; t_n — время выполнения заказа, дни.

Пороговый уровень запаса в этом случае рассчитывается с учетом формул (9.7) и (10.18) следующим образом:

$$\text{ПУ} = \bar{S} \cdot t_n + z \cdot \sigma_s \cdot \sqrt{t_n}, \quad (10.19)$$

где ПУ — пороговый уровень запаса, единиц; \bar{S} — среднее потребление, единиц/день; t_n — время выполнения заказа, дни; z — число стандартных отклонений; σ_s — стандартное отклонение потребности, единиц/день.

Пример 10.11. Расчет параметров модели с фиксированным размером заказа в условиях неопределенности

Уточним данные примера 10.10. Потребность в запасе описывается нормальным законом распределения с математическим ожиданием 5 единиц и стандартным отклонением 4,14 единицы. Время выполнения заказа — 4 дня. Оптимальный размер заказа —

36 единиц. Требуется определить основные параметры модели с фиксированным размером заказа (страховой запас, пороговый уровень запаса и максимальный желательный запас) для обеспечения обслуживания 95% заявок клиентов на отгрузку товара.

1. Расчет размера страхового запаса (см. формулу (10.18)):

а) число стандартных отклонений z при значении площади под кривой нормального распределения $0,95 \approx 0,9505$ равно 1,65 (табл. 10.5);

б) размер страхового запаса (см. формулу (10.18)):

$$Z_s = 1,65 \cdot 4,14 \cdot 2 = 13,662 \approx 14 \text{ единиц.}$$

2. Расчет порогового уровня запаса (см. формулу (10.19)):

$$\text{ПУ} = 5 \cdot 4 + 14 = 34 \text{ единицы.}$$

3. Расчет максимального желательного запаса (см. формулу (9.1)):

$$\text{МЖЗ} = 14 + 36 = 50 \text{ единиц.}$$

Таким образом, получены параметры модели с фиксированным размером заказа, представленные в табл. 10.8. Учет вероятности изменения ежедневной потребности в запасах привел к повышению порогового уровня запаса по сравнению с результатами расчета, приведенными в табл. 10.6. Воспользовавшись данными об изменении спроса из табл. 9.5, проведем расчет модели по новым параметрам (табл. 10.9). Иллюстрация движения запаса приведена на

Таблица 10.8

Параметры модели управления запасами с фиксированным размером заказа к примеру 10.11

№ п/п	Показатель	Значение
1	Объем потребности, единиц	1440
2	Оптимальный размер заказа, единиц	36
3	Время выполнения заказа, дни	4
4	Возможная задержка поставки, дни	1
5	Ожидаемое дневное потребление, единиц/день	4
6	Ожидаемое потребление за время выполнения заказа, единиц	16
7	Страховой запас, единиц	14
8	Пороговый уровень запаса, единиц	34
9	Максимальный желательный запас, единиц	50
10	Срок расходования запаса до порогового уровня, дни	4

рис. 10.3. Дефицит запаса незначительно снижен по сравнению с результатом расчета по табл. 10.6. Он также появляется на 36-й день после второй подряд задержки поставки в объеме 2 единиц и имеется в течение дня прихода новой поставки. В то же время следует отметить, что рис. 10.3 в целом отражает более надежное функционирование системы, чем рис. 10.2.

Таблица 10.9

Расчет уровней запаса при колебании потребности в запасе и наличии задержек поставок к примеру 10.11

<i>Дни</i>	<i>Запас</i>	<i>Расход</i>	<i>Приход</i>
День 1	50	4	
День 2	46	4	
День 3	42	4	
День 4	38	4	
День 5	34	4	0
День 6	30	4	
День 7	26	4	
День 8	22	4	
День 9	54	4	36
День 10	50	4	
День 11	46	9	
День 12	37	6	
День 13	31	7	0
День 14	24	4	
День 15	20	3	
День 16	17	9	
День 17	44	9	36
День 18	35	8	
День 19	27	7	0
День 20	20	3	
День 21	17	7	
День 22	10	9	
День 23	37	4	36
День 24	33	5	0
День 25	28	6	
День 26	22	3	
День 27	19	8	
День 28	11	9	

Дни	Запас	Расход	Приход
День 29	38	2	36
День 30	36	9	
День 31	27	4	0
День 32	23	5	
День 33	18	3	
День 34	15	9	
День 35	6	8	
День 36	34	4	36
День 37	30	6	0
День 38	24	10	
День 39	14	7	
День 40	7	6	

Ситуация 3. Если известно, что потребность в запасе — постоянная величина, а время выполнения заказа меняется в соответствии с тем или иным законом распределения вероятностей, то страховой запас должен быть рассчитан по следующей формуле:

$$Z_s = z \cdot S \cdot \sigma_t, \quad (10.20)$$

где Z_s — объем страхового запаса, единиц; z — число стандартных отклонений; S — объем потребления, единиц/день; σ_t — стан-

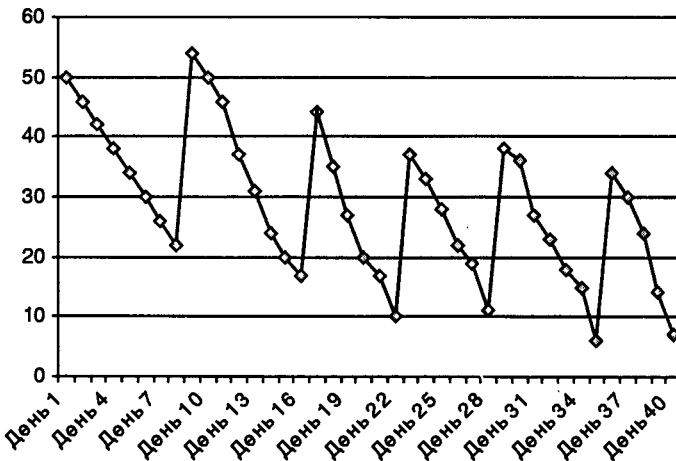


Рис. 10.3. Иллюстрация движения запаса при колебании потребности в запасе и задержках поставок к примеру 10.11

дартное отклонение времени выполнения заказа, единиц/день.

Пороговый уровень с учетом формул (9.7) и (10.20) рассчитывается по формуле

$$\text{ПУ} = S \cdot \bar{t}_n + z \cdot S \cdot \sigma_t, \quad (10.21)$$

где ПУ — пороговый уровень запаса, единиц; S — объем потребления, единиц/день; t_n — время выполнения заказа, дни; z — число стандартных отклонений; σ_t — стандартное отклонение времени выполнения заказа, единиц/день.

Пример 10.12. Расчет параметров модели с фиксированным размером заказа в условиях неопределенности

Уточним данные примера 10.10 по вероятности отклонения времени выполнения заказа. Пусть математическое ожидание времени выполнения заказа равно 4 дням, стандартное отклонение времени выполнения заказа — 1 день. Потребность в запасе — постоянная и равна ожидаемому дневному потреблению. Оптимальный размер заказа — 36 единиц. Требуется определить основные параметры модели с фиксированным размером заказа (страховой запас, пороговый уровень запаса и максимальный желательный запас) для обеспечения обслуживания 95% заявок клиентов на отгрузку товара.

1. Расчет размера страхового запаса (см. формулу (10.20)):

а) число стандартных отклонений z при значении площади под кривой нормального распределения $0,95 \approx 0,9505$ равно 1,65 (табл. 10.5);

б) размер страхового запаса (см. формулу (10.20)):

$$Z_s = 1,65 \cdot 4 \cdot 1 = 6,6 \approx 7 \text{ единиц.}$$

2. Расчет порогового уровня запаса (см. формулу (10.21)):

$$\text{ПУ} = 4 \cdot 4 + 7 = 23 \text{ единицы.}$$

3. Расчет максимального желательного запаса (см. формулу (9.1)):

$$\text{МЖЗ} = 7 + 36 = 43 \text{ единицы.}$$

Результаты расчетов параметров сведены в табл. 10.10. По сравнению с результатами расчета в табл. 9.2, в котором и потребность в запасе, и время выполнения заказа являются постоянными величинами, в табл. 10.10 страховой запас, пороговый уровень и максимальный желательный запас имеют более высокий уровень. Это позволяет обеспечить удовлетворение потребности при отклоне-

ниях времени выполнения заказа от ожидаемого (табл. 10.11). Несмотря на то что время выполнения заказа составляло от 4 до 6 дней, дефицит наблюдается только на 21-й день работы модели. Иллюстрация движения запаса при этом представлена на рис. 10.4.

Таблица 10.10

Параметры модели управления запасами с фиксированным размером заказа к примеру 10.12

<i>№ п/п</i>	<i>Показатель</i>	<i>Значение</i>
1	Объем потребности, единиц	120
2	Оптимальный размер заказа, единиц	36
3	Математическое ожидание времени выполнения заказа, дни	4
4	Стандартное отклонение времени поставки, дни	1
5	Ожидаемое дневное потребление, единиц/день	4
6	Максимальное потребление за время выполнения заказа, единиц	20
7	Страховой запас, единиц	7
8	Пороговый уровень запаса, единиц	23
9	Максимальный желательный запас, единиц	43
10	Срок расходования запаса до порогового уровня, дни	5

Таблица 10.11

Расчет уровней запаса при колебании времени выполнения заказа к примеру 10.12

<i>Дни</i>	<i>Запас</i>	<i>Расход</i>	<i>Приход</i>
День 1	43	4	
День 2	39	4	
День 3	35	4	
День 4	31	4	
День 5	27	4	
День 6	23	4	0
День 7	19	4	
День 8	15	4	
День 9	11	4	
День 10	7	4	
День 11	39	4	36
День 12	35	4	
День 13	31	4	

Дни	Запас	Расход	Приход
День 14	27	4	
День 15	23	4	0
День 16	19	4	
День 17	15	4	
День 18	11	4	
День 19	7	4	
День 20	3	4	
День 21	35	4	36
День 22	31	4	
День 23	27	4	
День 24	23	4	0
День 25	19	4	
День 26	15	4	
День 27	11	4	
День 28	7	4	
День 29	39	4	36
День 30	35	4	

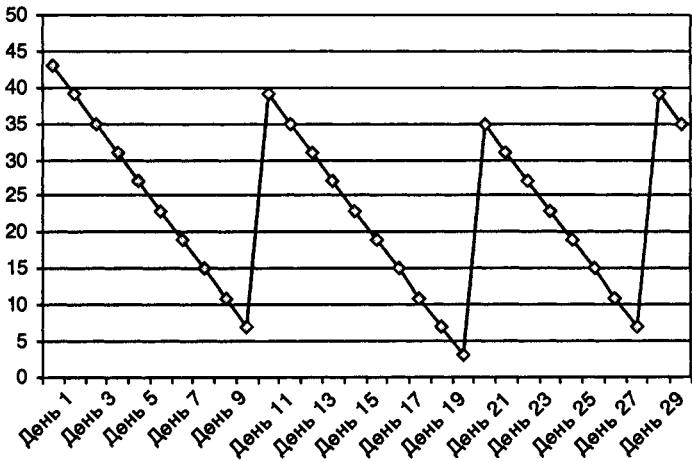


Рис. 10.4. Иллюстрация движения запаса при колебании времени выполнения заказа к примеру 10.12

Ситуация 4. Если и потребность, и время выполнения заказа подчиняются тому или иному закону распределения вероятностей, то страховой запас может быть рассчитан следующим образом:

$$Z_s = z \cdot \sqrt{\bar{t}_n \cdot \sigma_s^2 + \bar{S}^2 \cdot \sigma_t^2}, \quad (10.22)$$

где Z_s — объем страхового запаса, единиц; z — число стандартных отклонений; \bar{t}_n — среднее время выполнения заказа, дни; σ_s — стандартное отклонение потребности, единиц/день; \bar{S} — среднее потребление, единиц/день; σ_t — стандартное отклонение времени выполнения заказа, дни.

Если и потребность, и время выполнения заказа подчиняются тому или иному закону распределения вероятностей, то пороговый уровень запаса может быть рассчитан с учетом формул (9.7) и (10.22) следующим образом:

$$\text{ПУ} = \bar{S} \cdot \bar{t}_n + z \cdot \sqrt{\bar{t}_n \cdot \sigma_s^2 + \bar{S}^2 \cdot \sigma_t^2}, \quad (10.23)$$

где ПУ — пороговый уровень запаса, единиц; \bar{S} — среднее потребление, единиц/день; \bar{t}_n — среднее время выполнения заказа, дни; z — число стандартных отклонений; σ_t — стандартное отклонение времени выполнения заказа, единиц/день; σ_s — стандартное отклонение потребности, единиц/день.

Пример 10.13. Расчет параметров модели с фиксированным размером заказа в условиях неопределенности

Уточним данные примеров 10.10 и 10.12. Пусть и потребность в запасе, и время выполнения заказа описываются нормальным законом распределения. Математическое ожидание потребности в запасе — 5 единиц, ее стандартное отклонение — 4,14 единицы. Математическое ожидание времени выполнения заказа — 4 дня, стандартное отклонение времени выполнения заказа — 1 день. Оптимальный размер заказа — 36 единиц. Требуется определить основные параметры модели с фиксированным размером заказа (страховой запас, пороговый уровень запаса и максимальный желательный запас) для обеспечения обслуживания 95% заявок клиентов на отгрузку товара.

1. Расчет размера страхового запаса (см. формулу (10.22)):

а) число стандартных отклонений z при значении площади под кривой нормального распределения $0,95 \approx 0,9505$ равно 1,65 (табл. 10.5);

б) размер страхового запаса (см. формулу (10.22)):

$$Z_s = 1,65 \cdot \sqrt{4 \cdot 4,14^2 + 5^2 \cdot 1^2} = 15,96 \approx 16 \text{ единиц.}$$

2. Расчет порогового уровня запаса (см. формулу (10.23)):

$$\text{ПУ} = 5 \cdot 4 + 16 = 36 \text{ единиц.}$$

3. Расчет максимального желательного запаса (см. формулу (9.1)):

$$\text{МЖЗ} = 16 + 36 = 52 \text{ единицы.}$$

Результаты расчетов представлены в табл. 10.12. Иллюстрация движения запаса при колебании потребности по данным табл. 9.5, рассмотренным также в примерах 10.10 и 10.11, и при колебании времени выполнения заказа, рассмотренного в примере 10.12, приведены в табл. 10.13 и на рис. 10.5. Дефицит обслуживания возникает на 19-й день в размере 7 единиц и сохраняется в течение дня поставки. В дальнейшем дефицит не наблюдается. Заказы возобновляются каждый раз, когда запас снижается ниже порогового уровня, равного 36 единицам. Поэтому в 19-й и на 36-й день заказы делаются в день поступления заказа, так как при поставке в эти дни запас пополняется до порогового уровня (на 36-й день) или ниже порогового уровня (на 19-й день текущий запас после поставки равен 29 единицам).

Таблица 10.12

Параметры модели управления запасами с фиксированным размером заказа к примеру 10.13

№ п/п	Показатель	Значение
1	Объем потребности, единиц	1440
2	Оптимальный размер заказа, единиц	36
3	Математическое ожидание времени выполнения заказа, дни	4
4	Стандартное отклонение времени поставки, дни	1
5	Ожидаемое дневное потребление, единиц/день	4
6	Ожидаемое потребление за время поставки, единиц	16
7	Страховой запас, единиц	16
8	Пороговый уровень запаса, единиц	36
9	Максимальный желательный запас, единиц	52
10	Срок расходования запаса до порогового уровня, дни	4

Расчет уровней запаса при колебании потребности в запасе и задержках поставок к примеру 10.13

<i>Дни</i>	<i>Запас</i>	<i>Расход</i>	<i>Приход</i>
День 1	52	4	
День 2	48	4	
День 3	44	4	
День 4	40	4	
День 5	36	4	
День 6	32	4	0
День 7	28	4	
День 8	24	4	
День 9	20	4	
День 10	16	4	
День 11	48	9	36
День 12	39	6	
День 13	33	7	0
День 14	26	4	
День 15	22	3	
День 16	19	9	
День 17	10	9	
День 18	1	8	
День 19	29	7	36
День 20	22	3	
День 21	19	7	
День 22	12	9	
День 23	39	4	36
День 24	35	5	0
День 25	30	6	
День 26	24	3	
День 27	21	8	
День 28	49	9	36
День 29	40	2	
День 30	38	9	
День 31	29	4	0
День 32	25	5	
День 33	20	3	
День 34	17	9	
День 35	8	8	

Дни	Запас	Расход	Приход
День 36	36	4	36
День 37	32	6	
День 38	26	10	
День 39	16	7	
День 40	45	6	36

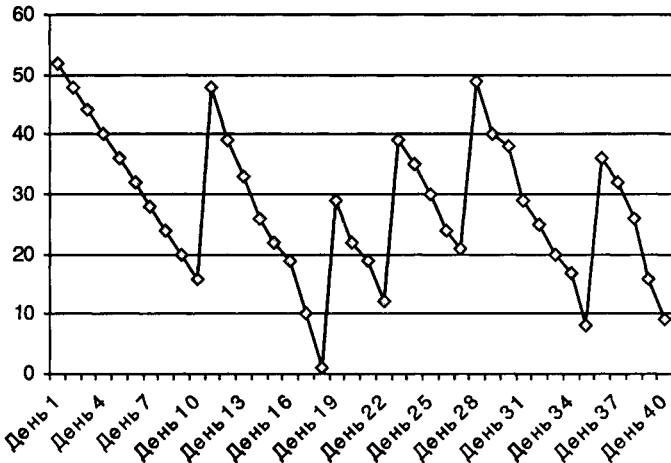


Рис. 10.5. Иллюстрация движения запаса при колебании потребности в запасе и времени выполнения заказа к примеру 10.13

В каждой из рассмотренных ситуаций 1–4 предполагается, что потребность в запасе и время выполнения заказа являются независимыми величинами.

10.3. Расчет параметров модели с фиксированным интервалом времени между заказами

Как видно из рис. 9.6, параметром, определяющим стабильность функционирования модели с фиксированным интервалом времени между заказами в условиях нестабильного потребления и изменчивого времени выполнения заказа, является размер заказа. Он рассчитывается в каждый плановый момент выдачи заказа по формуле (9.9).

Размер заказа должен быть рассчитан таким образом, чтобы обеспечить пополнение запаса до максимального желательного

уровня при учете текущего размера запаса, ожидаемого потребления за время выполнения заказа и запаса в пути, что обеспечивает уровень удовлетворения потребности, который в общем случае является величиной менее 100%.

В модели с фиксированным интервалом времени между заказами в уровне страхового запаса учитывалась возможность фиксированного отклонения времени выполнения заказа от заданного интервала в ожидаемом потреблении за время выполнения заказа — возможность отклонения потребности в запасе от заданного среднего значения (см. позиции 4 и 5 табл. 9.6). Варианты расчета страхового запаса были приведены выше (см. формулы (1.7)—(1.10), (9.2) и (9.3)). Рассмотрим, каким образом при расчете размера заказа может быть использован аппарат теории вероятностей.

Так как контроль состояния запаса в данной модели ведется периодически (в плановые моменты выдачи заказов), а не постоянно (как в модели с фиксированным размером заказа), для обеспечения удовлетворения потребности требуется более высокий уровень страхового запаса, чем в модели с фиксированным размером заказа. Например, вполне возможно, что в условиях неопределенности высокий темп потребления приведет к исчерпанию запаса в короткий период после пополнения запаса. Исправить ситуацию можно будет только в следующий плановый момент выдачи заказа. Таким образом, модель с фиксированным интервалом времени между заказами может привести к дефициту в течение интервала времени между заказами и далее во время выполнения заказа. Обеспечивать потребление в этот период должен страховой запас. Период, равный сумме интервала времени между заказами и времени выполнения заказа, будем называть *защитным интервалом*.

В общем случае максимальный желательный запас в модели с фиксированным интервалом времени между заказами равен сумме ожидаемого потребления за интервал времени между заказами и объема страхового запаса (см. формулу (9.10)).

Ситуация 1. При известном значении объема потребности и его стандартного отклонения за защитный интервал времени при постоянной величине времени выполнения заказа размер заказа будет рассчитываться по следующей формуле (см. также формулы (9.11) и (10.15)):

$$Q_i = \text{ОП}_T + z \cdot \sigma_{sT} - Z_{T_i} - Z_t, \quad (10.24)$$

где Q_i — размер заказа i , единиц; $ОП_T$ — ожидаемое потребление за защитный интервал времени, единиц; z — число стандартных отклонений; $\sigma_{s,T}$ — стандартное отклонение спроса в защитный интервал времени, единиц; Z_{Ti} — уровень текущего запаса при выдаче заказа i , единиц; Z_{ii} — объем запаса в пути, не полученного к моменту выдачи заказа i , единиц.

Пример 10.14. Расчет параметров модели с фиксированным интервалом времени между заказами в условиях неопределенности

Предположим, что численные данные примера 9.2 являются вариационным рядом генеральной совокупности статистики отгрузок, описываемой нормальным законом распределения с математическим ожиданием (средней потребностью) 5 единиц и стандартным отклонением 4,14 единицы в день. Ожидаемое потребление за время выполнения заказа составляет 16 единиц. Время выполнения заказа — 4 дня. Интервал времени между заказами — 9 дней. Защитный интервал — 13 дней. Требуется определить основные параметры модели с фиксированным интервалом времени между заказами (страховой запас, максимальный желательный запас и интервал времени между заказами) для обеспечения обслуживания 95% заявок клиентов на отгрузку товара.

1. Расчет размера страхового запаса (см. формулу (10.15)):

а) число стандартных отклонений z при значении площади под кривой нормального распределения $0,95 \approx 0,9505$ равно 1,65 (табл. 10.5);

б) стандартное отклонение потребности за время выполнения заказа будет равно (см. формулу (10.16))

$$\sigma_{st} = \sqrt{13 \cdot 4,14^2} = 14,93 \approx 15 \text{ единиц};$$

в) размер страхового запаса:

$$Z_c = 1,65 \cdot 15 = 24,75 \approx 25 \text{ единиц.}$$

2. Расчет размера заказа (см. формулу (10.24)):

$$Q_i = (9+4) \cdot 4 + 25 - Z_{Ti} - Z_{ii} = 77 - Z_{Ti} - Z_{ii},$$

где Z_{Ti} — уровень текущего запаса при выдаче заказа i , единиц (определяется по фактическим остаткам); Z_{ii} — объем запаса в пути, не полученного к моменту выдачи заказа i , единиц (определяется на текущий момент времени).

3. Расчет максимального размера заказа (см. формулу (9.10)):

$$МЖЗ = 4 \cdot 13 + 25 = 77 \text{ единиц.}$$

Результаты расчета параметров модели приведены в табл. 10.14. Учет вероятности изменения потребности в запасе привел к повышению уровня всех параметров по сравнению с результатами расчета, приведенными в табл. 9.7, где потребность в запасе рассматривалась как постоянная величина, равная среднедневной потребности (см. позицию 5 в табл. 9.6). Воспользовавшись данными об изменении спроса из табл. 9.9, проведем расчет модели по новым параметрам (табл. 10.15). Иллюстрация движения запаса приведена в табл. 10.15 и на рис. 10.6. Дефицит запаса существенно снижен по сравнению с результатами, приведенными в табл. 9.9 (см. также рис. 9.8), что доказывает целесообразность использования рассматриваемой методики при условии подтверждения гипотезы соответствия закону распределения вероятностей. Дефицит проявился на 23-й день при задержке поставки.

Таблица 10.14

Параметры модели управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами к примеру 10.13

№ п/п	Показатель	Значение
1	Объем потребности, единиц	1440
2	Интервал между заказами, дни	9
3	Время постааки, дни	4
4	Возможная задержка поставки, дни	1
5	Защитный интервал времени, дни	13
6	Ожидаемое дневное потребление, единиц/день	4
7	Ожидаемое потребление за защитный интервал времени, единиц	52
8	Страховой запас, единиц	25
9	Максимальный желательный запас, единиц	77

Таблица 10.15

Расчет уровней запаса при колебании потребности в запасе и задержках поставок к примеру 10.13

Дни	Запас	Расход	Приход	Размер заказа
День 1	77	4	0	0
День 2	73	4		
День 3	69	4		
День 4	65	4		
День 5	61	4		
День 6	57	4		
День 7	53	4		

Дни	Запас	Расход	Приход	Размер заказа
День 8	49	4		
День 9	45	4		
День 10	41	4	0	36
День 11	37	9		
День 12	28	6		
День 13	22	7		
День 14	15	4	0	
День 15	47	3	36	
День 16	44	9		
День 17	35	9		
День 18	26	8		
День 19	18	7	0	59
День 20	11	3		
День 21	8	7		
День 22	1	9		
День 23	-8	4	0	
День 24	47	5	59	
День 25	42	6		
День 26	33	8		
День 27	25	9		
День 28	16	2	0	61
День 29	14	9		
День 30	5	4		
День 31	1	5		
День 32	57	3	61	
День 33	54	9		
День 34	45	8		
День 35	37	4		
День 36	33	6		
День 37	27	10	0	50
День 38	17	7		
День 39	10	6		
День 40	4	4		

Ситуация 2. Так как обычно установить среднюю потребность и ее стандартное отклонение в период выполнения заказа довольно сложно, пользуются данными о ежедневном или еженедельном спросе и о времени выполнения заказа. Если известно, что измен-

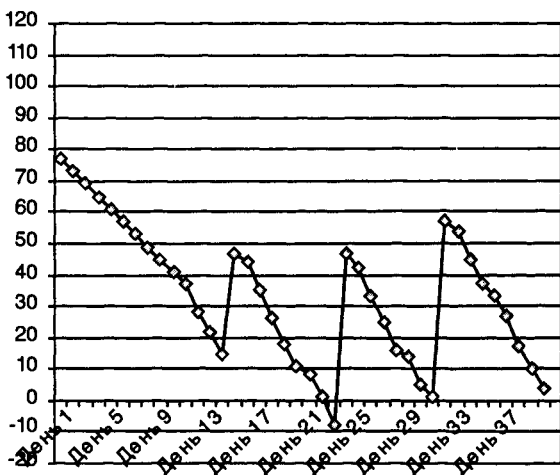


Рис. 10.6. Иллюстрация движения запаса при колебании потребности в запасе и задержках поставки к примеру 10.14

чив спрос, а время выполнения заказа остается постоянным, то размер заказа должен быть рассчитан по следующей формуле (см. также формулы (9.11) и (10.18)):

$$Q_i = \bar{S} \cdot (t_{мз} + t_{п}) + z \cdot \sigma_s \cdot \sqrt{t_{мз} + t_{п}} - Z_{T_i} - Z_{t_i}, \quad (10.25)$$

где Q_i — размер заказа i , единиц; \bar{S} — среднее потребление запаса, единиц/день; $t_{мз}$ — интервал времени между заказами, дни; $t_{п}$ — время выполнения заказа, дни; z — число стандартных отклонений; σ_s — стандартное отклонение потребности в запасе, единиц/день; Z_{T_i} — уровень текущего запаса при выдаче заказа i , единиц; Z_{t_i} — объем запаса в пути, не полученного к моменту выдачи заказа i , единиц.

Пример 10.15. Расчет параметров модели с фиксированным интервалом времени между заказами в условиях неопределенности

Вспользуемся данными примера 10.13. Пусть статистика отгрузок описывается нормальным законом распределения с математическим ожиданием (средней потребностью) 5 единиц и стандартным отклонением 4,14 единицы в день. Время выполнения заказа — 4 дня. Интервал времени между заказами — 9 дней. Защитный интервал — 13 дней. Требуется определить основные параметры модели с фиксированным интервалом времени между заказами (страховой запас, максимальный желательный запас и интервал времени между заказами) для обеспечения обслуживания 95% заявок клиентов на отгрузку товара.

1. Расчет размера страхового запаса (см. формулу (10.18)):

а) число стандартных отклонений z при значении площади под кривой нормального распределения $0,95 \approx 0,9505$ равно $1,65$ (см. табл. 10.5);

б) расчет страхового запаса:

$$Z_s = 1,65 \cdot 4,14 \cdot \sqrt{13} = 24,63 \approx 25 \text{ единиц.}$$

2. Расчет размера заказа (см. формулу (10.25)):

$$Q_i = 5 \cdot 13 + 25 - Z_{T_i} - Z_{t_i} = 90 - Z_{T_i} - Z_{t_i},$$

где Z_{T_i} — уровень текущего запаса при выдаче заказа i , единиц;
 Z_{t_i} — объем запаса в пути, не полученного к моменту выдачи заказа i , единиц.

3. Расчет максимального желательного запаса (см. формулу (9.10)):

$$\text{МЖЗ} = 5 \cdot 13 + 25 = 90 \text{ единиц.}$$

Результаты расчета параметров модели приведены в табл. 10.16. Иллюстрация движения запаса представлена в табл. 10.17 и на рис. 10.7. Дефицит запаса в удовлетворении потребности отсутствует.

Таблица 10.16

Параметры модели управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами к примеру 10.14

№ п/п	Показатель	Значение
1	Объем потребности, единиц	1440
2	Интервал между заказами, дни	9
3	Время поставки, дни	4
4	Возможная задержка поставки, дни	1
5	Защитный интервал времени, дни	13
6	Ожидаемое дневное потребление, единиц/день	4
7	Ожидаемое потребление за защитный интервал времени, единиц	65
8	Страховой запас, единиц	25
9	Максимальный желательный запас, единиц	90

Расчет уровней запаса при колебании потребности в запасе и задержках поставок к примеру 10.14

<i>Дни</i>	<i>Запас</i>	<i>Расход</i>	<i>Приход</i>	<i>Размер заказа</i>
День 1	90	4	0	0
День 2	86	4		
День 3	82	4		
День 4	78	4		
День 5	74	4		
День 6	70	4		
День 7	66	4		
День 8	62	4		
День 9	58	4		
День 10	54	4	0	36
День 11	50	9		
День 12	41	6		
День 13	35	7		
День 14	28	4	0	
День 15	60	3	36	
День 16	57	9		
День 17	48	9		
День 18	39	8		
День 19	31	7	0	59
День 20	24	3		
День 21	21	7		
День 22	14	9		
День 23	5	4	0	
День 24	60	5	59	
День 25	55	6		
День 26	46	8		
День 27	38	9		
День 28	29	2	0	61
День 29	27	9		
День 30	18	4		
День 31	14	5		
День 32	70	3	61	
День 33	67	9		
День 34	58	8		
День 35	50	4		

Дни	Запас	Расход	Приход	Размер заказа
День 36	46	6		
День 37	40	10	0	50
День 38	30	7		
День 39	23	6		
День 40	17	4		

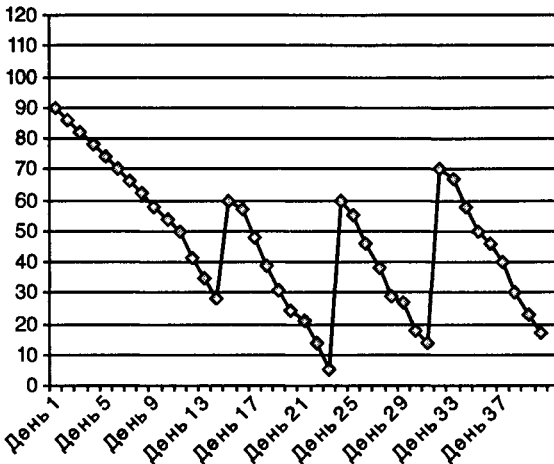


Рис. 10.7. Иллюстрация движения запаса при колебании потребности в запасе и задержках поставки к примеру 10.14

Ситуация 3. Если известно, что потребность в запасе — постоянная величина, а время выполнения заказа меняется в соответствии с тем или иным законом распределения вероятностей, то размер заказа рассчитывается следующим образом (см. также формулы (9.11) и (10.20)):

$$Q_i = S \cdot (t_{\text{мз}} + \bar{t}_{\text{п}}) + z \cdot \sigma_T \cdot S - Z_{T_i} - Z_{t_i}, \quad (10.26)$$

где Q_i — размер заказа i , единиц; S — объем потребности в запасе, единиц/день; $t_{\text{мз}}$ — интервал времени между заказами, дни; $\bar{t}_{\text{п}}$ — среднее время выполнения заказа, дни; z — число стандартных отклонений; σ_T — стандартное отклонение времени выполнения заказа, дни; Z_{T_i} — уровень текущего запаса при выдаче заказа i , единиц; Z_{t_i} — объем запаса в пути, не полученного к моменту выдачи заказа i , единиц.

