

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный
инженерно-экономический университет»



*О.В. Бадюкин, В.В. Лукинский, В.С. Лукинский,
Ю.В. Малевич, А.С. Степанова
Т.Г. Шульженко*

УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК

Учебное пособие

под общ. и научн. ред. В.С. Лукинского

Допущено

Научно-методическим советом специальности 080506 – Логистика и управление цепями поставок в качестве учебного пособия для студентов

**Санкт-Петербург
2010**

УДК 658.7(075.8)
ББК 65.40я73
С79

*Утверждено редакционно-издательским советом
СПбГИЭУ в качестве учебного пособия по спец. 080506*

Составители:
*О.В. Бадюкин
В.В. Лукинский
В.С. Лукинский
Ю.В. Малевич
А.С. Степанова
Т.Г. Шульженко*

Под общей и научной редакцией
з.д.н. РФ, д.т.н., проф. В.С. Лукинского

Рецензенты:
*д.э.н., проф. Уваров С.А. (СПбГУЭФ)
д.э.н., проф. Горев А.Э. (СПбГАСУ)*

С79 Управление запасами в цепях поставок: Учеб. Пособие / Бадюкин О.В., Лукинский В.В., Малевич Ю.В., Степанова А.С., Шульженко Т.Г.; под общ. и научн. ред. В.С. Лукинского. – СПб.: СПбГИЭУ, 2010. – 372 с.

ISBN 978-5-16-003089-0

В учебном пособии рассмотрены основные вопросы управления запасами в логистических системах. Изложенный в пособии теоретический материал проиллюстрирован примерами. Для закрепления теоретического материала предложены задания для самостоятельной проработки.

Пособие предназначено для студентов и преподавателей системы основного и дополнительного высшего экономического образования, аспирантов, научных работников, специалистов по логистике и управлению запасами промышленных и торговых организаций.

УДК 658.7(075.8)
ББК 65.40я73

ISBN 978-5-16-003089-0

© СПбГИЭУ, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. ЗАПАСЫ КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК	8
1.1. Запасы: понятие, функции, цели и причины формирования.....	8
1.2. Классификация запасов	11
1.3. Запасы и материальный поток	16
1.4. Риски содержания запасов и возникновения дефицита	23
1.5. Затраты и издержки, связанные с запасами.....	26
1.6. Вопросы и задания для самостоятельной работы.....	30
2. РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ.....	32
2.1. Развитие теории и практики управления запасами	32
2.2. Сущность и классификация задач управления запасами.....	35
2.3. Научная и методическая база управления запасами	36
2.4. Концепции запасов в логистике. Логистические технологии в управлении запасами и снабжением	39
2.5. Вопросы и задания для самостоятельной работы.....	44
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В ЗАПАСАХ: СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ	46
3.1. Сущность статистических методов, их преимущества и недостатки... 46	
3.2. Определение параметров страхового и текущего запасов через интервалы времени между поставками	47
3.3. Определение параметров страхового и текущего запасов через объемы поставок	53
3.4. Вопросы и задания для самостоятельной работы.....	56
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В ЗАПАСАХ: СТАТИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ.....	58
4.1. Сущность и условия применения статических моделей управления запасами.....	58
4.2. Вопросы и задания для самостоятельной работы.....	64
5. МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОГО ОБЪЕМА И ПЕРИОДИЧНОСТИ ЗАКАЗА ХАРРИСА-УИЛСОНА И ЕЕ МОДИФИКАЦИИ.....	67
5.1. Вывод модели EOQ Харриса-Уилсона	67
5.2. Расчет показателей модели EOQ	70
5.3. Расчет затрат на хранение при аренде склада	71
5.4. Учет скидок в модели EOQ	74
5.5. Модифицированные варианты модели EOQ.....	79
5.6. Перспективы развития модели EOQ	86
5.7. Вопросы и задания для самостоятельной работы.....	87
6. МОДЕЛЬ EOQ ПРИ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНЫХ ПОСТАВКАХ	90

6.1. Сущность многономенклатурной модели	90
6.2. Учет ограничений при многономенклатурных поставках.....	94
6.3. Многономенклатурные поставки по системе кратных периодов	99
6.4. Вопросы и задания для самостоятельной работы.....	106
7. МОДЕЛЬ EOQ В УСЛОВИЯХ ФИНАНСОВЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ И НАЛИЧИИ НЕСКОЛЬКИХ ИСТОЧНИКОВ ПОСТАВОК	108
7.1. Сущность задачи и основные подходы к решению.....	108
7.2. Вопросы и задания для самостоятельной работы.....	116
8. МОДЕЛИ РАСЧЕТА СТРАХОВОГО ЗАПАСА	118
8.1. Формула Феттера	118
8.2. Откорректированная формула Феттера	123
8.3. Вопросы и задания для самостоятельной работы.....	127
9. СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ И УСЛОВИЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ	128
9.1. Сущность и основные параметры стратегий управления запасами ...	128
9.2. Классификация стратегий управления запасами	130
9.3. Периодические стратегии управления запасами	136
9.4. Стратегии управления с «точкой заказа»	154
9.5. Комбинированные стратегии управления запасами.....	171
9.6. Условия применения различных типов стратегий управления запасами.....	176
9.7. Статистическое имитационное моделирование в управлении запасами	180
9.8. Вопросы и задания для самостоятельной работы.....	195
10. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ В УСЛОВИЯХ ЗАВИСИМОГО СПРОСА	198
10.1. MRP-планирование	198
10.2. Методы определения оптимального размера заказа в MRP – системах	207
10.3. Нормирование уровня запасов и оборотных средств, вложенных в запасы	220
10.4. Вопросы и задания для самостоятельной работы.....	231
11. ЗАПАСЫ КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК.....	235
11.1. Интеграционный подход к управлению запасами в цепях поставок.....	235
11.2. Многоуровневые системы запасов.....	237
11.3. Интеграционная модель EOQ	243
11.4. Вопросы и задания для самостоятельной работы.....	260

12. УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ С УЧЕТОМ КЛАССИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ: МЕТОДЫ ABC И XYZ	262
12.1. ABC-анализ	262
12.2. XYZ - анализ	278
12.3. Усовершенствованный метод XYZ-анализа	281
12.4. Совместное использование классификаций ABC и XYZ	293
12.5. Вопросы и задания для самостоятельной работы.....	294
13. РОЛЬ ТРЕТЬЕЙ И ЧЕТВЕРТОЙ СТРОНЫ ЛОГИСТИКИ В ФОРМИРОВАНИИ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК И УПРАВЛЕНИИ ЗАПАСАМИ В НИХ.....	298
13.1. Посредники в цепях поставок и аутсорсинг при управлении запасами	298
13.2. Концепция простой логистической цепи.....	302
13.3. Вопросы и задания для самостоятельной работы.....	319
14. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СТРАТЕГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ.....	321
14.1. Алгоритм проектирования оптимальных стратегий управления запасами.....	321
14.2. Вопросы и задания для самостоятельной работы.....	329
15. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И АНАЛИЗ ЗАПАСОВ ТОВАРНО-МАТЕРИАЛЬНЫХ ЦЕННОСТЕЙ	330
15.1. Показатели эффективности управления запасами.....	330
15.2. Вопросы и задания для самостоятельной работы.....	344
ГЛОССАРИЙ.....	345
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	361

ВВЕДЕНИЕ

За последние десять лет в нашей стране получило развитие новое научное направление – логистика.

Эволюция новых научных направлений таких, как логистика, характеризуется неравномерностью. До последнего времени главным аспектом изучения теории логистики являлись в основном вопросы терминологии и понятийного аппарата (концепции, принципы, парадигмы, цели и задачи, определения и т.п.), однако второй не менее важной части логистики – решению практических задач – в настоящее время не уделяется должного внимания. Некоторые ВУЗы Российской Федерации начали подготовку специалистов по специальности «Логистика и управление цепями поставок». Опыт показал безусловную актуальность данного направления и востребованность специалистов в области логистики с высшим образованием на рынке труда. Вместе с тем выявлен ряд проблем, связанных с реализацией учебных программ. Одной из основных является разработка учебно-методического обеспечения по циклу специальных дисциплин.

Дисциплина «Управление запасами в цепях поставок» к сожалению, как и многие другие дисциплины специальности, пока не обеспечена необходимой литературой, позволяющей студентам и аспирантам не только изучать теоретические аспекты, но и апробировать полученные знания на конкретных примерах. При этом следует, что управление запасами в цепях поставок с одной стороны отражает все многообразие факторов функционирова-

ния потоков, с другой стороны позволяет выделить логистику в самостоятельную дисциплину, принципиально отличающуюся от менеджмента и маркетинга.

Целью данного учебного пособия является краткий обзор теоретических методов и стратегий управления запасами, рассмотрение математического аппарата, используемого при решении основных задач, связанных с управлением запасами на предприятиях различного уровня и профиля, и, что самое главное, приведение подробных методик и алгоритмов расчета с конкретными примерами.

Авторы учебного пособия выражают надежду, что приведенные модели и практические примеры расчетов помогут студентам и аспирантам в освоении и применении теории управления запасами.

1. ЗАПАСЫ КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК

1.1. Запасы: понятие, функции, цели и причины формирования

Материальные запасы (*inventory, stock*) – находящиеся на различных стадиях производства и обращения продукция производственно-технического назначения, предметы потребления и другие товарно-материальные ценности, ожидающие вступления в процесс производственного потребления, транспортировки (отгрузки) или продажи (конечного потребления) [37].

Понятие «запас» применяется к производственным и непроизводственным объектам, например, запасы полезных ископаемых, водные, лесные, рыбные ресурсы и др.

Выделяют также информационные, финансовые и трудовые запасы, которые на практике **принято называть резервами.**

Основными причинами формирования запасов в экономических системах являются [14; 18; 33; 38 и др.]:

- стохастический характер спроса на материальные ресурсы;
- несоответствие объемов (и интенсивности) спроса на материальные ресурсы возможностям производства;
- удаленность поставщиков от потенциальных потребителей;
- сезонность доставки;
- низкая надежность поставок;
- спекулятивные намерения и инфляционные ожидания;

- желание получить экономическую выгоду от оптовых скидок в случае приобретения больших объемов товаров;

- стремление участников экономических отношений снизить издержки, связанные с размещением заказа и доставкой материальных ресурсов, а также издержки производства продукции (например, выпуск изделий малыми партиями сокращает запасы, но приводит к увеличению затрат на переналадку производственного оборудования и увеличивает себестоимость единицы изделия, тогда как увеличение партий производства приводит к противоположному эффекту);

- необходимость поддержания высокого уровня обслуживания клиентов (например, в сфере здравоохранения);

- причины сервисного характера, когда отсутствие необходимых материалов и запасных частей может привести к остановке производственного процесса и др.

Цели создания запасов в экономических системах [18]:

1. Повысить эффективность производства: запасы позволяют снизить или ликвидировать простои технологического оборудования, более полно использовать ресурс времени работы оборудования, уменьшить издержки производства, связанные с созданием дополнительных производственных мощностей и т.п.

2. Обеспечить бесперебойное обслуживание потребителей: запасы позволяют компенсировать сезонные и случайные колебания спроса, страхуют от возможных сбоях в поставках.

3. Сократить издержки, связанные закупкой материальных

ценностей (за счет оптовых скидок) и их транспортировкой (чем больше партия, тем более полно используется грузоподъемность подвижного состава и меньше ездов делает транспортное средство).

4. Получить экономическую выгоду за счет формирования запасов в условиях инфляции, дефицита, в случае ажиотажного спроса на материальные ценности и т.п.

Основные экономические функции запасов:

- обеспечение надежности, непрерывности и устойчивости процессов производства, распределения, обмена и потребления материальных ресурсов;

- функция управления затратами: увеличение объемов запасов позволяет снизить отдельные составляющие производственных затрат (например, затраты на переналадку оборудования), а также сократить издержки обращения, связанные с оформлением заказов на поставку и транспортировкой материальных ресурсов;

- инвестиционная функция: запасы позволяют сохранить и даже увеличить объем денежных ресурсов компаний в условиях благоприятной рыночной конъюнктуры, когда ценность запасов может расти быстрее, чем банковские проценты по вкладам.

Объективными факторами повышения уровня запасов являются [18, 40]:

- ненадежность поставок;
- увеличение времени обработки и выполнения заказа;
- неточное прогнозирование спроса (потребления);

- увеличение расстояния перевозки;
- неэффективное производство;
- низкое качество закупаемых товаров;
- плохая профессиональная подготовка персонала и др.

Управление запасами – одна из наиболее важных функций логистики, предусматривающая решение следующих задач:

- определение оптимального уровня запаса материальных ресурсов и его основных составляющих – текущей, страховой и подготовительной;
- определение оптимального размера заказа на пополнение запасов и периодичности пополнения;
- организацию системы контроля за уровнем запасов и своевременным их пополнением.

Выбор системы управления запасами как определенной экономико-математической модели или последовательности действий, объединяющей расчет основных параметров запаса и систему контроля за состоянием запасов, зависит от условий, в которых функционирует компания, и соответствующего набора исходной информации.

1.2. Классификация запасов

В современной литературе по логистике описаны различные варианты классификаций материальных запасов, некоторые из них приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Классификация материальных запасов

Признак классификации	Виды (формы) запасов
Классификация 1 [36]:	
натурально-вещественная форма запасов	запасы подразделяются по видам сырья, материалов, топлива, оборудования и т.д.
роль запасов в процессе общественного производства	средства труда; предметы труда; незавершенное производство; готовая продукция
назначение запасов	производственные запасы; товарные запасы; материальные резервы и т.д.
сроки формирования и использования запасов	текущие запасы; страховые запасы; подготовительные запасы
соотношение объема запасов и потребности в них	нормативные запасы; сверхнормативные запасы
Классификация 2 [14, 18]:	
тип (форма запасов)	сырье и материалы; промежуточный продукт, незавершенное производство; полуфабрикаты; готовая продукция; изделия и материалы, используемые для технического обслуживания, ремонта и эксплуатации; отходы производства; сельскохозяйственные материалы и др.
место нахождения	производственные запасы; товарные запасы; транспортные запасы
функциональное назначение и причины образования	текущие, циклические или регулярные запасы; страховые, гарантийные, резервные запасы; подготовительные запасы; сезонные запасы; устаревшие запасы или неликвиды; рекламные запасы; спекулятивные запасы и др.
период образования	плановые запасы; фактические запасы; на начало / конец периода и др.
экономические функции в воспроизводственном процессе	производственные запасы; государственные материальные резервы; запасы домашних хозяйств и др.

Производственные запасы (*manufacturing inventory*) – формируются в производственных и сервисных системах и предназначены для производственного потребления. Включают под-

готовительные, страховые и текущие запасы.

Товарные запасы – подразделяются на запасы готовой продукции на складах фирм-производителей (*merchandise inventory*) и запасы в каналах сферы обращения. Последние в свою очередь подразделяются на запасы предприятий оптовой торговли (*distribution inventory*) и запасы организаций розничной торговли (*trade inventory*).

Подготовительные запасы (*buffer stock; incoming stock*) – их основная задача состоит в обеспечении непрерывности, равномерности и ритмичности производственных процессов. Подготовительные запасы включают запасы при подготовке продукции к хранению (обычные и специальные) и запасы, создаваемые по окончании хранения в процессе подготовки продукции к отгрузке покупателю или к отпуску в производство.

Транспортные запасы (запасы в пути, транзитные запасы; *in-transit inventory, transportation stock, pipeline stock*) – это часть товарных запасов, находящихся в процессе доставки от поставщика к грузополучателю.

Текущие, циклические или регулярные запасы (*base stock; cycle stock; lot-size stock*) – обеспечивают непрерывность снабжения материальными ресурсами (МР), а также реализацию готовой продукции (ГП) предприятиями и организациями торговли между двумя очередными поставками. Составляют основную часть производственных и товарных запасов; уровень текущего запаса является переменной величиной.

Страховые, гарантийные, резервные запасы (*safety stock, stabilization stock*) предназначены для непрерывного снабжения потребителя в случае непредвиденных обстоятельств: отклонений в периодичности и объеме партии поставки от запланированных, резких изменений интенсивности потребления МР или ГП и др.

Сезонные запасы (*seasonal inventory*) - формируются для обеспечения нормальной работы организаций во время сезонных перерывов в производстве, потреблении и транспортировке (например, сельскохозяйственная продукция или доставка товаров в районы Крайнего Севера).

Рекламные запасы или запасы продвижения – это запасы, создаваемые и поддерживаемые в каналах распределения для быстрой реакции на повышение потребления в результате осуществления рекламных, PR (public relations) и различных маркетинговых мероприятий.

Спекулятивные запасы (*speculative stock*) – создаются в целях защиты от возможного повышения цен или введения протекционистских квот или тарифов, а также для использования рыночной конъюнктуры для получения дополнительной (спекулятивной) прибыли.

Норма запаса - количество МР, незавершенного производства (НП) и ГП, которое должно находиться у организаций для обеспечения бесперебойного снабжения производства или процесса сбыта.

Сверхнормативные запасы (*excess inventory, surplus stock*) - запасы, уровень которых превышает установленные нормы запаса (количества МР, НП и ГП, которое должно находиться у организаций для обеспечения бесперебойного снабжения производства или процесса сбыта).

Устаревшие запасы, неликвиды (*dead stock*) - длительно неиспользуемые запасы, образующиеся вследствие низкого качества продукции, ее морального устаревания, истечения гарантийного срока хранения.

Сырье и материалы (*raw materials*) - любые исходные материальные составляющие, приобретаемые для их использования в производственном процессе.

Промежуточный продукт или незавершенное производство (*work-in-process, WIP*) – сырье в процессе трансформации и обработки.

Полуфабрикаты – промежуточные единицы или узлы, временно отправляемые на хранение для последующего использования в производственном процессе.

Готовая продукция (*finished goods*) – конечная продукция для данного предприятия, предназначенная для реализации.

Изделия и материалы, используемые для технического обслуживания, ремонта и эксплуатации (*MRO*) – хозяйственный инвентарь, малоценные изнашиваемые предметы.

Отходы производства – возвратные (вторичные материальные ресурсы: металлолом, макулатура) или безвозвратные.

1.3. Запасы и материальный поток

Понятия «запас» и «поток» являются ключевыми в логистике, поэтому интересным является вопрос о взаимосвязи этих понятий.

В экономической теории понятия «запасы» и «потоки» рассматриваются как две самостоятельные, но зависящие друг от друга категории, см., например, [2 и др.]. Потоки отражают движение ценностей от одних субъектов к другим в процессе экономической деятельности, а запасы характеризуют накопление и использование ценностей субъектами. Поток измеряется количеством в единицу (период) времени (на интервале оси времени), а запас определяется, как правило, количеством на определенный момент (в точке на оси времени). Например, инвестиции являются потоковыми величинами, а накопленный в результате капитал является запасом. Взаимосвязь между запасами и потоками выражается тем, что изменения в одних величинах (величины запасов), как правило, сопровождаются соответствующими изменениями в других (величины потоков).

Рассмотрим теперь взаимосвязь между запасами и потоками с точки зрения логистики.

Логистика – это наука об управлении материальными и связанными с ними информационными, финансовыми и сервисными потоками в экономической системе от места их зарождения до места потребления для достижения целей системы и с оптимальными затратами ресурсов [32, 37].

Поток - это совокупность объектов, воспринимаемая как единое целое, существующая как процесс на некотором интервале времени, измеряемая в абсолютных единицах за определенный промежуток времени [32, 37].

Материальный поток – это находящиеся в состоянии движения материальные ресурсы, незавершенное производство, готовая продукция, к которым применяются логистические операции и логистические функции [32, 37].

Под запасами в общем случае понимаются материальные ценности, ожидающие производственного или личного потребления [26].