Пример 10.16. Расчет параметров модели с фиксированным интервалом времени между заказами в условиях неопределенности

Воспользуемся данными примера 10.13. Пусть статистика времени выполнения заказа описывается нормальным законом распределения с математическим ожиданием 4 дня и стандартным отклонением в 1 день. Среднее дневное потребление постоянно и равно 4 единицам. Интервал времени между заказами — 9 дней. Защитный интервал — 13 дней. Требуется определить основные параметры модели с фиксированным интервалом времени между заказами (страховой запас, максимальный желательный запас и интервал времени между заказами) для обеспечения обслуживания 95% заявок клиентов на отгрузку товара.

1. Расчет размера страхового запаса (см. формулу (10.20)):

а) число стандартных отклонений z при значении площади под кривой нормального распределения $0,95 \approx 0,9505$ равно 1,65 (см. табл. 10.5);

б) расчет страхового запаса:

$$Z_s = 1,65 \cdot 4 \cdot 1 = 6,6 \approx 7 \text{ дней.}$$

2. Расчет размера заказа (см. формулу (10.26)):

$$Q_i = 4 \cdot 13 + 7 - Z_{T_i} - Z_{t_i} = 59 - Z_{T_i} - Z_{t_i},$$

где Z_{T_i} — уровень текущего запаса при выдаче заказа i , единиц;
 Z_{t_i} — объем запаса в пути, не полученного к моменту выдачи заказа i , единиц.

3. Расчет максимального желательного запаса (см. формулу (9.10)):

$$\text{МЖЗ} = 4 \cdot 13 + 7 = 59 \text{ единицы.}$$

Результаты расчета параметров модели приведены в табл. 10.18. Иллюстрация движения запаса представлена в табл. 10.19 и на рис. 10.8. Дефицита запаса нет.

Таблица 10.18

Параметры модели управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами к примеру 10.15

№ п/п	Показатель	Значение
1	Объем потребности, единиц	1440
2	Интервал между заказами, дни	9
3	Математическое ожидание времени выполнения заказа, дни	4

№ п/п	Показатель	Значение
4	Стандартное отклонение времени выполнения заказа, дни	1
5	Защитный интервал времени, дни	13
6	Ожидаемое дневное потребление, единиц/день	4
7	Ожидаемое потребление за защитный интервал времени, единиц	52
8	Страховой запас, единиц	7
9	Максимальный желательный запас, единиц	59

Таблица 10.19

Расчет уровней запаса при колебании потребности в запасе и задержках поставок к примеру 10.15

Дни	Запас	Расход	Приход	Размер заказа
День 1	59	4	0	0
День 2	55	4		
День 3	51	4		
День 4	47	4		
День 5	43	4		
День 6	39	4		
День 7	35	4		
День 8	31	4		
День 9	27	4		
День 10	23	4	0	36
День 11	19	4		
День 12	15	4		
День 13	11	4		
День 14	7	4	0	
День 15	39	4	36	
День 16	35	4		
День 17	31	4		
День 18	27	4		
День 19	23	4	0	36
День 20	19	4		
День 21	15	4		
День 22	11	4		
День 23	7	4	0	
День 24	3	4		
День 25	35	4	36	
День 26	27	4		
День 27	23	4		

Дни	Запас	Расход	Приход	Размер заказа
День 28	19	4	0	40
День 29	15	4		
День 30	11	4		
День 31	7	4		
День 32	3	4		
День 33	39	4	40	
День 34	35	4		
День 35	31	4		
День 36	27	4		
День 37	23	4	0	36
День 38	19	4		
День 39	15	4		
День 40	11	4		

Ситуация 4. Если и потребность, и время выполнения заказа подчиняются тому или иному закону распределения вероятностей, то размер заказа может быть рассчитан следующим образом (см. также формулы (9.11) и (10.22)):

$$Q_i = \bar{S} \cdot (t_{мз} + \bar{t}_{п}) + z \cdot \sqrt{(t_{мз} + \bar{t}_{п}) \cdot \sigma_s^2 + \bar{S}^2 \cdot \sigma_T^2} - Z_{T_i} - Z_{t_i}, \quad (10.27)$$

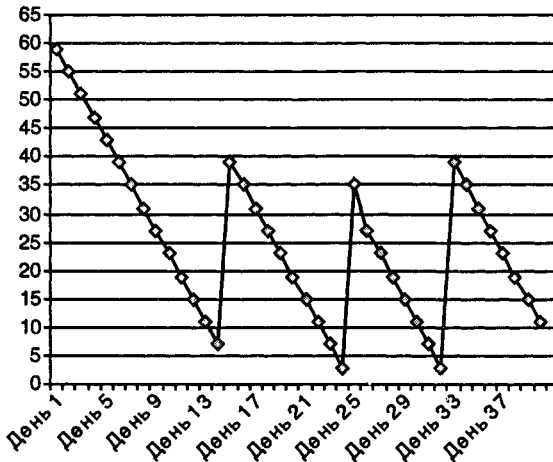


Рис. 10.8. Иллюстрация движения запаса при колебании времени выполнения заказа к примеру 10.16

где Q_i — размер заказа i , единиц; \bar{S} — средний объем потребности в запасе, единиц/день; $t_{мз}$ — интервал времени между заказами, дни; $\bar{t}_п$ — среднее время выполнения заказа, дни; z — число стандартных отклонений; σ_s — стандартное отклонение потребности в запасе, единиц/день; σ_T — стандартное отклонение времени выполнения заказа, дни; Z_{Ti} — уровень текущего запаса при выдаче заказа i , единиц; Z_{ii} — объем запаса в пути, не полученного к моменту выдачи заказа i , единиц.

Пример 10.17. Расчет параметров модели с фиксированным интервалом времени между заказами в условиях неопределенности

Воспользуемся данными примеров 10.14 и 10.15. Статистика отгрузок и времени выполнения заказа описывается нормальным законом распределения. Математическое ожидание потребности в запасе — 5 единиц, ее стандартное отклонение — 4,14 единицы в день. Математическое ожидание времени выполнения заказа — 4 дня, стандартное отклонение — 1 день. Интервал времени между заказами — 9 дней. Защитный интервал — 13 дней. Требуется определить основные параметры модели с фиксированным интервалом времени между заказами (страховой запас, максимальный желательный запас и интервал времени между заказами) для обеспечения обслуживания 95% заявок клиентов на отгрузку товара.

1. Расчет размера страхового запаса (см. формулу (10.22)):

а) число стандартных отклонений z при значении площади под кривой нормального распределения $0,95 \approx 0,9505$ равно 1,65 (см. табл. 10.5);

б) расчет страхового запаса:

$$Z_s = 1,65 \cdot \sqrt{13 \cdot 4,14^2 + 5^2} \cdot 1 = 25,97 \approx 26 \text{ единиц.}$$

2. Расчет размера заказа (см. формулу 10.27):

$$Q_i = 5 \cdot 13 + 26 - Z_{Ti} - Z_{ii} = 91 - Z_{Ti} - Z_{ii},$$

где Z_{Ti} — уровень текущего запаса при выдаче заказа i , единиц; Z_{ii} — объем запаса в пути, не полученного к моменту выдачи заказа i , единиц.

3. Расчет максимального желательного запаса (см. формулу (9.10)):

$$\text{МЖЗ} = 5 \cdot 13 + 26 = 91 \text{ единица.}$$

Результаты расчета параметров модели приведены в табл. 10.20. Иллюстрация движения запаса представлена в табл. 10.21 и на

рис. 10.9. Дефицит запаса возникает на 25-й день в объеме 3 единиц и сохраняется в течение дня новой поставки.

Таблица 10.20

Параметры модели управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами к примеру 10.16

№ п/п	Показатель	Значение
1	Объем потребности, единиц	1440
2	Интервал между заказами, дни	9
3	Время поставки, дни	4
4	Возможная задержка поставки, дни	1
5	Защитный интервал времени, дни	13
6	Ожидаемое дневное потребление, единиц/день	4
7	Ожидаемое потребление за защитный интервал времени, единиц	65
8	Страховой запас, единиц	26
9	Максимальный желательный запас, единиц	91

Таблица 10.21

Расчет уровней запаса при колебании потребности в запасе и задержках поставок к примеру 10.16

Дни	Запас	Расход	Приход	Размер заказа
День 1	91	4	0	0
День 2	87	4		
День 3	83	4		
День 4	79	4		
День 5	75	4		
День 6	71	4		
День 7	67	4		
День 8	63	4		
День 9	59	4		
День 10	55	4	0	36
День 11	51	9		
День 12	42	6		
День 13	36	7		
День 14	29	4	0	
День 15	61	3	36	
День 16	58	9		
День 17	49	9		
День 18	40	8		

Дни	Запас	Расход	Приход	Размер заказа
День 19	32	7	0	59
День 20	25	3		
День 21	22	7		
День 22	15	9		
День 23	6	4	0	
День 24	2	5		
День 25	56	6	59	
День 26	47	8		
День 27	39	9		
День 28	30	2	0	61
День 29	28	9		
День 30	19	4		
День 31	15	5		
День 32	10	3	0	
День 33	68	9	61	
День 34	59	8		
День 35	51	4		
День 36	47	6		
День 37	41	10	0	50
День 38	31	7		
День 39	24	6		
День 40	18	4		

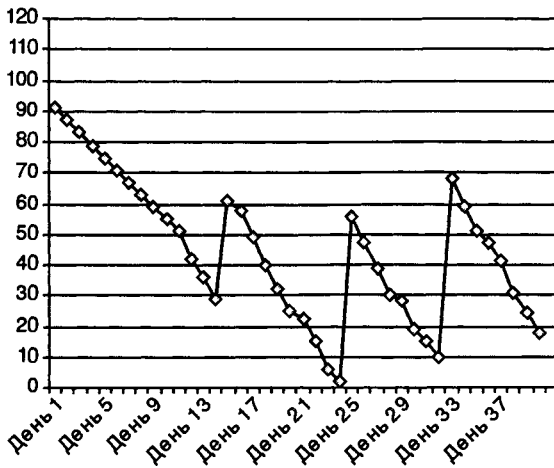


Рис. 10.9. Иллюстрация движения запаса при колебании потребности в запасе и времени выполнения заказа к примеру 10.16

В каждой из ситуаций 1–4 предполагается, что потребность в запасе и время выполнения заказа являются независимыми величинами.

10.4. Однопериодная модель управления запасами

Однопериодная модель управления запасами (*single-period model*) применяется для управления запасами скоропортящихся товарно-материальных ценностей. К скоропортящимся товарно-материальным ценностям могут быть отнесены продукты питания (свежие фрукты, овощи, рыба и морепродукты и пр.), живые цветы, периодические издания и пр. Нереализованный запас таких товарно-материальных ценностей не хранится более одного учетного периода без значительной потери стоимости.

Однопериодная ситуация характеризуется наличием потерь, связанных как с дефицитом, так и с избытком запаса. Запас скоропортящихся товарно-материальных ценностей накапливается при условии, что прибыль от реализации созданного запаса в рамках одного учетного периода будет больше потерь, которые возникнут после завершения периода в результате потери потребительских свойств товарно-материальных ценностей. Другими словами, запас скоропортящихся ценностей накапливается только в случае, если вероятность того, что товарно-материальные ценности будут отгружены в течение одного периода, выше, чем вероятность потери ими потребительских свойств:

$$p \geq (1 - p), \quad (10.28)$$

где p — вероятность отгрузки запаса в течение одного периода; $(1 - p)$ — вероятность потери запасом потребительских свойств.

Необходимый уровень обслуживания в однопериодных моделях определяется по логике формулы (10.14). Требуется определить и сравнить издержки в результате дефицита (см. подп. 8.3.3) с затратами, которые несет организация, содержащая запас, если запас остался нереализованным. Издержки от избытка запаса представляют собой разность между капитальными затратами (закупочной стоимостью) и выручкой от экстренной реализации товарно-материальных ценностей:

$$C_e = C_k - C_p, \quad (10.29)$$

где C_e — издержки избытка запаса, руб.; C_k — стоимость закупки товарно-материальных ценностей запаса, руб.; C_p — выручка

от экстренной реализации товарно-материальных ценностей запаса, руб.

При наличии дополнительных расходов, связанных с реализацией или утилизацией товарно-материальных ценностей избыточного запаса, выручка от экстренной реализации может оказаться отрицательной величиной. Задача однопериодной модели — определить уровень запаса, при котором затраты, связанные с этим запасом, будут минимальными. Уровень обслуживания однопериодной модели рассчитывается по следующей формуле:

$$L = \frac{C_h}{C_h + C_e}, \quad (10.30)$$

где L — уровень обслуживания, доли; C_h — издержки дефицита запаса, руб.; C_e — издержки избытка запаса, руб.

Пример 10.18. Расчет параметров однопериодной модели

Рассмотрим расчет оптимального размера заказа малины розничным магазином при условии, что на третий день хранения в торговом зале цена малины снижается в два раза, а на пятый день нереализованная ягода изымается из торговли. Первоначальная розничная наценка — 50%. Издержки утилизации отсутствуют. Подтверждена гипотеза равномерного распределения спроса при минимальном объеме продаж — 20 кг и максимальном объеме продаж — 60 кг. В данном примере продолжительность учетного периода равна трем дням.

1. Расчет рекомендуемого уровня обслуживания (см. формулу (10.30)):

а) издержки дефицита малины в торговом зале связаны с неполучением 50% торговой наценки на стоимость закупки;

б) издержки избытка запаса малины в торговом зале равны (см. формулу (10.29)):

$$C_e = 100\% - \frac{150\%}{2} = 25\%;$$

в) расчет уровня обслуживания:

$$L = \frac{50}{50 + 25} = 66,66 \approx 67\%.$$

2. Вероятный уровень дефицита запаса в торговом зале (см. формулу (10.28)):

$$p = 100 - 67 = 33\%.$$

3. Расчет оптимального размера заказа: обозначим минимальный объем продаж прошлого периода S_{\min} , максимальный объем продаж — S_{\max} ; тогда

$$Q^* = 20 + 0,67 \cdot (60 - 20) = 46,8 \text{ кг.}$$

Пример 10.19. Расчет параметров однопериодной модели

Вспользуемся данными примера 10.17 при проверенной гипотезе о нормальном распределении продаж со средним объемом 40 кг и стандартным отклонением 20 кг. Тогда оптимальный размер заказа для реализации малины в течение трех дней рассчитывается следующим образом:

$$Q^* = 40 + 0,67 \cdot 20 = 53,4 \text{ кг.}$$

Основные формулы к подразделам 10.2–10.4

№ n/n	Показатель	Расчет	Условные обозначения
1	Объем страхового запаса, единиц	$Z_s = z \cdot \sigma_{st}$	z — число стандартных отклонений; σ_{st} — стандартное отклонение потребности в период выполнения заказа, единиц
		$Z_s = z \cdot \sigma_s \cdot \sqrt{t_n}$	z — число стандартных отклонений; σ_s — стандартное отклонение потребности, единиц/день; t_n — время выполнения заказа, дни
		$Z_s = z \cdot S \cdot \sigma_t$	z — число стандартных отклонений; S — объем потребления, единиц/день; σ_t — стандартное отклонение времени выполнения заказа, единиц/день
		$Z_s =$ $= z \cdot \sqrt{\bar{t}_n \cdot \sigma_s^2 + \bar{S}^2 \cdot \sigma_t^2}$	z — число стандартных отклонений; \bar{t}_n — среднее время выполнения заказа, дни; σ_s — стандартное отклонение потребности, единиц/день; \bar{S} — среднее потребление, единиц/день; σ_t — стандартное отклонение времени выполнения заказа, дни

№ n/n	Показатель	Расчет	Условные обозначения
2	Стандартное отклонение потребности в период выполнения заказа, единиц	$\sigma_{st} = \sqrt{n \cdot \sigma_s^2}$	<p>n — число дней в периоде выполнения заказа; σ_s — стандартное отклонение потребности, единиц/день</p>
3	Пороговый уровень запаса, единиц	$ПУ = ОП + z \cdot \sigma_{st}$	<p>ОП — ожидаемое потребление за время выполнения заказа; z — число стандартных отклонений, σ_{st} — стандартное отклонение спроса в период выполнения заказа, единиц</p>
		$ПУ = \bar{S} \cdot t_n + z \cdot \sigma_s \cdot \sqrt{t_n}$	<p>\bar{S} — среднее потребление, единиц/день; t_n — время выполнения заказа, дни; z — число стандартных отклонений; σ_s — стандартное отклонение потребности, единиц/день</p>
		$ПУ = S \cdot \bar{t}_n + z \cdot S \cdot \sigma_t$	<p>S — объем потребления, единиц/день; \bar{t}_n — время выполнения заказа, дни; z — число стандартных отклонений; σ_t — стандартное отклонение времени выполнения заказа, единиц/день</p>

№ п/п	Показатель	Расчет	Условные обозначения
		$ПУ = \bar{S} + \bar{t}_n + z \times \sqrt{\bar{t}_n \cdot \sigma_s^2 + \bar{S}^2 \cdot \sigma_t^2}$	<p>\bar{S} — среднее потребление, единиц/день; \bar{t}_n — среднее время выполнения заказа, дни; z — число стандартных отклонений; σ_t — стандартное отклонение времени выполнения заказа, единиц/день; σ_s — стандартное отклонение потребности, единиц/день</p>
4	Размер заказа i , единиц	$Q_i = ОП_T + z \cdot \sigma_{sT} - Z_{T_i} - Z_{i_i}$ $Q_i = \bar{S} \cdot (t_{мз} + t_n) + z \cdot \sigma_s \cdot \sqrt{t_{мз} + t_n} - Z_{T_i} - Z_{i_i}$	<p>$ОП_T$ — ожидаемое потребление за защитный интервал времени, единиц; z — число стандартных отклонений; σ_{sT} — стандартное отклонение спроса в защитный интервал времени, единиц; Z_{T_i} — уровень текущего запаса при выдаче заказа i, единиц; Z_{i_i} — объем запаса в пути, не полученного к моменту выдачи заказа i, единиц</p> <p>\bar{S} — среднее потребление запаса, единиц/день; $t_{мз}$ — интервал времени между заказами, дни; t_n — время выполнения заказа, дни; z — число стандартных отклонений; σ_s — стандартное отклонение потребности в запасе, единиц/день; Z_{T_i} — уровень текущего запаса при выдаче заказа i, единиц; Z_{i_i} — объем запаса в пути, не полученного к моменту выдачи заказа i, единиц</p>

№ п/п	Показатель	Расчет	Условные обозначения
		$Q_i = S \cdot (t_{мз} + \bar{t}_п) + z \times \sigma_T \cdot S - Z_{T_i} - Z_{i_i}$	<p>S — объем потребности в запасе, единиц/день; $t_{мз}$ — интервал времени между заказами, дни; $\bar{t}_п$ — среднее время выполнения заказа, дни; z — число стандартных отклонений; σ_T — стандартное отклонение времени выполнения заказа, дни; Z_{T_i} — уровень текущего запаса при выдаче заказа i, единиц; Z_{i_i} — объем запаса в пути, не полученного к моменту выдачи заказа i, единиц</p>
		$Q_i = \bar{S} \cdot (t_{мз} + \bar{t}_п) + z \times \sqrt{(t_{мз} + \bar{t}_п) \cdot \sigma_s^2 + \bar{S}^2 \cdot \sigma_T^2} - Z_{T_i} - Z_{i_i}$	<p>\bar{S} — средний объем потребности в запасе, единиц/день; $t_{мз}$ — интервал времени между заказами, дни; $\bar{t}_п$ — среднее время выполнения заказа, дни; z — число стандартных отклонений, σ_s — стандартное отклонение потребности в запасе, единиц/день; σ_T — стандартное отклонение времени выполнения заказа, дни; Z_{T_i} — уровень текущего запаса при выдаче заказа i, единиц; Z_{i_i} — объем запаса в пути, не полученного к моменту выдачи заказа i, единиц</p>
5	Издержки избытка запаса, руб.	$C_e = C_k - C_p$	<p>C_k — стоимость закупки товарно-материальных ценностей запаса, руб.; C_p — стоимость экстренной реализации товарно-материальных ценностей запаса, руб.</p>

№ n/n	Показа- тель	Расчет	Условные обозначения
6	Уровень обслуживания, доли	$L = \frac{C_h}{C_h + C_e}$	C_h — издержки дефицита запаса, руб.; C_e — издержки избытка запаса, руб.

Вопросы для самопроверки к подразделам 10.2—10.4

1. Какую роль страховой запас играет в обеспечении заданного уровня обслуживания?
2. Какие величины характеризуют закон распределения вероятностей?
3. Что такое число стандартных отклонений z и как оно используется при управлении запасами?
4. Поясните, как проводится расчет страхового запаса по числу стандартных отклонений потребности в запасе от среднего значения.
5. Поясните определение уровня обслуживания по заданному числу стандартных отклонений потребности в запасе от среднего значения на примере нормального закона распределения вероятностей.
6. Какой параметр модели с фиксированным размером заказа определяет стабильность ее функционирования в условиях неопределенности?
7. В какой период времени при использовании модели с фиксированным размером заказа возникает риск дефицита?
8. Какие неопределенности должны быть учтены при расчете страхового запаса в модели с фиксированным размером заказа?
9. В каких ситуациях может быть известно стандартное отклонение спроса в периоды выполнения заказа?
10. Если статистики спроса в период выполнения заказа не имеется, как может быть определена дисперсия спроса в этот период?
11. Поясните, из каких параметров складывается формула расчета порогового уровня запаса в условиях нестабильного потребления и постоянного периода выполнения заказа.
12. Поясните, как проводится расчет по формуле расчета порогового уровня запаса в условиях постоянного потребления и нестабильного периода выполнения заказа.
13. В каких ситуациях потребность в запасе и время выполнения заказа являются независимыми величинами? В каких ситуациях эти величины зависимы?
14. Какой параметр модели с фиксированным интервалом времени между заказами определяет стабильность ее функционирования в условиях неопределенности?

15. В какой период времени при использовании модели с фиксированным интервалом времени между заказами возникает риск дефицита?
16. Что такое защитный интервал и каковы его функции?
17. Поясните, как проводится расчет по формуле расчета размера заказа в условиях нестабильного потребления и постоянного периода выполнения заказа.
18. Поясните, как проводится расчет по формуле расчета размера заказа в условиях постоянного потребления и нестабильного периода выполнения заказа.
19. Что такое скоропортящиеся товары? Приведите несколько примеров.
20. Какие условия работы являются определяющими в однопериодных моделях управления запасами?
21. Как определяется уровень обслуживания в однопериодных моделях?
22. Как может быть рассчитан страховой запас в однопериодных моделях?

Список дополнительной литературы к главе 10

1. *Большев Л.Н., Смирнов Н.В.* Таблицы математической статистики. М.: Наука, 1983.
2. *Козловский В.А.* и др. Логистический менеджмент. СПб.: Лань, 2002.
3. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / Под общ. ред. проф. В.И. Сергеева. М.: ИНФРА-М, 2004.
4. Математическая статистика: Учебник для вузов / В.Б. Горяинов, И.В. Павлов, Г.М. Цветкова и др.; Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. 2-е изд. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.
5. Модели и методы теории логистики / Под ред. В.С. Лукинского. СПб.: Питер, 2003.
6. *Рыжиков Ю.И.* Теория очередей и управление запасами. М.: Питер, 2001.
7. *Сергеев В.И.* Логистика в бизнесе. М.: ИНФРА-М, 2001.
8. *Стивенсон В.Дж.* Управление производством. М.: Лаборатория базовых знаний, 1998.
9. *Чейз Р.Б.* и др. Производственный и операционный менеджмент. 8-е изд.: Пер. с англ. М.: Вильямс, 2001.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ В ЗВЕНЬЯХ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК

Как было показано в главе 9, использование классических моделей управления запасами (модели с фиксированным размером заказа (см. подп. 9.1.1) и модели с фиксированным интервалом времени между заказами (см. подп. 9.1.2)) ограничено условиями относительного постоянства потребности в запасе. Классические модели управления запасами требуют выполнения следующих труднодостижимых на практике условий:

- постоянный темп потребления запаса;
- фиксированный интервал времени, необходимый на выполнение заказа на восполнение запаса;
- фиксированная возможная задержка выполнения заказа на восполнение запаса.

При этом логику движения запаса определяют именно классические модели. Анализ поведения запаса при конкретных заданных характеристиках поставок и потребления в рамках основных моделей позволяет сформулировать необходимые правила принятия решений в таких ситуациях, когда основные модели дают сбои. На основе таких правил можно построить новый, оригинальный алгоритм управления запасами.

Даже незначительная доработка классических моделей позволяет получить удовлетворительные результаты обслуживания запасом изменяющихся потребностей (см. модель управления запасами с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня — подп. 9.1.2 и модель «минимум-максимум» — подп. 9.1.1). Все же, как и классические модели, они связаны с конкретными и жестко прописанными условиями работы. Первая модификация эффективно работает в том случае, когда потери от дефицита запаса значительно превышают затраты на содержание запаса, вторая — в случае когда, напротив, затраты на содержание запаса значительно выше издержек в результате дефицита. В промежуточных ситуациях эти модели либо чрезвычайно дороги (как модель с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня), либо завышают допустимые риски отказа обслуживания потребляющему звену (модель «минимум-максимум»).

Большая часть организаций вынуждены разрабатывать так называемые корпоративные модели управления запасами, которые

призваны сделать процесс управления запасами оптимальным для заданных условий деятельности организации.

11.1. Проектирование алгоритма управления запасами

Проектирование алгоритма управления запасами является одним из этапов процедуры управления запасами и включает следующие этапы.

1. Имитация движения запаса при использовании модели с фиксированным размером заказа.

2. Имитация движения запаса при использовании модели управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами.

3. Сравнение поведения запаса по результатам этапов 1 и 2.

4. Формулирование основных и дополнительных правил принятия решений по управлению запасами.

5. Разработка инструкции или технического задания на основе разработанного на этапе 4 алгоритма.

Каждый этап (за исключением, очевидно, последнего) включает креативные действия, основанные на результатах анализа поведения классических моделей управления запасами, отработанного с помощью имитации.

11.2. Имитация движения запаса в различных организационно-методических условиях

Имитация движения запаса в различных организационно-методических условиях состоит в следующем.

Шаг 1. Расчет оптимального размера заказа для восполнения запаса. На этом шаге требуется рассчитать или определить с использованием экспертных оценок оптимальный размер заказа, необходимый для восполнения запаса. Для окончательного решения необходимо обосновать выбор реального размера заказа. Методики расчета и выбора оптимального размера заказа рассмотрены в гл. 9.

Методической основой поиска алгоритма, который позволит управлять запасами в конкретной бизнес-ситуации, является имитация движения запаса на основе логики управления с фиксированным размером заказа (см. шаг 2) и с фиксированным интервалом времени между заказами (см. шаг 3).

Шаг 2. Имитация поведения модели управления запасами с фиксированным размером заказа

2.1. Прежде всего требуется провести расчет параметров модели управления запасами с фиксированным размером заказа (см. табл. 9.1).

2.2. Далее на основе полученных параметров модели управления запасами с фиксированным размером заказа требуется построить графики движения запаса для случаев:

2.2.1) отсутствия задержек поставок (пример оформления — см. рис. 11.1);

2.2.2) наличия единичного сбоя поставки (рис. 11.2);

2.2.3) наличия неоднократных сбоев поставок (рис. 11.3).

Анализ графиков движения запаса в классической модели с фиксированным размером заказа в условиях постоянного усредненного (см. позицию 5 табл. 9.1) и колеблющегося спроса позволит выявить сильные и слабые стороны логики фиксированного размера заказа применительно к конкретным, отмеченным в позициях 1–4 табл. 9.1 условиям.

2.3. Для случаев 2.2.2 и 2.2.3 необходимо оценить срок возврата модели управления запасами с фиксированным размером заказа в нормальное состояние, т.е. с полным страховым запасом.

В примере (см. рис. 11.2) модель с фиксированным размером заказа возвращается в нормальное состояние (со страховым запасом) сразу же после получения задержавшейся поставки — на 13-й день.

При неоднократных сбоях поставок (см. рис. 11.3) модель с фиксированным размером заказа возвращается в нормальное состояние сразу же после получения последней (третьей) задержавшейся поставки — на 20-й день.

2.4. Для случая 2.2.2 требуется определить максимальный срок задержки поставки, который может выдержать модель без перехода в состояние дефицита.

В нашем примере при однократном сбое поставки (см. рис. 11.2) модель с фиксированным размером заказа выдерживает без перехода в состояние дефицита 3 дня задержки и переходит в состояние дефицита только на 16-й день.

2.5. Для случая 2.2.3 требуется определить максимальное число сбоев поставки, которое может выдержать модель управления запасами с фиксированным размером заказа без перехода в состояние дефицита.

Фиксированный размер заказа — без сбоев поставки

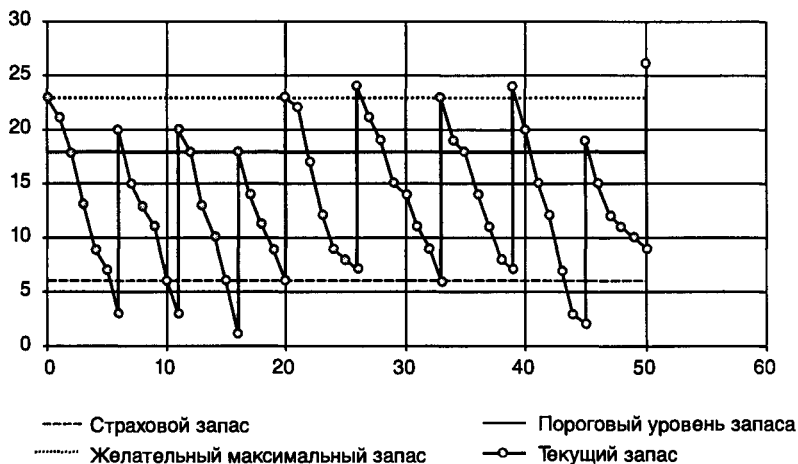


Рис. 11.1. Пример графика движения запаса в модели управления запасами с фиксированным размером заказа без сбоев поставок

В рассматриваемом примере в случае многократных сбоев поставок (см. рис. 11.3) модель с фиксированным размером заказа выдерживает без перехода в состояние дефицита только один сбой.

Фиксированный размер заказа — однократный сбой поставки

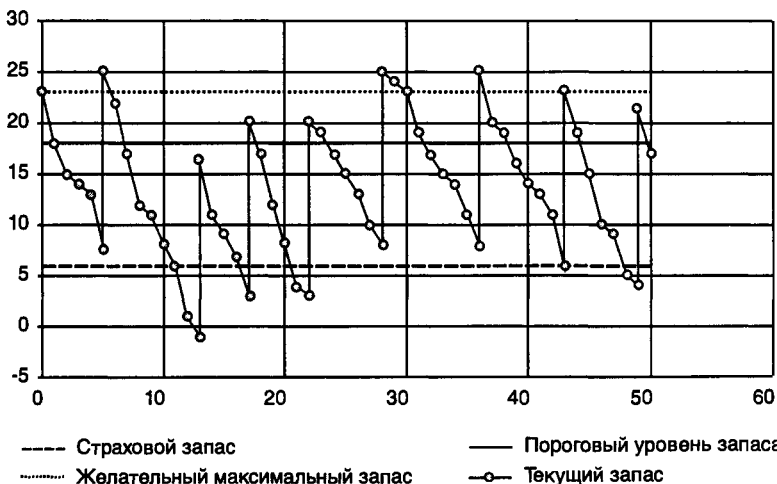


Рис. 11.2. Пример графика движения запаса в модели управления запасами с фиксированным размером заказа с единичным сбоем поставки

Фиксированный размер заказа — многократные сбои поставки

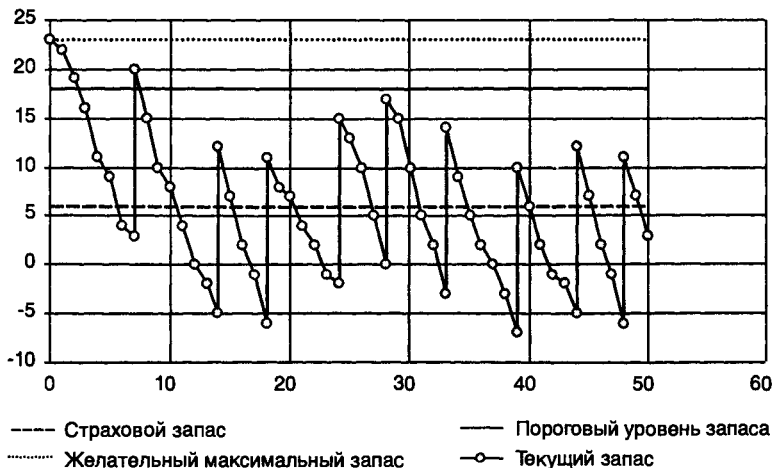


Рис. 11.3. Пример графика движения запаса в модели управления запасами с фиксированным размером заказа с неоднократными сбоями поставок

Во время ожидания второй задержавшейся поставки система перейдет в состояние дефицита на 13-й день.

Совместное рассмотрение полученных в шаге 2 результатов помогает подготовить предложения по новому алгоритму работы с запасами, в котором будут отражены особенности конкретной ситуации.

Шаг 3. Имитация движения запаса с фиксированным интервалом времени между поставками

3.1. В рамках второй и последней классической модели управления запасами требуется провести расчет параметров модели с фиксированным интервалом времени между заказами (см. табл. 9.1).

3.2. На основе полученных параметров модели с фиксированным интервалом времени между заказами требуется построить графики движения запаса для случаев:

3.2.1) отсутствия задержек поставок (пример оформления см. на рис. 11.5);

3.2.2) наличия единичного сбоя поставки (рис. 11.6);

3.2.3) наличия неоднократных сбоев поставок (рис. 11.7).

Так же как и при имитации движения запаса при фиксированном размере заказа, анализ графиков движения запаса в модели с фиксированным размером заказа в условиях постоянного усредненного (см. позицию 5 табл. 9.6) и колеблющегося спроса позво-

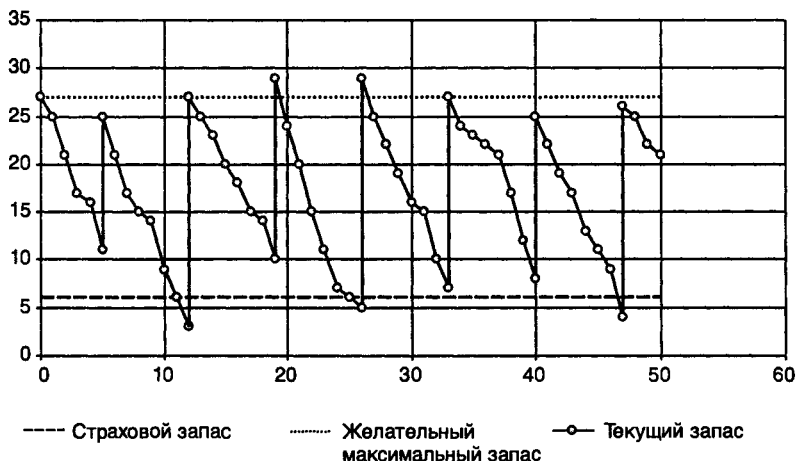


Рис. 11.4. Пример графика движения запаса в модели управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами без сбоев поставок

ляет определить преимущества и недостатки использования логики фиксации размера заказа применительно к отмеченным в позициях 1—4 табл. 9.6 условиям.

3.3. Для случаев 3.2.2 и 3.2.3 требуется оценить срок возврата модели управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами в нормальное состояние, т.е. с полным страховым запасом.

В нашем примере (см. рис. 11.6) модель с фиксированным интервалом времени между заказами при однократном сбое поставки возвращается в нормальное состояние (со страховым запасом) сразу же после получения задержавшейся поставки — на 7-й день.

В случае неоднократных сбоев поставок (см. рис. 11.7) модель с фиксированным интервалом времени между заказами возвращается в нормальное состояние (со страховым запасом) сразу же после получения последней (третьей) задержавшейся поставки — на 21-й день.

3.4. Далее для случая 3.2.2 требуется определить максимальный срок задержки поставки, который может выдержать модель без перехода в состояние дефицита.

В рассматриваемом примере при однократном сбое поставки (см. рис. 11.6) модель с фиксированным интервалом времени между заказами выдерживает без выхода в дефицитное состояние 2 дня задержки и выходит в дефицитное состояние на 8-й день.

Фиксированный интервал времени между заказами — однократный сброс поставки

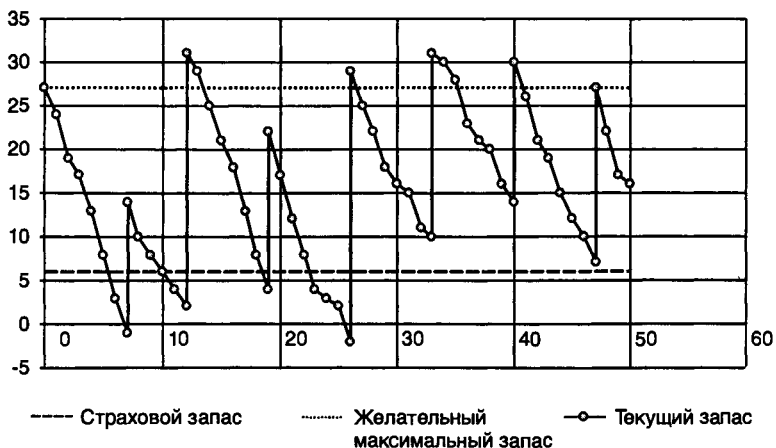


Рис. 11.5. Пример графика движения запаса в модели управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами с однократным сбросом поставки

Фиксированный интервал времени между заказами с многократными сбоями поставок

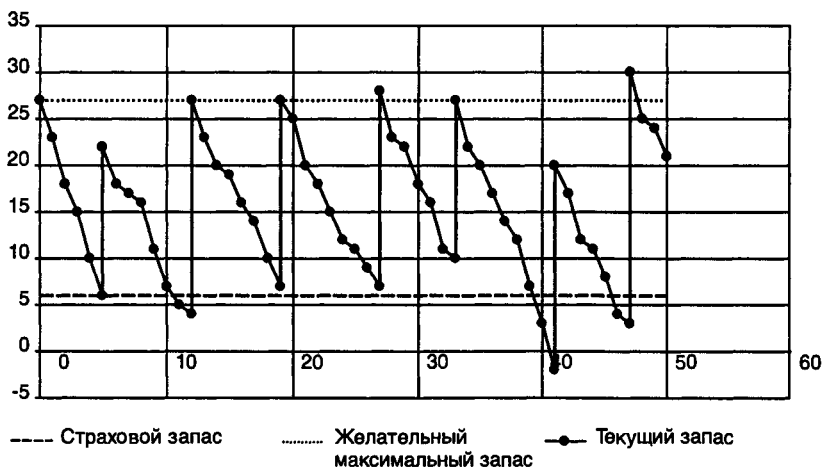


Рис. 11.6. Пример графика движения запаса в модели управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами с неоднократными сбоями поставок

3.5. Для случая 3.2.3 требуется определить максимальное число сбоя поставки, которое может выдержать модель управления запасами с фиксированным интервалом времени между заказами без перехода в состояние дефицита.

В нашем примере при неоднократных сбоях поставок (см. рис. 11.7) модель с фиксированным интервалом времени между заказами выдерживает три сбоя подряд без перехода в состояние дефицита. Во время ожидания четвертой задержавшейся поставки модель перейдет в состояние дефицита на 14-й день.

Совместное рассмотрение полученных в шаге 3 результатов позволяет продумать предложения, которые целесообразно учесть при разработке нового алгоритма работы с запасами, в котором будут отражены особенности конкретной бизнес-ситуации.

Шаг 4. Разработка алгоритма управления запасами

4.1. Используя результаты шагов 2 и 3, можно определить, какая из двух классических моделей управления запасами (с фиксированным размером заказа или с фиксированным интервалом времени между заказами) работает более эффективно в конкретных условиях.

В нашем примере анализ результатов имитации поведения запаса при использовании модели управления запасами с фиксированным размером заказа и модели с фиксированным интервалом

Модифицированная модель

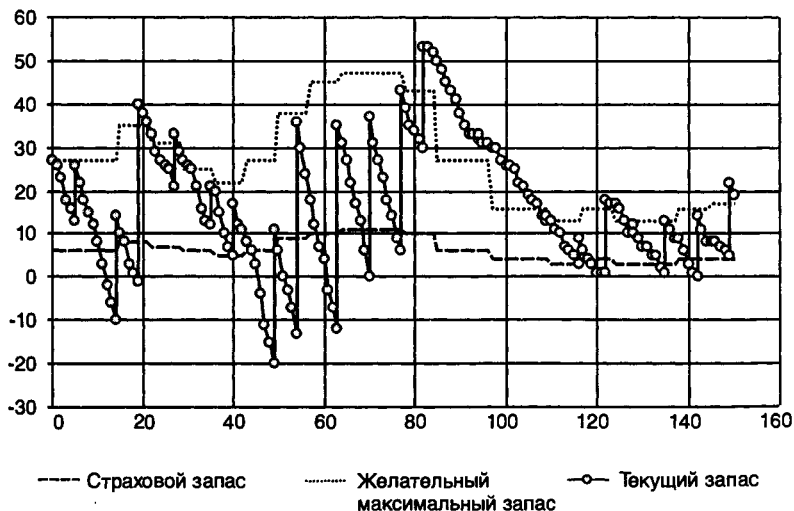


Рис. 11.7. Пример движения запаса в модели с плавающими уровнями страхового и максимального желательного запаса

времени между заказами приводит к выводу о целесообразности использования принципов фиксации интервала времени между заказами.

4.2. Для модели управления запасами, выбранной в предыдущем пункте, следует рассмотреть возможность появления сбоев в потреблении запаса и построить графики, иллюстрирующие все возможные ситуации. На основе проведенных имитаций и анализа их результатов требуется разработать правила, которые могут быть положены в основу разработки нового алгоритма работы с запасом, и дать рекомендации по поддержанию модели в нормальном состоянии (со страховым запасом).

В нашем примере результатом анализа имитации движения запаса в условиях функционирования моделей с фиксированным размером заказа и с фиксированным интервалом времени между заказами стали следующие предложения.

а. Ввести плавающие уровни страхового и максимального желательного уровней запаса. В каждый заданный момент заказа рассчитывать максимальный желательный и страховой уровни запаса с учетом текущего уровня запаса и текущего уровня спроса:

Страховой запас = Время задержки · Начальное ожидаемое потребление.

Максимальный желательный запас = Страховой запас + Начальное ожидаемое потребление · Интервал времени между заказами.

Размер заказа = Максимальный желательный запас – Текущий уровень запаса + Начальное ожидаемое потребление × Время выполнения заказа.

б. Ввести процедуру расчета усредненного спроса за установленный период, называемый горизонтом усреднения. Результатом этих предложений стал алгоритм управления запасами, изображенного на рис. 11.7.

Шаг 5. Разработка инструкции принятия решений по управлению запасами. Завершающим шагом разработки алгоритма управления запасами является подготовка инструкции по контролю за состоянием запаса. Такая инструкция предназначается для работников, ведущих учет и контроль запаса (логистов, товарных менеджеров, операторов, менеджеров по запасам и пр. в зависимости от принятой системы организации управления). Инструкция должна содержать блок-схему алгоритма действий и конкретные указания по

определению моментов заказа и размеров заказа для каждого возможного случая.

В нашем примере предложения, выработанные на шаге 4, привели к получению алгоритма, фрагмент которого представлен блок-схемой на рис. 11.8.

11.3. Классификация элементов моделей управления запасами

Для максимально полной классификации элементов моделей и правил управления запасами в различных организационно-экономических условиях требуются различные критерии. Такими критериями, например, могут быть:

- степень взаимодействия отдела логистики с другими подразделениями компании в решении вопроса управления запасами;
- функции управления — планирование, организация, учет и контроль, степень оперативности принятия решений;
- степень воздействия на систему управления запасами (корректировка расчетных параметров либо изменение всей политики управления запасами);
- субъект реализации корректирующих воздействий (отдел логистики или другие подразделения компании) и др.

Рассмотрим содержание некоторых критериев.

По степени взаимодействия отдела логистики (или специалистов по управлению запасами, товарных менеджеров и пр.) с другими подразделениями компании дополнительные по отношению к классическим моделям управления запасами правила алгоритмов могут быть разделены на две группы:

- 1) действия, не требующие тесного взаимодействия;
- 2) действия, требующие тесного взаимодействия (табл. 11.2).

В классификации табл. 11.1 игнорируется методическая последовательность проведения расчетов и принятия решений при управлении запасами. Выбранный критерий определяет логику рассмотрения возможных правил, позволяющих обновить классические подходы к управлению запасами. Специалисты, связанные с управлением запасами, могут принимать решения самостоятельно, без согласования своих позиций с другими подразделениями, например:

- при оперативном изменении размера заказа на восполнение запаса по результатам текущего анализа уровня потребления

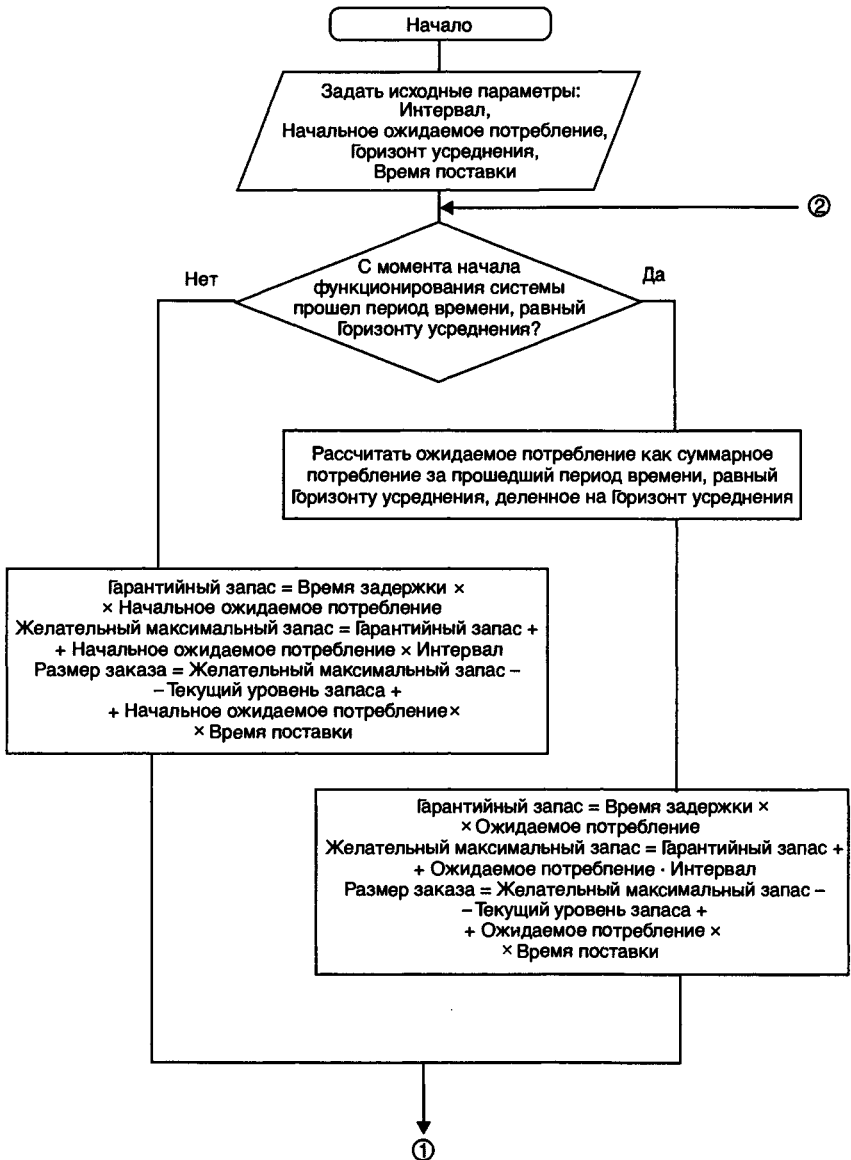


Рис. 11.8. Фрагмент блок-схемы алгоритма управления запасами с плавающими страховым и максимальным желательным уровнями запаса

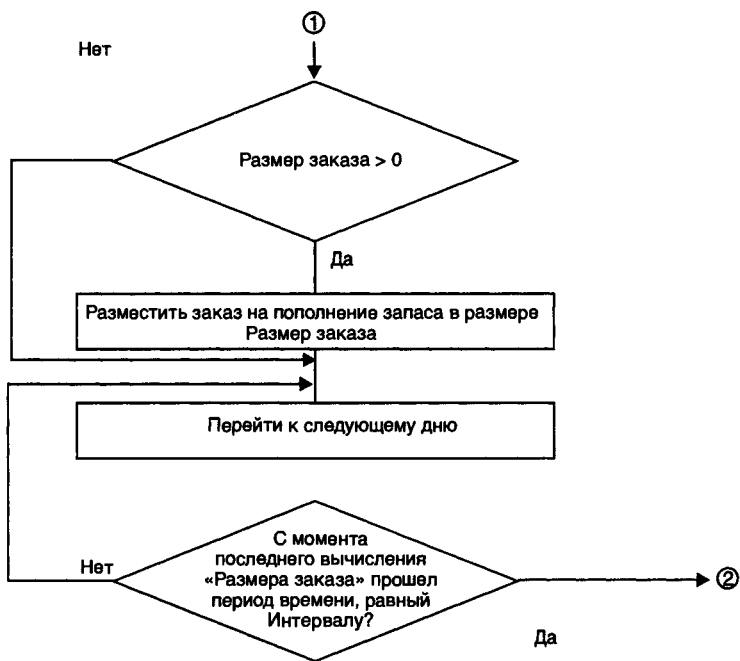


Рис. 11.8 (окончание)

(см. позицию 2.1 «Оперативное изменение размера заказа на восполнение запаса по результатам анализа уровня потребления» табл. 11.1);

- при проведении дополнительного заказа на восполнение запаса (дозаказа) в момент получения информации о задержке поставки (см. позицию 2.2 «Дозаказ в момент получения информации о задержке поставки» табл. 11.1);
- при расчете на основе информации о состоянии спроса нового порогового уровня запаса, страхового и максимального желательного уровней запаса, интервала времени между заказами (см. позиции 2.3 «Плавающие уровни порогового уровня запаса, страхового запаса, максимального желательного запаса» и 2.4 «Плавающий интервал времени между заказами» табл. 11.1) и др.

Напротив, некоторые решения по управлению запасами требуют обязательного согласования действий с несколькими подразделениями компании. Например:

Классификация дополнительных правил алгоритмов управления запасами по степени взаимодействия отдела логистики с другими подразделениями компании

1. Тесное взаимодействие	2. Нет тесного взаимодействия
<ol style="list-style-type: none"> 1. Постоянный контроль за уровнем спроса 2. Согласование оценок прогноза спроса 3. Назначение дополнительного поставщика 4. Развитие тесных взаимоотношений с организациями и звеньями-поставщиками 5. Возможность оперативного изменения условий поставки 6. Подключение лица, принимающего решения (экспертные решения) 7. Использование сложных экономико-математических моделей и др. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оперативное изменение размера заказа на восполнение запаса по результатам анализа уровня потребления 2. Дозаказ в момент получения информации о задержке поставки 3. Плавающие пороговые уровни запаса, страхового запаса, максимального желательного запаса 4. Плавающий интервал времени между заказами 5. Оперативное изменение уровня страхового запаса и др.

- прогнозирование спроса (см. позицию 1.2 «Согласование оценок прогноза спроса» табл. 11.1) при правильной постановке вопроса требует совместного обсуждения вопроса службами маркетинга, продаж, производства и закупок при участии логистов, аналитиков, специалистов по информационным технологиям;
- назначение или выбор дополнительного (страхующего или аварийного) поставщика (см. позицию 1.3 «Назначение дополнительного поставщика» табл. 11.1) проводится при обязательном участии, по крайней мере, отделов закупок (снабжения) и логистики;
- использование в алгоритме работы с запасом экспертных оценок (см. позицию 1.6 «Подключение лица, принимающего решения (экспертные решения)» табл. 11.1), как правило, более эффективно, если в качестве экспертов выступает межфункциональная группа специалистов, представляющих интересов функциональных областей закупок, производства, сбыта (распределения) и финансов и т.д.

По функциям управления дополнительные правила алгоритмов управления запасами могут быть разделены на классы, связанные с процессами планирования, организации, учета и контроля (см. табл. 11.2).

По функциям планирования и организации рассматриваемая классификация, очевидно, является неполной. Организация дей-

Классификация дополнительных правил алгоритмов управления запасами по функциям управления

Функция управления	Правило алгоритма
1. Планирование	1. Увеличение размера заказа на определенное количество товара 2. Плавающий уровень максимального размера запаса 3. Плавающий уровень страхового размера запаса 4. Применение сложных экономико-математических моделей 5. Оценка оптимального уровня глубины прогноза и др.
2. Организация	1. Выдача заказа в момент поставки 2. Выдача заказа в момент задержки поставки 3. Введение дополнительного поставщика 4. Обеспечение оперативной смены поставщика 5. Развитие тесных взаимоотношений с организациями и звеньями-поставщиками 6. Оперативное изменение условий поставок 7. Учет изменения стратегии компании и его влияния на политику управления запасами 8. Подключение лица, принимающего решения (экспертные решения) 9. Обеспечение взаимодействия отдела логистики (специалистов по управлению запасами, товарных менеджеров и пр.) с другими подразделениями компании для принятия совместных решений 10. Смена поставщика 11. Бездефицитное управление
3. Учет	1. Учет запаса в пути 2. Отслеживание уровня спроса 3. Выдача заказа в момент задержки поставки 4. Плавающий пороговый уровень запаса с учетом текущего или прогнозируемого уровня спроса 5. Плавающий уровень страхового запаса с учетом текущего или прогнозируемого уровня спроса 6. Плавающий интервал времени между заказами с учетом текущего или прогнозируемого уровня спроса 7. Учет издержек хранения и дефицита при принятии решения о выдаче заказа на восполнение запаса и др.
4. Контроль	1. Контроль отклонений плавающих уровней порогового, страхового и максимального желательного уровней запаса от нормативных 2. Наличие коридора возможных изменений порогового уровня, максимального желательного запаса и страхового уровня запаса и др.

ствий по управлению запасами часто проводится одновременно с процессом планирования значений их отдельных параметров, поэтому отнесение правил к тому или иному классу является неоднозначным. Например, правило расчета плавающих значений уровней страхового и максимального желательного запаса (см. по-

Классификация дополнительных правил алгоритмов управления запасами по оперативности принятия решений

1. Оперативные	2. Стратегические
<ol style="list-style-type: none"> 1. Использование дополнительного поставщика для экстренных поставок 2. Оперативная корректировка планового заказа на восполнение запаса 3. Оперативное изменение размера заказа на восполнение запаса 4. Выдача заказа на восполнение запаса в момент получения информации о задержке поставки 5. Подключение лица, принимающего решение (экспертные решения) 6. Учет изменения уровня спроса в расчете значений порогового уровня запаса, максимального желательного уровня запаса и страхового запаса 7. Оперативное изменение условий поставки 8. Плавающий пороговый уровень запаса, максимальный желательный и страховой запасы 9. Плавающий интервал времени между заказами на восполнение запаса 10. Корректировка уровня глубины прогноза и др. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Организация учета отгрузок, продаж и уровня спроса 2. Организация взаимодействия отдела логистики (специалистов по управлению запасами, товарных менеджеров и пр.) с другими подразделениями компании 3. Учет запаса в пути 4. Организация тесного взаимодействия с организациями и звеньями-поставщиками 5. Стратегическое изменение условий поставки 6. Определение порогового уровня запаса, максимального желательного и страхового уровней запаса 7. Определение интервала времени между заказами на восполнение запаса и др.

зиции 1.2 «Плавающий уровень максимального размера запаса» и 1.3 «Плавающий уровень страхового размера запаса» табл. 11.2), так же как и связанные с ними плавающие значения точки нового заказа и интервалов времени между заказами, имеют довольно серьезные организационные аспекты и поэтому могут быть отнесены к классу функций организации.

Значительно более хорошее состояние в рассматриваемой классификации групп по функциям учета и контроля. Отмеченные выше правила плавающих уровней запаса (см. позицию 3.4 «Плавающий пороговый уровень запаса с учетом текущего или прогнозируемого уровня спроса», позицию 3.5 «Плавающий уровень страхового запаса с учетом текущего или прогнозируемого уровня спроса» и позицию 3.6 «Плавающий интервал времени между заказами с учетом текущего или прогнозируемого уровня спроса»

табл. 11.3) имеют явно выраженную учетную составляющую, связанную с обеспечением учета текущего или прогнозируемого спроса. В то же время нельзя не отметить, что в данном случае не менее важна и организация учета информации.

По оперативности принятия решений дополнительные правила алгоритмов управления запасами можно разделить на группы оперативных и стратегических правил (табл. 11.3).

Рассматриваемая классификация позволяет разделить правила доработки классических алгоритмов управления запасами на две группы. **Группа правил оперативного характера** (например, позиция 1.1 «Использование дополнительного поставщика для экстренных поставок», позиция 1.2 «Оперативная корректировка планового заказа на восполнение запаса», позиция 1.3 «Оперативное изменение размера заказа на восполнение запаса» и пр. табл. 11.3 может рассматриваться с организационной стороны — она соответствует низовому и среднему уровню управления и не требует согласования с вышестоящими руководителями, так как принятые решения не имеют долгосрочного влияния на развитие ситуации обслуживания потребителя. В частности, правила позиции 1.5 «Включение в алгоритм действий лица, принимающего решение (экспертных оценок)», позиции 1.6 «Учет изменения уровня спроса в расчете значений порогового уровня запаса, максимально желательного уровня запаса и страхового запаса», позиции 1.7 «Оперативное изменение условий поставки», позиции 1.8 «Плавающий пороговый уровень запаса, максимально желательный и страховой запасы», позиции 1.9 «Плавающий интервал времени между заказами на восполнение запаса», позиции 1.10 «Корректировка уровня глубины прогноза» и др. табл. 11.3 касаются действий в рамках отдельно взятого цикла управления запасом.

Группа стратегических правил может рассматриваться как группа долгосрочного характера. Все правила этой группы имеют общий организационный или нормативный характер. Решения по этим правилам требуют участия руководителей служб и подразделений, которые должны обеспечить межфункциональное согласование последствий их применения. Это касается позиции 2.1 «Организация учета отгрузок, продаж и уровня спроса», позиции 2.2 «Организация взаимодействия отдела логистики (специалистов по управлению запасами, товарных менеджеров и пр.) с другими подразделениями компании», позиции 2.3 «Учет запаса в пути», позиции 2.4 «Организация тесного взаимодействия с организациями и звеньями-поставщиками» табл. 11.3.

Все однокритериальные классификации дополнительных к классическим правилам алгоритмов управления запасами, как видно из приведенного выше материала, являются недостаточными для превращения классификации правил в действенный инструмент проектирования новых алгоритмов управления запасами.

Результаты попыток провести многокритериальные классификации правил алгоритмов управления запасами представлены в табл. 11.4, где все правила разделены на следующие группы:

- 1) расчетно-методические правила;
- 2) правила внутрифирменного межфункционального взаимодействия;
- 3) правила межорганизационного взаимодействия с внешними контрагентами.

Несмотря на многоплановость предложенного разделения, критерий классификации можно определить как уровень интеграции управления запасами. Соответственно, первая группа правил имеет операционный уровень интеграции управления, вторая — межфункциональный, третья — межорганизационный.