Логистика рассматривает запасы как форму существования материального потока, для которой характерны особые типы технологии движения материальных компонентов, основными из которых являются качественное и количественное изменение материальных ресурсов в запасах. Примерами качественного изменения могут служить: старение, порча, деформация хранимых материалов. Количественное изменение во время хранения может происходить за счет «утруски», «усушки», испарения и прочих естественных процессов, не связанных напрямую с использованием материальных ресурсов в производственной деятельности или сбытовых операциях.

Фиксация места нахождения запаса, как отмечается в работе [26], не ограничивает второго параметра движения - времени.

Изменение запасов во времени (динамика остатков матери-

альных ценностей на складах) может быть описано двумя основными способами – графическим и табличным. Табличный способ представления изменения уровня запасов во времени наиболее распространен и применяется в различных складских и бухгалтерских системах автоматизированного учета материальных ценностей. Пример табличной формы представления данных об изменении уровня запасов во времени приведен в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Карточка складского учета материала (фильтр воздушный)

Дата записи	Док-т	Номер	От кого получено или кому отпущено	Учетная единица выпуска	Приход	Расход	Остаток
01.01.2004		1		шт.			16
08.01.2004	СФ6	2	ООО "Промэк"	шт.	20		36
12.01.2004		3		шт.		18	18
05.02.2004	СФ71	4	ООО "Июль"	шт.	40		58
05.02.2004		5		шт.		2	56
16.02.2004		6		шт.		10	46
05.03.2004		7		шт.		18	28
20.03.2004		8		шт.		22	6
08.04.2004		9		шт.		6	0
10.04.2004		10		шт.		12	-12
13.04.2004	СФ238	11	ООО "Промэк"	шт.	40		28
20.04.2004		12		шт.		6	22
22.04.2004		13		шт.		16	6
30.04.2004		14	ООО "Ариком"	шт.	4		10
14.05.2004		15		шт.		4	6
20.05.2004		16		шт.		14	-8
26.05.2004	СФ341	17	ООО "Вента"	шт.	40		32
07.06.2004		18		шт.		24	8
10.06.2004		19		шт.		2	6
22.06.2004		20		шт.		10	-4
25.06.2004	СФ421	21	ООО "Промэк"	шт.	34		30
12.07.2004	нак4	22		шт.		2	28
16.07.2004		23		шт.		18	10

Окончание табл. 1.2

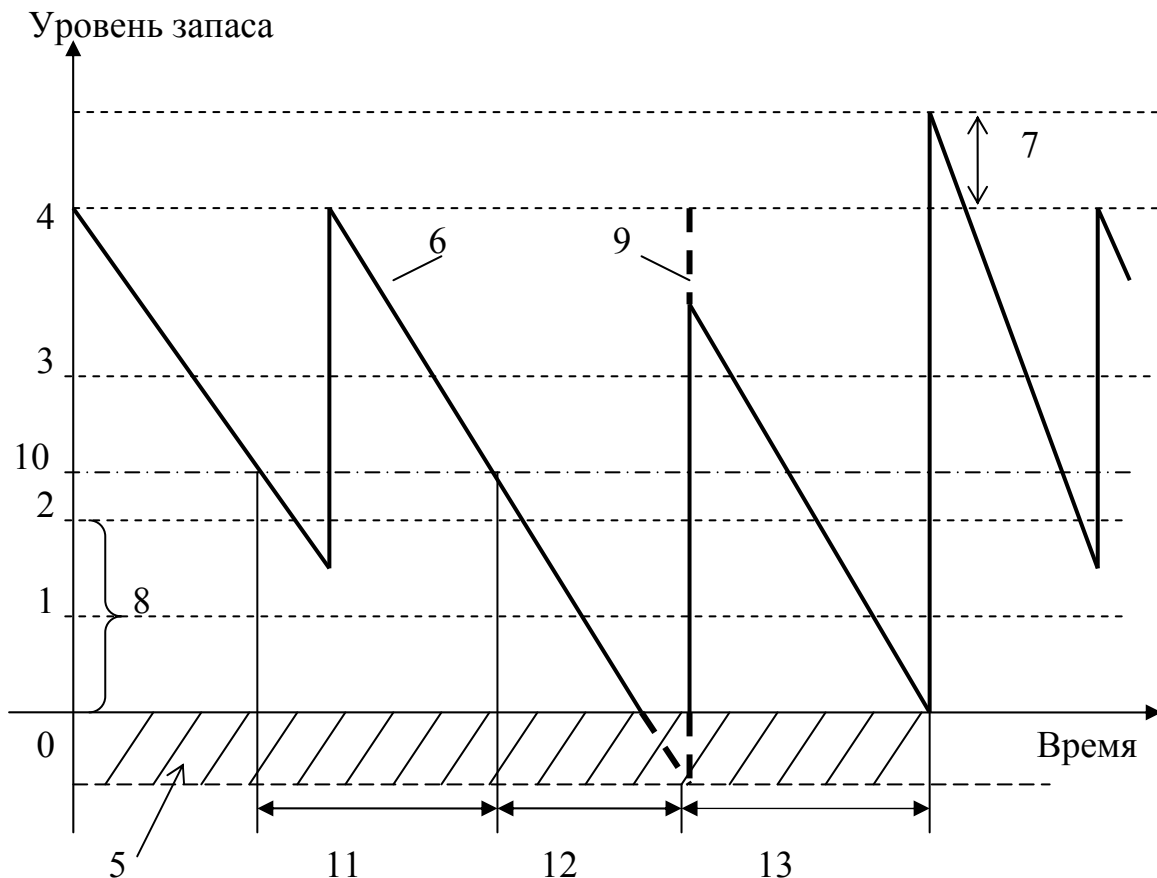
Дата записи	Док-т	Номер	От кого получено или кому отпущено	Учетная единица выпуска	Приход	Расход	Остаток
28.07.2004	СФ497	24	ООО "Июль"	шт.	34		44
28.07.2004		25		шт.		14	30
10.08.2004		26		шт.		16	14
16.08.2004		27		шт.		2	12
07.09.2004		28		шт.		18	-6
16.09.2004	СФ613	29	ООО "Промэк"	шт.	40		34
07.10.2004		30		шт.		18	16
20.10.2004		31		шт.		16	0
05.11.2004	СФ737	32	ООО "Промэк"	шт.	40		40
05.11.2004		33		шт.		28	12
03.12.2004	СФ817	34	ООО "Промэк"	шт.	40		52
06.12.2004		35		шт.		14	38

Для графического представления процесса движения запасов (их пополнения и расходования) применяется так называемая «пилообразная диаграмма» (Saw Teeth Diagram), которая представляет собой график, по оси абсцисс которого откладывается время, а по оси ординат – соответствующий уровень запаса (рис. 1.1).

Пилообразная диаграмма строится на основе статистических данных, которые берутся из соответствующих табличных форм.

Максимальный уровень запаса равен сумме страхового, подготовительного запасов и максимального уровня текущего запаса. Максимальный уровень текущего запаса, как правило, принимается равным размеру партии поставки.

Средний уровень запаса равен сумме страховых, подготовительных запасов и половины текущих запасов.



1 – страховой запас; 2 – подготовительный запас; 3 – средний запас; 4 – максимальный запас; 5 – дефицит; 6 – текущий запас; 7 – сверхнормативная поставка; 8 – минимальный запас (страховой + подготовительный); 9 – недопоставка; 10 – точка заказа ROP (Reorder point); 11 – период между заказами; 12 – время выполнения поставки; 13 – период между поставками

Рис. 1.1. Диаграмма изменения размера запаса

Минимальный уровень запаса (гарантийный запас) равен сумме страхового и подготовительного запасов.

Интервал поставки (цикл поставки) - период времени между двумя смежными поставками.

Время выполнения заказа - период времени между моментом подачи заказа и моментом поступления продукции на склад.

Точка заказа или перезаказа (reorder point, ROP) указывает, когда следует сделать заказ для пополнения запасов. Точку заказа можно выразить в единицах запасов или в днях поставки. В общем случае для определения ROP в единицах запаса необходимо умножить интенсивность потребления (спроса) на среднее время выполнения заказа:

$$R = D \times T \quad (1.1)$$

На рис. 1.2. – 1.3. приведены диаграммы пополнения и расходования запасов, построенные на основе данных реальных компаний.

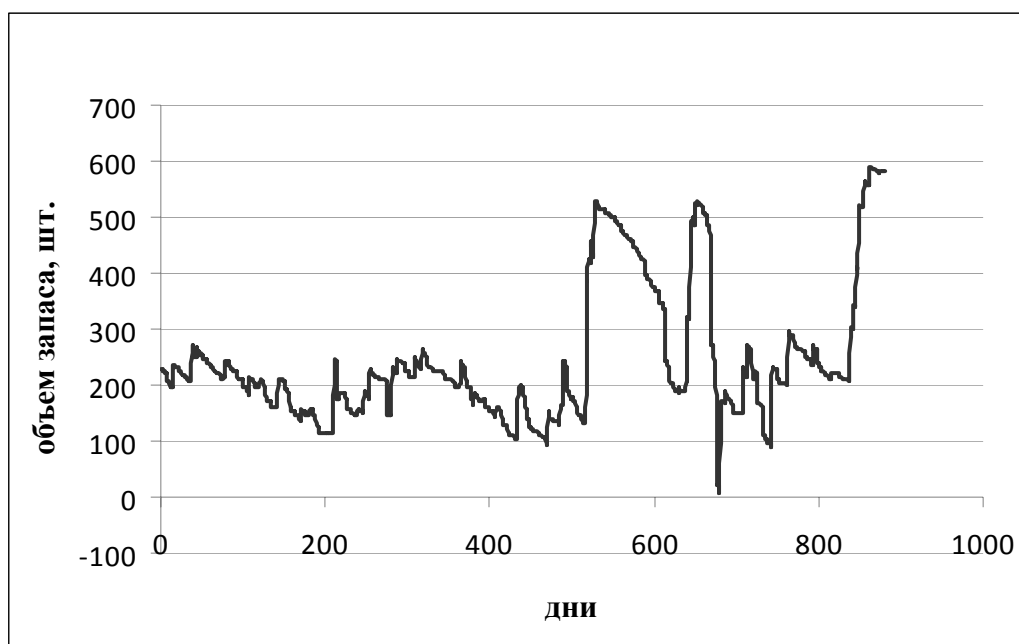


Рис. 1.2. Динамика величины запасов для мебели (столы)

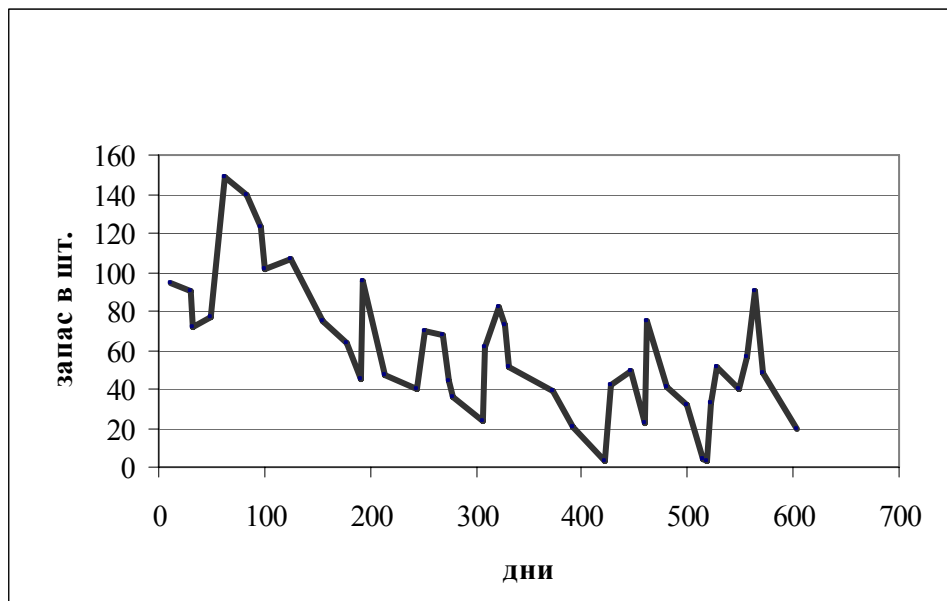


Рис. 1.3. Динамика величины запасов амортизаторов на складе автотранспортного предприятия

Форма пилообразной диаграммы будет зависеть от характера процессов пополнения и расходования запасов (см. рис. 1.4).

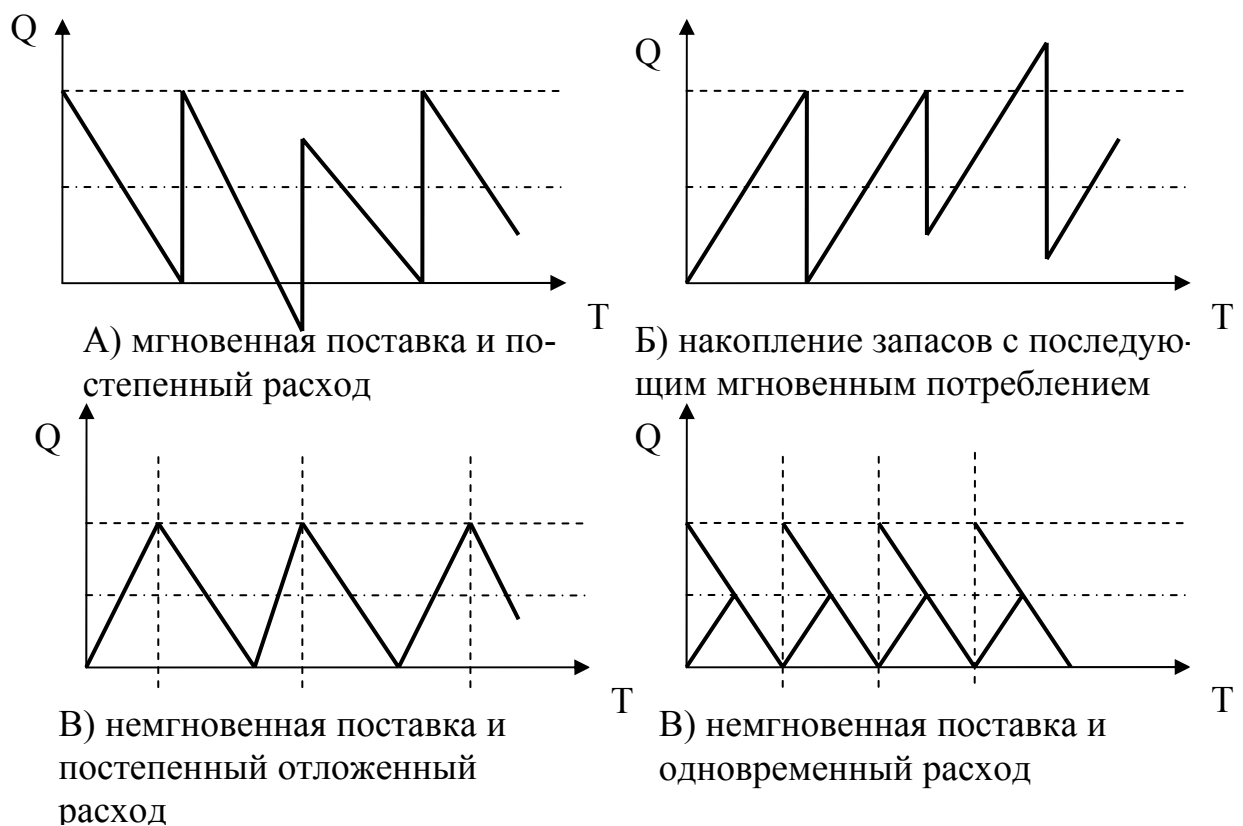


Рис. 1.4. Виды пилообразной диаграммы расхода запасов

1.4. Риски содержания запасов и возникновения дефицита

Как отмечается в работе [18] риски создания и поддержания запасов включают в себя:

- риски, связанные с ошибками в управлении запасами, а именно: риск появления дефицита, риск повышения уровня запаса и образования неликвидов;

- риски, связанные с содержанием запасов, а именно: риск порчи, риск потери, риск морального старения материальных ценностей, риск кражи.

Рассмотрим более подробно проблемы и риски, связанные с дефицитом.

Отсутствие запасов необходимых материальных ресурсов приводит к дефициту.

«Обычно под дефицитом (от лат. deficit – недостает) в сфере производства и обращения понимается недостаток запасов или нехватка МР для изготовления продукции или товаров для удовлетворения спроса» [14].

Выделяют также понятие «дефицитная ситуация» - период времени, в каждый момент (единицу) которого, величина предъявленного внутреннего или внешнего спроса превышает наличный запас» [14].

В результате дефицита компании несут потери, называемые издержками дефицита.

Издержки дефицита можно подразделить на 2 категории [18]:

1. жесткие издержки дефицита;
2. мягкие издержки дефицита.

Жесткие издержки дефицита непосредственно связаны с появлением дефицита и мероприятиями, направленными на его ликвидацию. К этой группе можно отнести:

- затраты на подготовку и размещение дополнительных заказов;
- затраты на перевозку дополнительных партий груза;
- затраты на ускорение доставки (оплата продукции и транспортных услуг по повышенным ставкам);
- штрафные санкции за нарушение обязательств по заключенным договорам и проч.

Мягкие издержки дефицита связаны с долгосрочными и отложенными последствиями дефицита, с потерей предполагаемого дохода. Например:

- упущенные продажи (потеря предполагаемой прибыли);
- имиджевые потери (ухудшение деловой репутации компании);
- уход постоянных клиентов;
- уменьшение занимаемой компанией доли на рынке;
- затраты на удержание клиентов (на рекламу, PR-мероприятия, скидки и пр.) и проч.

Как показывает практика, издержки дефицита трудно поддаются оценке, и, к сожалению, в Российской Федерации подобных исследований не проводится. Поэтому приведем данные, полученные нами из ряда иностранных источников (см. табл. 1.3). В этих работах была сделана попытка на основе наблюдений и статистических расчетов оценить потери от дефицита в сфере розничной торговли (ритейла). Исследования осуществлялись в основном в США.

Таблица 1.3

Потери от дефицита для сферы розничной торговли

Данные по потерям от дефицита		
Источник	Потери от дефицита	Примечание
Data Ventures (2001) [57]	25 млрд. \$ в год	Сфера ритейла в целом
Gogos P. (2003) [52]	15% упущенных продаж \approx 19 млрд. \$ в год	Сфера ритейла в целом
Anderson E. T., Simester. D.I. (2006) [46]	34% прибыли	Сфера ритейла в целом
Gruen T.W., Corsten D.S (2008) [53]	800 \$ в неделю для 1 магазина	Для крупных супермаркетов
Gruen T.W., Corsten D.S (2008) [53]	200 \$ в неделю для 1 магазина	Для небольших магазинов
Gruen T.W., Corsten D.S (2008) [53]	4% упущенных продаж \approx 23 млн. \$	Сфера ритейла в целом
Hai Che, Jack Chen (2009) [54]	7,9% дефицита \approx 4% потери прибыли	Для продуктовых магазинов

Приведенная в табл. 1.3 статистическая информация показывает, что потери от дефицита могут быть различными по масштабу. Средний уровень дефицита составляет порядка 8% от объема реализуемой продукции, а потери от дефицита могут составлять от 1 до 34% прибыли компаний, что в пересчете на де-

нежные единицы составляет десятки миллионов и даже миллиарды долларов.

Создание запасов позволяет снизить вероятность возникновения дефицита, а, следовательно, и уменьшить экономический ущерб от него. Данный факт подтверждается в частности в работе [51], где приводится полученная эмпирическим путем зависимость издержек дефицита от объема закупки материальных ценностей (см. рис. 1.5). Как показывает график на рис. 1.5, большие объемы закупок материальных ценностей позволяют существенно сократить потери от дефицита.

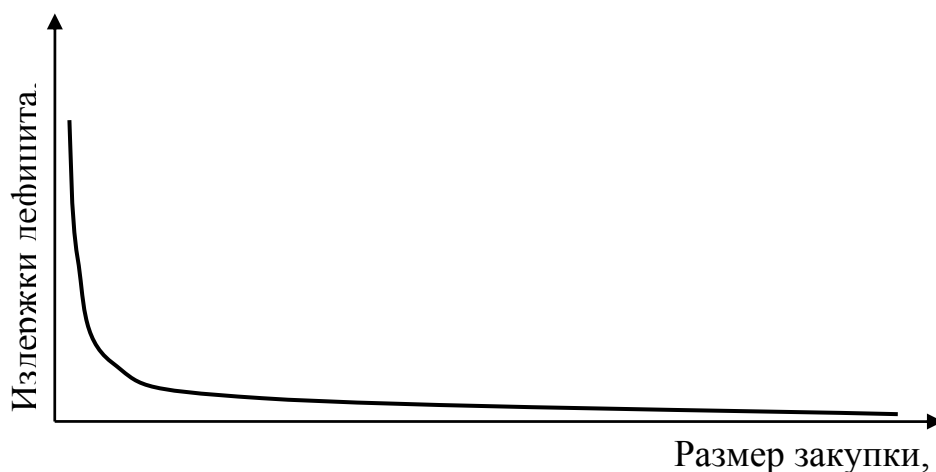


Рис. 1.5. Зависимость издержек дефицита от объема закупки материальных ценностей [51]

1.5. Затраты и издержки, связанные с запасами

Создание запасов позволяет снизить вероятность возникновения дефицита, а, следовательно, и уменьшить экономический ущерб от него, однако запасы материальных ресурсов сами по себе являются источником определенных затрат и издержек. Лю-

бые операции совершаемые с запасами сопряжены с соответствующими затратами трудовых, информационных, материальных и прочих ресурсов. В таблице 1.4 приведены данные о величине затрат на содержание запасов в процентах от их закупочной стоимости, а в таблице 1.5 приведены данные о доле затрат, связанных с запасами, в себестоимости готовой продукции для различных отраслей промышленности. Следует отметить, что в статистике по затратам на запасы, представленной в табл. 1.4 и 1.5, были учтены следующие составляющие:

- затраты, связанные с арендой и содержанием складских помещений;
- затраты, связанные с обработкой запасов;
- затраты на управление запасами и администрирование;
- затраты на страхование материальных ценностей в запасах;
- налоги;
- потери от естественной убыли, краж и порчи;
- альтернативные издержки, связанные с изменением временной стоимости денег, вложенных в запасы.

Таблица 1.4

Данные о величине затрат на содержание запасов в % от их закупочной стоимости, по данным работ [12; 21; 39; 47; 62; 64]

Год	Источник	Доля затрат на содержание запасов
1951	Benjamin Melnitsky. Management of Industrial Inventory.: Conover-Mast. Publication. – 1951, p.11	25%

Окончание табл. 1.4

Год	Источник	Доля затрат на содержание запасов
1955	L.P. Alford, J.R. Bangs. Production Handbook.- New- York: Ronald Press.-1955, p.397	25%
1957	Thomson M. Whitlin. The Theory of Inventory Management.: Princeton University Prees.- 1957. p.20	25%
1958	George W. Aljian. Purchasing Handbook.- New- York: McGraw-Hill, 1958, pp. 9-29	12-34%
1960	John F. Magee. The Logistics of Distribution.: Harvard Business Review.- July-August 1960, p. 99	20-35%
1962	Dean S. Ammer Materials Management, Homewood, Ill.: Richard D. Irwin.- 1962 , p. 137	20-25%
1973	J. L. Heskett, N.A. Glaskowsky. Business Logistics, 2 nd ed.: New- York: Ronald Press.- 1973, p.20	28,7%
1984	Joseph L. Cavinato. Purchasing and Materials Management.- St. Paul, MN.: West Publishing.- 1984, p. 144	25%
1996	Coyle J. J., Bardi E. J., Langley Jr. C. J. The Management of Business Logistics. - St. Paul: West Publishing.- 1996, pp. 200-207	25%
2004	Trevor Williams. Could Inventory Optimization Be The Next Big Cost Cutting Move For The Logistics Industry?- Kelmic Consulting Inc. – 2004, www.loginstitute.ca	25-35%
2005	Кузьмичов А. И., Медведев М. Г. – Математичне програмування в Excel: Навч. посіб. – К. Вид-во Європ. Ун-ту, 2005 – 320 с	33%
2005	Charles Atkinson Inventory Holding Costs Quantified, 2005. www.inventorymanagementreview.org	15-35%
2008	А.М. Гаджинский. Управление запасами в логистике // «Справочник экономиста», № 2, 2008 г.	20-30%
2008	www.sellogistic.ru	10-41% (издержки хранения) 20% (налоги)

Таблица 1.5

Доля затрат на запасы в себестоимости готовой продукции
по отраслям промышленности

Источник	затраты, связанные с запасами	Отрасль производства
В.Л. Brooks, 1972 [49]	20-35%	Сельское хозяйство
Ладутько Н.И., 1997 [23]	≥60%	Машиностроение
	70-90%	Легкая и химическая промышленность
Алесинская Т.В., 2005 [1]	25-30%	

Как показывает анализ табл. 1.4 и 1.5, затраты на содержание материальных запасов могут составлять от 10 до 40% от их закупочной стоимости, а в составе себестоимости готовой продукции на долю затрат, связанных с запасами, приходится от 20 до 90%, в зависимости от отрасли промышленности.

Помимо затрат на запасы можно также выделить издержки, связанные с запасами. В отличие от затрат, издержки не всегда являются объектом платежных отношений; они не обязательно связаны с фактическими затратами ресурсов и не во всех случаях подлежат бухгалтерскому учету. Издержки включают в себя альтернативную стоимость ресурсов, затраченных на свершение операций с запасами, а также любой дополнительный и непредвиденный расход ресурсов, связанный с запасами, в стоимостном выражении. К издержкам можно отнести % на вложенный в запасы капитал, уплату штрафов, потери возможного дохода в связи с уходом клиентов и т.п. К издержкам можно также отнести отрицательные внешние эффекты, связанные с запасами: вред, наносимый экологии или здоровью персонала.

1.6. Вопросы и задания для самостоятельной работы

1. Что такое материальные запасы? Объясните разницу в употреблении понятий «запасы» и «резервы».
2. С какой целью формируются материальные запасы?
3. Каковы основные функции материальных запасов?
4. Каковы основные причины возникновения избыточных запасов на складах предприятий?
5. В чем состоят основные задачи управления запасами?
6. Какие существуют признаки классификации материальных запасов?
7. Дайте определения понятиям «текущий запас», «страховой запас», «сезонный запас», «рекламный запас», «спекулятивный запас».
8. Что понимается под «движением запасов»? Каким образом можно представить информацию о движении запасов?
9. Пользуясь графиками (рис. 1.2 и 1.3) укажите примерные значения максимального и минимального запасов; оцените средний запас.
10. Из чего складываются риски создания и поддержания запасов?
11. Что такое дефицит и каковы издержки дефицита?
12. Назовите основные виды затрат, связанных с запасами.
13. Приведите примеры издержек, связанных с запасами; в чем различие понятий «издержки» и «затраты»?
14. По данным, представленным в табл. 1.2. постройте диа-

грамму запас/время. Пример диаграммы приведен на рис. 1.6.

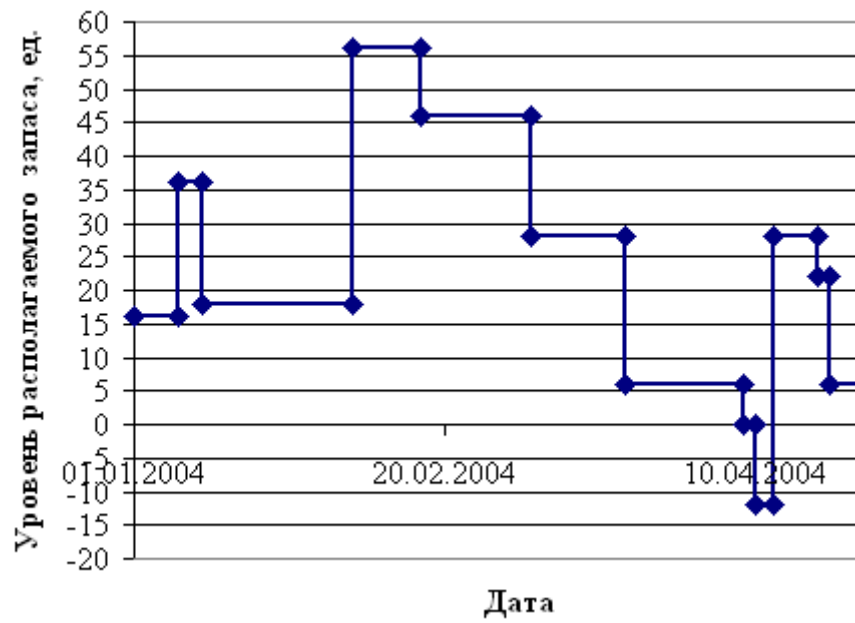


Рис. 1.6. Пример диаграммы запас/время

2. РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

2.1. Развитие теории и практики управления запасами

Теория запасов начала складываться в XVIII-XIX в.в., причем в этот период она развивалась в рамках политической экономии (работы А. Смита, Д. Риккардо, К. Маркса), а с конца XIX века - как математическая школа политэкономии.

Отправной точкой формирования современной теории управления запасами можно считать первую треть XX века (1916-1934 г.г.), когда появились первые статьи Ф.Харриса, Р. Уилсона, Е. Тафта, К. Стефанек-Алмейра, К. Адлера и других, посвященные моделям расчета оптимальной партии заказа (EOQ) и различным ее модификациям. В этот же период, а точнее - в 1931 году, Ф. Раймонд публикует одну из первых монографий, посвященных управлению запасами.

Следующий период развития теории запасов это 1940-70 – е годы. Это период считают основным в процессе становления теории запасов. Именно в этот период сформировалась основная методологическая база управления запасами и теория запасов оформилась как самостоятельное научное направление. В работах К. Эрроу, Т. Уайтина, Г. Вагнера и других ученых были рассмотрены динамические и вероятностные модели управления запасами, предложены решения многономенклатурных и многопродуктовых задач с учетом различного вида ограничений, одно-периодных стохастических задач; началось систематическое изу-

чение и были получены первые результаты по формированию стратегий управления запасами; появляются первые модели управления запасами для многоскладских (эшелонированных) систем.

В конце 1970-х годов начался третий этап развития теории запасов, который продолжается и по сей день. Появление первых персональных компьютеров и последовавшее за этим бурное развитие информационных технологий способствовали в том числе и развитию теории запасов, поскольку теперь появилась возможность строить более сложные модели и получать более точные и оперативные решения.

Внимание отечественных исследователей - математиков, экономистов, практиков - теория запасов привлекла в начале 1960-х г.г. Наибольший вклад в развитие теории управления запасами внесли Ю.И. Рыжиков, Е.В. Булинская, Н.Д. Фасоляк, О.Д. Проценко, М.Ш. Доветов, К.В. Инютина, Д.Т. Новиков, Е.А. Хруцкий, В.А. Сакович, Б.К. Плоткин, С.Р. Мигитьянц, Н.Н. Голдобина и другие.

В настоящее время теория управления запасами продолжает интенсивно развиваться в виде синтеза двух направлений: аналитического и информационного. Активное применение столь распространенных сейчас технологий имитационного моделирования позволяет с высокой точностью находить решение задач управления запасами, встречающихся в практике работы реальных компаний. В целом развитие информационных технологий

приводит к сокращению разрыва между теорией и практикой в сфере управления запасами.

Основные этапы развития теории управления запасами приведены в табл. 2.1

Таблица 2.1

Этапы развития теории управления запасами [27]

Этап	Наименование и краткая характеристика этапа	Ученые, внесшие вклад в развитие этапа
XVIII-XIX в.в.	Ранний период развития в рамках общей экономической теории	А. Смит, Д. Риккардо, К. Маркс и другие
Первый 1910-1940 г.г.	Фрагментарный (отдельные разработки, например, модель ЕОQ, «правило Парето» и др.)	В. Парето, Ф. Харрис, Р. Уилсон, Е. Тафт, К. Андлер и др.
Второй 1940-1970 г.г.	Основной - формирование теории управления запасами (методы расчета показателей различного вида запасов, модель (стратегии) управления запасами, регулирование и управление запасами в многоуровневых системах)	Р. Браун, Дж. Букан, Г. Вагнер, Х. Дикей, Э. Кенингсберг, Т. Уайтин, Дж. Хедли, А. Гнеденко, О. Проценко, Ю. Рыжиков, В. Сакович, Е. Хруцкий и др.
Третий 1970 г. – по настоящее время	Логистический - развитие аналитических моделей и активное использование IT-технологий при управлении запасами в цепях поставок	Р. Баллоу, Дж. Баурсокс, Р. Коул, Дж. Клосс, Дж. Сток, Д. Ламберт, М. Кристофер, М. Гордон, Л. Миротин, О. Проценко, С. Резер, Д. Новиков, В. Сергеев, С. Уваров, Л. Федоров и др.
Четвертый (гипотетический)	Возможные варианты: 1. Эволюция (активизация IT-технологий и автоматизация принятия решения) 2. Качественный «скачек» в виде синтеза аналитических методов и имитационно-вероятностных моделей, реализуемых с помощью информационных технологий	Научные коллективы ученых разных стран: Великобритания, Германия, Индия, Китай, Российская Федерация, Соединенные Штаты Америки

2.2. Сущность и классификация задач управления запасами

Сущность задач управления запасами заключается в том, чтобы определить:

- оптимальный объем и периодичность осуществления заказов на пополнение текущего запаса;
- оптимальный уровень страхового запаса;
- допустимый уровень дефицита;
- оптимальную периодичность контроля уровня запасов на складах.

Задачи управления запасами разнообразны и могут быть классифицированы по ряду признаков (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Классификация задач управления запасами

Показатель:	Виды:
1. число рассматриваемых уровней размещения запасов	- одноуровневые (изолированные); - многоуровневые (эшелонированные)
2. число циклов принятия решений	- одноцикловые (разовая закупка); - многоцикловые
3. характер номенклатуры материальных ценностей	- однономенклатурные модели; - многономенклатурные модели.
4. степень определенности основных параметров задачи (время выполнения заказа и т.п.)	- детерминированные; - стохастические; - с полной неопределенностью (когда нет возможности определить характер развития процессов).
5. состав учитываемых в задачах ограничений	- без ограничений; - с ограничениями (ограничения на бюджет закупок; ограничения по частоте поставок; ограничения на объем поставок и пр.)

Показатель:	Виды:
6. характер спроса на материальные ценности	<ul style="list-style-type: none"> - детерминированный (постоянный; переменный; периодический (сезонный)); - стохастический (нормально распределенный; распределение Пуассона; распределение Вейбулла; Гамма-распределение и др.): - неопределенный; - непрерывный; - дискретный (импульсный; редкий); - некоррелируемый; - коррелируемый; - стационарный; - нестационарный; - зависимый; - независимый

2.3. Научная и методическая база управления запасами

Научную основу современной теории управления запасами составляют различные дисциплины: математика и ее приложения, статистика, экономика, менеджмент (науки об управлении), бухгалтерский учет и др. (рис. 2.1).

Методическая база теории управления запасами многообразна (рис. 2.2). Существуют отдельные группы методов и моделей, предназначенные для решения задач в условиях детерминированных и стохастических параметров (потребление, время выполнения заказа, объем поставки и др.), в условиях одноуровневого (односкладского) и многоуровневого (многоскладского) размещения запасов в логистических системах и цепях поставок.