1. **Правила расчетно-методического характера** касаются вопросов методики расчета параметров моделей управления запасами и разделены на две подгруппы в соответствии с двумя ключевыми возможностями управления запасами — через манипуляцию размером заказа (см. позицию 1.1 «Расчет размера заказа на восполнение запаса» табл. 11.4) и через манипуляцию интервалом времени между заказами или частотой выдачи заказа (см. позицию 1.2 «Корректировка частоты выдачи заказов на восполнение запаса»). По существу, эта группа правил имеет операционный характер и требует непосредственного включения в алгоритм работы с запасом.

2. **Правила межфункционального взаимодействия** могут быть разделены по характеру используемой для принятия решений информации на подгруппы эмпирического, учетного и превентивного характера (см. позиции 2.1 «Эмпирические действия», 2.2 «Учетные действия» и 2.3 «Превентивные действия» табл. 11.4).

2.1. **Межфункциональные эмпирические правила** выделены в отдельную группу в связи с тем, что они могут быть разработаны на основе анализа результатов имитационного моделирования и представляют собой попытку отреагировать на сложившуюся текущую (эмпирическую) ситуацию. Такими правилами, например, являются:

- выдача заказа в момент задержки поставки;

- выдача откорректированного размера заказа в момент получения плановой поставки;
- изменение порогового уровня запаса с учетом текущего изменения спроса и пр. (см. позиции 2.1 табл. 11.4).

Для корректного выполнения этих правил требуется налаженное информационное взаимодействие таких подразделений и служб предприятия, как отдела закупок (снабжения), продаж (коммерческого отдела), логистики, маркетинга.

2.2. Межфункциональные учетные правила касаются организации работы подразделений, связанных с реализацией функции учета в областях, связанных с движением материальных потоков. К ним относятся, например, организация учета текущего спроса, сбоев поставок и прочая информация, непосредственно сказывающаяся на изменении текущего уровня запаса (см. позицию 2.2 табл. 11.4).

2.3. Группа межфункциональных превентивных правил в отличие от реактивного характера двух ранее рассмотренных групп класса межфункциональных правил имеет проактивный характер и позволяет предугадать будущие изменения условий движения материальных потоков и запаса на основе как формализованной, так и частично формализованной (неформализованной) информации. К таким правилам можно отнести, например:

- участие лица, принимающего решение (экспертные решения) при изменении параметров модели;
- корректировка размера заказа с учетом имеющейся информации;
- оценка оптимального уровня глубины прогноза;
- предварительный расчет возможных комбинаций параметров моделей и пр. (см. позицию 2.3 табл. 11.4).

3. Правила межорганизационного взаимодействия выделяются на основе того, что все они предполагают согласование действий не только подразделений и служб организации, содержащей запас, но и ее контрагентов — поставщиков и потребителей. В первую подгруппу относятся правила, относящиеся к организации работы с поставляющими звеньями цепи поставки, во вторую — с потребляющими звеньями цепи поставки (см. позицию 3.1 «Работа с поставляющими звеньями цепи поставки» и позицию 3.2 «Работа с потребляющими звеньями цепи поставки» табл. 11.4). Так как внешние поставляющие и потребляющие звенья оказывают влияние на состояние запаса в организации, реализация этих правил должна быть возложена на службу логистики, которая является

Вариант многоплановой классификации правил алгоритмов управления запасами

1. Правила расчетно-методические	2. Правила межфункционального взаимодействия	3. Правила межорганизационного взаимодействия
<p>1. Корректировка размера заказа:</p> <ul style="list-style-type: none"> - изменение размера заказа на основе экспертных оценок; - учет запаса в пути; - скорректированный заказ в зависимости от потребления, времени выполнения заказа и времени задержки поставки; - фиксация возможных колебаний размера заказа и пр. <p>2. Корректировка частоты выдачи заказа:</p> <ul style="list-style-type: none"> - выдача заказ в момент получения информации о задержке поставки; - выдача заказа при достижении страхового уровня запаса; - изменение частоты подачи заказа в зависимости от колебания спроса; - введение порогового уровня в модель с фиксированным интервалом времени между заказами; - определение плавающих значений МЖЗ, ПУ и ГЗ; - введение неснижаемого размера запаса и пр. 	<p>1. Эмпирические:</p> <ul style="list-style-type: none"> - выдача заказа в момент задержки поставки; - выдача заказа скорректированного размера в момент получения плановой поставки; - изменение порогового уровня запаса с учетом изменения спроса; - корректировка размера заказа на восполнение запаса по прогнозу спроса и пр. <p>2. Учетные:</p> <ul style="list-style-type: none"> - учет текущего спроса; - учет информации о сбоях в поставках и пр. <p>3. Превентивные:</p> <ul style="list-style-type: none"> - участие лица, принимающего решение (экспертных оценок) при изменении параметров модели; - корректировка размера заказа с учетом имеющейся информации; - оценка оптимального уровня глубины прогноза; - предварительный расчет возможных комбинаций параметров моделей и пр. 	<p>1. Работа с поставляющими звеньями цепи поставки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - введение дополнительного или страхового поставщика; - смена поставщика; - корректировка условий поставки; - получение информации о состоянии исполнения заказа и пр. <p>2. Работа с потребляющими звеньями цепи поставки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - отслеживание объема продаж; - прогнозирование спроса на период и пр.

одним из основных координирующих межфункциональных подразделений.

Возможны и другие подходы к классификации правил, позволяющих развить содержание классических моделей управления запасами с фиксированным размером заказа и с фиксированным интервалом времени между заказами. Любая такая попытка, безусловно, позволит получить новое видение возможностей совершенствования алгоритмов управления запасами. Главное же — чтобы управление запасами представляло собой строгую и методически продуманную последовательность действий, гарантирующую достижение поставленных результатов.

Вопросы для самопроверки к главе 11

1. Какими причинами вызвана необходимость доработки классических моделей управления запасами?
2. Попытайтесь объяснить, почему для любой заданной ситуации можно разработать оптимальную систему управления запасами.
3. Свяжите содержание процесса проектирования алгоритма управления запасами и процедуру управления запасами.
4. Изложите методику проектирования алгоритма управления запасами.
5. В чем состоят особенности моделей управления запасами в логистических системах при наличии рисков?
6. Перечислите основные реквизиты, необходимые для информационного обеспечения управления запасами в организации.
7. В чем состоит особенность управления запасами в реальном масштабе времени?
8. Чем определяются границы повышения надежности функционирования логистической системы за счет совершенствования управления запасами?
9. Объясните, почему расчет оптимального размера заказа является первым шагом проектирования алгоритма управления запасами?
10. Для каких целей разрабатывается инструкция принятия решений по управлению запасами?
11. Перечислите направления деятельности, которые сказываются на движении запаса.
12. Каким образом взаимодействие отдела логистики (или иного подразделения, ответственного за движение запаса) с другими подразделениями компании влияет на движение запасов и принятие решений по управлению ими?

13. Качество реализации каких функций управления влияет на движение запасов и методы принятия решений по управлению ими?
14. Влияет ли скорость принятия решений на состояние запаса звена цепи поставки? Если да, то каким образом?
15. Каким образом стратегия развития организации может быть учтена в алгоритме управления запасами?
16. Назовите правила, которые могут быть использованы в алгоритмах управления запасами.
17. Какие подразделения организации ответственны за налаживание межфункционального взаимодействия? Какие подразделения организации могут быть задействованы в разработке алгоритма управления запасами?
18. Приведите примеры влияния межорганизационного взаимодействия на состояние запаса звена цепи поставки.
19. Какие звенья цепи поставки (поставляющие или потребляющие) оказывают наиболее существенное влияние на состояние запаса организации?
20. Каким образом в алгоритме управления звена цепи поставки может быть учтено межорганизационное взаимодействие?

Список дополнительной литературы к главе 11

1. *Бауэрсокс Д. Дж., Клосс Д. Дж.* Логистика: Интегрированная цепь поставок. М.: Олимп-Бизнес, 2001.
2. *Джонсон Дж.* и др. Современная логистика. 7-е изд.: Пер. с англ. М.: Вильямс, 2002.
3. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / Под общ. ред. проф. В.И. Сергеева. М.: ИНФРА-М, 2004.
4. *Кристофер М.* Логистика и управление цепями поставок. СПб.: Питер, 2004.
5. *Линдерс М.Р., Харольд Е.Ф.* Управление снабжением и запасами. Логистика: Пер. с англ. СПб.: Полигон, 1999.
6. Логистика: Учебник / Под. ред. Б.А. Аникина. 3-е изд., перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 2001.
7. Практикум по логистике: Учеб. пособие / Под ред. Б.А. Аникина. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 2002.
8. *Шрайбфедер Дж.* Эффективное управление запасами. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005.

ГЛАВА 12

УПРАВЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫМИ ГРУППАМИ ПОЗИЦИЙ ЗАПАСОВ

Управление запасами требует разделения номенклатуры запаса на отдельные группы. Кроме градации запаса по видам необходимо выделить позиции запаса, которые имеют различную степень влияния на результаты деятельности, а также различный отклик на управленческие воздействия. Для решения этой задачи используются *ABC*- и *XYZ*-классификации (см. п. 12.1 и 12.2).

12.1. Управление группами *A*, *B*, *C*

ABC-классификация, или метод *ABC*, известный также как метод или закон Парето, а также закон 80 : 20, является хорошо развитым инструментом классификации номенклатуры запаса в целях выявления степени воздействия состояния запаса на результаты деятельности организации. За последние 20 лет этот метод претерпел значительные изменения, поэтому можно говорить о классическом порядке *ABC*-классификации (см. подп. 12.1.1) и ее современных модификациях (см. подп. 12.1.2).

12.1.1. Классический порядок *ABC*-классификации

Обратимся к классическому порядку проведения *ABC*-классификации.

Пример 12.1. Расчет классификации *ABC*

В табл. 12.1 представлена классификация *ABC* на примере номенклатуры закупаемых товарно-материальных ценностей нефтедобывающего холдинга.

Классификация *ABC* требует наличия классификатора номенклатуры запаса (см. столбец 1 табл. 12.1). Для последующего заполнения таблицы требуется реализовать ряд этапов.

1. Выбор критерия классификации.
2. Расчет нарастающего итога значения критерия классификации.
3. Выделение классификационных групп.

1. *Первый этап* — выбор критерия классификации — является единственным неформализованным шагом. Выбор критерия зависит прежде всего от стратегии компании.

Для каждого функционального подразделения (или функциональных областей) организации действующая стратегия может

Пример проведения АВС-классификации

Наименование	Цена закупки, тыс. руб.	Удельный вес, %	Нарастающий итог, %	Группа
Трубы	10 050	31,18	31,18	А
Электрические двигатели	4213	13,07	44,25	А
Автомшины	3130	9,71	53,96	А
Спецодежда	3000	9,31	63,27	А
Кабель	2618	8,12	71,39	А
Трубные заготовки высокого давления	1780	5,52	76,91	А
Автозапчасти	1120	3,47	80,38	В
Запорная арматура	1040	3,23	83,61	В
Масла дизельные	805	2,5	86,11	В
Инструмент для ЦКПРС	700	2,17	88,28	В
Хлоркальций жидкий	555	1,72	90	С
Запасные части к ЭЦН	500	1,55	91,55	С
Плавиковая кислота	461	1,43	92,98	С
Автошины	371	1,15	94,13	С
Арматура АНК 65×210	354	1,1	95,23	С
Светотехническая аппаратура	300	0,93	96,16	С
С-22 фирмы «Клиф-Морс»	230	0,71	96,87	С
Канат талевый	225	0,7	97,57	С
Газосепаратор 1МНГ 5	223	0,69	98,26	С
Барит утяжелитель	114	0,35	98,61	С
Задвижка ЗМС 65×210	97	0,3	98,91	С
Электроды	87	0,27	99,18	С
Цемент ПЦТ до 50	56	0,17	99,35	С
Цемент ПЦТ до 100	50	0,16	99,51	С
Соляная кислота	42	0,13	99,64	С
Бентонит ПБМБ	34	0,11	99,75	С
Смазка ВНИИНП-282	27	0,08	99,83	С
Долото Д 214,3 ИСМТ	25	0,08	99,91	С
Проволока для УДС Д = 1,8 мм	21	0,07	99,98	С
Клей КМЦ	3	0,01	99,99	С
Итого	32 231	99,99	—	—

быть связана со специфической работой данного подразделения. Например, стратегия удержания рынка за счет расширения ассортимента ряда продукции на этапе закупок может быть достигнута за счет экономии затрат на закупку и транспортных расходов, в сфере производства — сокращения запаса незавершенного производства, в сфере продаж — с повышением уровня обслуживания заказов потребителей и ростом прибыли от реализации.

Выбор критерия ABC-классификации, таким образом, требует совместного обсуждения этого вопроса службой логистики (или иным подразделением, отвечающим за движение запаса), руководителями высшего уровня и руководителями подразделений, связанных друг с другом логистической цепью движения материального потока. Будет ли на предприятии использоваться один или несколько (для каждой функциональной области логистики — свой) критериев классификации — задача, связанная с реализацией стратегии предприятия. Недостаток внимания к этому этапу классификации сведет на нет все усилия использовать этот инструмент в практике управления деятельностью организации в целом.

В качестве критериев классификации могут выступать:

- цена закупки;
- прибыль от продаж;
- доля прибыли;
- доход от продаж;
- доля в обороте;
- рентабельность продаж;
- средний уровень запаса в тех или иных единицах;
- доля в созданных запасах;
- период (скорость) оборота запаса и т.п.

2. *Второй этап* ABC-классификации включает расчет нарастающего итога значения критерия классификации по номенклатурным позициям (см. столбец 3 табл. 12.1).

Удельный вес значения конкретного критерия классификации рассчитывается как отношение значения критерия каждой позиции к итоговой сумме значения критерия классификации второго столбца. Например, для строки «Трубы» значение третьего столбца рассчитано следующим образом:

$$10050 / 32231 = 31,18\%.$$

Для строки «Электрические двигатели»:

$$4213 / 32231 = 13,07\% \text{ и т.д.}$$

Четвертый столбец табл. 12.1 получается следующим образом. Удельный вес первой позиции номенклатуры переписывается в столбец нарастающего итога (см. 3-й и 4-й столбцы первой строки табл. 12.1). Для последующих номенклатурных позиций производится суммирование нарастающего итога предыдущей позиции с удельным весом текущей позиции. Так, например, для позиции «Электрические двигатели» нарастающий итог рассчитан как сумма 31,18 (нарастающий итог предыдущей позиции) и 13,07 (удельный вес текущей позиции):

$$31,18 + 13,07 = 44,25\%.$$

Далее для строки «Автомшины» нарастающий итог равен

$$44,25 + 9,71 = 53,96\% \text{ и т.д.}$$

3. *Третий этап* — выделение групп классификации — в классическом *ABC*-методе проводится на основе закона Парето, утверждающего, что 80% значений качественного критерия определяется 20% количества выбранной совокупности объектов. В нашем примере (см. последний столбец табл. 12.1) позиции, имеющие до 80% нарастающего итога критерия классификации, отнесены к группе *A*. В группу *B* включены позиции, имеющие от 80 до 90% нарастающего итога. Оставшиеся номенклатурные позиции включены в группу *C*.

12.1.2. Современный подход к *ABC*-классификации

Метод *ABC*-классификации в последние десятилетия претерпел значительные изменения в связи с бурным развитием бизнеса и экономико-математических исследований. Эти изменения коснулись всех этапов реализации метода *ABC*.

Особенность *ABC*-классификации на первом этапе (выявление критерия классификации) состоит в том, что современная бизнес-ситуация не может быть описана единственным критерием. Зачастую требуется от двух до четырех критериев.

Как провести *ABC*-классификацию в таком случае, учитывая, что классический алгоритм классификации, представленный в табл. 12.1, дает возможность использования только одного из них? Для этого можно воспользоваться одним из трех предложений.

1. При очень широком круге позиций запаса (десятки и сотни тысяч единиц) хороший результат дает *механизм последовательного использования критериев*. Первоначально классификация выполняется по наиболее существенному критерию. Затем для группы *A* проводится классификация по второму критерию и т.д.

Последовательная классификация приводит к относительно немногочисленному составу группы *A*, которая дает возможность сконцентрировать усилия управленческого персонала на повышении эффективности решений применительно к этой наиболее важной группе номенклатуры запаса.

2. Можно провести *ABC*-классификации для каждого критерия отдельно (параллельно), а затем методом парных сравнений определить совокупности номенклатурных позиций, входящих в группу *A*, *AB*, *BC* и *C* во всех проведенных классификациях. **Параллельная классификация** более трудоемкая и не позволяет значительно сузить численность выделяемых групп, но дает обширную информацию об особенностях каждой из групп номенклатуры.

3. Третий подход заключается в **формировании синтетического критерия классификации**. Для каждого выбранного критерия классификации определяется удельный вес, соответствующий значимости данного критерия в реализации стратегии предприятия. Например, пусть выбраны три критерия классификации:

- закупочная цена единицы запаса (*Ц*);
- рентабельность продажи единицы запаса (*P*);
- период оборота единицы запаса данной номенклатуры (*O*).

Пусть в результате согласования стратегии и позиций руководителей служб и подразделений определены следующие весовые коэффициенты критериев (табл. 12.2).

Таблица 12.2

Весовые коэффициенты критериев классификации

№ п/п	Критерий	Весовой коэффициент
1	Закупочная цена единицы продукции (<i>Ц</i>)	0,3
2	Рентабельность продажи единицы запаса (<i>P</i>)	0,5
3	Период оборота запаса (<i>O</i>)	0,2
	<i>Итого</i>	1,0

Следует провести расчет синтетического критерия классификации для каждой позиции номенклатуры по образцу, приведенному в табл. 12.3.

Суммирование получившихся значений при определении значения синтетического критерия (см. последний столбец табл. 12.2).

Таблица 12.3 не имеет экономического смысла, но дает возможность одним числом охарактеризовать каждую номенклатурную позицию, включенную в классификацию, и провести *ABC*-класси-

Расчет синтетического критерия классификации

№ п/п	Наименование позиции	Значение критерия			Весовой коэффициент			Значение синтетического критерия
		Ц, руб./ед.	Р, %/ед.	О, дни	Ц	Р	О	
1	xxxxxx1	30	10	30	0,3	0,5	0,2	20
2	xxxxxx2	45	9	24	0,3	0,5	0,2	22,8
3	xxxxxx3	18	18	45	0,3	0,5	0,2	23,4
...

фикацию по классической схеме с использованием одного критерия классификации (см. табл. 12.1).

Второй этап ABC-классификации — расчет нарастающего итога критерия классификации — четко формализован.

В связи с множественностью используемых критериев классификации иногда встает задача сортировки таблицы ABC. Показатели в табл. 12.1, иллюстрирующей классический алгоритм ABC-классификации, сортированы по значению критерия классификации (см. столбец 2). Выбор направления классификации (по возрастанию или по убыванию) определяется экономическим содержанием критерия классификации. В табл. 12.1 сортировка позиций номенклатуры запаса проведена по убыванию, так как экономия на закупке требует наибольшего внимания к позициям с высокой закупочной ценой (будущая группа A классификации).

Критерий скорости оборота или периода оборота запаса может потребовать сортировки по возрастанию значения критерия, так как в группу A по общепризнанной логике должны включаться позиции, имеющие максимальную частоту заявок на обслуживание потребителей. Возможны и другие подходы.

Третий этап ABC-классификации — выделение групп классификации — в классическом подходе основывается на предположении, что закон Парето действует в сфере бизнеса и, в частности, проявляется в статистике движения запаса. Практика зарубежных предприятий и анализ статистики отечественных предприятий показывают, что это не так. Закон Парето не отражает объективной взаимосвязи между качественными характеристиками и номенклатурными позициями запаса. Следовательно, популярное соотношение 80 : 20 не следует применять автоматически при проведении ABC-классификации в управлении запасами. Целесооб-

разно использовать экспертный или эмпирический подход определения границы групп, в которых рекомендуемые значения качественных границ групп классификаций определяются специалистами, исходя из особенностей сферы бизнеса и группы номенклатуры.

Кроме того, сомнительно утверждение, что *ABC*-классификация должна включать 3 группы. Данные табл. 12.1 показывают, что группа *C*, очевидно, должна быть подвергнута дальнейшему делению. Почти половина группы *C* (до позиции «Электроды») накапливает проценты нарастающего итога. Начиная с позиции «Электроды» и до конца таблицы идет накопление сотых долей процентов нарастающего итога. Если группа *C* предполагает минимальный контроль и внимание со стороны менеджеров, то таковой является в действительности группа *D*, включающая позиции от «Электроды» и ниже.

Таким образом, современный бизнес заставляет не только изменять классический образец проведения *ABC*-классификации по границам групп, но и ставить вопрос о количестве групп классификации при *ABC*-подходе.

ABC-метод привлекателен объективностью группирования номенклатуры запаса на значимые позиции. Следовательно, при решении вопроса о числе и границах групп следует прибегать не к экспертным оценкам, а к максимально формализованным процедурам. Популярным инструментом является метод построения кумулятивной кривой (линии нарастающего удельного веса). Он заключается в построении на базе таблицы *ABC*-классификации графика кривой взаимосвязи качественных и количественных значений. Такая кривая, соответствующая примеру табл. 12.1, приведена на рис. 12.1. Далее необходимо соединить прямой крайние точки кривой и найти точку касания параллельной полученной прямой линии. Эта точка будет определять группу номенклатуры, для которой характер накопления качественного критерия однороден. Эта точка определит границы группы *A* (рис. 12.2). Далее процедура повторяется, соединяется прямой начальная и конечная точки оставшейся части кривой и фиксируются границы следующей группы, проводя прямую, параллельную получившейся прямой в точке касания с кривой.

Описанный алгоритм позволяет автоматически определять границы и число групп, но не исключает анализа получившейся классификации руководителем или специалистом в целях внесения необходимых корректив. Тем не менее акцент на максимальную

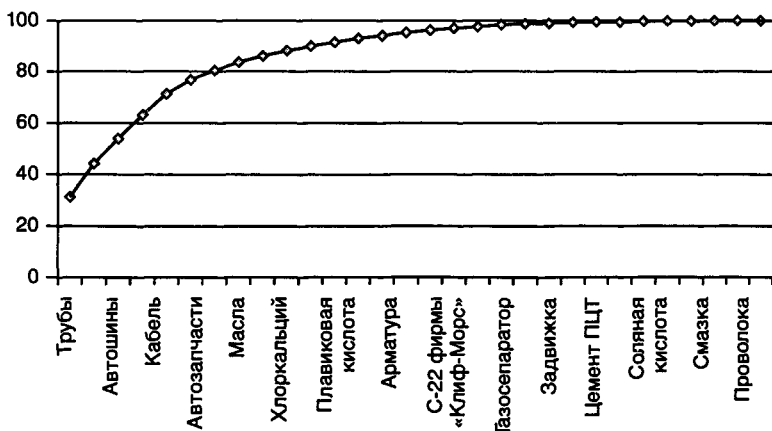


Рис. 12.1. Иллюстрация ABC-классификации по табл. 12.1

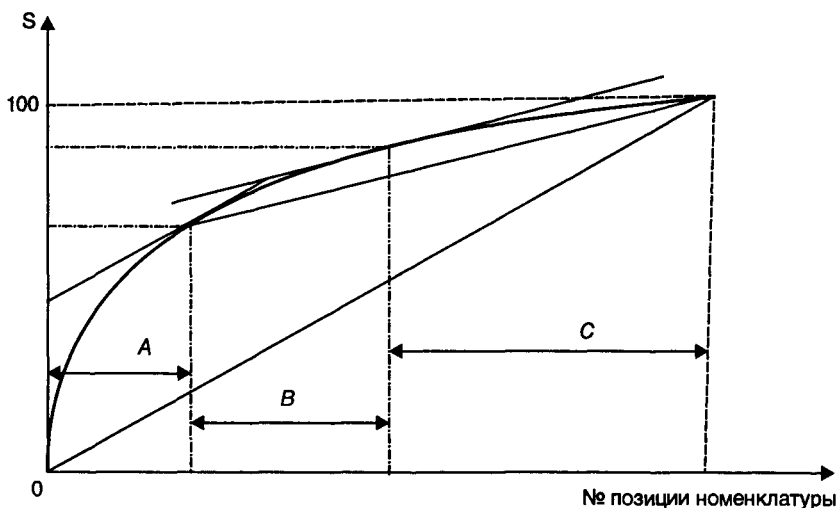


Рис. 12.2. Иллюстрация определения числа и границ групп ABC-классификации

объективность аналитической процедуры дает гарантии эффективного применения классификации в будущем.

Вполне приемлем *эмпирический подход* к выделению групп ABC-классификации. Может быть выделено, например, 50, 100 или 500 наиболее приоритетных позиций, которые именуются группой A. Значение нарастающего итога критерия классификации в данном случае не рассматривается.

Другим вариантом эмпирического выделения группы является определение, например, 60, 70, 75 или 80% нарастающего итога критерия классификации как границы группы *A* и соответствующих интервалов границ групп *B*, *C* и т.д.

Следует отметить, что, хотя использование каждого из рекомендуемых подходов к выделению групп и их границ в классификации *ABC* дает различные результаты, это не снижает практическую значимость каждого из подходов в определении приоритетных номенклатурных позиций при управлении запасами.

Итак, современные подходы к *ABC*-классификации требуют внимания к следующим вопросам.

1. Выбор критерия классификации в связи с реализуемой предприятием стратегией и соответствующий мониторинг состава критериев и их значений.

2. Использование более одного критерия классификации.

3. Невыполнение закона 80 : 20 в сфере управления запасами.

4. Использование экспертного (эмпирического) метода и метода построения кумулятивной кривой для определения числа и границ групп *ABC*-классификации.

12.1.3. Примеры состава групп *ABC*-классификаций

Иллюстрация разнообразия возможного состава *A*, *B* и *C* групп (вне зависимости от количества групп — их, как правило, бывает от 3 до 6 — основное внимание уделяется первым трем группам) приведена в табл. 12.4. В ней представлены результаты классификации номенклатуры запаса ряда отечественных и зарубежных предприятий. Как видно из таблицы, колебания границ группы *A* существенны и составляют от 65 до 89% значения накопленного качественного критерия (рис. 12.3а). В свою очередь, группа *B* имеет границы в диапазоне от 10 до 25% (рис. 12.3б), а группа *C* — от 1 до 10%. Подобный разброс указывает на разнообразие бизнес-ситуаций и невозможность ориентироваться на единственное, зафиксированное как универсальное, соотношение границ групп классификаций по накопленному значению качественного критерия.

По числу номенклатурных позиций групп *A*, *B* и *C* имеется обратное соотношение (рис. 12.4): численность группы *A* минимальна во всех вариантах проведенных классификаций, численность *C* — максимальна. Таким образом, общая идея *ABC*-классификации, столь привлекательная в классическом варианте, остается без изменения: метод *ABC* позволяет объективно определить номенклатуру запаса, требующую максимального внимания специалистов

Иллюстрация границ групп ABC-классификации на примере ряда предприятий

<i>Общая характеристика</i>	<i>A, %</i>	<i>B, %</i>	<i>C, %</i>
Вариант 1			
Доля в суммарной стоимости запаса	75–80	15–20	5–10
Доля в единицах запаса	10–15	20–25	60–70
Вариант 2			
Доля в суммарном качественном критерии	65	25	10
Доля в единицах запаса	15	30	55
Вариант 3			
Доля в суммарном качественном критерии	65–80	20–30	10–15
Доля в единицах запаса	10–20 (15)	20–35	50–70
Вариант 4			
Доля уровня обслуживания	95	85	75
Вариант 5			
Доля в объеме продаж	70	20	10
Доля уровня обслуживания	98	90	85
Вариант 6			
Доля в суммарной стоимости запаса	80	15	5
Доля в единицах запаса	10	40	50
Вариант 7			
Доля в единицах запаса	20	40	40
Доля в объеме продаж	89	10	1
Уровень обслуживания	90	90	90
Уровень страхового запаса	78	19	3

из-за качественного влияния на деятельность организации, при этом ограничивая область управления до эффективного минимума.

12.1.4. Рекомендации по управлению группами запаса ABC-классификации запасов

Следующий вопрос в практическом использовании ABC-классификации: какие конкретные рекомендации могут быть даны при управлении запасами A, B и C групп? Могут ли быть такие рекомендации универсальными для различных сфер бизнеса и различных предприятий? Ответ однозначен — да, рекомендации по управлению запасами номенклатуры при ABC-классификации имеют универсальный характер. Именно этим и объясняется популярность этого инструмента: ABC-классификация позволяет

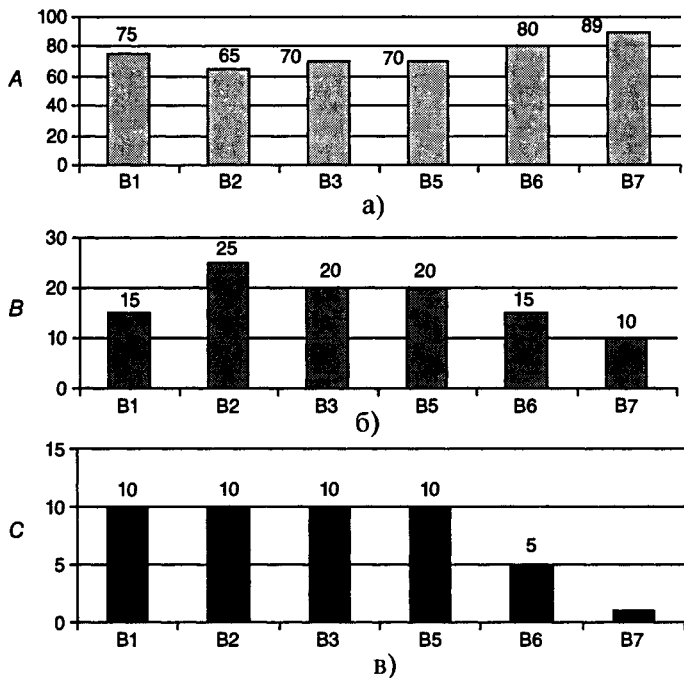


Рис. 12.3. Соотношения групп А, В, и С по накопленным значениям качественного критерия

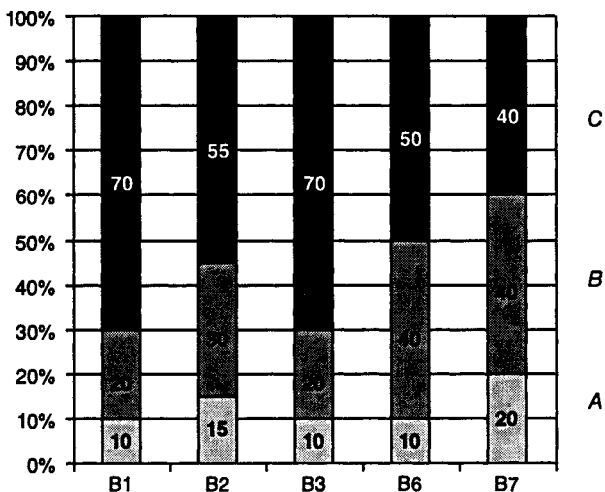


Рис. 12.4. Соотношения групп А, В, и С по числу номенклатурных позиций

максимально алгоритмизировать принятие управленческих решений в отношении движения запаса.