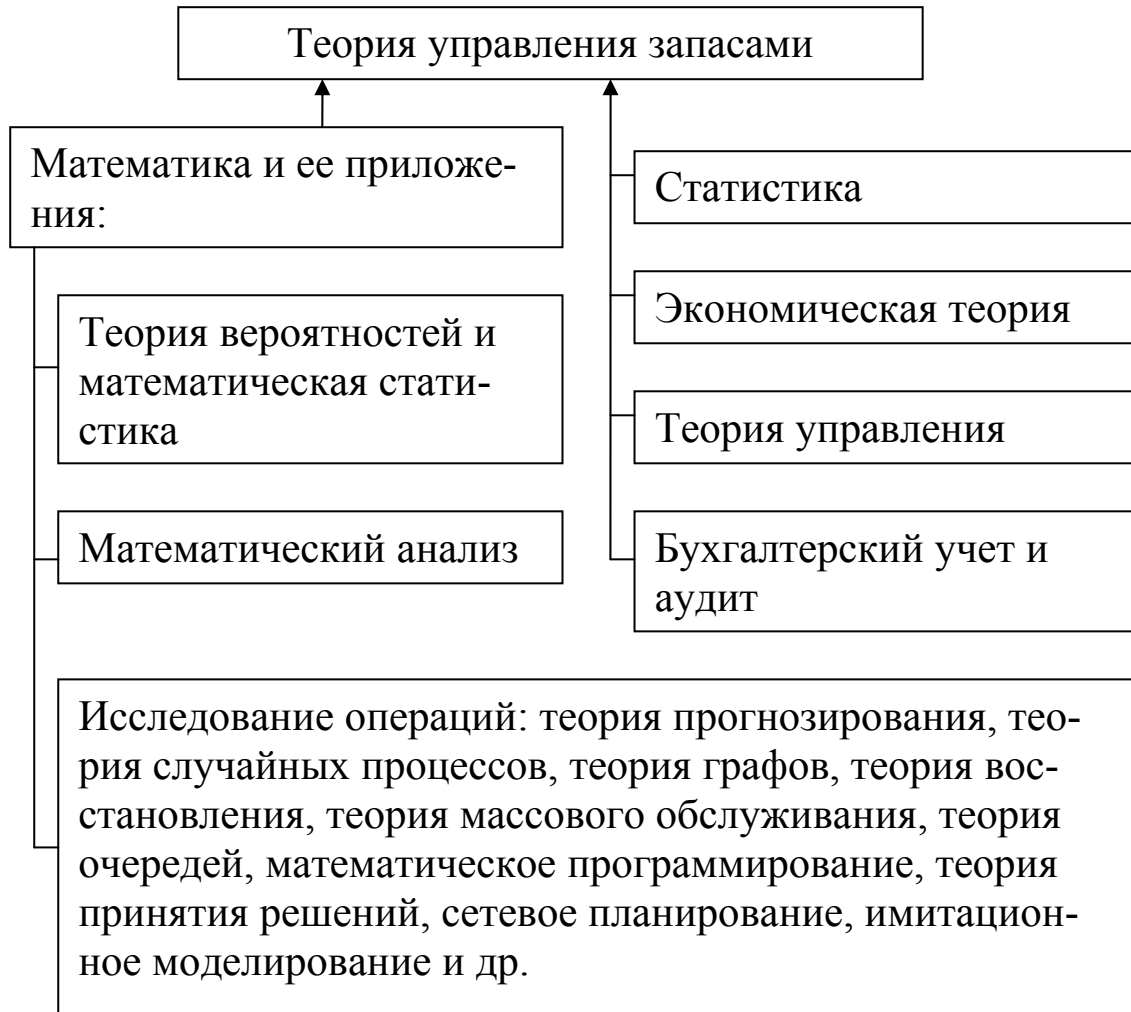


Рис.2.1. Научная база теории управления запасами

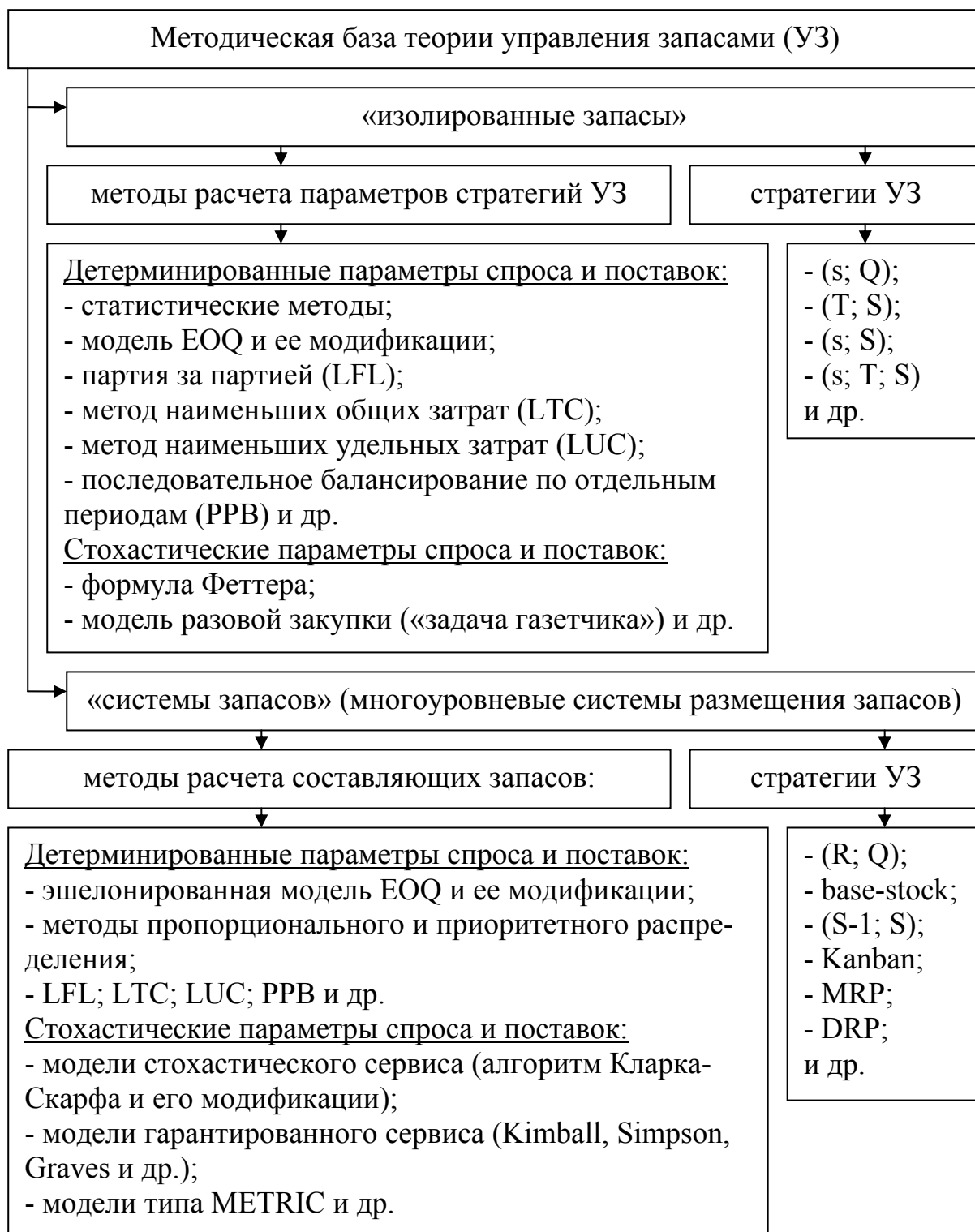


Рис. 2.2. Методическая база теории управления запасами

2.4. Концепции запасов в логистике. Логистические технологии в управлении запасами и снабжением

В работе [18] выделены три исторически сформировавшихся подхода (или концепции) к управлению запасами, а именно:

1. Концепция максимизации запасов.
2. Концепция оптимизации запасов.
3. Концепция минимизации запасов.

Концепция максимизации запасов предполагает накопление больших материальных ресурсов. Высокий уровень запасов оправдан, если неизвестен уровень потребления, а также в условиях, когда дефицит недопустим ни при каких обстоятельствах. Избыточные запасы формируются для обеспечения непрерывности производственного процесса и страхования сбоя поставок, для повышения уровня обслуживания потребителей, в целях экономии на оптовых скидках и транспортировке, в спекулятивных целях. При этом негативные стороны хранения избыточных запасов в расчет не принимаются. Подобная концепция была характерна для XIX века, в период наиболее интенсивной индустриализации.

Концепция оптимизации запасов стала формироваться в конце XIX века. В основе концепции лежит так называемый «научный» подход к управлению запасами, который подразумевает оптимизацию уровня запасов на складах по критерию минимума совокупных затрат на создание и содержание запасов. Данная концепция является наиболее часто применяемой.

Концепция минимизации запасов. Идея концепции в том, что материальные ресурсы необходимо приобретать по мере появления потребности и в том количестве, которое удовлетворяет возникающую потребность. Излишки материальных ресурсов не допустимы и свидетельствуют о недостатках организации производственного процесса. В рамках данной концепции стали развиваться соответствующие логистические системы и технологии, позволяющие минимизировать уровень хранимых на складах запасов: MRP (Material Requirement Planning), JIT (Just In Time) и многие другие, часть из которых будет рассмотрена ниже.

MRP I (*Material Requirement Planning*) – система планирования потребностей в материалах, основанная на производственных графиках, связывающих информацию о спросе и запасах. Первоначально определяется спрос, и в зависимости от него программа рассчитывает общий объем необходимых материальных ресурсов, затем, сопоставляя с уровнем запасов, вычисляет объем заказов, параметры заказов с учетом объема и времени доставки.

MRP II (*Manufactory Resource Planning*) – система производственного планирования ресурсов, объединяющая производственное, маркетинговое, финансовое планирование и логистические операции. Планы разрабатываются на основе прогнозной информации о спросе, данных об имеющихся заказах и сведений об изменениях в продуктовой линии. Система быстро реагирует на изменения, позволяет работать в режиме реального времени, в ней предусмотрено ежедневное обновление баз данных. Задачей

системы MRP II является формирование оптимального материального потока материалов, полуфабрикатов, как в системе снабжения, так и в производстве, а также оптимизация потока готовой продукции. Современные системы MRP II позволяют интегрировать все основные логистические процессы внутри предприятия [32].

DRP (*Distribution Requirements Planning*) – система планирования отправок и запасов готовой продукции в дистрибутивных каналах, в том числе и у логистических посредников. DRP базируется на потребительском спросе, учитывая его неопределенность. Система DRP позволяет снизить уровни запасов за счет точного планирования размера и места поставок, сократить потребности в складских площадях, улучшается координация между логистическими функциями, выполняемыми в распределении, все вместе это способствует снижению логистических издержек. DRP II (*Distribution Resource Planning*) – это современная версия системы планирования, использующая более современные и мощные программные модули, алгоритмы и модели принятия решений [32].

QR (*Quick Response*) – концепция (метод, технология) «быстрого реагирования», суть которой состоит в оценке спроса в реальном масштабе времени и как можно ближе к конечному потребителю. Реализация данной концепции логистического управления стала возможной после разработки соответствующих информационных технологий, введения электронного документо-

оборота, электронных продаж, штрихового кодирования и др. С помощью сканирования штриховых кодов формируются данные о реальных продажах, затем эти сведения передаются поставщикам и производителям продукции. «Быстрое реагирование» нацелено на максимальное сокращение времени реакции логистической системы на изменение спроса, и совершенствование информационных технологий способствует более эффективному использованию метода в деятельности предприятий. На основе информации о спросе формируются оптимальные уровни запасов и времени исполнения заказа [32].

CR (*Continuous Replenishment*) – логистическая технология «непрерывного пополнения запасов», предназначенная для устранения необходимости в заказах на готовую продукцию для пополнения запасов. Эта технология является модификацией QR. Цель – разработка плана поставки продукции розничным продавцам, направленного на непрерывное пополнение запасов. Пополнение запасов продукции у розничных продавцов осуществляет поставщик на основании информации о продажах, передаваемой продавцом [32].

TQM (*Total Quality Management*) – всеобщее управление качеством – непрерывно развивающаяся во времени концепция, определяющая конкурентное качество при отсутствии пределов его совершенствования. TQM интегрирует как техническую сторону качества, предоставляемую стандартами ISO 9000, так и философию управления качеством, основанную на широком участии

всего персонала компании во всех сторонах этого процесса, а также интеграцию со всеми логистическими партнерами и прежде всего с потребителями [32].

JIT (*Just-in-time*) – концепция (технология) построения логистической системы или организации логистического процесса в отдельной функциональной области, обеспечивающая доставку материальных ресурсов, незавершенного производства, готовой продукции в нужном количестве, в нужное место и точно к назначенному сроку. Применение концепции «точно в срок» позволяет снизить запасы, сократить производственные и складские площади, повысить качество изделий, сократить сроки производства, эффективно использовать оборудование, уменьшить количество непроизводственных операций [32].

LP (*Lean Production*) – «стройное/ плоское производство». Суть данной концепции состоит в соединении следующих компонентов: высокого качества, мелких размеров производственных партий, низкого уровня запасов, высококвалифицированного персонала и гибкого оборудования. Основная идея LP – убрать ненужные операции (например, исключаются складирование и ожидание) и организовать производство, требующее наименьших затрат, на котором производятся минимально необходимые партии продукции и в целом используется минимальное количество ресурсов [32].

VMI (*Vendor Managed Inventory*) – усовершенствованная версия системы управления запасами поставщиком, основанная

на новых информационных технологиях. Вместо оформления заказов потребитель (а им может быть не только торговое, но и производственное предприятие) обменивается информацией о спросе, продажах, продвижении продукции с поставщиком. Поставщик берет на себя обязательства пополнять запасы потребителя и поддерживать их на необходимом уровне. При этом поставщик получает не заказ, а лишь указание покупателя относительно желательных для него верхних и нижних границ размера запасов [32].

2.5. Вопросы и задания для самостоятельной работы

1. Назовите и охарактеризуйте основные этапы развития теории управления запасами.
2. В чем заключается сущность задач управления запасами?
3. Чем, по Вашему мнению, объясняется многообразие моделей задач управления запасами?
4. Какие дисциплины формируют научную базу управления запасами?
5. Охарактеризуйте методическую базу управления запасами.
6. Назовите и охарактеризуйте основные логистические концепции, которые применимы к управлению запасами?
7. В чем заключается, на Ваш взгляд, роль концепции TQM в управлении запасами?
8. В чем, на Ваш взгляд, преимущества использования системы VMI (Vendor Managed Inventory) для потребителей и для

поставщиков?

9. В чем отличие концепций MRP I и MRP II?

10. В чем принципиальное отличие концепции DRP от концепций MRP?

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В ЗАПАСАХ: СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

3.1. Сущность статистических методов, их преимущества и недостатки

Среди методов расчета текущего и страхового запасов широкое распространение получили так называемые статистические методы, основанные на обработке данных складского, а в некоторых случаях и бухгалтерского учета о поступлении и расходовании запасов.

Достоинства статистических методов:

1. На основании статистических данных одновременно производится расчет параметров текущего и страхового запасов.
2. При расчетах не требуется определения затрат на выполнение различных логистических операций, связанных с управлением запасами.

Недостатки статистических методов:

1. Обязательное наличие данных за довольно длительный период времени.
2. Неоднозначность результатов, получаемых при обработке смешанных процессов, когда поступления требований (спрос) и поставки являются случайными величинами и происходят в случайные моменты времени, что затрудняет принятие решения при управлении запасами.
3. На практике статистические методы определения текущего и страхового запасов дают достоверные решения только при

условии стационарности анализируемых временных рядов значений спроса и параметров поставки.

Существует множество подходов к определению параметров текущего и страхового запасов на основе статистических данных. Рассмотрим более подробно 2 подхода:

1. Определение параметров страхового и текущего запасов через интервалы времени между поставками;
2. Определение параметров страхового и текущего запасов через объемы поставок.

3.2. Определение параметров страхового и текущего запасов через интервалы времени между поставками

По статистическим данным расчет значений текущего и страхового запаса через интервалы времени между поставками может быть осуществлен в днях и в натуральных показателях.

Для расчета значения текущего запаса в днях в настоящее время наибольшее распространение получили две формулы:

$$T_{\tau 1} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N}, \quad (3.1)$$

$$T_{\tau 2} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^N Q_i}, \quad (3.2)$$

где t_i – значение интервала времени между поставками (до следующей поставки), дней;

Q_i – величина i -й поставки, ед.;

N – количество поставок за рассматриваемый период.

При этом зависимость (3.2) включает две переменные и отражает связь между величинами поставок Q_i и интервалами времени между поставками t_i .

Для определения значений текущего запаса в натуральных показателях необходимо домножить получившиеся по формулам (3.1) и (3.2) результаты на среднесуточный расход материального ресурса (λ):

$$S_{T1} = \lambda \cdot T_{T1} \quad , \quad (3.3)$$

$$S_{T2} = \lambda \cdot T_{T2} \quad , \quad (3.4)$$

где λ – среднесуточный расход материального ресурса, ед./день;

Для расчета страхового запаса в днях применяются зависимости:

$$T_{c1} = x_p \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (t_i - T_{T1})^2}{N}} \quad , \quad (3.5)$$

$$T_{c2} = x_p \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (t_i - T_{T2})^2 \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^N Q_i}} \quad , \quad (3.6)$$

$$T_{c3} = x_p \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (t_i - T_{T1})^2 \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^N Q_i}} \quad , \quad (3.7)$$

где T_{T1} , T_{T2} – средние значения, рассчитанные по формулам (3.1) и (3.2);

x_p – параметр, соответствующий вероятности отсутствия дефицита (см. табл. 3.1).

Ряд авторов предлагают для расчета страхового запаса использовать только «опоздавшие» партии:

$$T_{c4} = x_p \cdot \left(\frac{\sum_{j=1}^M (t_j - T_{r1}) \cdot Q_j}{\sum_{j=1}^M Q_j} \right) = k \cdot \left(\frac{\sum_{j=1}^M t_j \cdot Q_j}{\sum_{j=1}^M Q_j} - T_{r1} \right), \quad (3.8)$$

$$T_{c5} = x_p \cdot \left(\frac{\sum_{j=1}^M t_j \cdot Q_j}{\sum_{j=1}^M Q_j} - T_{r2} \right), \quad (3.9)$$

где t_j – величина интервала, большая или равная среднему значению T_r , дней;

M – количество значений t_j в общем объеме данных N (количество «опоздавших» поставок).

Q_j – величина j -й «опоздавшей» партии поставки, ед.;

Переход к натуральным показателям страхового запаса производится так же, как и при расчетах текущего запаса, т.е. домножением на среднесуточный расход λ .

Коэффициент x_p , входящий в расчетные формулы (3.5) – (3.9), отражает вероятность отсутствия дефицита $P(x)$.

В большинстве работ по логистике и управлению цепями поставок считается, что случайные величины t_i и S_i подчиняются нормальному закону распределения. Для нормального закона распределения (также как и для ряда других законов) составлены специальные таблицы, позволяющие определить значение параметра x_p в зависимости от значения соответствующей вероятности отсутствия дефицита (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Вероятность отсутствия дефицита $P(x)$ и значение коэффициента x_p для нормального закона распределения

Уровень обслуживания с вероятностью отсутствия дефицита $P(x)$	Коэффициент x_p
0,65	0,385
0,7	0,525
0,75	0,675
0,8	0,842
0,85	1,037
0,9	1,28
0,92	1,405
0,94	1,555
0,95	1,645
0,96	1,75
0,98	2,05
0,99	2,3
0,999	3,1

Пример 3.1:

Для исходных данных, представленных в таблице 3.2 необходимо произвести расчет текущего и страхового запасов с использованием статистических формул (3.1) – (3.9).

Коэффициент x_p в расчетах примем равным 2, то есть соответствующим вероятности отсутствия дефицита 0,98 (см. табл. 3.1).

Для расчета значения среднесуточного расхода материальных ресурсов в рассматриваемом примере воспользуемся формулой (3.10).

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i}{\sum_{i=1}^N t_i}, \quad (3.10)$$

где Q_i – величина i -й поставки, ед.;

t_i – значение интервала времени между поставками (до следующей поставки), дней.

Таблица 3.2.

Исходные данные для расчетов

Интервал времени до следующей поставки t_i , дней.	Объем поставки Q_i , ед.
12	69
9	38
11	41
12	40
8	34
9	31
10	36
15	73
12	54
14	48
13	53
11	49

Результаты расчетов приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Результаты расчетов параметров текущего и страхового запасов через интервалы времени
между поставками

№	t_i , дн.	Q_i , ед.	$t_i Q_i$	$(t_i - T_{T1})^2$	$(t_i - T_{T2})^2 \cdot Q_i$	$(t_i - T_{T1})^2 \cdot Q_i$	$t_{j1} \geq T_{T1}$	$t_{j2} \geq T_{T2}$	$t_{j1} Q_{j1}$	$t_{j2} Q_{j2}$	Q_{j1}	Q_{j2}
1	12	69	828	1	0	69	12	12	828	828	69	69
2	9	38	342	4	342	152			0	0		
3	11	41	451	0	41	0	11		451	0	41	
4	12	40	480	1	0	40	12	12	480	480	40	40
5	8	34	272	9	544	306			0	0		
6	9	31	279	4	279	124			0	0		
7	10	36	360	1	144	36			0	0		
8	15	73	1095	16	657	1168	15	15	1095	1095	73	73
9	12	54	648	1	0	54	12	12	648	648	54	54
10	14	48	672	9	192	432	14	14	672	672	48	48
11	13	53	689	4	53	212	13	13	689	689	53	53
12	11	49	539	0	49	0	11		539	0	49	
Сумма	136	566	6655	50	2301	2593			5402	4412	427	337
N	12			x_p	2	λ	4					
T_{T1} (ф. 3.1)	11			T_{c1} (ф. 3.5)	4,1	S_{c1}	16,4					
T_{T2} (ф. 3.2)	12			T_{c2} (ф. 3.6)	4	S_{c2}	16					
λ	4			T_{c3} (ф. 3.7)	4,3	S_{c3}	17,2					
S_{T1} (ф. 3.3)	44			T_{c4} (ф. 3.8)	3,3	S_{c4}	13,2					
S_{T2} (ф. 3.4)	48			T_{c5} (ф. 3.9)	2,2	S_{c5}	8,8					

3.3. Определение параметров страхового и текущего запасов через объемы поставок

Через объемы поставок значения страхового и текущего запасов можно определить только в натуральных показателях. При этом для нахождения текущего запаса могут быть применены следующие формулы:

$$S_{T3} = \bar{Q}, \quad (3.11)$$

где \bar{Q} - либо среднее (формула 3.12), либо средневзвешенное (формула 3.13) значение размера поставки.

Средний объем поставки:

$$\bar{Q}_1 = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i}{N}, \quad (3.12)$$

Средневзвешенное значение объема поставки:

$$\bar{Q}_2 = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i \cdot t_i}{\sum_{i=1}^N t_i}, \quad (3.13)$$

где Q_i – величина i -й поставки, ед.;

t_i – значение интервала времени между поставками (до следующей поставки), дней.

Для расчета страхового запаса можно использовать формулу:

$$S_{S3} = x_p \cdot \sigma_Q, \quad (3.14)$$

где σ_Q - среднеквадратическое отклонение объемов поставки,

которые может быть найдено при помощи формул (3.15) – (3.18);

x_p – параметр, соответствующий вероятности отсутствия дефицита (см. табл. 3.1).

Формулы для расчета среднего квадратического отклонения (СКО) объемов поставки:

$$\sigma_{Q1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q}_1)^2}{N}} , \quad (3.15)$$

$$\sigma_{Q2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N [(Q_i - \bar{Q}_1)^2 \cdot t_i]}{\sum_{i=1}^N t_i}} , \quad (3.16)$$

$$\sigma_{Q3} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q}_2)^2}{N}} , \quad (3.17)$$

$$\sigma_{Q4} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N [(Q_i - \bar{Q}_2)^2 \cdot t_i]}{\sum_{i=1}^N t_i}} \quad (3.18)$$

Пример 3.2:

Для исходных данных, представленных в таблице 3.2 произведем расчет текущего и страхового запасов с использованием статистических формул (3.11) – (3.18). Коэффициент x_p в расчетах примем равным 2, а значение среднесуточного расхода (λ) вычислим по формуле (3.10).