В зависимости от того, с запасом какого вида мы имеем дело, рекомендации имеют различный характер. Так, данные табл. 12.5 показывают, что рекомендуемый уровень обслуживания потребности в *A*, *B* и *C* группах номенклатуры может быть различным (рис. 12.5). Однозначен приоритет группы *A* в уровне обслуживания — 98–95%. Группа *B* имеет более низкий уровень обслуживания, а группа *C* — наименьший (75–90%).

Логика снижения уровня обслуживания по группам номенклатура различна. Предприятие, обозначенное как «Вариант 4» (табл. 12.4), использует равномерную шкалу снижения уровня обслуживания: 95–85–75%. Предприятие «Вариант 5» — шкалу со снижением темпа сокращения уровня обслуживания: 98–90–85%. Предприятие «Вариант 7» не делает различия в уровне обслуживания потребности *A*, *B* и *C* групп номенклатуры, принимая 90% клиентов.

В табл. 12.5 приведены рекомендации, принятые к использованию на некоторых зарубежных предприятиях.

Приоритетное внимание к группе *A* выражается в повышении уровня контроля над состоянием запаса. Эта политика требует использования модели управления запасами с фиксированным уровнем заказа (см. подп. 9.1.1), модели с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня (см. подп. 9.2.1) или их различных модификаций. Группа *C* — группа наименьшего приоритета — довольствуется периодическим контролем, который реализуется в модели управления с фиксированным интервалом времени между заказами (см. подп. 9.1.2), модели «минимум-максимум» (см. подп. 9.2.2) или их модификациях.

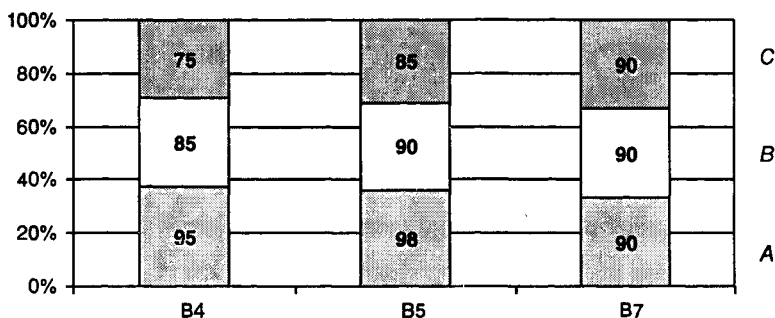


Рис. 12.5. Уровень обслуживания потребности в *A*, *B* и *C* группах номенклатуры

Рекомендации по управлению запасами ABC-классификации

А	В	С
Вариант а		
Группа высшего приоритета Максимально точный прогноз Точное определение объема заказа. Тщательный контроль уровня запаса Точный учет информации	Обычный порядок управления запасами Использование экономичного размера заказа Обычный контроль	Группа низшего приоритета Большие объемы заказа. Простейший вид контроля Отсутствие или незначительный учет информации
Вариант б		
Тщательный контроль уровня запаса	Использование экономичного размера заказа	Большие объемы заказа
Вариант с		
Еженедельная инвентаризация 6% единиц группы	Еженедельная инвентаризация 4% единиц группы	Еженедельная инвентаризация 2% единиц группы
Вариант д		
Инвентаризация 6 раз в год Уровень обслуживания 99,5% Модель управления запасами с фиксированным размером заказа Горизонт планирования — неделя	Инвентаризация 2 раза в год Уровень обслуживания 95% Горизонт планирования — месяц	Инвентаризация 1 раз в год Уровень обслуживания 90% Модель управления запасами — «минимум-максимум» Горизонт планирования — по необходимости
Вариант е		
Запасы хранятся в достаточном количестве на местных складах	Запасы хранятся на региональных складах	Запасы хранятся только на заводах

Вопросы для самопроверки к подразделу 12.1

1. Перечислите возможные названия метода ABC.
2. Объясните, в чем состоит метод ABC.
3. На каком законе основывается метод ABC?
4. Какова цель метода ABC?
5. Перечислите этапы проведения ABC-классификации.
6. В чем принципиальное отличие первого этапа ABC-классификации от последующих?
7. Чем определяется выбор критерия ABC-классификации?
8. Приведите примеры критериев ABC-классификации.

9. Сколько критериев классифицирования может использоваться *ABC*-методом?
10. Что такое метод последовательной *ABC*-классификации?
11. Что представляет собой параллельная *ABC*-классификация?
12. Как рассчитывается синтетический критерий *ABC*-классификации?
13. В каких направлениях сортируется критерий классификации в *ABC*-методе?
14. Перечислите способы определения границ и выделения групп *ABC*-классификации.
15. Какие варианты эмпирического выделения *ABC*-групп вы знаете?
16. Почему требуется выделять группу *A* запаса?
17. Имеются ли однозначные рекомендации по уровню обслуживания *A*, *B* и *C* групп?
18. Какие виды контроля состояния запаса типичны для *A*, *B* и *C* групп?
19. Для какой группы *ABC*-классификации рекомендуется использовать каждую из классических моделей управления запасами?
20. Для каких групп *ABC*-классификации рекомендуется использовать модель с установленной периодичностью пополнения запаса до постоянного уровня?
21. Для каких групп *ABC*-классификации рекомендуется использовать модель управления запасами «минимум-максимум»?
22. Как *ABC*-классификация влияет на порядок проведения инвентаризации запаса?
23. Как меняется горизонт планирования при анализе позиций *A*, *B* и *C* групп?
24. Влияет ли результат *ABC*-классификации на размещение запаса в цепях поставок?

12.2. Управление группами *X*, *Y*, *Z*

XYZ-классификация — второй метод группировки номенклатуры запаса, позволяющий систематизировать решения по управлению запасом.

12.2.1. Общее описание метода *XYZ*

При первоначальном знакомстве с *XYZ*-классификацией проведем сравнительную характеристику этого метода с известной нам *ABC*-классификацией (см. п. 12.1). Ключевые отличия этих популярных инструментов управления номенклатурой запаса организации состоят в следующем.

1. Метод классификации номенклатуры запаса *XYZ* в отличие от *ABC*-метода никогда не был связан с конкретными закономерностями или объективными взаимодействиями между качественными и количественными характеристиками объектов. Метод *XYZ* основывается на здравом смысле лица, проводящего классификацию, или руководства организации, хотя и использует однозначный прием разделения номенклатуры на группы. Поскольку здравый смысл — понятие довольно расплывчатое, в распределении групп *X*, *Y* и *Z* никогда не было однозначного соотношения, как классический вариант *ABC*-классификации.

2. Метод *XYZ* не имеет универсального характера, свойственного *ABC*-методу, который может быть применен к широкому спектру объектов. Классификация *XYZ* была предложена исключительно в целях классификации номенклатуры материальных ресурсов, незавершенного производства и готовой продукции. В то же время при некоторой фантазии метод *XYZ* можно применить к разнообразным ситуациям и вне сферы бизнеса.

Таким образом, рассматриваемые нами методы классификации номенклатуры имеют различную историю. Метод *ABC* был предложен как универсальный и получил свое наиболее широкое признание в бизнесе и, в частности, в работе с номенклатурой запаса. Метод *XYZ*, напротив, первоначально был разработан сугубо для бизнес-целей и только в дальнейшем стал широко применяться в разнообразных практических, но далеких от экономики сферах.

3. Механизм *ABC*-классификации основывается на одном критерии, описывающем некоторую качественную сторону изучаемой совокупности объектов. В качестве такой качественной характеристики могут выступать самые разнообразные показатели. Это могут быть, например:

- прибыль;
- рентабельность;
- доход;
- объем;
- вес;
- длина;
- цена в расчете на партию или единицу продукции;
- частота отгрузок;
- средняя партия отгрузки;
- средняя партия поставки;
- число возможных поставщиков и т.п.

В отличие от *ABC* метод *XYZ* использует единственный показатель — характеристику потребности в запасе. Независимо от того, каким образом рассчитывается эта характеристика, ориентация метода *XYZ* на потребность в запасе делает его классическим инструментом не только классификации запаса, но и анализа состава и управления движением запасов в организации.

12.2.2. Механизм *XYZ*-классификации

Для получения количественной оценки характеристики потребности требуется воспользоваться статистическим рядом отгрузок. В классическом варианте метода *XYZ* показателем, описывающим потребность в запасе, является коэффициент вариации *V*, представляющий собой отношение значения среднеквадратичного отклонения ряда к среднеарифметическому значению (см. формулу (3.2)).

Пример 12.2. Расчет классификации *XYZ*

Таблица 12.6 содержит пример расчета вариации статистического ряда отгрузок номенклатуры оптового предприятия.

Таблица 12.6

Пример классификации *XYZ* номенклатуры запаса

Код товара	Дата												Вариация, %	Группа
	01.09.2003	02.09.2003	03.09.2003	04.09.2003	05.09.2003	06.09.2003	08.09.2003	09.09.2003	10.09.2003	11.09.2003	12.09.2003	13.09.2003		
(1/543)	120	140	120	140	120	120	120	140	120	140	120	120	7,8	X
(1/559)	15	15	15	15	15	15	20	15	15	15	15	15	9,4	X
(1/557)	65	65	65	60	65	60	60	60	50	50	55	55	9,4	X
(1/506)	25	25	20	25	25	25	20	25	25	25	20	25	9,5	X
(1/373)	60	60	60	60	60	40	60	60	60	60	60	60	9,9	X
(1/548)	30	35	30	40	45	40	30	30	35	35	35	35	13,6	Y
(1/286)	100	80	120	80	100	100	100	120	60	80	100	100	18,2	Y
(1/239)	180	150	90	180	180	180	210	210	90	150	180	180	23,9	Y
(1/388)	60	60	80	80	100	80	100	100	120	120	120	120	24,0	Y
(1/404)	60	90	120	90	120	60	60	60	60	60	60	60	31,9	Z

Код товара	Дата												Вариация, %	Группа
	01.09.2003	02.09.2003	03.09.2003	04.09.2003	05.09.2003	06.09.2003	08.09.2003	09.09.2003	10.09.2003	11.09.2003	12.09.2003	13.09.2003		
(1/407)	5	5	10	10	5	10	5	10	5	10	5	5	36,3	Z
(1/558)	40	40	40	80	80	80	80	40	40	40	40	40	36,9	Z
(1/552)	15	15	15	30	30	45	45	45	45	45	45	45	38,0	Z
(1/391)	40	40	80	40	80	80	40	80	40	40	40	20	41,9	Z
(1/366)	80	60	60	40	60	60	40	40	20	20	20	80	44,8	Z
(1/406)	15	30	15	45	45	45	45	30	30	15	15	15	47,0	Z

Для группировки номенклатуры в табл. 12.6 используется общепризнанная классическая шкала, приведенная в табл. 12.7.

Таблица 12.7

Варианты классифицирования номенклатуры методом XYZ

	Принцип классификации		
	классический	возможный	с использованием V_{cp}
X	$V < 10\%$	$V < 15-20\%$	$V < V_{cp}$
Y	$10\% < V < 25\%$	$15-20\% < V < 40-45\%$	$V = V_{cp}$
Z	$V > 25\%$	$V > 40-45\%$	$V > V_{cp}$

Как видно из данных табл. 12.7, выделение группы X по десятипроцентной изменчивости требует высокой стабильности спроса по номенклатуре готовой продукции, не часто достижимой в большинстве организаций. При классификации запаса материальных ресурсов, обеспечивающих производственный процесс, столь низкий уровень изменчивости вполне допустим.

Выделение группы Y с ориентацией на границы коэффициента вариации от 10 до 25% гарантирует выделение группы номенклатуры, имеющей ярко выраженные тенденции потребления (роста, падения или стабилизации). При этом, учитывая партионность отгрузок, границы изменчивости, признанные как классические, явно узки для современной практики. Их использование приводит к выведению в группу Z таких позиций, которыми можно управлять на основе оптимизационных моделей, рекомендуемых для группы Y.

Таким образом, классический принцип классификации *XYZ* (см. табл. 12.7) вполне может быть изменен для учета особенностей конкретного бизнеса, например, на границы, приведенные как возможные в табл. 12.7. Кроме того, можно воспользоваться средним значением коэффициента вариации как основой выделения групп *X*, *Y* и *Z* с использованием экспертных оценок. Все же при установлении границ изменчивости групп *X*, *Y* и *Z* не следует отходить от классического образца, так как главное достоинство метода *XYZ*, как и метода *ABC*, — в однозначности предлагаемого механизма классифицирования, что позволяет избежать субъективных оценок и ошибок в дальнейшей работе.

12.2.3. Рекомендации по управлению группами *XYZ*-классификации запасов

Главное преимущество *XYZ*-классификации — возможность однозначного, т.е. объективного, выбора верного подхода к управлению запасами конкретной номенклатуры. Рассмотрим выбор подхода к управлению запасами по группам данной классификации.

Группа *X*. Запас данной группы характеризуется высокой стабильностью спроса. Этот факт позволяет наладить работу с поставщиком или с поставляющим звеном таким образом, чтобы характеристики поставки максимально соответствовали требуемым характеристикам потребления (спроса). Запас является средством сглаживания расхождения характеристик спроса и поставки, обеспечивающей спрос. Следовательно, в группе *X*, для которой расхождение характеристик поставки и спроса может быть минимальным, **минимизация** является единственно верным подходом к управлению запасами данной группы номенклатуры.

При этом необходимо учесть, что минимизация как подход к управлению не требует минимизации размера запаса. Главное в минимизации — акцент на налаживание взаимоотношений с поставщиком, результатом которого будет поставка, близкая к схеме «точно в срок». Запас группы *X* может рассматриваться как отрицательное явление в организации.

Расчетная составляющая работы с запасом категории *X* должна быть основана на моделях оптимального размера заказа (см. главу 8), но она отодвигается на второй план. Группа *X* — прерогатива организационной работы — налаживание взаимодействия между звеньями логистической цепи. Этим занимаются руководители групп, отделов и департаментов, а не исполнители.

Поставщики группы *X* могут рассматриваться как объект стратегической работы.

Группа *У*. Потребление продукции номенклатуры запаса по группе *У* имеет явно выраженные тенденции. Сезонные колебания, устойчивый рост или снижение — типичные характеристики спроса на эти позиции. Успешная организация поставок по схеме «точно в срок» как от внешних поставщиков, так и от внутренних звеньев маловероятна. Запас этой группы выполняет свою основную функцию — служит буфером, сглаживающим расхождение характеристик возможных поставок и имеющегося спроса. Главным является вопрос *оптимизации* уровня запаса, который должен обеспечить заданный уровень обслуживания потребителей при минимуме общих затрат на его создание и поддержание.

Таким образом, в отношении группы *У* должен применяться подход, основанный на оптимизации уровня запаса. Запас группы *У* необходим для поддержания обслуживания потребителей. Главный акцент — на расчет оптимального уровня запаса. Главные исполнители — работники групп, отделов, ответственные за закупки и содержание запаса. Весь блок оптимизационных методов и моделей теории управления запасами предназначен именно для работы с запасом группы *У*. Ни в группе *X*, ни в группе *Z* эти методы и модели не дадут лучшего результата, а потому и использовать их надо лишь в отношении группы *У*.

Группа *Z*. К группе *Z* относятся номенклатурные позиции, не имеющие ни тенденций, ни постоянства спроса. Следовательно, прогноз потребности в этих позициях возможен с довольно низкой точностью (см. подп. 6.4.1). В такой ситуации оптимизационный подход к управлению запасами принципиально непригоден, так как лишен расчетной базы. *Выбор остается между минимизацией* (вплоть до исключения) *или максимизацией* (исходя из имеющихся финансовых возможностей) запаса группы *Z*. Вопрос должен быть решен на основе серьезного обсуждения работниками или руководителями (как правило, заинтересованных подразделений) возможных последствий решения. Например, часто представительский товар относится к группе *Z*, но не может быть исключен из состава запаса, так как его отсутствие может повлечь сокращение продаж товаров группы *У* и группы *X*. Иногда выделение группы *Z* помогает руководству убедиться в целесообразности удаления из номенклатуры продаж позиций, появившихся там случайно или под влиянием прекративших действовать временных факторов.

При выборе любого подхода к управлению (минимизация или максимизация) расчетная составляющая работы с запасом уходит на второй план. На первом плане остается либо организационная работа (при минимизации), часто имеющая стратегический характер и выполняемая, как правило, руководителями низового и среднего звеньев, либо учетная работа (при максимизации), выполняемая рядовыми работниками.

Группа *Z* требует особого внимания в связи с тем, что руководству предстоит альтернативное решение: является запас группы *Z* положительным (при максимизации) или отрицательным (при минимизации) для предприятия. Выбор решения основывается, как правило, на субъективно определяемом наборе факторов и опыте руководителей. В отличие от этой группы подход к управлению группами *X* и *Y* — эффективный критерий.

Итак, классификация *XYZ* позволяет выбрать подходы к управлению запасами (табл. 12.8).

Таблица 12.8

Выбор подходов к управлению запасами на основе *XYZ*-классификации

Группа	Подход к управлению	Уровень исполнения
<i>X</i>	Минимизация	Руководители групп, отделов, департаментов
<i>Y</i>	Оптимизация	Исполнители
<i>Z</i>	Минимизация или максимизация	Руководители групп, отделов, департаментов при согласовании с руководителями смежных служб

12.3. Использование матрицы *ABC—XYZ* при управлении запасами в звене цепей поставок

Объединение результатов *ABC*- и *XYZ*-классификаций в матрице *ABC—XYZ* — популярный и очень информативный инструмент управления запасами. На рис. 12.6 приведена иллюстрация общепризнанного варианта составления такой матрицы.

В каждую ячейку матрицы *ABC—XYZ* попадают те позиции номенклатуры запаса, которые были отнесены к каждой из двух указанных в ячейке групп номенклатуры. Например, в ячейку *AX* должны быть записаны позиции, отнесенные к группе *A* при классификации по методу *ABC* и к группе *X* по методу *XYZ*. В случае если результатом классификации *ABC* было разделение более чем на три группы, состав матрицы должен быть расширен.

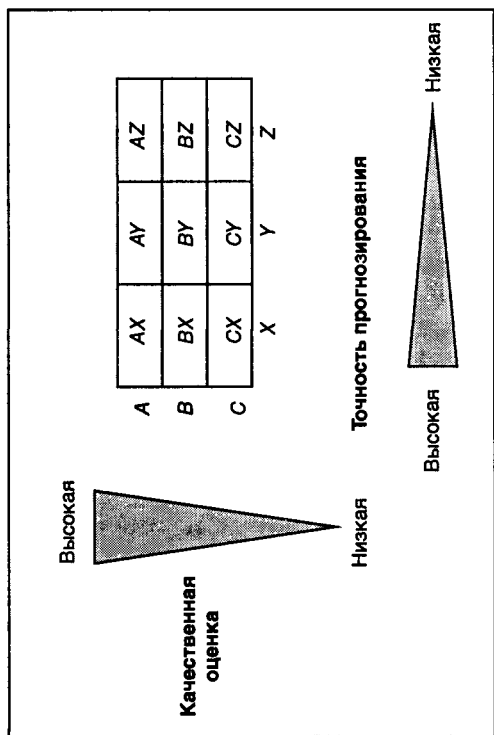


Рис. 12.6. Иллюстрация составления матрицы ABC—XYZ

Очевидно, что не все ячейки матрицы ABC — XYZ будут заполнены. Если в ABC -классификации присутствие групп A , B и C обязательно, то при классификации XYZ вполне возможно отсутствие одной или даже двух групп. Как отмечалось выше, классификация XYZ отвечает некоторому «здоровому смыслу» в организации бизнеса. Если бизнес имеет традиционный характер, в идеальном случае будет преобладать группа X , группа Y может быть представлена незначительно, а группа Z отсутствовать. Если бизнес ориентирован на новую продукцию или выход на новые рынки сбыта, группа X может отсутствовать, а преобладать группа Y или (и) группа Z .

Сам характер заполнения матрицы ABC — XYZ может многое сказать менеджерам о состоянии работы в организации. Отсутствие групп $AХ$ и $AУ$ может вызвать серьезные вопросы в традиционном бизнесе — это свидетельствует об отсутствии стабильного и эффективного характера работы. Наличие группы $ZС$ по номенклатуре готовой продукции должно обсуждаться с руководителями службы маркетинга, рекламы, отдела продаж и технического отдела.

Общие рекомендации по работе с запасами групп ABC -классификации (см. подп. 12.1.4) и выбор подходов к управлению запасами X , Y и Z групп (см. подп. 12.2.3) могут быть объединены для выбора конкретных решений в работе с запасами номенклатуры матрицы ABC — XYZ , учитывая новую информацию. Например, общая рекомендация ориентации группы X на работу по схеме «точно в срок» по подгруппе $AХ$ может привести к успешной реализации технологии «точно в срок» и к грандиозному провалу в случае срыва поставок и в силу высокой значимости группы A .

Работа с группой Z в подгруппе AZ может привести к замораживанию крупного капитала. При отрицательном отношении к группе Z и минимизации запаса подгруппы AZ возможны серьезные потери, если в качестве критерия ABC -классификации были приняты показатели, следящие за реализацией продукции A -класса. Дефицит в таком случае будет крайне нежелателен. Поэтому для группы Z при совмещении с классификацией ABC возможна комбинация подходов минимизации и максимизации в зависимости от групп A , B и C .

В общем случае группа AZ в номенклатуре запаса (особенно готовой продукции) должна быть подвергнута серьезному анализу. Возможно, что единичный и крайне выгодный заказ должен быть исключен из номенклатуры классификации как нетипичный. Наличие такого заказа в общем списке номенклатуры может привести к нежелательному искажению информации.

Позиции *CX* в силу привлекательного для традиционного бизнеса постоянного характера потребления не могут быть исключены из сферы внимания, в целом такое отношение типично для группы *C*. Именно эта группа может стать полигоном отработки навыков поставки по схеме «точно в срок», так как вероятные срывы и высокие риски, свойственные такой работе, не будут фатальными для организации.

Матрица *ABC—XYZ* дает хорошую информацию для стратегического перемещения позиций номенклатуры. Например, появление позиций группы *CZ* может быть вызвано пренебрежением отдела маркетинга к продвижению продукции группы *C*, что является в целом целесообразным. Возможно изучение рынка продукции подгруппы *CZ*. Проведение маркетинговых мероприятий позволит переместить эти позиции в группу *CY* с выраженной тенденцией спроса, что в дальнейшем может привести к перемещению их в группу *BY*.

При анализе матрицы *ABC—XYZ* важно учитывать этапы жизненного цикла товарно-материальных ценностей запаса. На начальных этапах жизненного цикла товар может объективно попадать в группу *Z* или *Y*. Этап насыщения рынка (или зрелости товара), как правило, связан с группой *X*. Факторы жизненного цикла товара могут быть не связаны с критериями *ABC*-классификации, и их необходимо учитывать отдельно при анализе матрицы *ABC—XYZ*.

Группа *B* может рассматриваться как переходная от *A* к *C* или от *C* к *A*, поэтому зачастую требует особого анализа. Номенклатурные позиции *B* матрицы *ABC—XYZ* поэтому также могут требовать индивидуального подхода, к какому классу — *A* или *C* они могут быть отнесены. Часто целесообразно переименовывать эти позиции запаса для сокращения числа используемых методов, моделей и подходов.

Таким образом, матрица *ABC—XYZ* может быть использована не только как инструмент управления запасами, но и как объект стратегического анализа, результаты которого могут во многом помочь в принятии решений по стратегическому развитию бизнеса.

В целом инструмент *ABC*- и *XYZ*-классификаций еще раз подчеркивает первостепенное значение качества управления запасами для обеспечения эффективной деятельности предприятия в целом.

Вопросы для самопроверки к подразделам 12.2, 12.3

1. В чем состоят принципиальные отличия классификаций *ABC* и *XYZ*?
2. Объясните, в чем состоит метод *XYZ*.

3. Каковы границы использования метода *XYZ*?
4. Какова цель метода *XYZ*?
5. Перечислите этапы проведения *XYZ*-классификации.
6. Сколько критериев классификации можно применять в *XYZ*-методе?
7. Перечислите способы определения границ и выделения групп *XYZ*-классификации.
8. Какие варианты эмпирического выделения *XYZ*-групп вы знаете?
9. Для какой группы *XYZ*-классификации типична наиболее высокая точность прогнозов потребности в запасе?
10. Для какой группы *XYZ*-классификации типично наличие тенденций в изменении потребностей в запасах?
11. Для какой группы *XYZ*-классификации требуется разрабатывать алгоритм управления запасами в звеньях цепей поставок?
12. Для какой группы *XYZ*-классификации необходим особый акцент на организации цепей поставок?
13. В чем принципиальное отличие группы *Z* от других групп классификации с точки зрения принятия управленческих решений по составу позиций запаса?
14. Опишите принцип составления матрицы *ABC—XYZ*.
15. Какие преимущества при управлении запасами дает возможность объединения результатов применения методов *ABC* и *XYZ*?
16. Какие ячейки матрицы *ABC—XYZ* вы считаете наиболее предпочтительными для управления запасами и почему?
17. От позиций каких клеток матрицы *ABC—XYZ* вы рекомендовали бы освободиться и при каких условиях? Приведите несколько примеров.
18. Как при анализе матрицы *ABC—XYZ* учитываются этапы жизненного цикла товарно-материальных ценностей?

Список дополнительной литературы к главе 12

1. Бауэрсокс Д. Дж., Клосс Д. Дж. Логистика: Интегрированная цепь поставок. М.: Олимп-Бизнес, 2001.
2. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / Под общ. ред. проф. В.И. Сергеева. М.: ИНФРА-М, 2004.
3. Линдерс М.Р., Харольд Е.Ф. Управление снабжением и запасами. Логистика: Пер. с англ. СПб.: Полигон, 1999.
4. Сергеев В.И. Логистика в бизнесе. М.: ИНФРА-М, 2001.
5. Чейз Р.Б. и др. Производственный и операционный менеджмент. 8-е изд.: Пер. с англ. М.: Вильямс, 2001.

ГЛАВА 13

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАСА В ЗВЕНЬЯХ ЦЕПИ ПОСТАВКИ

Наличие сети распределения товаров, предусматривающей организацию и введение в действие точек розничной реализации, оптовых баз и филиалов позволяет достичь конкурентного преимущества за счет приближения товара к потребителю, сокращения сроков реакции на качество спроса в различных районах и регионах, оптимизации ассортимента состава товаров, расширения спектра предлагаемых услуг и пр. Физическое наполнение таких сетей товарами — многогранная, а потому непростая задача, решаемая специалистами служб маркетинга, продаж и логистики. Один из главных вопросов — в каком количестве и в какие сроки товар должен поставляться в каждую из ветвей сети распределения? Ответ на этот вопрос может быть получен следующими методами:

- метод пропорционального распределения товара в сети (см. п. 13.1);
- метод максимального потока (см. п. 13.2);
- метод *DRP* (см. п. 13.3).

13.1. Модель пропорционального распределения товара в сети

Одним из вариантов решения задачи определения количества товара, планируемого к поставке в ветви сети распределения в заданном календарном периоде, является методика пропорционального распределения товара в сети. Основные преимущества этого метода — простота и легкость проведения расчетов. Рассмотрим его применение на примере предприятия, производящего бытовую технику.

Пример 13.1. Распределение запаса в сети

Производство размещено в европейском регионе России. Предприятие имеет центральный офис в Москве и разветвленную сеть филиалов, размещенных на территории России. К работе привлекаются дилеры и посреднические структуры различного уровня, контактирующие как с центральным офисом, так и с региональными филиалами. Выделим фрагмент этой сети, включающий:

- производство;
- склад готовой продукции производителя;
- два филиала производителя;

- два дистрибьютора;
- два оптовых покупателя;
- две розничные точки, принадлежащие компании.

Взаимосвязь указанных звеньев сети приведена на рис. 13.1.

Учет продаж ведется ежедневно. Еженедельно определяется средние продажи каждой цепи сети распределения. Значение среднесуточных продаж за прошедшую неделю ложится в основу прогноза продаж будущей недели и выявления тенденции продаж на месяц.

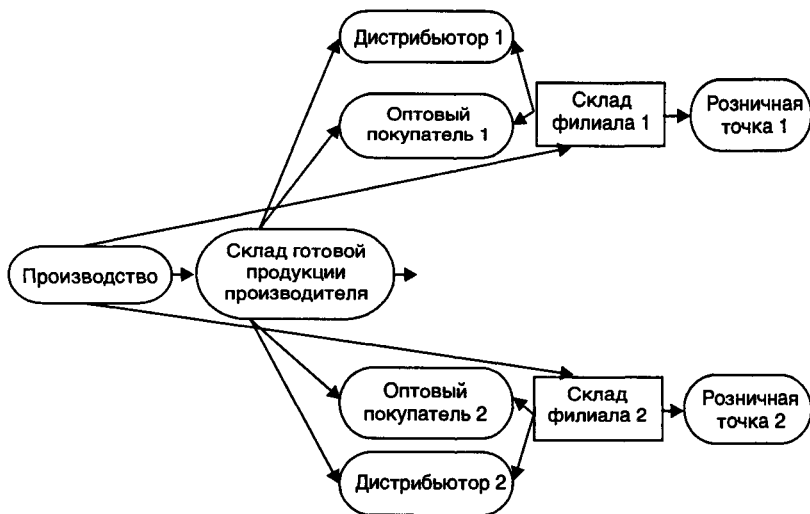


Рис. 13.1. Сеть распределения продукции производителя

13.1.1. Подготовка исходной информации

Согласно методу пропорционального распределения продукции требуется определить рекомендуемый объем запаса товара в каждом звене сети распределения, фиксируемый в виде норматива запаса на складе производителя, на складах филиалов и в собственных розничных точках. Расчет такого норматива может основываться на определении страхового запаса и средней нормы текущего запаса.

Страховой запас должен обеспечивать бездефицитное обслуживание заявок звеньев сети (филиалов и собственных розничных точек) и внешних клиентов (дистрибьюторов и оптовых покупателей). Проблемы обслуживания могут возникнуть:

- при задержках восполнения запаса склада производителя и складов филиалов;
- при отклонении потребности от прогнозируемой в большую сторону.

Текущая составляющая запаса формируется в результате поставок товара на склад и отгрузок товара внутренним и внешним клиентам. Норма текущего запаса, как правило, рассчитывается как половина среднего объема поставки товара на склад.

Разница между значением норматива запаса и его фактическим остатком определяет потребность склада в восполнении запаса. Сумма потребностей всех звеньев в восполнении запаса определяет общую потребность сети в товаре.