Результаты расчетов приведены в табл. 3.4

Таблица 3.4

Результаты расчетов параметров страхового и текущего запасов через объемы поставок

№	t_i , дн.	Q_i , ед.	$t_i Q_i$	$(Q_i - \bar{Q}_1)^2$	$(Q_i - \bar{Q}_1)^2 \cdot t_i$	$(Q_i - \bar{Q}_2)^2$	$(Q_i - \bar{Q}_2)^2 \cdot t_i$
1	12	69	828	484	5808	400	4800
2	9	38	342	81	729	121	1089
3	11	41	451	36	396	64	704
4	12	40	480	49	588	81	972
5	8	34	272	169	1352	225	1800
6	9	31	279	256	2304	324	2916
7	10	36	360	121	1210	169	1690
8	15	73	1095	676	10140	576	8640
9	12	54	648	49	588	25	300
10	14	48	672	1	14	1	14
11	13	53	689	36	468	16	208
12	11	49	539	4	44	0	0
Сумма	136	566	6655	1962	23641	2002	23133
N	12					x_p	2
$S_{ТЗ}$ (ф. 3.11 и 3.12)	47					S_c (ф 3.14 и 3.15)	25,6
$S_{ТЗ}$ (ф. 3.11 и 3.13)	49					S_c (ф 3.14 и 3.16)	26,4
						S_c (ф 3.14 и 3.17)	25,8
						S_c (ф 3.14 и 3.18)	26,1

3.4. Вопросы и задания для самостоятельной работы

1. В чем заключаются достоинства, а в чем - недостатки статистических методов расчета текущего и страхового запасов?
2. При каких условиях возможно применение статистических методов?
3. Какие параметры лежат в основе статистического расчета текущего и страхового запасов?
4. Приведите основные статистические формулы, используемые при расчете текущего и страхового запасов.
5. Из каких источников могут быть получены на предприятии данные для расчета текущего и страхового запасов статистическими методами?
6. На основе представленной в таблице 3.5. информации рассчитайте текущий и страховой запасы через интервалы времени между поставками и через размеры поставок. Допустимая вероятность отсутствия дефицита $P(x) = 0,98$. В расчетах допустимо использовать любые формулы расчета среднего и среднего квадратического отклонения (СКО).

Таблица 3.5

Исходные данные для решения задачи

№	Дата поставки	Qi
1	01.01.2008	32
2	20.01.2008	60
3	27.02.2008	22
4	17.03.2008	20
5	30.03.2008	40
6	22.04.2008	25
7	11.05.2008	25

Окончание табл. 3.5

№	Дата поставки	Qi
8	31.05.2008	45
9	25.06.2008	25
10	10.07.2008	30
11	29.07.2008	35
12	20.08.2008	50
13	20.09.2008	42
14	12.10.2008	23
15	30.10.2008	40
16	19.11.2008	20
17	01.12.2008	48
18	29.12.2008	20
19	08.01.2009	25
20	27.01.2009	35
21	20.02.2009	45
22	18.03.2009	58
23	24.04.2009	40
24	17.05.2009	28
25	05.06.2009	

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В ЗАПАСАХ: СТАТИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

4.1. Сущность и условия применения статических моделей управления запасами

Статические модели управления запасами применяются в тех случаях, когда для удовлетворения спроса может подаваться только один заказ на закупку товара. Заказы на пополнение запаса либо не возможны, либо сопряжены с очень большими издержками. Пример: торговля мороженым на празднике мороженого; закупка сырья для производства ультрамодной продукции и т.п. [8].

Однако применение статических моделей не ограничивается короткими промежутками времени. Эти модели могут применяться также в случае закупки запасных частей для специального оборудования.

Статические модели также позволяют определить начальные запасы для новых продуктов.

Формирование модели для решения статической задачи рассмотрим на практическом примере.

Допустим, продавец занимается реализацией новогодних елок. Перед ним стоит задача определения количества деревьев, которое нужно закупить с целью последующей перепродажи при условии, что в процессе реализации (примерно 2 недели до Нового года) нельзя будет разместить новый заказ, а сразу же после праздника – елки будет невозможно реализовать даже по

сниженным ценам.

Для решения задачи необходимо получить информацию о возможном спросе на продукцию, чтобы определить объем продаж.

Информация о спросе может быть получена несколькими способами:

1. Посредством наблюдения за спросом в предыдущие периоды. В этом случае осуществляется статистическая обработка данных по спросу за ряд лет и определяется закон распределения спроса.

2. Опрос экспертов (они, как правило, дают дискретную оценку спроса).

3. Изучение официальной статистики (средние значения продаж определенной продукции за определенный период в данном регионе).

Вернемся к примеру с новогодними елками. Пусть продавец в течение нескольких лет собирал информацию о продажах новогодних елок, причем использовал как собственные данные, так и сведения о продажах конкурентов.

Собранные продавцом данные о продажах елок приведены в табл. 4.1.

Допустим, что каждая проданная елка приносит прибыль, равную G ден. ед., а из-за каждой непроданной елки торговец теряет C ден. ед. Допустим также, что издержки выполнения заказа и затраты на хранение елок незначительны. Тогда чистая при-

быль от реализации S -й елки будет определяться по формуле [8]:

$$\Pi(S) = G \cdot p(S) - C \cdot (1 - p(S)), \quad (4.1)$$

где $p(S)$ - вероятность того, что S -я единица товара будет продана.

Из формулы (4.1) вытекает и условие прибыльности S -й единицы товара:

$$G \cdot p(S) - C \cdot (1 - p(S)) > 0 \quad (4.2)$$

Выражение (4.2) может быть представлено в виде:

$$p(S) > C / (G + C) \quad (4.3)$$

Таким образом, торговцу необходимо закупать такое максимальное количество товара (S), при котором вероятность продажи этого или большего количества продукции будет соответствовать условию (4.3). То есть продавец максимизирует свою прибыль в том случае, когда чистая прибыль от реализации S -й единицы товара будет равна 0.

Пример 4.1:

Если предположить, что продавец приобретает елки в среднем по цене 56 руб. за штуку (без учета метража), а продажа каждой елки в среднем приносит ему прибыль в размере 180 руб., то исходя из условия (4.3) продавцу выгодно закупать такое количество елок, для которого:

$$p(S) > 56 / (180 + 56)$$

$$p(S) > 0,237$$

Этой вероятности соответствует 150 елок или интервал 141-160 елок (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Результат решения задачи «о новогодней елке»

Границы интервала	Середина интервала, S_i	Частота продаж n_i	Относительная частота $n_i/\sum n_i$ (частость)	Накопленная частота, $F(S)$	Вероятность продажи S -й единицы $p(S)=1-F(S)$	Ожидаемая прибыль при продаже S -й единицы $G \cdot p(S)$	Ожидаемый убыток при непродать S -й единицы $C \cdot (1-p(S))$	Чистая прибыль при продаже S -й единицы товара
2	3	4	5	6	7	8	9	10
40-60	50	2	0,025	0,025	0,975	175,5	1,4	174
61-80	70	7	0,0875	0,1125	0,8875	159,75	6,3	153
81-100	90	12	0,15	0,2625	0,7375	132,75	14,7	118
101-120	110	16	0,2	0,4625	0,5375	96,75	25,9	71
121-140	130	14	0,175	0,6375	0,3625	65,25	35,7	30
141-160	150	10	0,125	0,7625	0,2375	42,75	42,7	0
161-180	170	9	0,1125	0,875	0,125	22,5	49	-27
181-200	190	6	0,075	0,95	0,05	9	53,2	-44
200 и более		4	0,05	1	0	0	56	-56
		80						

Необходимо отметить, что спрос может быть как дискретной, так и непрерывной случайной величиной.

Дискретной называют случайную величину, которая принимает конечное или счетное число значений, которые можно пронумеровать натуральными числами), то у него не будет плотности распределения [13, 22].

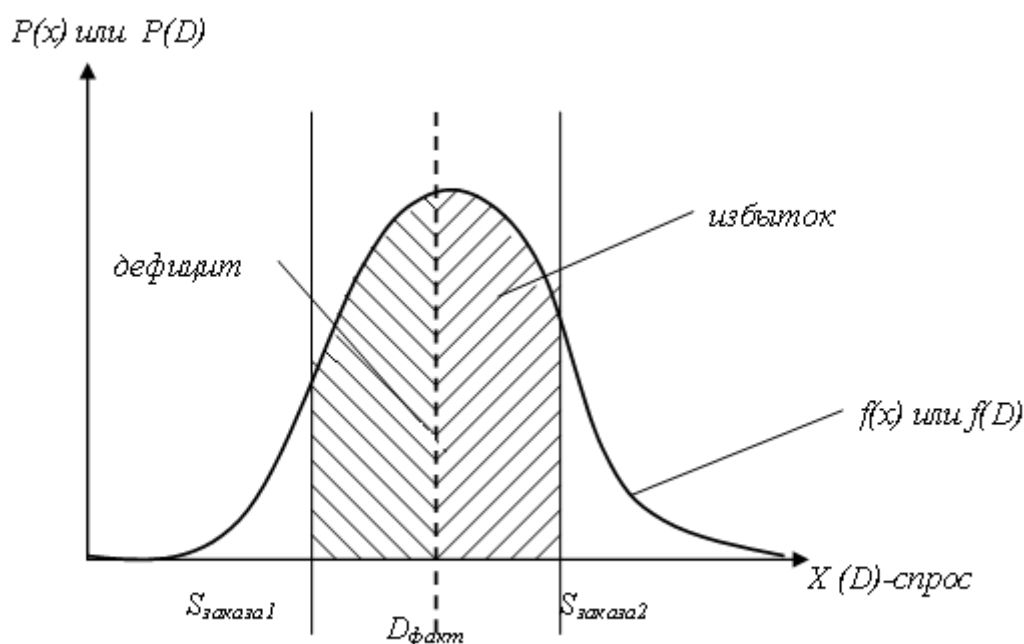
Непрерывной называют случайную величину, которая может принимать все значения из некоторого конечного или бесконечного интервала [13, 22].

Если спрос распределен дискретно, то данные по нему могут быть заданы в табличной форме так, как это показано в табл. 4.1, и для решения статической задачи в данном случае могут ис-

пользоваться формулы (4.1)-(4.4).

Если спрос распределен непрерывно, то в этом случае он будет задаваться определенной функцией распределения ($F(x)$) и плотностью распределения ($f(x)$).

На рис. 4.1. показана ситуация нормально распределенного спроса.



$f(D)$ – плотность распределения спроса

Рис. 4.1. Плотность нормально распределенного спроса

Дефицит возникает в том случае, когда объем заказа ($S_{заказа}$) оказывается меньше фактической потребности ($D_{факт}$). Если объем заказа превышает потребность, то соответственно наблюдается избыточный запас. Величину дефицита и профицита (избытка) в условиях непрерывно распределенного случайного спроса можно определить, рассчитав соответствующую площадь под кривой плотности распределения – см. рис. 4.1.

При определении оптимального объема запаса в качестве целевой функции рассматривается функция суммарных затрат, связанных с запасом [38]:

$$C(S) = h \cdot \int_0^S (S - x)f(x)dx + p \cdot \int_S^{\infty} (x - S)f(x)dx + c \cdot (S - z) \rightarrow \min, \quad (4.4)$$

где S – предполагаемый объем запаса (партии закупки);

x – случайная величина, характеризующая спрос на продукцию;

h – издержки, связанные с содержанием единицы избыточного запаса (нереализованной продукции);

p – потери от дефицита (штрафы), связанные с нехваткой единицы продукции;

c – цена приобретения единицы продукции;

z – остаток запаса предыдущего периода;

$f(x)$ – функция плотности распределения спроса.

Для нахождения оптимального уровня запаса (S) необходимо взять первую производную функции затрат по S и приравнять ее к нулю:

$$\begin{aligned} \frac{dC}{dS} &= h \cdot \int_0^S f(x)dx - p \cdot \int_S^{\infty} f(x)dx + c = \\ &= h \cdot F(S) - p \cdot (1 - F(S)) + c = 0 \end{aligned} \quad (4.5)$$

Из выражения (4.5) получаем уравнение для нахождения оптимального уровня запаса [38]:

$$F(S) = \frac{p - c}{p + h}, \quad (4.6)$$

где $F(S)$ или $F(x)$ – интегральная функция распределения спроса.

В работе [38] приводятся результаты решения уравнения (4.6) для некоторых видов законов распределения спроса (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Значения оптимального уровня запаса для различных законов распределения спроса

Вид закона распределения спроса	Функция распределения спроса	Выражение для нахождения оптимального размера запаса – S_{opt}
Нормальный закон:	$F(S) = \frac{1}{\sigma_D \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^S \exp\left(-\frac{(S - \bar{D})^2}{2\sigma_D^2}\right) dS$	$\Phi\left(\frac{S_{opt} - \bar{D}}{\sigma_D}\right) = \frac{p - c}{p + h}$ где \bar{D} - средний спрос; σ_D - СКО спроса
Показательный закон:	$F(S) = 1 - \exp(-S / \bar{D})$	$S_{opt} = \bar{D} \cdot \ln\left(\frac{h + p}{h + c}\right)$
Распределение Релея:	$F(S) = 1 - \exp(-S^2 / (2 \cdot M^2))$, где $M = \frac{\bar{D}}{\sqrt{\pi/2}}$ - параметр распределения Релея	$S_{opt} = M \cdot \sqrt{2 \ln\left(\frac{h + p}{h + c}\right)}$
Распределение Вейбулла:	$F(S) = 1 - \exp(-S^k / W)$, где k и W - параметры распределения Вейбулла	$S_{opt} = \left(W \cdot \ln\left(\frac{h + p}{h + c}\right)\right)^{1/k}$

4.2. Вопросы и задания для самостоятельной работы

1. В чем заключается специфика статической задачи?
2. Приведите примеры статических задач управления запасами.
3. Какие методы теории управления запасами используются при решении статических задач?

4. Приведите математическую модель решения статической задачи в условиях дискретно распределенного спроса.

5. Приведите математическую модель решения статической задачи в условиях непрерывно распределенного спроса

6. Торговец приобретает шариковые ручки по оптовой цене 3 рубля за 1 штуку, а продает – по цене 5 рублей. Определите предельный объем ручек, который торговец может приобрести, рассчитывая на максимизацию своей прибыли. Данные о спросе приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3.

Исходные данные для решения задачи

Спрос на шариковые ручки S	Вероятность продажи S –й ручки $P(S)$
40	0,98
80	0,88
90	0,75
100	0,6
120	0,5
135	0,29
154	0,143
170	0,12
200	0,00

7. Готовясь к празднику мороженого торговец должен решить, сколько эскимо ему необходимо закупить, чтобы максимизировать свою прибыль. Он знает, что продажа 1 эскимо принесет ему прибыль, равную 10 рублям, а убыток от не реализации будет составлять 20 руб. из расчета на 1 мороженное. Данные о спросе приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4

Исходные данные для решения задачи

Спрос D	Вероятность продажи S-ого эскимо
45	0,99
57	0,98
70	0,93
80	0,85
92	0,66
104	0,36
116	0,19
128	0,11
140	0,06
152	0,01
163	0

5. МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОГО ОБЪЕМА И ПЕРИОДИЧНОСТИ ЗАКАЗА ХАРРИСА-УИЛСОНА И ЕЕ МОДИФИКАЦИИ

5.1. Вывод модели ЕОQ Харриса-Уилсона

Для определения оптимального размера заказа, необходимого для формирования стратегий управления запасами, наиболее часто используется модель оптимального или экономичного размера заказа ЕОQ (Economic Order Quantity).

Расчет ЕОQ производится на основе суммарных общих затрат C_{Σ} , которые можно представить в виде функции [27, 32]:

$$C_{\Sigma} = C_K + C_3 + C_X + C_D + C_L \rightarrow \min, \quad (5.1)$$

где C_K - затраты на приобретение (определяются стоимостью единицы продукции; стоимость может быть постоянной или переменной при учете оптовых скидок, которые зависят от объема заказа);

C_3 - затраты на оформление заказа (расходы, связанные с размещением заказа у поставщиков и, как правило, не зависящие от объема заказа; к ним часто относят также затраты на транспортировку);

C_X - затраты на хранение (затраты на содержание и грузопереработку запаса на складе, включают как процент на инвестированный капитал, так и стоимость хранения, содержания и ухода; рассчитываются как доля от стоимости товара, либо в зависимости от занимаемого продукцией на складе объема (площади));

C_D - потери от дефицита запаса (включают потенциальные потери прибыли из-за отсутствия запаса, а также возможные потери из-за утраты доверия покупателей);

C_L - «скрытые» или «латентные» затраты (это те затраты, которые реально существуют, но не учитываются в расчетных моделях. Примером таких затрат являются расходы на хранение деталей (узлов, агрегатов) на внутрипроизводственных складах различных уровней, а также на хранение продукции в контейнерах, кузовах автомобилей или железнодорожных вагонах при разгрузке транспортных средств, прибывающих на склад).

Учет различного количества слагаемых в формуле (5.1) приводит к многовариантности расчетных формул для определения ЕОQ.

При формировании основной модели расчета ЕОQ в качестве критерия оптимизации принимается минимум общих затрат C_Σ (рис. 5.1), включающих затраты на выполнение заказов C_3 и затраты на хранение запаса на складе C_X в течение определенного периода времени (год, квартал и т. п.) – формула (5.2).

$$C_\Sigma = C_3 + C_X \rightarrow \min \quad (5.2)$$

Рассмотрим вывод формулы для расчета ЕОQ.

В формуле (5.2) затраты на хранение могут быть представлены в виде:

$$C_X = \frac{C_n \cdot f \cdot S}{2}, \quad (5.3)$$

где C_n – цена единицы продукции, хранимой на складе;

f – доля от цены C_n , приходящаяся на затраты по хранению;
 S – величина заказа для пополнения запаса.

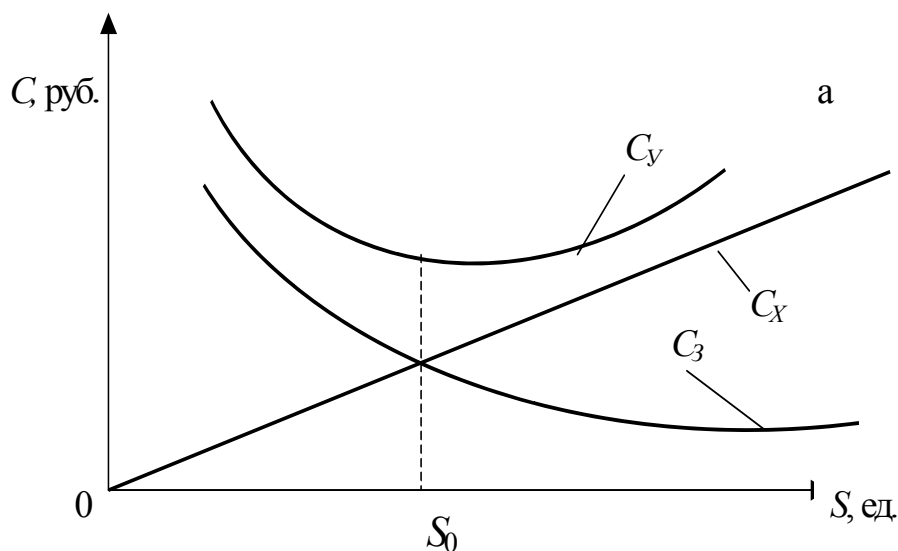


Рис. 5.1. Зависимость затрат от размера заказа

Что касается затрат на выполнение заказа, то они в классическом варианте представляются следующим образом:

$$C_3 = \frac{C_0 \cdot A}{S}, \quad (5.4)$$

где A – потребность в продукте в течение рассматриваемого периода (месяц, квартал, год ...)

C_0 – затраты на выполнение одного заказа, руб.;

Таким образом формула суммарных затрат будет выглядеть следующим образом:

$$C_{\Sigma} = \frac{C_0 \cdot A}{S} + \frac{C_n \cdot f \cdot S}{2} \quad (5.5)$$

Возьмем первую производную от (5.4), приравняем ее к нулю и получим так называемую формулу Уилсона (Харриса-Уилсона) для расчета оптимальной партии заказа:

$$S_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{2AC_o}{C_n f}}. \quad (5.6)$$

5.2. Расчет показателей модели ЕОQ

1. Количество поставок:

$$N = \frac{A}{S_{\text{опт}}} = \sqrt{\frac{AC_n f}{2C_o}} \quad (5.7)$$

2. Продолжительность цикла поставки (времени между поставками):

$$T = \frac{D}{N} = D \sqrt{\frac{2C_o}{AC_n f}} \quad (5.8)$$

Если речь идет о количестве рабочих дней в году, то $D=D_p=260$ дней, если о количестве недель, то $D_p=52$ недели; в общем случае $D=365$ дней.

3. Минимальные общие затраты $C_{\Sigma \min}$:

$$C_{\Sigma} = \frac{AC_o \sqrt{C_n f}}{\sqrt{2C_o A}} + \frac{C_x}{2} \sqrt{\frac{2C_o A}{C_n f}} = \sqrt{2AC_o C_n f} \quad (5.9)$$

Параметр f для оценки затрат на содержание запасов на складах как % от стоимости единицы поставляемой продукции определяется в разных источниках по-разному – от 9 до 50% [32].

Пример 5.1:

Ежегодная потребность производственной компании в материале «Х» составляет 900 ед. Стоимость единицы материала на условиях поставки на склад компании составляет 45 руб. Расходы

на содержание запаса на складе составляют 25% от стоимости материала. Расходы на оформление одного заказа – 50 руб. Число рабочих дней в году примем равным 260. Определим параметры модели EOQ.

Для нахождения оптимального размера заказа воспользуемся формулой (5.6).

$$S_{opt} = \sqrt{\frac{2AC_o}{C_n f}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 900 \cdot 50}{45 \cdot (25/100)}} \approx 89 \text{ ед.}$$

Зная S_{opt} по формуле (5.7) находим оптимальное количество поставок:

$$N = \frac{A}{S_{opt}} = \frac{900}{89} \approx 10 \text{ поставок}$$

Теперь можно рассчитать оптимальную периодичность поставок по формуле (5.8):

$$T = \frac{D_p}{N} = \frac{260}{10} = 26 \text{ дней}$$

Наконец можно рассчитать суммарные минимальные затраты, связанные с запасами при размере заказа 89 ед. Для этого воспользуемся формулой (5.9):

$$C_{\Sigma} = \sqrt{2AC_o C_n f} = \sqrt{2 \cdot 900 \cdot 50 \cdot 45 \cdot 0,25} = 1006,23 \text{ руб.}$$

5.3. Расчет затрат на хранение при аренде склада

Практика аренды складских помещений, а также расчеты затрат на хранение на складах ряда фирм, говорят о том, что как правило учитывается не средний размер партии, а площадь (или

объем) склада, которая требуется для всей поступившей партии. Таким образом затраты на хранение могут быть выражены формулой [27]:

$$C_x = \alpha k \theta S, \quad (5.10)$$

где α – затраты на хранение продукции в единицу времени с учетом занимаемой площади (объема) склада, руб./м²·ед. времени (руб./м³·ед. времени);

k – коэффициент, учитывающий пространственные габариты единицы продукции, м²/шт. (м³/шт.).

θ – коэффициент, учитывающий неодновременность поступления различных видов продукции на склад, $0 < \theta \leq 1$ (примем $\theta=1$).

Коэффициент θ отражает преимущества современных технологий грузопереработки продукции на складах: по мере освобождения стеллажей (ячеек, площадей) на них размещаются вновь поступающие партии продукции, не дожидаясь момента окончания расхода предыдущей партии. В результате повышается наполняемость склада, что приводит к снижению затрат на хранение продукции.

С учетом выражения (5.10) формула Харриса-Уилсона (5.6) может быть преобразована следующим образом [27, 32]:

$$S_o = \sqrt{\frac{C_o A}{\alpha k}}. \quad (5.11)$$

Величина минимальных затрат рассчитывается по формуле:

$$C_{\Sigma \min} = 2\sqrt{C_o A \alpha k}. \quad (5.12)$$

Полученные зависимости показывают, что в общем случае целесообразно представление затрат на хранение в виде двух составляющих

$$C_x = \Delta_1 C_{x1} + \Delta_2 C_{x2}, \quad (5.13)$$

где Δ_1, Δ_2 – коэффициенты, отражающие степень участия различных видов затрат на хранение, например, $\Delta_1 = \Delta_2 = 1$.

Один из возможных вариантов зависимости (5.12) может быть представлен в виде:

$$C_x = \Delta C_{x1} + (1 - \Delta) C_{x2}, \quad (5.14)$$

где Δ – коэффициент, $0 \leq \Delta \leq 1$.

Первая составляющая C_{x1} отражает затраты, связанные со страхованием, учетом рисков, налогами и другими, определяемыми в зависимости от цены единицы товара и средней его величины. Вторая составляющая C_{x2} , отражающая затраты, связанные с хранением продукции, рассчитывается пропорционально площади (или объему), которую занимает поступивший заказ на складе. Таким образом, с учетом (5.13) зависимость (5.14) может быть представлена в виде:

$$C_{\Sigma} = \frac{C_o A}{S} + \Delta \frac{S C_n f}{2} + (1 - \Delta) \alpha k S. \quad (5.15)$$

Формула (5.15) для удобства расчетов может быть представлена в виде:

$$C_{\Sigma} = \frac{A C_o}{S} + \beta C_n f S, \quad (5.16)$$

где $\beta = \left(\frac{\Delta}{2} + \frac{(1 - \Delta) \alpha k}{C_n f} \right)$.

Пример 5.2:

Годовая потребность в заказываемом продукте (A) = 1000 ед; затраты на выполнение одного заказа (C_0) = 500 руб. Каждая единица продукции, упакована в ящик следующих размеров: $a \times b \times c$ ($a = 0,3$ м – ширина; $b = 0,4$ м – длина; $c = 0,3$ м – высота); при хранении допускается штабелирование ящиков в h ярусов ($h=6$). Стоимость аренды склада составляет 270 руб./м² в месяц. Определить параметры модели ЕОQ.

$$\alpha = 270 \cdot 12 = 3240 \text{ руб./м}^2\text{год};$$

$$k = \frac{a \cdot b}{h} = \frac{0,3 \cdot 0,4}{6} = 0,02 \text{ м}^2\text{/ед};$$

$$\alpha k = 3240 \cdot 0,02 = 64,8 \text{ руб./ед. год.}$$

$$S_o = \sqrt{\frac{500 \cdot 1000}{64,8}} = 87 \text{ ед};$$

Минимальные затраты:

$$C_{\Sigma} = 2 \cdot \sqrt{500 \cdot 1000 \cdot 64,8} \approx 11384 \text{ руб.}$$

Количество заказов $N = 12$ и периодичность заказов $T_3 \approx 30$ дней.

5.4. Учет скидок в модели ЕОQ

При покупке партий товара большинство фирм дает скидки, величина которых зависит от размера партии (S). Среди различного вида скидок в управлении запасами наиболее часто используется так называемые оптовые скидки. Применение **ОПТОВЫХ СКИДОК** означает, что цена единицы продукции C_{nj} зависит от

объема закупаемой партии S_j , при этом соблюдается правило, чем больше S_j , тем меньше цена C_{nj} . Уменьшение цены представляется, как правило, в виде дискретной зависимости (см. рис. 5.2). На рис.5.2 показана ситуация, когда при величине заказа $S_j \leq 100$ ед. цена единицы товара $C_{no}=400$ руб.; при величине заказа S от 100 до 500 ед. цена единицы товара $C_{n1}=350$ руб.; наконец, при S больше 500 ед. цена $C_{n2}=300$ руб. Следовательно, заказывая 300 ед.продукции затраты на приобретение составят $C_k=300 \times 350=105$ тыс. руб., а при заказе 600 ед. затраты $C_k=180$ тыс. руб.

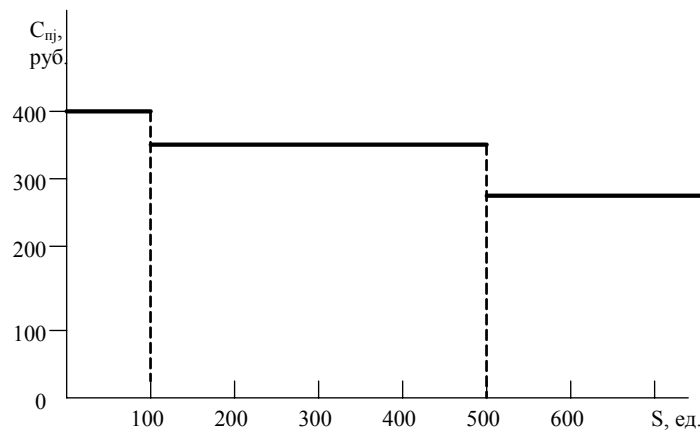


Рис. 5.2. Зависимость оптовой цены продукции (C_{nj}) от объема заказа (S)

Иногда могут предоставляться **дифференциальные скидки**, при использовании которых скидки для каждой партии товара учитываются отдельно в каждом ценовом диапазоне. Здесь используется следующее правило. Если размер заказа колеблется от 1 до S_1 , например до 100 ед., то цена единицы изделия составляет C_{no} (допустим $C_{no}=400$ руб.); при размере заказа от S_1+1 до S_2 (от 101 до 500 ед.) цена снижается до C_{n1} ($C_{n1}=350$ руб. как при

оптовой скидке) и т.д. Но при дифференциальной скидке общие затраты при закупке партии в 300 ед. составят:

$$C_k = 400 \cdot 100 + 350(300 - 101) = 109,65 \text{ тыс.руб.};$$

а средняя цена единицы изделия в этом случае составит:

$$C_{\Pi}^* = \frac{C_k}{S} = \frac{109,65}{300} = 365,5 \text{ руб./ед.}$$

Для учета оптовых скидок наиболее часто используется дискретная зависимость C_{nj} от S_j . При расчетах параметров модели ЕОQ с учетом оптовых скидок возможны различные ситуации.

Наиболее часто встречается первая ситуация, когда цена товара C_{nj} изменяется, а затраты на хранение единицы продукции C_x , рассчитанные по формуле (5.3) в зависимости от C_{nj} остаются постоянными.

Вторая ситуация, когда вместе с изменением цены C_{nj} пропорционально изменяются и затраты на хранение C_{xj} единицы продукции.

Третья ситуация при которой между изменениями цены C_{nj} и затратами на хранение не наблюдается однозначной зависимости.

Рассмотрим последовательность расчета параметров модели ЕОQ для первой ситуации.

1. Зависимость суммарных затрат на приобретение, выполнение заказа и хранение записываются в виде:

$$C_{\Sigma} = AC_{\Pi j} + \frac{AC_o}{S} + \frac{C_{\Pi} f}{2} S \quad (5.17)$$

2. Выполним расчеты C_{Σ} для различных значений S при

следующих исходных данных: $A=2000$ ед., $C_0=800$, $f=0,2$, цены для каждой единицы товара с учетом скидок приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Изменение цены единицы продукции в зависимости от размера партии заказа

Номер j	Размер партии поставки, ед.	Цена единицы товара со скидкой, $C_{пj}$ руб.
0	1-100	400
1	101-500	350
2	501 и более	300

Например, при $S=50$ ед. находим

$$C_{\Sigma} = 2000 \cdot 400 + \frac{1000 \cdot 800}{50} + \frac{400 \cdot 0,2}{2} 50 = 8034 \text{ тыс. руб.}$$

Результаты расчетов C_{Σ} приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Результаты расчета суммарных затрат с учетом скидки

Цена единицы продукции $C_{пj}$ руб.	Размер заказа, S , ед.	Затраты на приобретение $AC_{пj}$ тыс. руб.	Затраты на выполнение заказа $A \cdot C_0 / S$, тыс. руб.	Затраты на хранение $\frac{C_{пj} f}{2} S$, тыс. руб.	Суммарные затраты C_{Σ} , тыс. руб.
400	50	8000	32,0	2,0	8034,0
	75		21,3	3,0	8024,3
	100		16,0	4,0	8020,0
350	101	7000	15,8	4,0	7019,8
	150		10,7	6,0	7016,7
	200		8,0	8,0	7016,0
	250		6,4	10,0	7016,4
	400		4,0	16,0	7020,0
	450		3,6	18,0	7021,6
500	3,2	20,0	7023,2		

Окончание табл. 5.2

Цена единицы продукции $C_{пj}$ руб.	Размер заказа, S , ед.	Затраты на приобретение $AC_{пj}$ тыс. руб.	Затраты на выполнение заказа $A \cdot C_o / S$, тыс. руб.	Затраты на хранение $\frac{C_{пj} f}{2} S$, тыс. руб.	Суммарные затраты C_{Σ} , тыс. руб.
300	501	6000	3,2	20,0	6023,2
	550		2,9	22,0	6024,9
	600		2,7	24,0	6026,7
	650		2,5	26,0	6028,5
	700		2,3	28,0	6030,3

3. Рассчитаем величину оптимальной партии заказа, формула (5.6), $S_o=200$ ед. и минимальные суммарные затраты, формула (5.9) $C_{\Sigma \min}=8000$ руб. Однако, из анализа результатов, приведенных в табл.5.2, следует, что минимальные затраты $C_{\Sigma}=6023,2$ тыс. руб.

Таким образом, оптимальная партия заказа с учетом скидок $S_o=501$ ед.; соответственно число заказов в год $N=4$, а периодичность поставок $T=260/4=65$ дней.

Следует отметить, что формула Харриса-Уилсона выведена с учетом большого числа допущений и ограничений [26, 29]:

- затраты на выполнение заказа C_o , цена поставляемой продукции C_n и затраты на хранение единицы продукции в течение рассматриваемого периода постоянны;

- период между заказами (поставками) постоянный, т. е. $T_3=\text{const}$;

- заказ S_o выполняется полностью, мгновенно;

- интенсивность спроса ($\lambda = S_o / T_3$) постоянна;

- емкость склада не ограничена;
- рассматриваются только текущие (регулярные) запасы, другие виды запасов (страховые, подготовительные, сезонные, транзитные и т. д.) не учитываются.

5.5. Модифицированные варианты модели ЕОQ

Можно выделить следующие основные модификации классической модели ЕОQ: модель производственного заказа (EPQ) – подразумевает немгновенную разгрузку с одновременным расходом запаса; модель экономичного размера партии (EBQ) – подразумевает постепенное пополнение запаса (без расхода) и последующий равномерный расход; модель текущего запаса с потерей требований при дефиците; модель текущего запаса с отложенным дефицитом; комбинированные модели.

Таблица 5.3

Варианты модифицированных моделей для определения оптимального размера заказа [27]

Наименование модели	Графическое изображение	Примечание
1. Производственного заказа EPQ (Economic Production Quantity)		Поступление 1; одновременное поступление и потребление 3; последующее потребление 2

Продолжение табл. 5.3

Наименование модели	Графическое изображение	Примечание
<p>2. Экономичного размера партии EBQ (Economic Batch Quantity)</p>		<p>Поступление 1 (без потребления); последующее потребление 2</p>
<p>3. Текущего запаса с отложенным дефицитом (I)</p>		<p>После мгновенного поступления 1, сначала выполняется (мгновенно) отложенный спрос D_0, затем этап потребления 2 и дефицита 4</p>
<p>4. Текущего запаса с потерей требований при дефиците (II)</p>		<p>После мгновенного поступления 1; этап потребления 2 и этап дефицита 4, когда требования не выполняются и не накапливаются</p>

Продолжение табл. 5.3

Наименование модели	Графическое изображение	Примечание
<p>5. Экономического размера партии с потерей требований при дефиците</p>		<p>Поступление 1 (без потребления); потребление 2; дефицит 3 (требования не выполняются и не накапливаются)</p>
<p>6. Экономического размера партии с дефицитом (отложенный спрос)</p>		<p>Поступление 1 (с мгновенным выполнением отложенного спроса D_0 в момент $t=0$); потребление 2, этап дефицита 3 (с накоплением требований).</p>
<p>7. Производственного заказа с дефицитом (отложенный спрос)</p>		<p>Поступление 1 (с мгновенным выполнением отложенного спроса D_0 в момент $t=0$); поступление с одновременным потреблением 3; потребление 2; этап дефицита 4 (с накоплением требований)</p>

Наименование модели	Графическое изображение	Примечание
8. Производственного заказа с потерей требований при дефиците		Поступление 1; поступление с одновременным потреблением 3; потребление 2, этап дефицита (с потерей требований)

Таблица 5.4

Откорректированные зависимости для расчета параметров модели ERQ с немгновенной разгрузкой [27, 32]

Параметр модели	Откорректированные варианты
Оптимальная партия поставки, $S^*_{\text{опт.}}$, ед.	$S_0\beta$, где S_0 – оптимальная партия рассчитанная по формуле Харриса-Уилсона
Количество поставок N^* в плановый период D	$\frac{A}{S_0\beta}$
Периодичность поставки T^* , дни	$D \frac{S\beta}{A}$
Минимальные суммарные затраты C^*_{Σ} , ден. ед.	$\sqrt{2AC_0C_x} / \beta$

$$\beta = \sqrt{\mu / (\mu - \lambda(1 - C_x^* / C_x))} \quad (5.18)$$

где C_x^* - затраты, связанные с хранением продукции вне склада во время разгрузки транспортных средств.

μ - интенсивность пополнения;

λ - интенсивность расхода.

Пример 5.3 [27]:

- потребность в заказываемом продукте $A=1000$ ед. в год;
- затраты на выполнение одного заказа $C_o=100$ руб.;
- затраты на хранение единицы продукции (на складе) $C_x=20$ руб./ед. год;
- количество рабочих дней в году $D=250$ дней;
- интенсивность пополнения запасов на склад $\mu =25$ ед./день;
- интенсивность расхода запаса со склада $\lambda=4$ ед./день;
- затраты на хранение доставленной продукции вне склада $C_x^*=40$ руб./ед. год

Рассчитаем S_o , для этого воспользуемся формулой (5.6):

$$S_{opt} = \sqrt{\frac{2AC_o}{C_n f}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1000 \cdot 100}{20}} = 100 \text{ ед.}$$

По формуле (5.18) найдем значение поправочного коэффициента β :

$$\beta = \sqrt{\mu / (\mu - \lambda(1 - C_x^* / C_x))} = \sqrt{25 / (25 - 4 \cdot (1 - 40 / 20))} \approx 0,93$$

Теперь можно определить параметры модели ERQ и рассчитать суммарные минимальные затраты:

- оптимальная партия поставки:

$$S^* = S_o \cdot \beta = 100 \cdot 0,93 = 93 \text{ ед.}$$

- оптимальное количество поставок:

$$N = \frac{A}{S_o \cdot \beta} = \frac{1000}{100 \cdot 0,93} \approx 11 \text{ поставок}$$

- оптимальная периодичность поставок:

$$T = \frac{D \cdot S \cdot \beta}{A} = \frac{250 \cdot 100 \cdot 0.93}{1000} \approx 23 \text{ дня}$$

- суммарные минимальные затраты:

$$C_{\Sigma} = \sqrt{2AC_0C_x} / \beta = \sqrt{2 \cdot 1000 \cdot 100 \cdot 20} / 0.93 = 2150,53 \text{ руб.}$$

Таблица 5.5

Откорректированные зависимости для расчета показателей модели экономичного размера партии (ЕВQ) [27, 32]

Наименование показателя	Откорректированные зависимости
1. Экономичный (оптимальный) размер партии S^* , ед.	S_0 / γ
2. Количество партий поставок N^* в плановом периоде D	$\frac{A}{S_0} \gamma$
3. Продолжительность одного цикла поставки T^* , дни	$\frac{DS_0}{A\gamma} \left(\frac{\mu + \lambda}{\mu} \right)$
4. Минимальные суммарные затраты $C_{\Sigma \min}$, руб.	$\gamma \sqrt{2C_0AC_x}$

$$\text{Корректирующий коэффициент } \gamma = \sqrt{1 + \frac{\lambda}{\mu} \left(1 + \frac{h_2}{h_1} \right)}, \quad (5.19)$$

где h_2 – затраты на хранение в транспортном средстве;

h_1 – затраты на хранение на складе;

μ - интенсивность пополнения;

λ - интенсивность расхода.