13.1.2. Расчет распределения товара по звеньям сети

Согласно методу пропорционального распределения товара используется следующая формула:

$$A_i = \left[\frac{A + \sum_{i=1}^n (I_i + Q_i)}{\sum_{i=1}^n D_i} - \frac{(I_i + Q_i)}{D_i} \right] \cdot D_i, \quad (13.1)$$

или

$$A_i = \left(A + \sum_{i=1}^n (I_i + Q_i) \right) \cdot \frac{D_i}{\sum_{i=1}^n D_i} - (I_i + Q_i), \quad (13.2)$$

где A_i — объем поставки товара в звено i сети распределения, единиц; A — общий объем товара, подлежащего распределению, единиц; I_i — фактический остаток запаса в звене i сети распределения, единиц; Q_i — запас в пути (транспортный или транзитный запас), по звену i сети распределения, единиц; D_i — потребность звена i сети распределения, единиц.

Пример 13.2. Распределение запаса в сети методом пропорционального распределения

Проведем расчеты объемов поставки в звенья сети по данным примера 13.1 (табл. 13.1).

Пусть объем производимой еженедельно продукции (A) составляет 20 единиц. Тогда для склада готовой продукции производителя имеем (см. (13.1))

**Исходные данные для расчета объемов поставки в звенья сети
распределения**

Звено сети, i	Наличный запас, I_i	Запас в пути, Q_i	Объем потребности, D_i
Склад готовой продукции производителя	18	—	30
Склад филиала 1	15	10	3
Склад филиала 2	12	5	5

$$A_1 = [20 + 18 + (15 + 10) + (12 + 5)] \cdot \frac{30}{30 + 3 + 5} - 18 \approx 45.$$

Для склада филиала 1

$$A_1 = [20 + 18 + (15 + 10) + (12 + 5)] \cdot \frac{3}{30 + 3 + 5} - (15 + 10) \approx -19.$$

Для склада филиала 2

$$A_1 = [20 + 18 + (15 + 10) + (12 + 5)] \cdot \frac{5}{30 + 3 + 5} - (12 + 5) \approx -6.$$

Отрицательные значения поставки на склады филиалов 1 и 2 означают отсутствие необходимости восполнять запас филиала. Поставка на склад готовой продукции производителя в объеме 45 единиц не будет обеспечена в связи с ограниченностью производства 20 единицами продукции в неделю. Общий объем предполагаемых поставок составляет 20 единиц ($45 - 19 - 6$), что гарантирует принцип пропорциональности, используемый в данной методе.

13.1.3. Общая характеристика метода пропорционального распределения товара в сети

Как видно из приведенных выше расчетов, пропорциональное распределение товара позволяет определить объем поставки в звено сети на основе учета остатков товара на складе и нормативов запаса на складах или прогноза значения потребления. При этом результаты ориентированы на необходимость пропорционального (относительно потребления и наличного остатка товара) разделения объема предназначенного для распределения продукта. Простота решения — главное достоинство этого метода, так как он оставляет вне внимания комплекс вопросов планирования деятельности сети распределения.

Пропорциональный метод распределения товара в сети не позволяет привести в соответствие располагаемые мощности поставщика, транспортной организации, центра распределения и ценностные стратегические приоритеты развития сети. Между тем преимущества сетей поставок в логистических системах определяются прежде всего потенциалом возможности приращения ценности реализуемого продукта для конечного потребителя. В этой связи стратегические приоритеты развития сети распределения играют чрезвычайно большое значение. В п. 13.2 представлен алгоритм, который может быть использован как инструмент интеграции усилий звеньев сети распределения, учитывающий современные особенности процесса управления логистическими системами.

13.2. Метод максимального потока в сети распределения

13.2.1. Возможности развития сети распределения

Представленный на рис. 13.1 пример сети распределения, для которой был проведен расчет размеров поставок в сеть пропорциональным методом, может получить существенные преимущества при рассмотрении склада готовой продукции производителя как центра осуществления поставок в сеть. Форма собственности склада готовой продукции и складов филиалов не имеет для данной задачи принципиального значения. Обслуживание складов филиалов предложено проводить с помощью привлекаемого перевозчика. Региональные оптовые потребители могут получать товар со склада производителя или со склада филиала. Доставка товаров потребителям (оптовым и розничным) в регионы проводится как на основе самовывоза, так и с привлечением сторонних перевозчиков.

Пример 13.3. Распределение запаса в сети методом максимального потока

На рис. 13.2 представлена логистическая система распределения продукции производителя. Так как в системе имеется альтернатива транспортировки в цепях «Производитель» — «Дистрибьюторы», «Производитель» — «Оптовые покупатели» и «Филиалы» — «Розничные точки», звеном «Перевозчик» можно пренебречь.

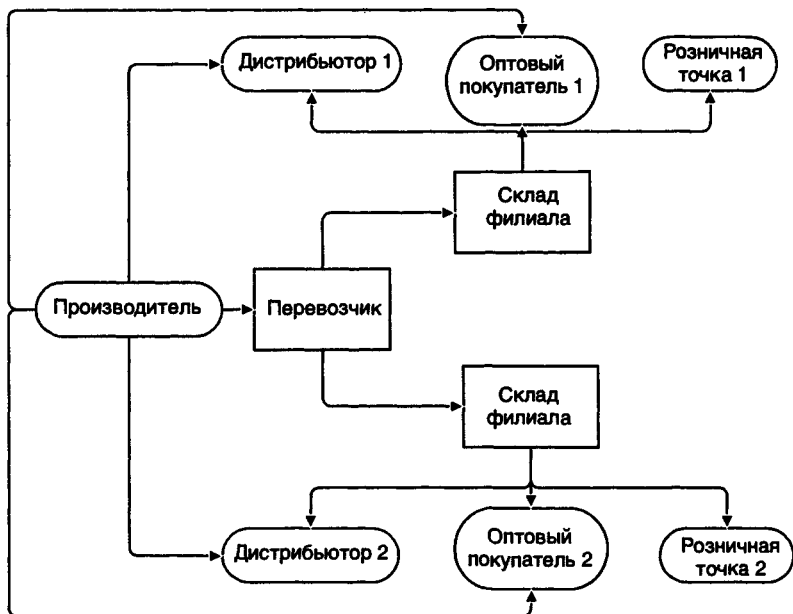


Рис. 13.2. Схема сети распределения продукции производителя

13.2.2. Формализация описания сети распределения

На основе схемы логистической системы распределения продукции (см. рис. 13.2) построен график грузопотоков в сети распределения (рис. 13.3).

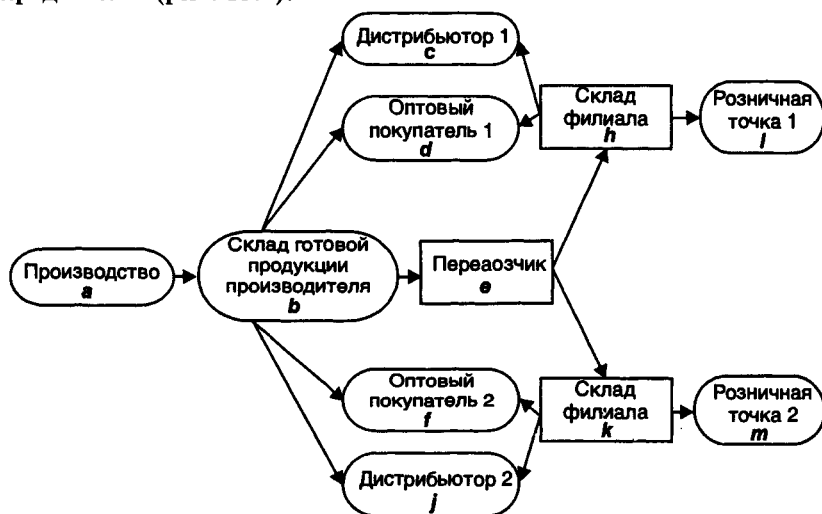


Рис. 13.3. График движения товара в сети распределения

Каждое звено графика на рис. 13.3 имеет буквенное обозначение ($a, b, c, d, e, f, j, h, k, l, m$). Описание движения товаров в сети распределения приведено в табл. 13.2. Каждая вершина графика движения имеет входящий и выходящий материальные потоки. Каждый из этих потоков имеет пропускную способность, которая в зависимости от вида звена может быть выражена через:

- объем производственной мощности;
- плановую потребность (спрос) потребителей;
- емкость рынка.

Входным и выходным потокам в табл. 13.2 присвоены буквенные обозначения, связанные с парами вершин, определяющими начало и завершение соответствующего потока. Так, например, входной поток склада готовой продукции обозначен (a, b), так как начальная вершина этого потока — звено «Производство» — обозначено « a », а конечная вершина — звено «Склад готовой продукции» обозначено « b ».

Движение товаров в сети количественно описано в табл. 13.3. В ней приводятся значения пропускной способности ребер графика движения товаров в сети, определенные на основе данных о производственной мощности, плановой потребности или емкости рынков соответствующих звеньев сети.

При описании движения товаров в сети распределения в табл. 13.2 и 13.3 в график введена вершина z , соответствующая конечному потреблению. Следует обратить внимание, что в рассматриваемой методике пропускная способность вершин не рассматривается вне привязки к пропускной способности ребер графика. На основе описания движения товара в сети можно построить *граф логистической системы* — графическую иллюстрацию проводимых далее расчетов (рис. 13.4). Цифрами в скобках на рис. 13.4 обозначена пропускная способность ребер, соответствующих входным и выходным потокам, описанным в табл. 13.2 и 13.3.

Подобное представление информации, описывающей состояние и потенциал сети распределения товара, дает специалистам инструмент формализованного представления состояния сети, который помогает планировать не только объемы поставок в сеть и нормативы состояния запаса в ее звеньях, но и показывает возможности развития сети.

а. Определение приоритетов движения товара в сети

Пример расчета движения товара в сети по методу пропорционального предпочтения (см. п. 13.1) показал, что требования выполнения запаса в звене логистической системы превышает производственную мощность производителя.

Для принятия решения о распределении товара в сети по звеньям логистической системы в условиях, когда величина потока выше пропускной способности, определяемой производственной мощностью, плановой потребностью или емкостью рынка смежных вершин графа, необходимо определить приоритеты звеньев сети в логистической системе распределения товара. Формально это решение можно отобразить в матрице предпочтения (табл. 13.4).

Матрица предпочтения связывает пары вершин графика, описывающего логистическую систему (см. рис. 13.4) следующим образом.

Если вершина, записанная в столбце, имеет последующую вершину, записанную в строке, то на пересечении соответствующих строки и столбца проставляется число без знака. Если вершина, записанная в столбце, имеет предшествующую вершину, записанную в строке, то на пересечении соответствующих строки и столбца проставляется «-1». Знак «-» показывает, что связь по строке противоположна движению потока. Если вершина по строке не связана с вершиной в столбце, то на пересечении соответствующих строки и столбца ставится знак «-».

Таблица 13.2

Описание движения товара в сети распределения за единичный плановый период

Вершина		Входной поток		Выходной поток	
Обозначение	Описание вершины	Пропускная способность	Ребро	Пропускная способность	Ребро
а	Производство	—	—	Объем плановой производственной мощности	(а, b)

Вершина		Входной поток		Выходной поток	
Обозначение	Описание вершины	Пропускная способность	Ребро	Пропускная способность	Ребро
b	Склад готовой продукции	Объем плановой производственной мощности	(a, b)	Плановая потребность, заявленная дистрибьютором 1	(b, c)
				Плановая потребность, заявленная оптовым покупателем 1	(b, d)
				Плановая потребность складов филиалов	(b, e)
				Плановая потребность, заявленная оптовым покупателем 2	(b, f)
				Плановая потребность, заявленная дистрибьютором 2	(b, j)
c	Дистрибьютор 1	Плановая потребность, заявленная дистрибьютором 1	(b, c)	Емкость рынка конечного потребления	(c, z)
		Плановая потребность, заявленная дистрибьютором 1	(h, c)		
d	Оптовый покупатель 1	Плановая потребность, заявленная оптовым покупателем 1	(b, d)	Емкость рынка конечного потребления	(d, z)
		Плановая потребность, заявленная оптовым покупателем 1	(h, d)		
e	Перевозчик	Плановая потребность складов филиалов	(b, e)	Плановая потребность склада филиала 1	(e, h)
				Плановая потребность склада филиала 2	(e, k)

Вершина		Входной поток		Выходной поток	
Обозначение	Описание вершины	Пропускная способность	Ребро	Пропускная способность	Ребро
<i>f</i>	Оптовый покупатель 2	Плановая потребность, заявленная оптовым покупателем 2	(b, f)	Емкость рынка конечного потребления	(f, z)
		Плановая потребность, заявленная оптовым покупателем 2	(k, f)		
<i>j</i>	Дистрибьютор 2	Плановая потребность, заявленная дистрибьютором 2	(b, j)	Емкость рынка конечного потребления	(j, z)
		Плановая потребность, заявленная дистрибьютором 2	(k, j)		
<i>h</i>	Склад филиала 1	Плановая потребность склада филиала 1	(e, h)	Плановая потребность, заявленная дистрибьютором 1	(h, c)
				Плановая потребность, заявленная оптовым покупателем 1	(h, d)
				Плановая потребность, заявленная розничной точкой 1	(h, l)
<i>k</i>	Склад филиала 2	Плановая потребность склада филиала 2	(e, k)	Плановая потребность, заявленная дистрибьютором 2	(k, j)
				Плановая потребность, заявленная оптовым покупателем 2	(k, f)
				Плановая потребность, заявленная розничной точкой 2	(k, m)
<i>l</i>	Розничная точка 1	Плановая потребность, заявленная розничной точкой 1	(h, l)	Емкость рынка конечного потребления	(l, z)
<i>m</i>	Розничная точка 2	Плановая потребность, заявленная розничной точкой 2	(k, m)	Емкость рынка конечного потребления	(m, z)

Вершина		Входной поток		Выходной поток	
Обозначение	Описание вершины	Пропускная способность	Ребро	Пропускная способность	Ребро
z	Конечное потребление	Емкость рынка конечного потребления	(c, z)	—	—
		Емкость рынка конечного потребления	(d, z)		
		Емкость рынка конечного потребления	(f, z)		
		Емкость рынка конечного потребления	(j, z)		
		Емкость рынка конечного потребления	(l, z)		
		Емкость рынка конечного потребления	(m, z)		

Таблица 13.3

Количественное описание движения товаров в сети распределения, условные единицы за единицу планового периода

Вершина	Входной поток		Выходной поток	
Обозначение	Пропускная способность	Ребро	Пропускная способность	Ребро
a	—	—	20	(a, b)
b	20	(a, b)	10	(b, c)
			2	(b, d)
			14	(b, e)
			3	(b, f)
			5	(b, f)
c	10	(b, c)	∞	(c, z)
d	2	(b, d)	∞	(d, z)
	3	(h, d)		

Вершина	Входной поток		Выходной поток	
Обозначение	Пропускная способность	Ребро	Пропускная способность	Ребро
e	14	(b, e)	10	(e, h)
			7	(e, k)
f	3	(b, f)	∞	(f, z)
	2	(k, f)		
j	5	(b, j)	∞	(j, z)
	3	(k, j)		
h	10	(e, h)	7	(h, c)
			3	(h, d)
			4	(h, l)
k	7	(e, k)	3	(k, j)
			2	(k, f)
			2	(k, m)
l	4	(h, l)	∞	(l, z)
m	2	(k, m)	∞	(m, z)
z	∞	(c, z)	—	—
	∞	(d, z)		
	∞	(f, z)		
	∞	(j, z)		
	∞	(l, z)		
	∞	(m, z)		

Таблица 13.4

Матрица предпочтений

	a	b	c	d	e	f	j	h	k	l	m	z	Число связанных по потоку вершин
a	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
b	-1	—	4	2	5	1	3	—	—	—	—	—	5
c	—	-1	—	—	—	—	—	-1	—	—	—	1	1
d	—	-1	—	—	—	—	—	-1	—	—	—	1	1
e	—	-1	—	—	—	—	—	2	1	—	—	—	2

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>j</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>z</i>	Число связанных по потоку вершин
<i>f</i>	-	-1	-	-	-	-	-	-	-1	-	-	1	1
<i>j</i>	-	-1	-	-	-	-	-	-	-1	-	-	1	1
<i>h</i>	-	-	2	1	-1	-	-	-	-	3	-	-	3
<i>k</i>	-	-	-	-	-1	1	2	-	-	-	3	-	3
<i>l</i>	-	-	-	-	-	-	-	-1	-	-	-	1	1
<i>m</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-1	-	-	1	1
<i>z</i>	-	-	-1	-1	-	-1	-1	-	-	-1	-1	-	-

Приоритет связи по строке проставлен положительными натуральными числами в значении от «1» и далее. Чем больше число, тем выше приоритет связи вершин.

Число связанных по потоку вершин равно числу присутствующих в строке матрицы положительных чисел. Это число равно значению максимального приоритета связи в соответствующей строке. В случае если несколько вершин одного уровня имеют одинаковые приоритеты, следует выделить дополнительные приори-

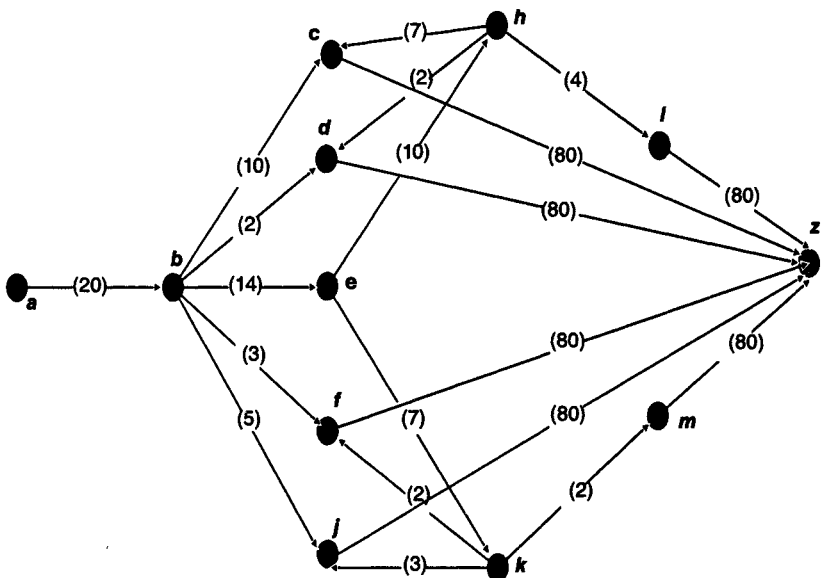


Рис. 13.4. Граф сети распределения товара

теты, имеющие стратегическое, экономическое, организационное, техническое, технологическое и прочее обоснование.

в. Основные переменные

Для определения возможности удовлетворения потребностей звеньев сети распределения и получения конкретных показателей плановых объемов поставки воспользуемся идеей алгоритма Форда—Фалкерсона нахождения максимального потока в сети. В описании алгоритма методики планирования насыщения ветвей логистических каналов грузопотоками используются следующие понятия.

Резерв вершины — величина, на которую можно увеличить каждый из выходных потоков, если ориентация ребра совпадает с направлением рассматриваемой цепи, или уменьшить поток, если ориентация ребра не совпадает с направлением рассматриваемой цепи.

Отмеченная вершина — вершина орграфа, которой поставлена в соответствие пара элементов. Первый элемент — обозначение предшествующей вершины, отличное от «—». Второй элемент — резерв вершины, отличный от «—».

Отметки вершин — пара элементов: первый элемент — обозначение предшествующей вершины; второй элемент — резерв вершины.

Введем обозначения:

a — начальная вершина орграфа; z — конечная вершина орграфа; v, w — вершины орграфа; (v, w) — ребро орграфа; $f(v, w)$ — величина потока, проходящего через ребро (v, w) ; $c(v, w)$ — пропускная способность ребра (v, w) ; S — множество вершин орграфа, подлежащих рассмотрению; Rv — резерв вершины v орграфа; Rw — резерв вершины w орграфа.

13.2.3. Алгоритм нахождения максимального потока в сети

Алгоритм определения возможности насыщения сети распределения товаром направлен на определение объемов поставок товара в звенья распределительной системы при учете возможностей дальнейшего продвижения товара по звеньям сети и пропускной способности этих звеньев. Расчет проводится на основе следующего алгоритма.

1. Установить значения отметок всех вершин орграфа, за исключением a , равными «—».

2. Установить резерв вершины a равным ∞ .

3. Включить a в S : $S = \{a\}$.
4. Если S — пустое множество, идти к 28, иначе — к шагу 5.
5. Если S не является пустым множеством, выбрать элемент множества S , имеющий максимальный приоритет в матрице предпочтений.
6. Обозначить выбранный элемент v .
7. Удалить выбранный элемент из множества S .
8. Если у v есть неотмеченные последующие вершины, идти к шагу 9, иначе — к шагу 17.
9. Выбрать последующую v неотмеченную вершину, имеющую максимальный приоритет в матрице предпочтений.
10. Обозначить выбранную вершину w .
11. Если $f((v,w)) < c((v,w))$, идти к шагу 12, иначе — к шагу 16.
12. Рассчитать резерв вершины w : $Rw = \min \{c((v,w)) - f((v,w)); Rv\}$.
13. Обозначить предшествующую w вершину.
14. Если $w \neq z$, идти к шагу 15, иначе — к шагу 25.
15. Добавить w в S .
16. Все последующие v неотмеченные вершины рассмотрены? Если да, идти к 17, иначе — к шагу 9.
17. Если у вершины v есть неотмеченные предшествующие вершины, идти к 18, иначе — к шагу 4.
18. Выбрать предшествующую v неотмеченную и ранее не рассмотренную вершину, имеющую максимальный приоритет в матрице предпочтений.
19. Обозначить выбранную вершину w .
20. Если $f((v,w)) > 0$ идти к шагу 21, иначе — к шагу 24.
21. Рассчитать резерв вершины w : $Rw = \min \{f((v,w)); Rv\}$.
22. Обозначить предшествующую w вершину.
23. Добавить w в S .
24. Все предшествующие v неотмеченные вершины рассмотрены? Если да, идти к 4, иначе — к шагу 18.
25. Используя отметки предшествующих вершин, построить цепь от z к a .
26. Для построенной цепи от z к a увеличить величину потока каждого ребра, ориентированного по направлению от a к z , на резерв вершины z и уменьшить величину потока каждого ребра, ориентированного по направлению от z к a , на резерв вершины z .
27. Идти к шагу 1.
28. Конец.

Блок-схема алгоритма представлена на рис. 13.5.

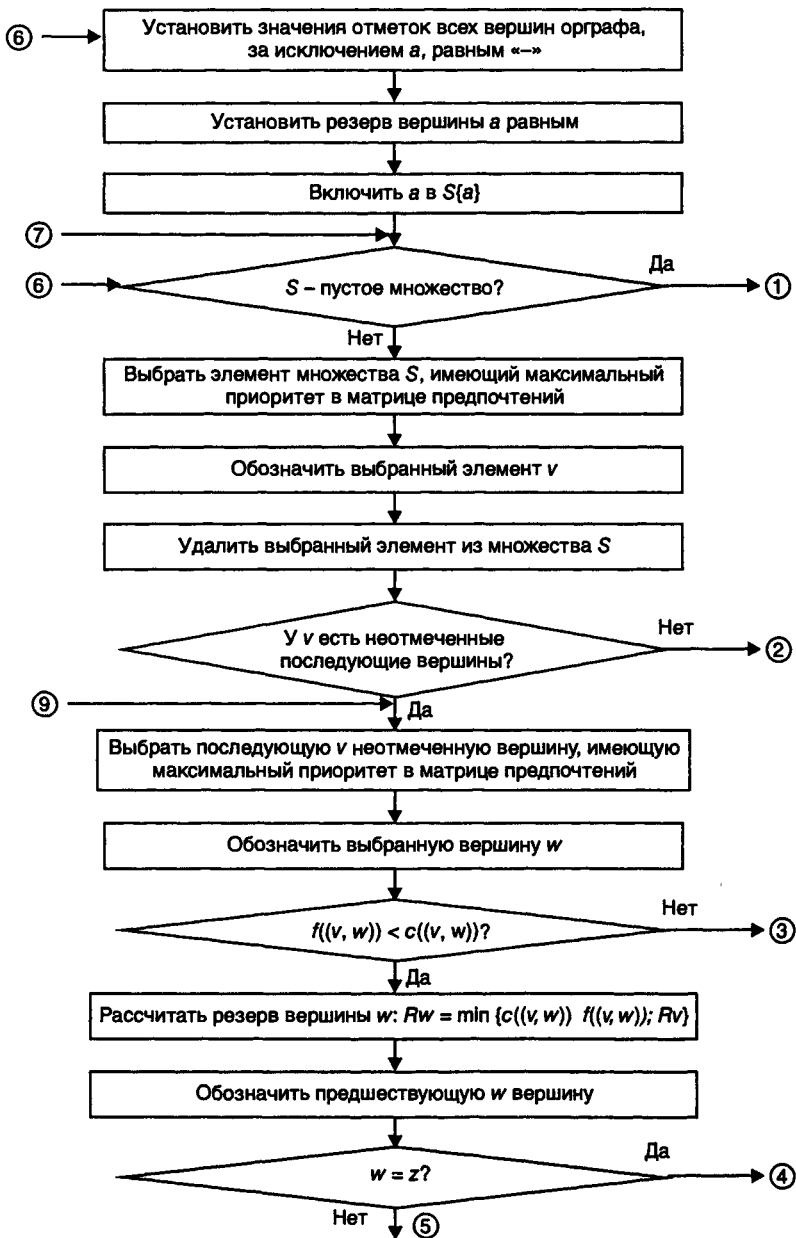


Рис. 13.5. Блок-схема алгоритма метода максимального потока

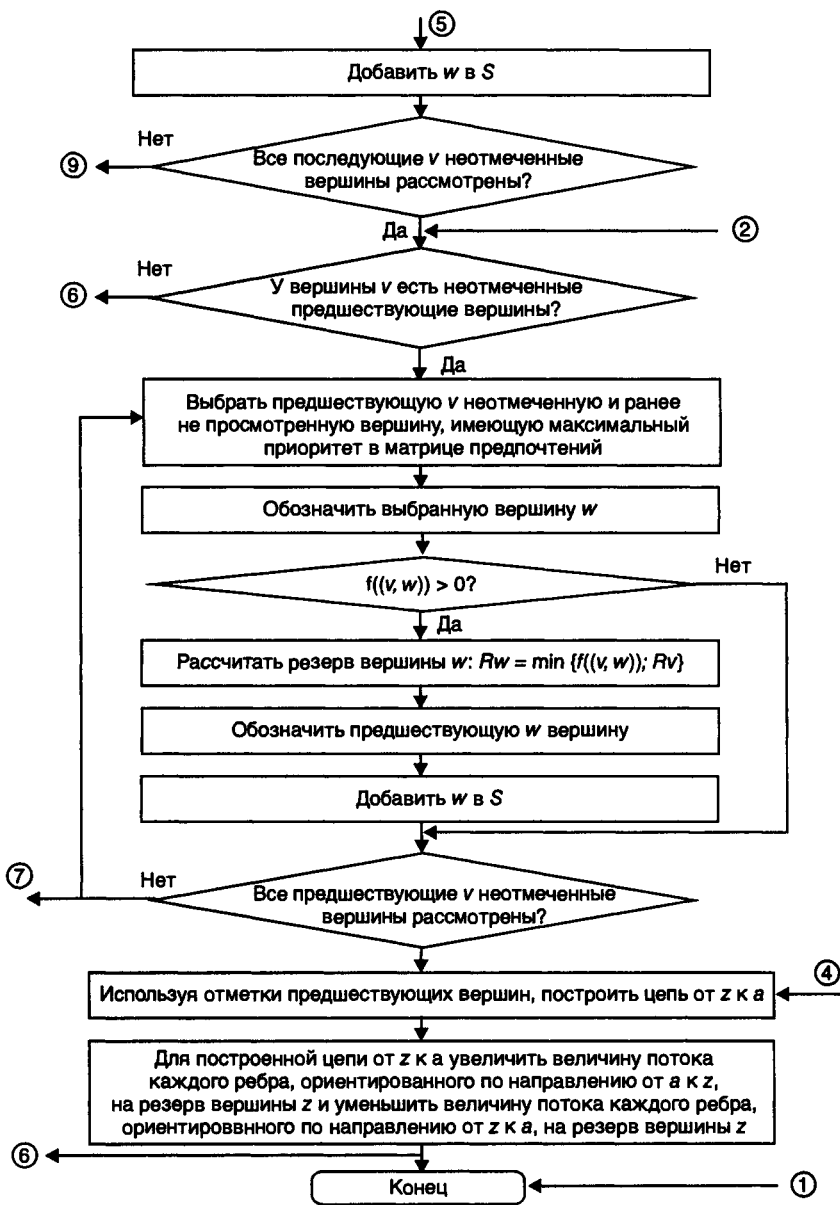


Рис. 13.5 (окончание)

13.2.4. Описание результатов расчета

В результате применения алгоритма нахождения максимально-го потока в сети к нашему примеру получены результаты, представленные на рис. 13.6. Пары цифр в скобках, показанные на ребрах графа, означают максимальную пропускную способность ребра и рекомендуемый объем поставки товара в сеть, увязанный с пропускной способностью и насыщением предыдущих ребер графа.

В результате расчетов выявлено, что в нашем примере при учете пропускной способности привлекаемого перевозчика и объемов заявленной потребности оптовых и розничных потребителей, а также значений приоритетов вершин (звеньев логистической цепи) при принятии решения об отгрузке могут быть обеспечены не все потребности звеньев.

При учете более высокого приоритета дистрибьюторов в работе как производителя, так и филиалов, приоритета розничных отгрузок над оптовыми, а также приоритета развития первого филиала над вторым филиалом в нашем примере со склада производителя планируется отправка грузов только в адрес филиалов и дистрибьютора 1 (см. ребра $b-c$ и $b-e$). При этом полностью реализуются только заявки первого филиала (см. ребро $e-h$).

Заявленный объем потребности второго филиала может быть реализован только на 57% (см. ребро $e-k$).

Первый филиал полностью покрывает потребность обслуживаемой розничной сети (см. ребро $h-l$) и потребность дистрибьютора 1 на 86% (см. ребро $h-c$).

Обслуживание оптовых закупщиков при заданных пропускных способностях ребер не представляется возможным ни для филиала 1, ни для филиала 2, так же как и со склада производителя (см. ребра $(b-d, h-d, b-f, k-f)$).

Второй филиал в полной мере удовлетворяет потребность своей розничной сети (см. ребро $k-m$) и потребность дистрибьютора 2 на 67% (см. ребро $k-j$).

Пропускная способность ребер, связанных с конечным потреблением, достаточно велика, так что можно считать, что розничные торговые точки и дистрибьюторы полностью используют свои мощности (см. ребра $c-z, l-z, j-z, m-z$).