Пример 5.4:

Пусть нам известно следующее:

– потребность в заказываемом продукте (A)=1000 ед. в год;

– затраты на выполнение одного заказа (C_0)=100 руб.;

- затраты на хранение единицы продукции на складе (h_1 или C_x) = 20 руб./ед. год;
- затраты на хранение доставленной продукции в транспортном средстве (h_2) = 40 руб./ед. год
- количество рабочих дней в году (D) = 250 дней;
- интенсивность пополнения запасов на склад (μ) = 25 ед./день;
- интенсивность расхода запаса со склада (λ) = 4 ед./день;

Рассчитаем S_0 :

$$S_{opt} = \sqrt{\frac{2AC_o}{C_x}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1000 \cdot 100}{20}} = 100 \text{ ед.}$$

По формуле (5.19) найдем значение поправочного коэффициента γ :

$$\gamma = \sqrt{1 + \frac{\lambda}{\mu} \left(1 + \frac{h_2}{h_1}\right)} = \sqrt{1 + \frac{4}{25} \left(1 + \frac{40}{20}\right)} \approx 1,22$$

Теперь рассчитаем параметры модели EBQ и определим суммарные минимальные затраты:

- оптимальная партия поставки:

$$S^* = S_o / \gamma = 100 / 1,22 \approx 82 \text{ ед.}$$

- оптимальное количество поставок:

$$N = \frac{A}{S_0} \cdot \gamma = \frac{1000}{100} \cdot 1,22 \approx 12 \text{ поставок}$$

- оптимальная периодичность поставок:

$$T = \frac{D \cdot S}{A \cdot \gamma} \times \left(\frac{\mu + \lambda}{\mu}\right) = \frac{250 \cdot 100}{1000 \cdot 1,22} \times \left(\frac{25 + 4}{25}\right) \approx 24 \text{ дня}$$

- суммарные минимальные затраты:

$$C_{\Sigma} = \gamma \cdot \sqrt{2AC_0C_x} = 1,22 \cdot \sqrt{2 \cdot 1000 \cdot 100 \cdot 20} = 2440 \text{ руб.}$$

5.6. Перспективы развития модели ЕОQ

Среди многообразия возможных направлений исследования моделей ЕОQ к важнейшим могут быть отнесены [27]:

- постепенный переход от допущений, принятых при выводе формулы Уилсона и ее модификаций, путем введения реальных параметров (случайных, взаимосвязанных и взаимозависимых), отражающих большее количество факторов и составляющих затрат;

- обязательный учет в модели всевозможных ограничений, связанных с воздействием внутренних и внешних факторов;

- подробный, достоверный анализ всех затрат (издержек, расходов), их идентификация и однозначная трактовка;

- разумное усложнение модели, ее дифференциация, без которой невозможно приблизить аналитические зависимости к практическим прикладным задачам;

- разработка специального пакета для ПК, позволяющего проводить расчеты для всей гаммы возможных вариантов модели ЕОQ, анализировать их и осуществлять выбор эффективных решений.



Рис.5.3. Формирование моделей EOQ [27]

5.7. Вопросы и задания для самостоятельной работы

1. Назовите основные составляющие суммарных затрат, связанных с пополнением запасов в модели EOQ.
2. Назовите преимущества и недостатки классической модели EOQ в формулировке Харриса-Уилсона.
3. Каковы основные модификации модели EOQ?
4. Каковы возможные направления развития модели EOQ?
5. Рассчитать оптимальный размер и периодичность заказа для детали с учетом следующей информации: цена детали = 11 руб.; затраты на выполнение одного заказа = 170 руб.; потреб-

ность в деталях составляет 1262 ед.; доля от цены, приходящаяся на затраты по хранению запасов = 0,4; число рабочих дней 260

6. Определить величину оптимальной партии заказа с учетом скидок при следующих исходных данных:

- общая потребность $A=1000$ ед.;
- затраты на выполнение заказа $C_o=6,75$ у.е.;
- цена единицы продукции $C_{\Pi}=2,5$ у.е.;

Информация о скидках представлена в табл. 5.6.

Таблица 5.6.

Изменение цены единицы продукции и затрат на хранение в зависимости от размера партии поставки

Размер поставки, ед.	Цена единицы продукции, C_{nj} , у.е.	Доля от цены, приходящаяся на затраты по хранению, i
1-99	2,5	0,24
100-199	2,0	0,20
200 и более	1,8	0,20

7. Рассчитать параметры модели EPQ (оптимальный размер заказа и оптимальную периодичность поставок) исходя из следующих условий:

- потребность в заказываемом продукте $A=2000$ ед. в год;
- затраты на выполнение одного заказа $C_o=200$ руб.;
- затраты на хранение единицы продукции (на складе) $C_x=40$ руб./ед. год;
- количество рабочих дней в год $D=250$ дней;
- интенсивность пополнения запасов на склад $\mu =50$ ед./день;

- интенсивность расхода запаса со склада $\lambda = 10$ ед./день;
- затраты на хранение продукции вне склада = 20 руб./ед

8. Годовая потребность в заказываемом продукте (A) = 2000 ед.; цена единицы продукции (C_n) = 1200 руб.; затраты на выполнение одного заказа (C_0) = 1000 руб.; доля от цены, приходящаяся на затраты по хранению (в год) $f=0,25$. Допустим, что каждая единица продукции, упакована в ящик следующих размеров: $a \times b \times c$ ($a = 0,3$ м – ширина; $b = 0,4$ м – длина; $c = 0,3$ м – высота); при хранении допускается штабелирование ящиков в h ярусов ($h=6$). Для хранения запасов используется склад, хранение на котором обойдется в 215 руб./м² в месяц. Параметр $\Delta = 0,5$. Число рабочих дней в году принимается равным 255. Определить параметры модели EOQ.

6. МОДЕЛЬ ЕОQ ПРИ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНЫХ ПОСТАВКАХ

6.1. Сущность многономенклатурной модели

При наличии на складе поставщика широкой номенклатуры продукции (товаров) встает вопрос о возможной организации одновременной поставке потребителю n номенклатур. Аргументами в пользу объединения разных номенклатур в один заказ являются [32, 38]:

- требование поставщика о стоимости каждого заказа не ниже некоторой предельной величины;
- реализация полной загрузки используемых транспортных средств;
- ограничение количества отправок и их периодичности каждому клиенту (синхронизация поставок);
- снижение затрат на организацию, комплектацию партий поставок, поставляемых клиенту.

Рассмотрим один из возможных подходов к решению задачи. Запишем основное уравнение для суммарных затрат i -й номенклатуры в виде:

$$C_{\Sigma i} = \frac{A_i(C_0 + C_i)}{S_i} + \frac{S_i C_{xi}}{2} \rightarrow \min \quad (6.1)$$

Известно, что размер i -й поставки можно определить по формуле:

$$S_i = T_i \frac{A_i}{D} \quad (6.2)$$

При подстановке (6.2) в формулу (6.1) получим:

$$C_{\Sigma i} = D \frac{(C_0 + C_i)}{T_i} + \frac{T_i A_i C_{xi}}{2D} \rightarrow \min \quad (6.3)$$

Очевидно, что при условии $T_i = T$, т. е. одновременной поставки n позиций номенклатуры, уравнение для суммарных затрат можно представить в виде:

$$C_{\Sigma} = \frac{D}{T} \sum_{i=0}^n C_i + \frac{T}{2D} \sum_{i=1}^n A_i C_{xi} \quad (6.4)$$

Определим оптимальное значение периодичности многономенклатурной поставки T_0^* , воспользовавшись стандартной процедурой, т. е. возьмем производную по T и приравняем ее нулю

$$\frac{dC_{\Sigma}}{dT} = -\frac{D}{T^2} \sum_{i=0}^n C_i + \sum_{i=1}^n \frac{A_i C_{xi}}{2D} = 0 \quad (6.5)$$

Из уравнения (6.5) находим выражение для оптимальной периодичности:

$$T_0^* = D \sqrt{2 \sum_{i=0}^n C_i / \sum_{i=1}^n A_i C_{xi}} \quad (6.6)$$

Найдем остальные показатели, характеризующие многономенклатурную поставку: размер i -й поставки:

$$S_i^* = \frac{A_i}{D} T_0^* = A_i \sqrt{2 \sum_{i=0}^n C_i / \sum_{i=1}^n A_i C_{xi}} \quad (6.7)$$

Количество поставок:

$$N^* = D / T_0^* \quad (6.8)$$

При подстановке T_o^* в формулу (6.4) после преобразований находим выражение для минимальных суммарных затрат:

$$C_{\sum n}^* = \sqrt{2 \sum_{i=0}^n C_i \sum_{i=1}^n A_i C_{xi}} \quad (6.9)$$

Пример 6.1:

Рассмотрим последовательность расчета многономенклатурной поставки, включающей два вида продукции. Исходные данные приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Исходные данные и результаты расчета ЕОQ
при независимых поставках

Вид продукции	A_i , ед.	Затраты на выполнение заказа, руб.		Затраты на хранение C_{xi} , руб./ед. год	S_i , ед.	N_i	T_i , дни	$C_{\sum \min}$, руб.
		C_o	C_i					
1	3000	18	4	1,5	297	10	36,5	445
2	2000	18	2	0,5	400	5	73	200
Сумма	-	-	-	-	697	15	-	645

Вначале рассчитаем параметры при независимых поставках.

Так, для первого вида продукции находим ЕОQ:

$$S_1 = \sqrt{\frac{2(18 + 4) \cdot 3000}{1,5}} = 296,6 \cong 297 \text{ ед.};$$

Количество заказов $N_1 = 3000/297 = 10$;

Периодичность $T_1 = 365/10 = 36,5$ дня;

Минимальные затраты:

$$C_{\sum \min 1} = \sqrt{2 \cdot 3000(18 + 4) \cdot 1,5} = 445 \text{ руб.}$$

Общее количество заказов: $N_{\Sigma} = 10 + 5 = 15$.

Общие затраты при независимых поставках:

$$C_{\Sigma n} = 445 + 200 = 645 \text{ руб.}$$

Выполним расчеты при условии совместной поставки (табл. 6.2):

- время выполнения заказа:

$$T_o^* = 365 \sqrt{\frac{2 \cdot (18 + 4 + 2)}{5500}} = 34,1 \text{ дня}$$

- количество заказов:

$$N^* = \frac{365}{34,1} \approx 10,7 \cong 11;$$

- оптимальное количество каждого вида продукции при совместной поставке:

$$S_1^* = \frac{3000 \cdot 34,1}{365} \approx 280 \text{ ед.}; \quad S_2^* \approx 188 \text{ ед.};$$

- суммарные затраты (при $T_o^* = 34$ дня):

$$C_{\Sigma n}^* = \sqrt{2 \cdot 24 \cdot 5500} = 514 \text{ руб.}$$

Сопоставление суммарных затрат $C_{\Sigma n}$ и $C_{\Sigma n}^*$ при независимых и многономенклатурных поставках показывает, что во втором случае наблюдается значительное уменьшение затрат:

$$\varphi_C = \frac{(645 - 514)}{645} 100 = 20,3\%$$

Таблица 6.2

Результаты расчета ЕОQ при многономенклатурной поставке

Вид продукции	A_i	$\lambda_i = \frac{A_i}{D}$	C_{Xi}	$C_o + \sum C_i$	$A_i C_{Xi}$	T_o^*	N	C_Σ^*	S_i^*
1	3000	8,2	1,5	18+4+2=24	4500	34,1	11	51,4	280
2	2000	5,5	0,5		1000				188
Сумма	-	-	-	-	5500	-	-	-	468

6.2. Учет ограничений при многономенклатурных поставках

При расчете многономенклатурных поставок особое значение приобретает учет ограничений, связанных с объемом (площадью) и грузоподъемностью транспортных средств, объемом (площадью) складских помещений, наличием средств для приобретения всей партии и т. д.

Проведенные расчеты показали, что в общем виде учет ограничений указанных параметров производится с использованием формулы [32]:

$$T_V = \frac{G_V}{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot q_i}, \quad (6.10)$$

где G_V – предельные значения физического или экономического показателя;

$\lambda_i = A_i / D$ – интенсивность потребления (расхода) i -го продукта, ед./день;

q_i – физический или экономический показатель i -го продукта.

Таким образом, для многономенклатурной поставки учет ограничений сводится к выполнению следующего правила:

- если период многономенклатурной поставки $T_o^* \leq T_V$, то ее показатели рассчитываются по формулам (6.6) – (6.9);

- если $T_o^* > T_V$, то в качестве расчетного периода принимается T_V и производится корректировка N_i^* , S_i^* и $C_{\Sigma}^*(T_V)$:

$$S_i^* = \frac{A_i}{D} T_V \quad (6.11)$$

$$N^* = D / T_V \quad (6.12)$$

$$C_{\Sigma}^*(T_V) = \frac{D \sum_{i=0}^n C_i}{T_V} + T_V \frac{\sum_{i=1}^n A_i C_{xi}}{2D} \quad (6.13)$$

При наличии нескольких критериев, выбор варианта производится по формуле:

$$T_V^* = \min(T_V, T_q, T_C \dots), \quad (6.14)$$

где T_V , T_q , T_C – периоды времени, рассчитанные по формуле (6.10) с учетом различных критериев: объем, вес, затраты и т. п.

Пример 6.2:

Рассмотрим многономенклатурную поставку ($n=3$) с учетом ограничения на объем кузова автомобиля $V_o=16 \text{ м}^3$. Исходные данные, включающие также объем каждой единицы продукции V_i , приведены в табл. 6.3.

На первом этапе определим параметры однономенклатурных отправок и проверим ограничения на объем кузова. Резуль-

таты расчетов (табл. 6.3) показывают, что если для второго вида продукции использование данного типа автомобиля является спорным, то для третьего вида необходимо откорректировать параметры поставки.

Подстановка в формулу (6.10) данных табл. 6.3 позволяет получить периодичность поставки с учетом ограничения:

$$T_{V3} = \frac{16 \cdot 365}{400 \cdot 0,2} = 73 \text{ дня}$$

Соответственно остальные параметры:

– число поставок:

$$N^* = \frac{365}{73} = 5$$

– размер поставки:

$$S_i^* = \frac{400}{5} = 80 \text{ ед.}$$

– суммарные затраты:

$$C_{\Sigma 3} = \frac{400 \cdot 24}{80} + \frac{80 \cdot 1,2}{2} = 168 \text{ у.е.}$$

На втором этапе рассчитываются параметры многономенклатурной поставки.

Так, периодичность поставки будет равна:

$$T^* = 365 \sqrt{2 \cdot (18 + 2 + 4 + 6) / 1840} = 66 \text{ дней,}$$

а минимальные суммарные затраты:

$$C_{\Sigma}^* = \sqrt{2 \cdot (18 + 2 + 4 + 6) \cdot 1840} = 332 \text{ у.е.}$$

Величины N – число поставок и размер каждого вида продукции S_i^* приведены в табл. 6.4.

Таблица 6.3

Исходные данные и результаты расчета параметров при независимых поставках с учетом ограничения

Вид продукции	A_i , ед.	C_{ni} , у.е.	C_{Xi} , у.е.	$C_o + C_i$, у.е.	V_i , м ³	S^*_{oi} ед.	N_i	T_i дни	C_Σ	Проверка ограничения $V \leq V_o$
1	1000	5	1	18+2=20	0,04	200	5	73	200	8<16
2	600	3	0,6	18+4=22	0,08	210	2,86 (3)*	127,6 (128)*	126	16,8≤16
3	400	6	1,2	18+6=24	0,20	126,5	3,16 (3)*	115,5 (121)*	151,8	25,3>16
3**						80	5	73	168	16
Сумма	-						11	-	494	-

Примечание: * - округленные значения, ** - вариант с учетом ограничений

Таблица 6.4

Исходные данные и результаты расчета параметров при многономенклатурной поставке с учетом ограничений

Вид продукции	A_i , ед.	C_{Xi} , у.е.	$A_i C_{Xi}$, у.е.	C^* у.е.	T^* дни	N_i	$C_{\Sigma n}$ у.е.	S^*_i ед.	$S^*_i \cdot V_i$, м ³	S^*_{ik} ед.
1	1000	1	1000	18+2+ 4+6= =30	66	5,5 (6)	332	180	7,2	96
2	600	0,6	360					108	8,64	58
3	400	1,2	420					72	14,4	36
Сумма	-	-	1840	-				360	30,24	222

На третьем этапе проверим ограничение по объему кузова. Из сравнения $\sum S^*_i V_i = 30,24 \text{ м}^3$ с допустимым значением $V_0=16 \text{ м}^3$ следует, что параметры многономенклатурной поставки должны быть откорректированы.

Рассчитаем T_V по формуле (6.10):

$$T_V = \frac{16 \cdot 365}{(1000 \cdot 0,04 + 600 \cdot 0,08 + 400 \cdot 0,2)} = \frac{16 \cdot 365}{168} = 35 \text{ дней}$$

Тогда, откорректированные величины параметров многономенклатурной поставки составят:

– число поставок:

$$N_K^* = \frac{365}{35} = 10,4$$

– размеры поставок каждого вида продукции:

$$S_{1K}^* = 96 \text{ ед.}; S_{2K}^* = 58 \text{ ед.}; S_{3K}^* = 38 \text{ ед.}$$

– минимальные общие затраты:

$$C_{\Sigma K}^* = \frac{30 \cdot 365}{35} + \frac{35 \cdot 1840}{2 \cdot 365} = 401 \text{ у.е.}$$

Таким образом, даже с учетом ограничений затраты при многономенклатурных поставках значительно ниже, чем при независимых поставках.

Следует отметить, что ограничение по вместимости грузового отделения транспортного средства – один из возможных вариантов. При расчетах параметров многономенклатурных отправок необходимо учитывать следующие виды ограничений:

- по грузоподъемности транспортного средства (ТС);
- по габаритам ТС;
- по вместимости склада;
- по финансовым ресурсам и др.

6.3. Многономенклатурные поставки по системе кратных периодов

В 1966 г. профессор Ю.И. Рыжиков [38] предложил стратегию организации многономенклатурных поставок по системе кратных периодов.

Система кратных периодов предполагает, что по крайней мере одна номенклатурная позиция заказывается в каждом базисном периоде (T), а остальные позиции поставляются с периодичностями, кратными, базисному периоду ($k \cdot T$, где $k=1,2,3,\dots$).

Рассмотрим простой пример поставки 2 видов продукции. Допустим, что одна из позиций номенклатуры имеет наименьшую периодичность поставки $T=10$ дней. Это означает, что последующие поставки будут производиться с указанной периодичностью и время поставки будет равно $2T=20$ дней, третьей $3T=30$ дней и т.д.