В результате расчета планового объема грузопотока в сети распределения рассматриваемого производителя можно сделать следующие выводы:

- требуется увеличить мощности производства и склада готовой продукции;

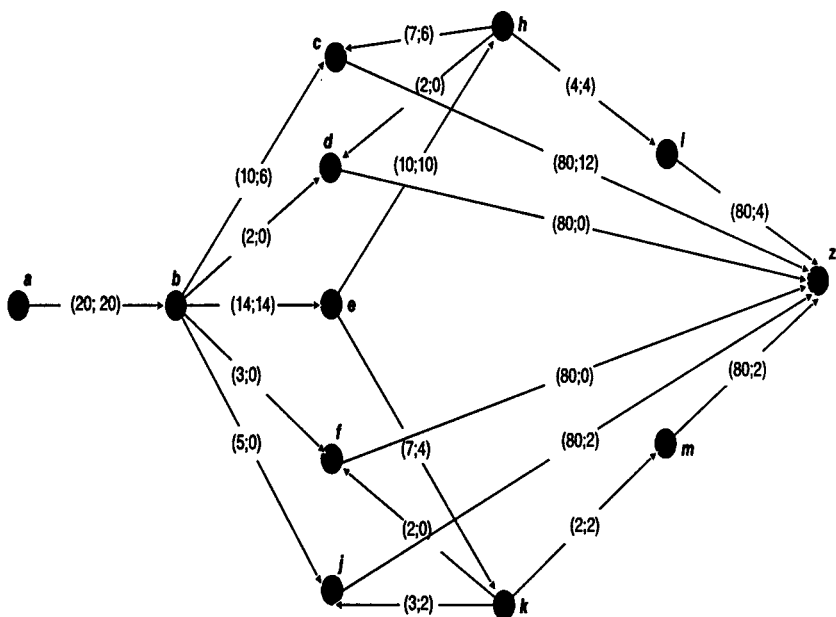


Рис. 13.6. Результат расчета максимального потока при распределении продукции производителем

- требуется привлечь дополнительного перевозчика или расширение пропускной способности используемого перевозчика для обслуживания работы филиалов;
- необходимо постепенное увеличение мощности складов филиалов для обслуживания дистрибьюторов и оптовых покупателей.

Такой алгоритм также помогает получить данные для планирования движения намеченных товаропотоков.

13.2.5. Общая характеристика метода максимального потока

В целом метод нахождения максимального потока в сети позволяет получить результаты, которые в дальнейшем могут быть использованы при решении следующих задач управления системой распределения.

1. Уточнение стратегических приоритетов работы с различными грузополучателями.

2. Планирование требуемой стратегии развития предприятия мощности производства, складов готовой продукции производителя и региональной складской сети.

3. Планирование мощности собственного транспортного парка, задействованного в движении грузопотоков в логистической сети.

4. Обоснование необходимости привлечения перевозчика.

5. Уточнение требуемой пропускной способности перевозчика.

6. Планирование работы транспортной службы предприятия.

7. Укрепление связей звеньев цепей поставок в связи с наличием оценок возможностей взаимодействия по материальному потоку, в том числе обеспечение календарного планирования деятельности привлекаемой транспортной организации.

13.3. Метод *DRP*

Метод *DRP* (*Distribution Resource Planning* — планирование ресурсов сети распределения) основывается на стандарте управления МРП (*MRP, Material and Manufacturing Resource Planning* — планирование ресурсов предприятия). Основная идея стандарта МРП заключается в организации системы планирования всех этапов бизнеса, ориентированной на потребность в готовой продукции предприятия. *DRP* развивает эту идею в сфере распределения товаров. Рассмотрим метод *DRP* на примере.

Пример 13.4. Распределение запаса в сети распределения методом *DRP*

Производственное предприятие имеет сеть распределения товара, включающую распределительный центр в Москве и розничные центры в Москве, Нижнем Новгороде, Ростове-на-Дону, Самаре, Самаре и Тамбове. Требуется составить план работы распределительной сети по удовлетворению потребности в товаре. Каждый из региональных розничных центров имеет установленные показатели запасов на торговых площадях, а также режим получения заказанного товара (табл. 13.5).

Рассмотрим формирование плана работы розничного центра г. Тамбова (табл. 13.6). Из данных табл. 13.5 можно увидеть, что рекомендуемый неснижаемый остаток запаса данной торговой площади составляет 200 единиц. На начало планового периода текущий запас розничного центра, по прогнозам, составит 500 единиц товара. Выдан прогноз продаж на 6 недель. Если не предпринимать никаких действий, запас постепенно в соответствии с прогнозными оценками продаж будет снижаться, на третьей неделе

Исходные данные модели DRP

Показатель	Распределительный центр					
	Москвы	Нижнего Новгоро- да	Ростова- на-Дону	Самары	Саратова	Тамбова
Неснижаемый остаток запаса, единиц	150	50	50	100	75	200
Объем заказа, единиц	300	150	150	300	150	300
Время выполнения заказа, недели	1 день	1	3	2	2	2

будет пройден пороговый уровень запаса, на пятой неделе фиксируется состояние дефицита запаса (табл. 13.6а).

Для предотвращения дефицита удовлетворения потребности требуется восполнить запас на 3-й неделе до уровня выше минимально допустимого в 200 единиц. Так как размер заказа фиксирован и равен 300 единицам для розничного центра Тамбова, а время выполнения заказа равно двум неделям (см. табл. 13.5), для того чтобы заказ был выполнен к третьей неделе, его отгрузка из распределительного центра Москвы должна быть проведена на первой неделе планового периода (табл. 13.6б).

После поставки партии товара на третьей неделе следующее нежелательное снижение остатка запаса товара до 160 единиц, как показывают расчеты, произойдет на шестой неделе (табл. 13.6б). Следовательно, требуется спланировать поставку товара в розничный центр Тамбова на шестой неделе и соответствующую отгрузку из распределительного центра Москвы на четвертой неделе (табл. 13.6в) в объеме 300 единиц.

Таблица 13.6

Формирование плана работы розничного центра г. Тамбова

а. Текущий запас — 500 единиц

Неснижаемый остаток запаса — 200 единиц

Показатель	Наличный запас	Плановый период, недели					
		1	2	3	4	5	6
Прогноз потребности		100	120	90	110	120	100

Показатель	Наличный запас	Плановый период, недели					
		1	2	3	4	5	6
Запас в пути		—	—	—	—	—	—
Текущий запас	500	400	280	190	80	-40	-140

б. Текущий запас — 500 единиц

Неснижаемый остаток запаса — 200 единиц

Время поставки — 2 недели

Объем заказа — 300 единиц

Показатель	Наличный запас	Плановый период, недели							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Прогноз потребности		100	120	90	110	120	100	80	120
Запас в пути									
Текущий запас	500	400	280	490	380	260	160	80	-40
Планируемая поставка — дата получения				300					
Планируемая поставка — дата отгрузки		300							

в. Текущий запас — 500 единиц

Неснижаемый остаток запаса — 200 единиц

Время поставки — 2 недели

Объем заказа — 300 единиц

Показатель	Наличный запас	Плановый период, недели							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Прогноз потребности		100	120	90	110	120	100	80	120
Запас в пути									
Текущий запас	500	400	280	490	380	260	460	380	260
Планируемая поставка — дата получения				300			300		
Планируемая поставка — дата отгрузки		300			300				

План работы розничного центра Саратова формируется аналогично плану работы розничного центра Тамбова (табл. 13.7). На начало нового планового периода прогнозируется текущий запас в 160 единиц. Неснижаемый остаток запаса, время выполнения заказа распределительным центром Москвы и рекомендуемый объем заказа заданы в табл. 13.5. По заказам, выданным в отчетном периоде, имеется запас в пути, который планируется получить на второй неделе. С учетом прогноза продаж в плановом периоде восполнение запаса следует планировать на шестой неделе, для чего на четвертой неделе товар должен быть отпущен распределительным центром Москвы в объеме 150 единиц.

Таблица 13.7

Формирование плана работы розничного центра г. Саратова

Текущий запас — 160 единиц

Неснижаемый остаток запаса — 75 единиц

Время выполнения заказа — 2 недели

Объем заказа — 150 единиц

Показатель	Наличный запас	Плановый период, недели							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Прогноз потребности		40	50	45	50	40	45	40	50
Запас в пути			150						
Текущий запас	160	120	220	175	125	85	190	150	100
Планируемая поставка — дата получения							150		
Планируемая поставка — дата отгрузки					150				

План работы розничного центра Самары учитывает заданные уровни неснижаемого запаса торговой площади, время выполнения заказа и рекомендуемый объем заказ (см. табл. 13.5). Наличный запас на начало планового периода равен 300 единицам. Задан прогноз продаж на 8 последующих недель (табл. 13.8). Для удовлетворения потребности распределительный центр Москвы, как показывают расчеты, должен провести отгрузку товара на неделе, предшествующей плановому периоду. Тогда заказ в фиксированном объеме 300 единиц поступит в розничный центр Самары на второй неделе планового периода, что не допустит снижения наличного запаса ниже рекомендуемых 100 единиц. Аналогично за-

пас розничного центра Самары должен быть восполнен на пятой и на седьмой неделях, для чего отгрузки распределительным центром Москвы должны быть проведены на третьей и пятой неделях.

Таблица 13.8

Формирование плана работы розничного центра г. Самары

Текущий запас — 300 единиц

Неснижаемый остаток запаса — 100 единиц

Время выполнения заказа — 2 недели

Объем заказа — 300 единиц

Показатель	Наличный запас	Плановый период, недели							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Прогноз потребности		120	130	115	125	140	110	125	105
Запас в пути									
Текущий запас	300	180	350	235	110	270	160	335	230
Планируемая поставка — дата получения			300			300		300	
Планируемая поставка — дата отгрузки	300			300		300			

Розничный центр Нижнего Новгорода обслуживается распределительным центром Москвы на основе плана поставок, разработанного по заранее зафиксированному объему заказа, времени выполнения заказа и рекомендуемого неснижаемого остатка торговой площади (см. табл. 13.5). Кроме того, известно, что к началу планового периода в розничном центре Нижнего Новгорода планируется наличие остатка запаса товара в 12 единиц. Запас в пути по заказам отчетных периодов отсутствует. Для поддержания рекомендованного неснижаемого остатка товара на торговой площади в 50 единиц требуется получить восполнение запаса на четвертой неделе, для чего отгрузка распределительным центром Москвы должна быть проведена на третьей неделе (табл. 13.9).

Формирование планв рвботы розничного центра г. Нижний Новгород

Текущий запас — 120 единиц*Неснижаемый остаток запаса* — 50 единиц*Время выполнения заказа* — 1 неделя*Объем заказа* — 150 единиц

Показатель	Наличный запас	Плановый период, недели							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Прогноз потребности		25	15	20	25	20	20	25	15
Запас в пути									
Текущий запас	120	95	80	60	185	165	145	120	105
Планируемая поставка — дата получения					150				
Планируемая поставка — дата отгрузки				150					

Для розничного центра Ростова-на-Дону (см. табл. 13.5) определен неснижаемый остаток запаса в 50 единиц. Выполнение заказа требует трех недель. Рекомендуемый объем заказа на восполнение запаса — 150 единиц. Текущий уровень запаса к началу планового периода составит 140 единиц. Сделан прогноз продаж будущего периода (табл. 13.10). Для обеспечения заданного уровня работы распределительного центра Ростова-на-Дону требуется восполнение запаса на пятой неделе. Заказ должен быть отгружен из распределительного центра Москвы на второй неделе.

Особенностью работы розничного центра Москвы является короткий срок выполнения заказа распределительному центру Москвы — 1 день (см. табл. 13.5). Неснижаемый остаток задан на уровне 150 единиц, объем заказа фиксирован — 300 единиц. К началу планового периода имеется текущий запас в 400 единиц. Для обеспечения заданных условий функционирования розничной центр Москвы должен получить пополнение запаса на третьей и шестой неделях. Отгрузка заказанных партий отмечена на той же неделе (табл. 13.11).

Таблица 13.10

Формирование плана работы розничного центра г. Ростова-на-Дону

Текущий запас — 140 единиц*Неснижаемый остаток запаса* — 50 единиц*Время выполнения заказа* — 3 недели*Объем заказа* — 150 единиц

Показатель	Наличный запас	Плановый период, недели							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Прогноз потребности		20	25	15	20	30	25	15	30
Запас в пути									
Текущий запас	140	120	95	80	60	180	155	140	110
Планируемая поставка — дата получения						150			
Планируемая поставка — дата отгрузки			150						

Таблица 13.11

Формирование плана работы розничного центра г. Москвы

Текущий запас — 400 единиц*Неснижаемый остаток запаса* — 150 единиц*Время выполнения заказа* — 1 день*Объем заказа* — 300 единиц

Показатель	Наличный запас	Плановый период, недели							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Прогноз потребности		105	115	95	90	100	110	95	120
Запас в пути									
Текущий запас	400	295	180	385	295	195	385	290	170
Планируемая поставка — дата получения				300			300		
Планируемая поставка — дата отгрузки				300			300		

В результате разработки планов работы региональных розничных центров (см. табл. 13.6 — табл. 13.11) может быть составлен план работы распределительного центра Москвы (табл. 13.12). Определенные по требуемым датам получения отгрузки заказы региональных центров сведены в общую таблицу, которая позволяет получить общий объем планируемых отгрузок в плановом периоде (см. строку «Итого» табл. 13.12) при учете текущего остатка запаса в начале планового периода. План отгрузок распределительного центра является, в свою очередь, исходной информацией для составления планов работы службы сбыта предприятия, его производственных подразделений, отдела закупок, поставщиков и т.д.

Таблица 13.12

Формирование плана работы распределительного центра г. Москвы

Розничный центр	Предварительный заказ	Плановый период, недели							
		1	2	3	4	5	6	7	8
г. Саратов	0	0	0	0	150	0	0	0	0
г. Тамбов	0	300	0	0	300	0	0	0	0
г. Самара	300	0	0	300	0	300	0	0	0
г. Ростов-на-Дону	0	0	150	0	0	0	0	0	0
г. Нижний Новгород	0	0	0	150	0	0	0	0	0
г. Москва	0	0	0	300	0	0	300	0	0
Итого	300	300	150	750	450	300	300	0	0

В текущем режиме времени в планах, составленных методом *DRP*, проводится корректировка прогноза продаж товара розничными центрами на основе данных о фактических продажах отчетных периодов. При развитых коммуникационных технологиях система *DRP* позволяет составлять гибкие планы работы сети распределения, повышать уровень обслуживания клиентов при снижении среднего уровня запаса в сети, пополняемого заказами по принципу «точно в срок».

Основные формулы к главе 13

№ n/n	Показатель	Расчет	Условные обозначения
1	Объем поставки товара в звене i сети распределения, единиц	$A + \sum_{i=1}^n (I_i + Q_i)$ $A_i = \left[\frac{A + \sum_{i=1}^n (I_i + Q_i)}{\sum_{i=1}^n D_i} - \frac{(I_i + Q_i)}{D_i} \right] \cdot D_i$ $A_i = \left(A + \sum_{i=1}^n (I_i + Q_i) \right) \times \frac{D_i}{\sum_{i=1}^n D_i} - (I_i + Q_i)$	A_i — общий объем товара, подлежащего распределению, единиц; I_i — фактический остаток запаса в звене i сети распределения, единиц; Q_i — запас в пути (транспортный или транзитный запас) по звену i сети распределения, единиц; D_i — потребность звена i сети распределения, единиц

Вопросы для самопроверки к главе 13

1. Перечислите цели организации сети распределения товара.
2. Поясните содержание метода пропорционального распределения товара в сети.
3. Каковы основные преимущества метода пропорционального распределения товара в сети?
4. Перечислите исходные данные, необходимые для пропорционального распределения товара в сети.
5. Каковы функции страхового запаса в звеньях сети распределения?
6. Каковы функции текущего запаса в звеньях сети распределения?
7. Как можно объяснить отрицательные значения объемов поставки в звенья сети распределения, получаемые при использовании метода пропорционального распределения?
8. Какова роль прогнозирования потребности в запасе в методе пропорционального распределения?
9. В чем состоит основной недостаток метода пропорционального распределения?
10. Поясните роли вершин и ребер орграфа в методе максимального потока.
11. Какие подразделения организации должны быть задействованы для получения исходных данных метода максимального потока?

12. Что понимается под пропускной способностью потока в методе максимального потока?
13. Чем определяется пропускная способность ребра орграфа?
14. Какова роль матрицы предпочтения при принятии решения о распределении запаса товаров по звеньям сети распределения в методе максимального потока?
15. На основе каких факторов должны быть определены приоритеты ребер и звеньев орграфа в методе максимального потока?
16. Что такое резерв вершины орграфа?
17. Дайте комментарий к результатам использования метода максимального потока, приведенным на рис. 13.6.
18. Какие действия следует предпринять, если пропускная способность ребер и звеньев сети распределения используется не полностью?
19. При решении каких задач могут быть использованы результаты расчета максимального потока сети распределения?
20. В чем заключается основная идея стандарта управления предприятием МРП?
21. Объясните, в чем заключается *DRP*-метод планирования распределения запасов в сети.
22. Каким образом в методе *DRP* учитывается прогноз продаж товара?
23. Как в методе *DRP* учитывается наличие запаса в пути?
24. Имеется ли возможность в методе *DRP* учитывать отдаленность поставщиков от потребителей?
25. Каким образом в методе *DRP* могут быть учтены статистические данные об объемах текущих продаж?
26. Каковы условия использования метода *DRP*?
27. Какие преимущества метода *DRP* вы можете назвать по сравнению с методом пропорционального распределения и методом максимального потока?

Список дополнительной литературы к главе 13

1. *Андерсон Дж.* Дискретная математика и комбинаторика. М.: Вильямс, 2003.
2. *Бауэрсокс Д. Дж., Клосс Д. Дж.* Логистика: Интегрированная цепь поставок. М.: Олимп-Бизнес, 2001.
3. *Джонсон Дж.* и др. Современная логистика. 7-е изд.: Пер. с англ. М.: Вильямс, 2002.
4. *Кристофер М.* Логистика и управление цепями поставок. СПб.: Питер, 2004.

5. *Линдерс М.Р., Харольд Е.Ф.* Управление снабжением и запасами. Логистика: Пер. с англ. СПб.: Полигон, 1999.
6. *Хэндильд Р.Б., Николс мл. Э.Л.* Реорганизация цепей поставок. М.: Вильямс, 2003.
7. *Чейз Р.Б.* и др. Производственный и операционный менеджмент. 8-е изд.: Пер. с англ. М.: Вильямс, 2001.
8. *Шрайбфедер Дж.* Эффективное управление запасами. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005.

ГЛОССАРИЙ

ABC-классификация — см. *Метод ABC*.

Альтернативные затраты — норма прибыли, которая могла бы быть получена при использовании финансовых ресурсов, вложенных в запас, в иных целях.

Базовый спрос — см. *Относительно равномерный спрос*.

Брутто-потребность — см. *Потребность общая*.

Ведущий показатель — см. *Индикатор*.

Взвешенная скользящая средняя — см. *Метод взвешенной скользящей средней*.

Временной ряд (*time series*) — упорядоченные во времени наблюдения, которые производятся через равные интервалы времени и фиксируют объемы отгрузок запаса в ответ на заявленный спрос на *товарно-материальные ценности*.

Время выполнения заказа (*lead time*) — период времени от момента выдачи заказа на пополнение запаса и до момента учета пришедшей на склад партии товарно-материальных ценностей. Включает продолжительности следующих действий: передача заказа поставщику; прием заказа поставщиком; производство или подбор заказа поставщиком; проверка качества поставщиком, подготовка поставщиком заказа к отгрузке; отгрузка, перевозка, складирование груза на складах при перегрузке на другие виды транспорта; погрузка-разгрузка партии при смене вида транспорта; задержки в пути; выполнение операций по таможенному оформлению груза; приемка партии заказа; разгрузка; проверка качества партии заказа; размещение товарно-материальных ценностей на складе.

Время оборота — показатель состояния запаса, определяющий среднее число дней (недель, декад, месяцев и др.), в течение которых средний размер запаса находится на складе: $T_i = \frac{\bar{Z}_i}{m_j}$, где T_i — время оборота запаса; i — индекс рассматриваемого периода времени; j — индекс единичного периода учета; \bar{Z}_i — средний объем запаса в периоде i ; m_j — объем отгрузок (потребность, объем продаж или товарооборот) в единичном периоде j учета.

Готовая продукция — продукция предприятия, используемая как составная часть другого вида продукции, изготовляемого на другом предприятии.

Группа А — группа позиций запаса максимального приоритета, выделенная *методом ABC*.

Группа В — группа позиций запаса среднего приоритета, выделенная *методом ABC*.

Группа С — неприоритетная группа позиций запаса, выделенная *методом ABC*.

Группа Х — группа позиций запаса, выделенная *методом XYZ* и характеризующаяся постоянным характером потребления.

Группа Y — группа позиций запаса, выделенная *методом XYZ* и характеризующаяся наличием явно выраженных тенденций потребления.

Группа Z — группа позиций запаса, выделенная *методом XYZ* и характеризующаяся отсутствием постоянства и тенденций потребления.

Двухбункерная система (two-bin system) — см. *Модель управления запасами с фиксированным размером между заказами*.

Деталь — изделие, изготовленное без применения сборочных операций.

Доля переходящего запаса — показатель состояния запаса, представляет собой отношение объема запаса на начало периода к предполагаемому балансовому итогу запаса на конец этого же периода при предположении, что отгрузок (потребности, продаж, товарооборота) в рассматриваемом периоде не происходило: $d_i = \frac{Z_{ni}}{Z_{ni} + S_i}$, где

d_i — доля переходящего запаса периода i ; Z_{ni} — остаток запаса на начало периода i ; S_i — объем пополнения запаса в периоде i .

Жесткие издержки дефицита — *издержки дефицита*, которые можно определить и зафиксировать в момент их возникновения.

Зависимый спрос — см. *Спрос зависимый*.

Задел (line balancing stock) — в промышленности — *запас незавершенного производства*.

Запас (*stock, inventory*) в работе *логистических систем* и *ценей поставок* — *товарно-материальные ценности*, ожидающие потребления.

Запас базовый — см. *Запас нормальный*.

Запас буферный — см. *Запас подготовительный, Запас текущий, Запас спекулятивный, Запас страховой*.

Запас в каналах сферы обращения (*business stock*) — запас, включающий *запас в пути* и запасы на предприятиях торговли (*retailers' stock*).

Запас в пути (транспортный запас) (*stock in transit; intransit stock*) — запас, находящийся на момент учета в процессе транспортировки от поставщиков к потребителям или на предприятии оптовой торговли.

Запас гарантийный — см. *Запас страховой*.

Запас готовой продукции (*finished stock*) — см. *Готовая продукция*.

Запас досрочного завоза — *сезонный запас*, вызванный сезонными условиями поставки.

Запас малоподвижный (редко используемый) (*slow-moving stock*) — запас, который выделяется в целях поддержания потребности, имеющей невыраженный характер. Может являться следствием ошибок прогнозирования или планирования спроса.

Запас материальный (*feed stock; raw(-material) stock*) — запас *сырья и материалов*.

Запас наличный (*working stock; active stock*) — остаток запаса на определенный момент времени.

Запас незавершенного производства (*in-process stock; interprocess stock; semiprocesses stock*) — см. *Незавершенное производство*.

Запас неизрасходованный (*free stock*) — *наличный запас* за вычетом объема товарно-материальных ценностей, подлежащих отгрузке по согласованному ранее обязательствам.

Запас неликвидный (*dead stock surplus stock; unsalable stock*) — длительно неиспользуемый (нереализуемый) запас.

Запас нормальный (*basic stock; standard stock; standard inventory stock*) — уровень запаса, соответствующий планируемому уровню.

Запас общий (*pool stock; total stock*) — совокупный запас на складе. Равен сумме страхового и текущего запасов.

Запас обычный — см. *Запас нормальный*.

Запасоемкость — показатель состояния уровня запаса, показывающий, сколько единиц остатков запаса имеется на единицу отгрузки прошлого единичного периода учета: $Z_{em_i} = \frac{Z_{i+1}}{D_i}$, где

Z_{emi} — запасоемкость запаса в периоде учета i ; i — индекс периода учета; Z_{i+1} — остаток запаса на начало периода учета ($i+1$) (или на конец единичного периода учета i); D_i — объем отгрузок (потребность, объем продаж или товарооборот) за единичный период учета i .

Запас переходящий (*closing stock; final stock; remnant stock; transit stock*) — объем запаса на конец периода. Обеспечивает непрерывность потребления в отчетном (или следующим за отчетным) периоде на время до очередной поставки.

Запас подготовительный (буферный) — запас, который выделяется из запаса *сырья и материалов* при необходимости их дополнительной подготовки перед использованием в производстве (например, сушка леса, вылеживание сыпучих материалов после транспортировки в целях приобретения необходимой плотности и др.). Подготовительный запас *готовой продукции* и подготовительный запас *товаров* вызваны необходимостью их подготовки к отпуску потребителям.

Запас продвижения — см. *Запас рекламный*.

Запас производственный (*factory stock*) — запас, который создается для обеспечения бесперебойности производственного процесса. Учитывается в натуральных, условно-натуральных и стоимостных измерителях. К нему относятся неиспользованные и не подвергнутые переработке предметы труда.

Запас располагаемый (*available stock; anticipation stock*) — уровень запаса, равный сумме объема *наличного запаса* и заказанного, но пока не поступившего на склад количества *товарно-материальных ценностей*.

Запас редко используемый — см. *Малоподвижный запас*.

Запас резервный (*reserve stock*) — уровень запаса к моменту получения новой партии.

Запас резервный (VIP) — запас, который подготавливается для обеспечения выполнения заказов конкретных клиентов (в том числе и VIP-класса).

Запас рекламный (запас продвижения) — запас, который обеспечивает реакцию на повышение потребления в результате проведения маркетинговых мероприятий.

Запас сезонный (*anticipation stock, seasonal stock*) — запас, который образуется при сезонном характере производства, потребления или транспортировки.

Запас спекулятивный (буферный) (*speculative stock*) — запас, который создается в целях защиты от возможного повышения цен или вве-

дения протекционистских квот или тарифов, а также для использования конъюнктуры рынка для получения дополнительной прибыли.

Запас стандартный — см. *Запас нормальный*.

Запас стратегический (*strategic stock*) — государственный запас продовольствия, топлива, товаров, а также запас сырья в неразработанных месторождениях для обеспечения экономической безопасности в критических ситуациях.

Запас страховой (гарантийный запас) (*buffer stock; contingency stock; cushion stock; protective stock; safety stock*) — запас, предназначенный для непрерывного обеспечения потребления при появлении возможных обстоятельств: отклонения в периодичности и в величине партий поставок от запланированных, изменения интенсивности потребления, задержки поставок в пути и др.

Запас текущий (оборотный) (*available supplies; turnover stock*) — запас, который обеспечивает непрерывность процесса потребления между двумя поставками.

Запас товарный (*stock of goods; stock-in-trade; stock of commodities*) — запас, который создается для бесперебойного обеспечения потребителей материальными ресурсами. Находится у организаций-изготовителей на складах *готовой продукции*, а также в каналах сферы обращения.

Запас транспортный — см. *Запас в пути*.

Издержки дефицита (*shortage cost*) — затраты, которые несет организация при возникновении дефицита запаса. Включают *жесткие и мягкие издержки дефицита*.

Инвентаризация — физический подсчет единиц запаса.

Индикатор прогнозирования — переменная, от которой зависит прогнозируемый спрос.

Капитальные затраты — объем финансовых ресурсов, вложенных в запас. Включают затраты на закупку запаса и связанные с ним *альтернативные затраты*.

Качественный подход к прогнозированию потребности — оценка будущей потребности в запасе на основе экспертных оценок специалистов.

Количественный подход к прогнозированию потребности — оценка будущей потребности в запасе на основе *временных рядов* накопленной

за прошлые периоды времени статистики потребления либо на основе статистических данных изменения фактической величины спроса и связанного, определяющего спрос показателя.

Комбинированный подход к прогнозированию потребности — комбинация количественного и качественного подходов к прогнозированию потребности в запас.

Коэффициент тенденции — коэффициент, позволяющий учитывать тенденции потребления при составлении прогноза спроса. Рассчи-

тывается по формуле
$$K_{Tj} = \frac{\sum_{i=1}^n F_{j-1,i}}{\sum_{i=1}^n F_{j-2,i}}$$
, где K_{Tj} — коэффициент тен-

денции в периоде j ; j — индекс прогнозируемого периода; i — индекс предшествующего месяца; n — количество предшествующих месяцев, учитываемых для определения коэффициента тенденции; $F_{j-1,i}$ — фактический объем потребности в предыдущем прогнозируемом периоде времени в предшествующем месяце i ; $F_{j-2,i}$ — фактический объем потребности в периоде времени, предшествующем предыдущему прогнозируемому, в предшествующем месяце i .

Логистическая операция — любые действия, не подлежащие дальнейшей декомпозиции в рамках поставленной задачи и связанные с возникновением, преобразованием или поглощением материального, информационного или финансового потока.

Логистическая система — относительно устойчивая совокупность структурных подразделений компании, поставщиков, потребителей и посредников, взаимосвязанных по материальным, финансовым, информационным потокам и объединенных единым управлением.

Логистическая функция — совокупность логистических операций.

Логистическая цепь — линейно упорядоченное по потоку множество звеньев логистической системы, формируемое в целях анализа или синтеза определенного набора логистических операций и функций.

Материалы — разнообразные вещественные элементы производства, используемые в качестве предметов труда. Делятся на основные и вспомогательные материалы. Основные материалы составляют основу производимого продукта. Вспомогательные материалы необходимы для реализации производственного процесса.

Метод ABC — метод классифицирования позиций запаса по одному или нескольким критериям на три и более групп в целях выделения приоритетов при решении задач управления запасами.

Метод взвешенной скользящей средней — метод прогнозирования потребности в запасе, в котором каждому используемому в расчете *скользящей средней* периоду присваивается коэффициент, отражающий значимость влияния этого периода на прогнозное значение потребления. Взвешенная скользящая средняя рассчитывается по

$$\text{формуле } P_j = \frac{\sum_{i=1}^n k_i P_i}{\sum_{i=1}^n k_i}, \text{ где } P_j \text{ — прогнозируемый объем потребности}$$

в периоде времени j ; i — индекс предыдущего периода времени; k_i — коэффициент значимости периода времени i ; P_i — объем потребления в предыдущем периоде времени i ; n — число используемых в расчете предыдущих периодов времени.

Метод контрольного графика — метод контроля ошибок прогноза потребности в запасе, основанный на заранее определяемых контрольных границах, в пределах которых ошибка прогноза определяется случайными факторами.

Метод скользящей средней — метод прогнозирования потребности в запасе, который использует значение средней арифметической величины потребления за последние периоды наблюдений. Скользя-

$$\text{щая средняя рассчитывает по формуле } P_j = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}, \text{ где } P_j \text{ — прогно-$$

зируемый объем потребности в периоде времени j ; i — индекс предыдущего периода времени; P_i — объем потребления в предыдущем периоде времени i ; n — число периодов, используемых в расчете скользящей средней.

Метод XYZ — метод классифицирования позиций запаса по характеристике потребления.

Метод экспертных оценок — описательные, качественные, приближительные, а также количественные оценки процессов или явлений, не поддающихся в принципе или в данной ситуации непосредственному измерению.

Метод экспоненциального сглаживания — метод прогнозирования потребности в запасе, в котором каждый новый прогноз основан на учете значения предыдущего прогноза и его отклонения от факти-

ческого значения. Прогнозное значение рассчитывается по формуле: $P_j = P_{j-1} + a(F_{j-1} - P_{j-1})$, где P_j — прогнозируемый объем потребности в периоде времени j ; P_{j-1} — прогнозируемый объем потребности в периоде времени $(j-1)$; a — константа сглаживания; F_{j-1} — фактическая потребность в периоде $(j-1)$.

Модель с фиксированным интервалом времени между заказами (*fixed-order-interval model*) — модель управления запасами, основанная на выдаче периодически пересчитываемого заказа в заранее определенные моменты времени.

Модель с фиксированным размером заказа — модель управления запасами, основанная на выдаче фиксированного размера заказа при снижении запаса до *порогового уровня*.

Мягкие издержки дефицита — *издержки дефицита*, которые не могут быть определены и зафиксированы в момент их возникновения, так как время их формирования довольно продолжительно.

Наивный прогноз — прогноз потребления запаса, который основывается на предположении о том, что прогнозируемое потребление будущего периода равно потреблению предшествующего периода.

Наличный запас — см. *Запас наличный*.

Незавершенное производство (незавершенный продукт, *semifinished goods*) — незавершенное в процессе производства изделие, конструкция, здание или сооружение.

Независимый спрос — см. *Спрос независимый*.

Неликвид — см. *Запас неликвидный*.

Нерегулярное потребление — см. *Потребление нерегулярное*.

Нетто-потребность — см. *Потребность чистая*.

Норма запаса — установленная средняя величина запаса.

Норматив запаса — величина, которая определяется умножением *нормы запаса* в днях на средний однодневный расход товарно-материальных ценностей (в натуральных единицах); в денежном выражении норматив запаса определяется умножением стоимости однодневного расхода *товарно-материальных ценностей* на норму запаса в днях. Стоимость однодневного расхода исчисляется умножением среднедневного расхода в натуральном выражении на цену материальных ресурсов (включая заготовительные расходы и стоимость отходов). Однодневный расход материальных ресурсов может определяться делением суммы их стоимости по смете затрат на производство за квартал на 90. Расчет обычно делается по IV кварталу.

Нормирование запаса — процесс определения минимального размера запаса по видам *материальных ресурсов* для обеспечения бесперебойного процесса потребления.

Обеспеченность потребности запасом — показатель состояния запаса, показывающий, на сколько дней (недель, декад, месяцев и др.) хватит наличных запасов до момента их полного истощения: $O_{di} = \frac{Z_{ei}}{m_j}$, где O_{di} — обеспеченность потребности запасом в периоде учета i ; i — индекс периода учета; Z_{ei} — остаток запаса на конец периода учета i ; m_j — объем отгрузок (потребность, объем продаж или товарооборот).

Общая потребность — см. *Потребность общая, Потребность общая производственная.*

Оптовые скидки (*quantity discounts*) — снижение цены покупателям, закупающим товар в больших количествах.

Отгрузка дискретная — см. *Поставка дискретная.*

Отгрузка мгновенная — см. *Приемка мгновенная.*

Отгрузка непрерывная — см. *Поставка непрерывная.*

Отгрузка продолженная — см. *Приемка продолженная.*

Относительно равномерный спрос (базовый спрос) — спрос, который характерен для регулярно потребляемых запасов, не имеющих сезонных периодов потребления.

Отрицательная тенденция спроса — см. *Тенденция спроса отрицательная.*

Отходы — товарно-материальные ценности, утратившие полностью или частично свои потребительские качества. Образуются при производстве продукции, при добыче или обогащении полезных ископаемых в виде побочных продуктов, при проведении очистки и пр. действий. Накапливаются для транспортировки на другие производства, утилизации, переработки или захоронения.

Ошибка прогноза — разница между фактическим и предсказанным значениями.

Положительная тенденция спроса — см. *Тенденция спроса положительная.*

Полуфабрикат — продукт труда, который должен пройти еще одну или несколько стадий обработки, прежде чем стать готовым изделием,

годным для потребления. *Готовая продукция* одного предприятия может быть полуфабрикатом для другого предприятия.

Пороговый уровень запаса (точка повторного заказа, *reorder point, ROP*) — уровень запаса, при достижении которого следует выдать заказ на восполнение запаса.

Поставка (отгрузка) дискретная — пополнение запаса в отдельные моменты времени относительно крупными партиями.

Поставка (отгрузка) непрерывная — пополнение запаса непрерывно или в отдельные моменты времени относительно мелкими партиями.

Потребление нерегулярное — ситуация, в которой спрос на товарно-материальные ценности время от времени отсутствует.

Потребление регулярное — ситуация, в которой запас потребляется ежедневно, еженедельно или ежемесячно.

Потребность общая — потребность в *товарно-материальных ценностях* без учета *наличных запасов*.

Потребность общая производственная — потребность, которая складывается из потребностей в конкретном виде сырья и материалов на выполнение плана производства и продаж, капитальное строительство, внедрение новой техники, ремонтно-эксплуатационные нужды, изготовление технологической оснастки и инструментов и пророст незавершенного производства.

Потребность производственная — потребность в *товарно-материальных ценностях* запаса *сырья и материалов* со стороны производства.

Потребность сезонная — периодическое увеличение или уменьшение спроса на запас в течение года.

Потребность случайная — ситуация, когда потребность имеет случайный, неопределенный, трудно прогнозируемый характер.

Потребность чистая — потребность в *товарно-материальных ценностях* с учетом *наличного запаса*.

Приемка (отгрузка) мгновенная — приемка (отгрузка), продолжительность которой не превышает продолжительности единичного периода учета остатков запаса на складах.

Приемка (отгрузка) продолженная — приемка (отгрузка), которая длится в течение периода времени, превышающего продолжительность единичного периода учета остатков запаса.

Производственная потребность — см. *Потребность производственная*.

Регулярное потребление — см. *Потребление регулярное*.

Сезонный спрос — см. *Потребность сезонная*.

Скользкая средняя — см. *Метод скользящей средней*.

Скорость обращения запаса — показатель состояния запаса, который определяет количество оборотов (число раз полного обновления состава) среднего запаса за рассматриваемый период: $V_i = \frac{D_i}{\bar{Z}_i}$, где

D_i — объем отгрузок (потребление, объем продаж или товарооборот) запаса периоде в i ; \bar{Z}_i — средний объем запаса в периоде i .

Случайные изменения спроса — изменения спроса, которые не получили своего объяснения наличием *сезонных, циклических* и прочих *тенденций* изменения спроса, а также влиянием мероприятий по стимулированию спроса.

Спорадический спрос — см. *Потребность случайная*.

Спрос зависимый (*dependent demand*) — спрос, который имеет место при наличии обусловленности закупок, производственного процесса или процесса потребления технологического или иного характера.

Спрос зависимый вертикальный — спрос, который имеет место при наличии технологической обусловленности закупок, производственного процесса или процесса потребления.

Спрос зависимый горизонтальный — ситуация, в которой демонстрируется связанная потребность в нескольких технологически не связанных товарах (см. *Спрос зависимый, Спрос зависимый вертикальный*).

Спрос независимый (*independent demand*) — ситуация, в которой спрос на один продукт не связан со спросом на другой продукт.

Средний уровень запаса — показатель состояния запаса, которые рассчитывается по единичным отчетным периодам: $\bar{Z}_i = \frac{Z_{n_i} + Z_{k_i}}{2}$, где \bar{Z}_i — средний объем запаса в периоде i ; Z_{n_i} — остаток запаса на начало периода i ; Z_{k_i} — остаток запаса на конец периода i .

Средний уровень запаса за длительный период — показатель состояния запаса, который равен средней хронологической величине остатков

запаса: $\bar{Z}_j = \frac{0,5Z_1 + \sum_{i=2}^{n-1} Z_i + 0,5Z_n}{n-1}$, где \bar{Z}_j — средний уровень запаса в длительном периоде j ; Z_1, Z_n — остаток запаса на первый и

последний единичный период учета; i — индекс единичного периода учета; n — число единичных периодов учета; Z_i — остаток запаса на единичный период учета i .

Сырье — предметы труда, подлежащие дальнейшей переработке.

Сырье и материалы — группа *товарно-материальных ценностей* на входе звена цепи поставки. Включает *сырье, материалы, полуфабрикаты, детали*, комплектующие, сборочные единицы, *тару, упаковку*.

Тара — разновидность *упаковки*, изделие для размещения продукции, выполнения транспортировки, складирования и других логистических операций и функций.

Тенденция спроса отрицательная — тенденция спроса с наличием падения объема потребности в запасе в течение нескольких лет.

Тенденция спроса положительная — тенденция спроса с наличием роста объема потребности в запасе в течение нескольких лет.

Товар — продукт труда, производимый для продажи.

Товарно-материальные ценности — объекты, составляющие материальные потоки и формирующие *запасы* в логистике. Разделяются на четыре группы: 1) *сырье и материалы*; 2) *незавершенное производство*; 3) *готовая продукция*; 4) *товары*.

Точка повторного заказа — см. *Пороговый уровень запаса*.

Упаковка — *тара*, материал, в котором помещается продукция. Предохраняет товар от порчи, повреждения, обеспечивает создание рациональных единиц груза для транспортировки, погрузки, выгрузки, складирования товара и пр.

Управление запасами — деятельность, направленная на обеспечение требуемого уровня запаса.

Уравнение баланса запаса: $Z_{ei} = Z_{ni} + S_i - D_i$, где Z_{ei} — остаток запаса на конец периода i ; Z_{ni} — остаток запаса на начало периода i ; S_i — объем пополнения запаса в периоде i ; D_i — объем отгрузок (потребление, объем продаж или товарооборот) запаса в периоде i .

Уровень исполнения заказов (*fill rate*) — вероятность того, что поступивший заказ может быть удовлетворен из наличного запаса.

Уровень обслуживания (*service level*) — вероятность того, что в период исполнения заказа спрос не превысит наличных запаса.

XYZ-классификация — см. *Метод XYZ*.

Цель поставок — см. *Логистическая цепь*.

Циклические колебания спроса — продолжительные изменения тенденций потребления, сменяющие друг друга в периоды, как правило, более двух лет.

Чистая потребность — см. *Потребность чистая*.

Экономичный размер заказа (*economic order quantity*) — размер заказа на пополнение запаса, соответствующий минимальным общим затратам на пополнение и содержание запаса.

Экспоненциальное сглаживание — см. *Метод экспоненциального сглаживания*.

Эффект стимулирования спроса — изменение спроса на товар в ответ на маркетинговые мероприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Альбеков А.У., Митько О.А.* Коммерческая логистика. Ростов н/Д: Феникс, 2002.
2. Аналитические технологии для прогнозирования и анализа данных. — Copyright © 1999-2005 НейроПроект. http://www.neuroproject.ru/forecasting_tutorial.php#regress
3. *Аникин Б.А., Тяпухин А.П.* Коммерческая логистика: Учебник. М.: Велби, 2005.
4. *Андерсон Дж.* Дискретная математика и комбинаторика. М.: Вильямс, 2003.
5. *Бауэрсокс Д. Дж., Клосс Д. Дж.* Логистика: Интегрированная цепь поставок. М.: Олимп-Бизнес, 2001.
6. *Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г.* Математико-статистические методы экспертных оценок. М.: Статистика, 1980.
7. Бизнес: Оксфордский толковый слов. Англ.-рус.: Свыше 4000 понятий / Пер.: С.В. Щедрин, Н.Н. Кричигина, Е.П. Островская; Общ. ред. И.М. Осадчая. М.: Прогресс-Академия: Изд-во Рос. Гос. Гуманит. ун-та, 1995.
8. *Большев Л.Н., Смирнов Н.В.* Таблицы математической статистики. М.: Наука, 1983.
9. Большой экономический словарь / Под ред. А.Н. Азрилияна. 5-е изд., доп. и перераб. М.: Институт новой экономики, 2002.
10. *Бродецкий Г.Л.* Методические указания к изучению математических методов управления запасами. М.: МЦЛОГУ-ВШЭ, 2003.
11. *Гаджинский А.М.* Логистика: Учебник. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Маркетинг, 2002.
12. *Гаджинский А.М.* Практикум по логистике. М.: Маркетинг, 1999.
13. *Джонсон Дж.* и др. Современная логистика. 7-е изд.: Пер. с англ. М.: Вильямс, 2002
14. *Евланов Л.Г., Кутузов В.А.* Экспертные оценки в управлении. М.: Экономика, 1978.
15. *Ерукаева В.* Проектирование системы управления запасами на предприятии: Выпускная квалификационная работа / Под рук. А.Н. Стерлиговой. М.: МЦЛ ГУ-ВШЭ, 2004.
16. *Захаров К.В.* и др. Логистика, эффективность и риски внешнеэкономических операций. Киев: ИНЭКС, 2000.

17. *Зеваков А.М., Петров В.В.* Логистика производственных и товарных запасов: Учебник. СПб.: Изд-во Михайлова В.А., 2002.
18. *Золотогоров В.Г.* Энциклопедический словарь по экономике. Минск: Полымя, 1997.
19. *Козловский В.А.* и др. Логистический менеджмент. СПб.: Лань, 2002.
20. *Коноплицкий В., Филина А.* Это — бизнес: Толковый слов. экон. терминов. Киев: Альтерпрес, 1996.
21. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / Под общ. ред. проф. В.И. Сергеева. М.: ИНФРА-М, 2004.
22. *Кристофер М.* Логистика и управление цепями поставок. СПб.: Питер, 2004.
23. *Лебедев В.Г.* и др. Управление затратами на предприятии: Учеб. пособие. СПб.: Бизнес-пресса, 2003.
24. Логистика: Учебник. 3-е изд. / Под. ред. Б.А. Аникина. М.: ИНФРА-М, 2001.
25. *Линдерс М.Р., Харольд Е.Ф.* Управление снабжением и запасами. Логистика: Пер. с англ. СПб.: Полигон, 1999.
26. Маркетинг: Слов. / Г.Л. Азоев, П.С. Завьялов, Л.Ш. Лозовский, А.Г. Поршневу, Б.А. Райзберг. М.: Экономика, 2000.
27. Математическая статистика: Учебник для вузов / В.Б. Горяинов, И.В. Павлов, Г.М. Цветкова и др.; Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. 2-е изд. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.
28. *Миротин Л.Б., Сергеев В.И.* Основы логистики: Учеб. пособие. М.: ИНФРА-М, 1999.
29. *Миротин Л.Б., Ташбаев Ы.Э.* Логистика для предпринимателей: основные понятия, положения и процедуры: Учеб. пособие. М.: ИНФРА-М, 2002.
30. Модели и методы теории логистики / Под ред. В.С. Лукинского. СПб.: Питер, 2003.
31. *Моисеева Н.К., Адрианова Т.Р.* Логистика товародвижения. М.: МИЭТ, 2002.
32. *Неруш Ю.М.* Логистика: Учебник. М.: ЮНИТИ –ДАНА, 2000.
33. *Николайчук В.Е.* Заготовительная и производственная логистика. СПб.: Питер, 2001.

34. *Николайчук В.Е.* Логистика в сфере распределения. СПб.: Питер, 2001.
35. Новый экономический и юридический словарь / Под ред. А.Н. Азрилияна. М.: Институт новой экономики, 2003.
36. Отчеты по научно-исследовательской работе в рамках дисциплины «Управление запасами в логистических системах» специальности «Менеджмент организации» специализации «Логистика» факультета менеджмента ГУ-ВШЭ / В. Гусаков, Н. Кузнецова, Е. Миронova, Р. Мнакацян, А. Нещерет, И. Оглодкова, П. Паршина, А. Семенова, О. Тришина, А. Федотов, О. Чухнина / Под рук. А.Н. Стерлиговой. М.: ГУ-ВШЭ, 2003—2005.
37. *Пилишенко А.Н.* Логистика. Практикум. М.: МИЭТ, 1998.
38. Практикум по логистике: Учеб. пособие / Под ред. Б.А. Аникина. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 2002.
39. *Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б.* Современный экономический словарь. 4-е изд., перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 2003.
40. *Радионов Р.А., Радионов А.Р.* Логистика: управление сбытовыми запасами и оборотными средствами предприятия. М.: ИНФРА-М, 2002.
41. *Родников А.Н.* Логистика: Терминологический словарь. М.: ИНФРА-М, 2000.
42. *Рутковская Д.* и др. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячая линия — Телеком, 2005.
43. *Рыжиков Ю.И.* Теория очередей и управление запасами. М.: Питер, 2001.
44. *Саркисов С.В.* Управление логистикой: Учеб. пособие. М.: Бизнес-школа «Интел-Синтез», 2001.
45. *Сергеев В.И.* Логистика в бизнесе. М.: ИНФРА-М, 2001.
46. *Сивохина Н.П.* и др. Логистика: Учеб. пособие. М.: АСТ: РИК Русанова, 2000.
47. *Сигел Э.* Практическая бизнес-статистика. М.: Вильямс, 2002.
48. Советский энциклопедический словарь / Под ред. А.М. Прохорова. М.: Советская энциклопедия, 1987.
49. *Степанов В.И.* Логистика: Учебник. М.: ТК Велби: Проспект, 2006.
50. *Стерлигова А.Н.* Две точки зрения на запас // Менеджмент и менеджеры, 2003. № 11—12.

51. *Стерлигова А.Н.* Метод интеграции усилий звеньев сети распределения // *Логистик&система*, 2005. № 1.
52. *Стерлигова А.Н.* О сугубой практичности формулы Вильсона // *Логистик&система*, 2005. № 4.
53. *Стерлигова А.Н.* Процедуры оптимального распределения запаса в цепях поставок // *Логистика сегодня*, 2005. № 4.
54. *Стерлигова А.Н.* Роль управления запасами в организации успешного бизнеса // *Логистика сегодня*, 2004. № 1.
55. *Стерлигова А.Н.* Систематизация элементов моделей управления запасами в звеньях цепей поставок // *Логистика и управление цепями поставок*, 2005. № 4.
56. *Стерлигова А.Н.* Терминологическая структура логистики // *Логистика и управление цепями поставок*, 2004. № 4–5.
57. *Стерлигова А.Н.* Управление закупками: шаг первый — выбор // *Конкурсные торги*, 2000. Март. № 3.
58. *Стерлигова А.Н.* Управление запасами широкой номенклатуры: с чего начать? // *Логинфо*, 2003. № 12; 2004. № 1.
59. *Стерлигова А.Н., Семенова И.В.* Оптимальный размер заказа, или Загадочная формула Вильсона // *Логистик & система*, 2005. № 2, № 3.
60. *Стивенсон В. Дж.* Управление производством. М.: Лаборатория базовых знаний, 1998.
61. Управление организацией: Энциклопедический словарь / Под ред. А.Г. Поршнева, А.Я. Кибанова, В.Н. Гунина. М.: ИНФРА-М, 2001.
62. Управление производством: Учебник. / Под ред. А.Н. Саломатина. М.: ИНФРА-М, 2001.
63. *Федоров С.С.* Логистика. Управление запасами: Расширенные возможности модели EOQ. Новосибирск, 2002.
64. *Хайкин С.* Нейронные сети: полный курс. М.: Вильямс, 2005.
65. *Ханк Дж.Э.* и др. Бизнес-прогнозирование. М.: Вильямс, 2003.
66. *Хэндильд Р.Б., Николс-мл. Э.Л.* Реорганизация цепей поставок. М.: Вильямс, 2003.
67. *Чечельницкий А.Г.* Курсовой проект по дисциплине «Управление запасами в логистических системах» программы второго высшего образования по специальности 062200 «Логистика» (заочная форма обучения) / Под рук. А.Н. Стерлиговой. М.: МЦЛ ГУ-ВШЭ, 2005.

68. Чейз Р.Б. и др. Производственный и операционный менеджмент. 8-е изд.: Пер. с англ. М.: Вильямс, 2001.
69. Чудаков А.Д. Логистика: Учебник. М.: РДЛ, 2001.
70. Шрайбфедер Дж. Эффективное управление запасами. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005.
71. Ackemnan Keneth B., Van Nostrand Reinhold. Practical Handbook of Warehousing. — Thierd Ed., NY, 1990.
72. Ballow Ronald H. Bussines Logistics Management. Third Ed. Englwood, Cliff, New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1985.
73. Best Practice Logistics: Conference Proceedings, 1999.
74. Braun R.G. Decision Rules for Inventory Management. NY: Holt, 1967.
75. Carter R.J. Stores Management and Related Operations. Second Ed., Macdonald&Evans. UK, 1985.
76. Christopher M. Effective Logistics Management. London-USA: Gower, 1987.
77. Christopher M. Logistics and Supply Chain Management Strategies for Reducing Costs and Improving Service, 1992.
78. Christopher M. Marketing Logistics. Butterwoth Heinemann. G.B., 1998.
79. Christopher M. The Strategy of Distribution Management. London: Gower, 1986..
80. Cooper J., Bowr M., Peters N. Logistics Marketing Management and Strategy. Blackwell Business. USA, 1992.
81. Coyle J.J., Bardi E.J., Langley Jr. C.J. The Management of Business Logistics. Sixth Ed. West Publishing Company, 1996.
82. David G. de Roulet, Roger W. Kallock. Reengineering in the Logistics Enviroment //Annual Conference Proceedings. San Antonio. Texas.)ctober 11-14, 1992.
83. Farner D.V., Amstel R.P. Effective Pipeline Management. How to manage Integrated Logistics. Gower. G.B., 1991.
84. Gattona J.L., Walters D.W. Managing the Supply Chain. A Strategic Perspective. Macmillan Business. G.B., 1996.
85. Hutchinson N.E. An Integrated Approach to Logistics Management. Prentice-Hall Inc., USA, 1987. .
86. Integrates Distribution Management. Competing on Customer Service, time and Cost. Illinois: Business Irwin. Homewood, 1993.

87. Langford J.W. Logistics. Principles and Applications. McGraw-Hill. USA, Inc, 1995.
88. Leaders and Laggards. In: Logistics' 92. A Top Management Perspective. The Results of A Survey Conducted by A.T. Kearney In Partnership With the Institute of Materials Management.
89. Logistics and Distribution Planning Strategies for Management. — Revised Ed., Edited by Cooper J. Kogan Page, 1990.
90. Logistics and Distribution Planning Strategies for Management. Second Ed. Edited by Cooper J. Kogan Page, 1995.
91. Logistics and Supply Chain Management. A Management Overview. Business Link, 1995.
92. Logistics Modeling. Patman Publishing. UK, 1993. .
93. Logistics Technology International. The Intentional Review of Logistics Practice and Issues in Association with The Institute of Logistics, 1994, 1995.
94. Logistics. The Strategic Issues. Ed. M. Christopher. Chapman&Hall. G.B., 1995. .
95. Magee J.F. and Others. Modern Logistics Management Integrating Marketing, Manufacturing and Physical Distribution. — John Wiley and Sons. USA, 1985.
96. Martin A.J. Distribution Recourse Planning. Distribution Management's Most Powerfull Tool. John Wiley&Sons, Inc., USA. 1995.
97. Monczka R. and Others. Purchasing and Supply Chain Management. South-Western College Publishing. USA, 1998.
98. Peter and Nigel Attwood. Logistics of a Distribution System. London: Gower, 1992.
99. Physical Distribution Systems. London-NY: Routledge, 1989.
100. Planning nad Managing Industrial Logistics Systems. — Elsevier. USA, 1991.
101. Proceedings of the 2-nd International Symposium of Logistics. 1995.
102. Profitable Logistics Management. McGraw-Hill Ryerson Limited, Canada, 1988.
103. Purchasing and Supply Management. Creation the Vision. International Thompson Publishing. USA, 1997.
104. Robertson J.F., Copacine W.C. The Logistics Handbook. Andersen Consulting. USA, 1994.

105. Rushton A., Oxley J. Handbook of Logistics and Distribution Management. Kogan Page. UK, 1991.
 106. Strategies Supply Chain Alignments. Best Practice in Supply Chain Management. Ed. by Gattona J. Gower. UK, 1998.
 107. Strategy Planning in Logistics and Transportation. Edited by J. Cooper. London: Kogan Page, 1993.
 108. The Distribution Handbook. London: The Tree Press, 1985.
 109. The Distribution Management Handbook. Editors Tomkins J.A., Harmelink D.A. McGraw Hill. USA, 1994.
 110. The Gower Handbook of Logistics and Distribution Management. Forth Ed., Edited by John Cattorna. USA, 1990.
 111. The Institute of Logistics and Physical Distribution Management. Yearbook, 1986.
 112. The Institute of Logistics and Physical Distribution Management. Yearbook, 1989.
 113. The Warehouse World Class Distribution Logistics. The Tree Press. USA, 1993.
 114. Total Logistics. The Profit Prier: Conference Proceedings, 1994.
 115. Total Material Management. Achieving Maximum Profit Thought Materials | Logistics Operations. Second Ed. Chapman&Hall. USA, 1995.
- West A. Managing Distribution Concept. John Wiley&Sons. UK, 1989.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1	
ЗАПАС КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ В ЗВЕНЬЯХ	
ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК	7
1.1. Условия и причины образования запаса	7
1.2. Состав запаса	11
ГЛАВА 2	
ДВИЖЕНИЕ ЗАПАСА В ЗВЕНЬЯХ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК.....	30
2.1. Способы движения запаса.....	30
2.2. Циклы движения запаса	40
ГЛАВА 3	
ПОКАЗАТЕЛИ СОСТОЯНИЯ ЗАПАСА В ЗВЕНЬЯХ	
ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК	46
3.1. Анализ статистики поведения запаса	46
3.2. Основные показатели состояния запаса.....	58
ГЛАВА 4	
ПРОЦЕСС УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ В ЗВЕНЬЯХ ЦЕПЕЙ	
ПОСТАВОК.....	76
4.1. Процедура разработки алгоритма управления запасами	76
4.2. Содержание процесса управления запасами	80
ГЛАВА 5	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ПОТРЕБНОСТИ В ЗАПАСЕ.....	83
5.1. Процесс прогнозирования потребности в запасе.....	83
5.2. Виды потребности в запасе	84
ГЛАВА 6	
ТЕХНИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В ЗАПАСЕ.....	89
6.1. Прогнозирование потребности в запасе на основе	
статистических данных.....	89

6.2. Прогнозирование потребности в запасе на основе экспертных оценок	130
6.3. Комбинированный подход к прогнозированию потребности в запасе	136
6.4. Оценка и анализ точности прогноза потребности в запасе	138

ГЛАВА 7

ЗАТРАТЫ, СВЯЗАННЫЕ С ЗАПАСАМИ В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК..... 151

7.1. Роль и состав затрат, связанных с запасами	151
7.2. Общие затраты, связанные с запасами	165

ГЛАВА 8

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕРА ЗАКАЗА НА ВОСПОЛНЕНИЕ ЗАПАСА..... 169

8.1. Влияние размера заказа на состояние запаса	169
8.2. Классическая формула расчета оптимального размера заказа	173
8.3. Модификации классической формулы расчета оптимального размера заказа	181
8.4. Сбор и обработка исходной информации для расчета оптимального размера заказа	201
8.5. Проблемы использования формул расчета оптимального размера заказа	210
8.6. Направления использования формул расчета оптимального размера заказа	218

ГЛАВА 9

МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ В ЗВЕНЬЯХ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК..... 228

9.1. Основные модели управления запасами.....	228
9.2. Модели управления запасами в условиях изменяющейся потребности	258

ГЛАВА 10

УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ..... 274

10.1. Уровень обслуживания	276
----------------------------------	-----

10.2. Расчет параметров модели с фиксированным размером заказа в условиях неопределенности.....	294
10.3. Расчет параметров модели с фиксированным интервалом времени между заказами.....	309
10.4. Однопериодная модель управления запасами.....	324

ГЛАВА 11

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ В ЗВЕНЬЯХ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК 332

11.1. Проектирование алгоритма управления запасами.....	333
11.2. Имитация движения запаса в различных организационно-методических условиях.....	333
11.3. Классификация элементов моделей управления запасами	341

ГЛАВА 12

УПРАВЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫМИ ГРУППАМИ ПОЗИЦИЙ ЗАПАСОВ..... 353

12.1. Управление группами <i>A, B, C</i>	353
12.2. Управление группами <i>X, Y, Z</i>	366
12.3. Использование матрицы <i>ABC—XYZ</i> при управлении запасами в звене цепей поставок	372

ГЛАВА 13

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАСА В ЗВЕНЬЯХ ЦЕПИ ПОСТАВКИ 377

13.1. Модель пропорционального распределения товара в сети	377
13.2. Метод максимального потока в сети распределения	381
13.3. Метод <i>DRP</i>	396

ГЛОССАРИЙ..... 407

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... 420

По вопросам приобретения книг обращайтесь:

Отдел продаж «ИНФРА-М» (оптовая продажа):

127282, Москва, ул. Полярная, д. 31в, тел.: (495) 380-4260; факс: (495) 363-9212
E-mail: books@infra-m.ru

Магазин «Библиосфера» (розничная продажа):

109147, Москва, ул. Марксистская, д. 9, тел. (495) 670-5218, 670-5219

Отдел «Книга—почтой»:

тел. (495) 363-4260 (доб. 232, 246)

Центр комплектования библиотек:

119019, Москва, ул. Моховая, д. 16 (Российская государственная библиотека, кор. К)
тел. (495) 202-9315

Учебное издание

Алла Николаевна Стерлигова

Управление запасами в цепях поставок

Учебник

Оригинал-макет подготовлен в Издательском Доме «ИНФРА-М»

ЛР № 070824 от 21.01.93 г.

Сдано в набор 11.01.2007. Подписано в печать 25.06.2007.

Формат 60 × 90^{1/16}. Бумага офсетная. Гарнитура Newton.

Усл. печ. л. 27,0. Уч.-изд. л. 26,44.

Тираж 2500 экз. Заказ № 7616.

Издательский Дом «ИНФРА-М»

127282, Москва, ул. Полярная, д. 31в

Тел.: (495) 380-05-40, 380-05-43. Факс: (495) 363-92-12

E-mail: books@infra-m.ru <http://www.infra-m.ru>

Отпечатано с готовых диапозитивов в ОАО ордена «Знак Почета»

«Смоленская областная типография им. В. И. Смирнова».

214000, г. Смоленск, проспект им. Ю. Гагарина, 2.