Вторая позиция номенклатуры, поставки которой будут производиться согласно стратегии кратных периодов, имеет периодичность $2T=20$ дней. Соответственно, вторая поставка будет произведена на 40 день и т.д. В результате совмещения поставок двух видов продукции получим следующую последовательность: через 10 дней поставляется первый вид продукции, на 20 день оба вида продукции, на 30 день – первый вид, на 40 день – оба вида и т.д.

В системе кратных периодов оптимальный период группирования (базисный период) определяется по формуле [27, 38]:

$$T_k^* = D \sqrt{2(C_o + \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{k_i}) / \sum_{i=1}^n A_i C_{xi} k_i} \quad (6.15)$$

Данному периоду соответствуют минимальные затраты:

$$C_{\Sigma k}^* = \sqrt{2(C_o + \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{k_i}) \sum_{i=1}^n A_i C_{xi} k_i} \quad (6.16)$$

На основе T_k^* определяются величины поставок S_{ix}^* и количество поставок N_2 за плановый период (или год).

Методика организации поставок по кратным периодам состоит из нескольких основных этапов:

1. Позиции номенклатуры ранжируются по возрастанию величин показателей $D^2 C_i / A_i C_{xi}$, то есть с учетом периодичности независимой поставки каждой позиции номенклатуры T_i .

2. Выбираются начальное приближение для кратного периода; за основу принимается первое значение ранжированного ряда (минимальный период времени при независимых поставках):

$$T_o = D \sqrt{2(C_o + C_1) / A_1 C_{x1}} \quad (6.17)$$

3. Рассчитывается набор коэффициентов $k_i = T_i / T_o$, с помощью которых производится формирование базового варианта групп различной кратности.

4. Каждая позиция номенклатуры закрепляется за определенной группой.

По формулам (6.15) и (6.16) для базового варианта рассчитываются показатели T_k^* и $C_{\Sigma k}^*$ и затем с использованием итерационной процедуры (путем перебора и размещения позиций номенклатуры в группах различной кратности) осуществляется по-

иск оптимального варианта по критерию минимума суммарных затрат C_k^* .

Выбор T_o можно осуществить по множеству номенклатур, заказываемых в каждом периоде, при этом первые j позиции номенклатуры из упорядоченного множества заказываются одновременно. Расчетная формула записывается в виде:

$$T_o = D \sqrt{2 \sum_{i=0}^j C_i / \sum_{i=1}^j A_i C_{xi}} \quad (6.18)$$

Присоединение к первой группе следующих позиций номенклатуры целесообразно при соблюдении неравенства:

$$C_{j+1} D^2 > A_{j+1} C_{x1,j+1} \cdot T^2 \quad (6.19)$$

При подстановке (6.18) в формулу (6.19) условие прекращения накопления группы записывается в виде:

$$\frac{C_{j+1}}{A_{j+1} \cdot C_{x,j+1}} > 2 \sum_{i=0}^j C_i / \sum_{i=1}^j A_i C_{xi} \quad (6.20)$$

Проверка рекуррентного соотношения начинается со второй позиции номенклатуры, при этом в правой части подставляются значения

$\sum_{i=0}^j C_i = C_0 + C_1$ и $A_1 C_{x1}$. При выполнении условия (6.20)

для всех последующих позиций $i > j$ вычисляется оптимальная периодичность T_i и по отношению T_i / T_o – начальная кратность.

Пример 6.3:

В табл. 6.5 приведены исходные данные о четырех видах продукции. Требуется выбрать наилучшую стратегию поставок (при $C_0=18$ у.е.).

Таблица 6.5

Исходные данные и результаты расчета при независимых поставках

Вид продукции	A_i , ед.	C_i , у.е	$C_o + C_i$, у.е.	C_{xi} , у.е.	S_i , ед.	T_i , дни	$C^*_{\Sigma i}$, у.е.	k_i	Базовый вариант k_i
1	3000	6	24	1,5	310	37,7	465	1	1
2	2000	4	22	1,0	297	54,1	297	1,43	1
3	1000	4	22	0,5	210	76,6	148	2,03	2
4	500	6	24	0,5	219	160	109	4,24	4
Сумма							1019		

Для проведения расчетов воспользуемся табл. 6.6, в которой обобщены формулы для трех вариантов многономенклатурных поставок:

- независимые поставки каждой позиции номенклатуры;
- одновременная поставка всех позиций;
- одновременная поставка по системе кратных периодов.

Таблица 6.6

Формулы для расчета показателей многономенклатурного заказа

Наименование показателя	Независимые поставки	Одновременно по всей номенклатуре	Система кратных периодов
Время выполнения заказа T_i , дни	$T_i = D \sqrt{\frac{2(C_o + C_i)}{A_i C_{xi}}}$	$T = D \sqrt{\frac{2 \sum_{i=0}^n C_i}{\sum_{i=1}^n A_i C_{xi}}}$	$T^* = D \sqrt{\frac{2\beta_o}{\beta_1}}$
Число заказов за период D	$N_i = \frac{D}{T_i}$	$N = \frac{D}{T}$	$N = \frac{D}{T^*}$

Формулы для расчета показателей многономенклатурного заказа

Наименование показателя	Независимые поставки	Одновременно по всей номенклатуре	Система кратных периодов
Объем заказа, S_i	$S_i = \frac{A_i}{D} T_i$	$S_i = \frac{A_i}{D} T$	$S_i = \frac{A_i}{D} T^* k_i$
Минимальные суммарные затраты за период $D C_\Sigma$	$C_\Sigma = \sum_{i=1}^n \sqrt{2(C_o + C_i) A_i C_{xi}}$	$C_\Sigma = \sqrt{2 \sum_{i=0}^n C_i \left(\sum_{i=1}^n A_i C_{xi} \right)}$	$C_\Sigma = \sqrt{2 \beta_o \beta_1}$
Примечание: $\beta_o = C_o + \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{k_i}$; $\beta_1 = \sum_{i=1}^n A_i C_{xi} k_i$			

На первом этапе рассчитаем показатели при независимых поставках каждой позиции номенклатуры (табл.6.5).

На втором этапе рассчитаем показатели при одновременной многономенклатурной поставке:

- периодичность поставки:

$$T_0 = 365 \sqrt{\frac{2(18 + 6 + 4 + 4 + 6)}{4500 + 2000 + 500 + 250}} = 37,4 \text{ день,}$$

- количество:

$$N = \frac{365}{37,3} = 9,76,$$

- минимальные суммарные затраты:

$$C_\Sigma^* = \sqrt{2 \cdot 38 \cdot 7250} = 742,3 \text{ у.е.,}$$

- величины поставок каждой позиции номенклатуры (по формуле (6.7)):

$$S_1=307 \text{ ед.; } S_2=204 \text{ ед.; } S_3=102 \text{ ед.; } S_4=51 \text{ ед.}$$

На третьем этапе, для предварительно рассчитанных показа-

телей независимых поставок (первый этап) проводится их ранжирование и определяются коэффициенты кратности k_i , относительно приближения $T=37,7$ дня, определенного на первом этапе.

На основании k_i выберем базовый вариант кратности поставок: первый и второй вид продукции – $k=1$; третий вид – $k=2$; четвертый вид – $k=4$.

Рассчитаем составляющие формул (6.31), (6.32) для базового варианта кратных периодов:

$$C_o + \sum_{i=1}^4 \frac{C_i}{k_i} = 18 + 6 + 4 + \frac{4}{2} + \frac{6}{4} = 31,5 \text{ у.е.}$$

$$\sum_{i=1}^n A_i C_{Xi} k_i = 3000 \cdot 1,5 \cdot 1 + 2000 \cdot 1 \cdot 1 + 1000 \cdot 0,5 \cdot 2 + 500 \cdot 0,5 \cdot 4 = 8500 \text{ у.е.}$$

Тогда, оптимальный период:

$$T^*(k) = 365 \sqrt{2 \cdot 31,5 / 8500} = 31,4 \text{ день}$$

минимум суммарных затрат:

$$C_{\Sigma}(k) = \sqrt{2 \cdot 31,5 \cdot 8500} = 732 \text{ у.е.}$$

На рис. 6.2 приведена диаграмма, отражающая различные варианты многономенклатурных поставок, в частности, стратегию кратных поставок для базового варианта (k_i : 1,1,2,4).

Для расчета величин поставок каждого вида продукции по системе кратных периодов воспользуемся формулой:

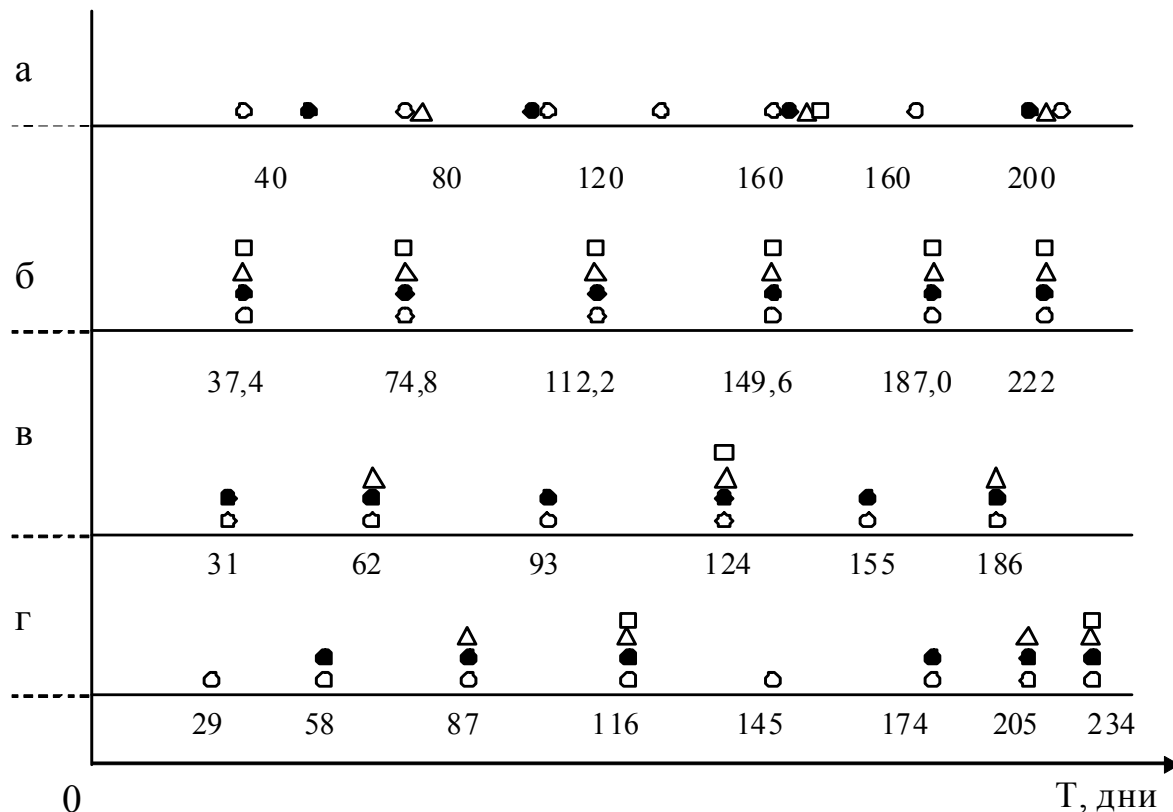
$$S_i = \frac{A_i}{D} T^*(k) \cdot k_i \quad (6.21)$$

Так, для продукции первого вида находим:

$$S_1 = \frac{3000}{365} \cdot 31,4 \cdot 1 = 258 \text{ ед.}$$

Соответственно, для остальных видов получим $S_2=S_3=S_4=172$ ед.

Вариант поставки:



а – независимая поставка ($C_{\min}=1019$ у.е.);

б – одновременная поставка ($C_{\min}=742$ у.е.);

в – кратная поставка, базовый вариант ($C_{\min}=732$ у.е.);

г – кратная поставка, оптимальный вариант ($C_{\min}=725$ у.е.).

○ - 1 вид продукции; ● - 2 вид продукции; △ - 3 вид продукции;

□ - 4 вид продукции

Рис.6.1. Различные варианты многономенклатурных поставок

В табл. 6.7 приведены результаты расчета оптимальных периодов и минимальных суммарных затрат для различных стратегий кратных периодов при многономенклатурных поставках. Из табл. 6.7 следует, что при организации поставок в соответствии с пятой стратегией наблюдается наименьшее значение минималь-

ных затрат $C_{\Sigma \min} = 725$ у.е.

Таблица 6.7

Результаты расчета показателей многономенклатурных поставок для различных стратегий

Номер стратегии	Коэффициенты кратности				$\sum_{i=0}^4 C_i$ у.е.	$\sum_{i=1}^4 A_i C_{xi}$ у.е.	$T^*(k)$ дни	$C_{\Sigma}(k)$ у.е.
	k_1	k_2	k_3	k_4				
1 (базовая)	1	1	2	4	31,5	8500	31,4	732
2	1	2	2	4	29,5	10500	27,4	787
3	1	1	2	2	33	9500	30,4	791
4	1	2	2	2	31	10000	31,0	787
5	1	2	3	4	28,8	9000	29,2	725

6.4. Вопросы и задания для самостоятельной работы

1. В чем заключается специфика многономенклатурной модели?
2. Какие ограничения могут быть учтены в многономенклатурной модели и каким образом?
3. Приведите аргументы в пользу объединения нескольких номенклатур в одну отправку.
4. Приведите примеры комплементарных товаров (дополняющих друг друга, совместно реализуемых), которые целесообразно поставлять совместно.
5. В чем состоят особенности «многопродуктовой» модели?
6. В чем заключается сущность модели организации поставок многономенклатурной продукции по системе

кратных периодов?

7. Каков порядок действий при организации поставок многономенклатурной продукции по системе кратных периодов?

8. Для исходных данных из табл. 6.8 необходимо произвести расчет параметров многономенклатурной модели для случая одновременных отправок. Необходимо также сопоставить данные по затратам при многономенклатурных отправлениях с данными по затратам при независимых отправлениях продукции и определить экономический эффект от многономенклатурных отправок.

9. Для исходных данных из табл. 6.8. необходимо подобрать оптимальный вариант многономенклатурных отправок по системе кратных периодов.

Таблица 6.8

Исходные данные для решения задачи

Вид продукции	A_i , ед.	Затраты на выполнение заказа, руб.		Затраты на хранение C_{xi} , руб./ед.
		C_o	C_i	
1	3000	700	150	40
2	2000		100	60
3	2500		50	20
4	2000		100	80
5	500		50	20
Суммы	-	-	450	-

7. МОДЕЛЬ ЕОQ В УСЛОВИЯХ ФИНАНСОВЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ И НАЛИЧИИ НЕСКОЛЬКИХ ИСТОЧНИКОВ ПОСТАВОК*

7.1. Сущность задачи и основные подходы к решению

В предыдущих разделах при выводе формул для расчета оптимального размера заказа считалось, что каждый вид продукции не зависит от остальных и он хранится на складе самостоятельно. Однако, для промышленных предприятий, а также предприятий розничной и оптовой торговли условия независимости видов продукции друг от друга могут быть нарушены. Основными причинами возникновения взаимосвязи между N видами продукции, поставляемой на склад, являются следующие ограничения:

- максимальный размер капитала B , который предполагается вложить в запасы;
- площадь (объем) склада, где размещаются одновременно N видов продукции;
- верхний предел общего числа заказов за определенный период и др.

Помимо указанных одиночных ограничений могут возникнуть ситуации, когда требуется соблюдение нескольких из них или всех одновременно. Например, для промышленных предприятий рассматриваются случаи ограничения, налагаемые планом выпуска продукции и размером капитала. Могут встретиться ва-

* Раздел подготовлен при участии Н.И. Фатеевой

рианты, когда имеется ограничение на число заказов, подаваемых в течение года, и ограничение на максимальные капиталовложения в любой момент времени.

Рассмотрим подробнее вариант задачи, когда закупаются материальные ресурсы из нескольких источников и существуют ограничения на бюджет закупки.

На первом этапе рассчитываются оптимальные партии поставок s_{oi} по каждому i -му виду продукции ($i=1, \dots, N$) по классической формуле Харриса-Уилсона.

На втором этапе сравниваются затраты, связанные с запасами продукции и капиталом B , выделенном на приобретение продукции:

$$B \geq \kappa \sum_{i=1}^N S_{oi} C_{ni}, \quad (7.1)$$

где κ – коэффициент, введенный для учета неравномерности поступления i -ых видов продукции; $0 < \kappa \leq 1$. В работах [8, 20] принято $\kappa=0,5$.

Если неравенство (7.1) соблюдается, то поставки осуществляются в объемах, рассчитанных на первом этапе. Соответственно, переменные затраты на выполнение заказа и хранение при многопродуктовой поставке определяется по формуле

$$C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N \sqrt{2A_i C_{0i} C_{ni} f} \quad (7.2)$$

Третий этап, когда неравенство (7.1) не соблюдается. Для расчета оптимальных значений S_{oi} применяется метод множите-

лей Лагранжа.

В качестве критерия оптимизации принимается минимум общих переменных затрат C_{Σ} , включающих затраты на выполнение заказов C_3 и затраты на хранения запасов на складе C_{xp} :

$$C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \left(\frac{A_{ij}(C_{oij} + C_{ij})}{q_{ij}} + \frac{q_{ij}C_{nij}f}{2} \right) + z(B - k \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} q_{ij}C_{nij}) \rightarrow \min, \quad (7.3)$$

где i - индекс, указывающий порядковый номер поставщика, $i = 1 \dots m$;

j - индекс, указывающий порядковый номер вида продукции, заказываемого у i -го поставщика, $j = 1 \dots n_i$;

m - количество поставщиков;

n_i - количество видов продукции, заказываемых у i -го поставщика;

A_{ij} - потребность в заказываемом продукте;

q_{ij} - искомая величина заказа, ед.;

C_{nij} - цена единицы продукции;

f - доля от цены C_{nij} , приходящейся на затраты по хранению единицы продукции;

C_{oij} - затраты на транспортировку (принимаются постоянными для партии);

C_{ij} - составляющая затрат на выполнение заказа, которая зависит от объема выполняемых на складе операций при формировании заказа;

B - максимальный размер капитала, который предполагается вложить в запасы;

k – коэффициент, введенный для учета неодновременного заказа различных видов продукции, $0 < k \leq 1$;

z – неопределенный множитель Лагранжа. Для расчета z можно воспользоваться формулой

$$z = \frac{f - \left(\frac{k}{B} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \sqrt{2A_{ij}(C_{oij} + C_{ij})C_{nij}} \right)^2}{2k} \quad (7.4)$$

Параметры модели оптимального заказа в условиях финансовых ограничений и при наличии нескольких источников поставок могут быть найдены по следующим формулам:

оптимальный размер заказа

$$q_{onmij} = \sqrt{\frac{2A_{ij}(C_{oij} + C_{ij})}{C_{nij}(f - 2kz)}} \quad , \quad (7.5)$$

минимальные переменные издержки

$$C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \sqrt{\frac{2A_{ij}(C_{oij} + C_{ij})C_{nij}}{f - 2kz}} (f - kz) \quad , \quad (7.6)$$

количество заказов

$$N_{ij} = \frac{A_{ij}}{q_{onmij}} \quad , \quad (7.7)$$

периодичность размещения заказов

$$T_{ij} = D / N_{ij} \quad , \quad (7.8)$$

где D – продолжительность рассматриваемого периода.

общие издержки:

$$C = B + \frac{f - kz}{f - 2kz} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} 2(C_{oij} + C_{ij}) \quad (7.9)$$

Теперь рассмотрим вариант решения задачи, когда требует-

ся организовать совместную отправку материальных ценностей от каждого поставщика в условиях ограничения на финансовые ресурсы.

Учет ограничения производится при помощи формулы:

$$T'_i = \frac{BT_i}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} q_{ij} C_{nij}}, \quad (7.10)$$

где T_i - интервал между одновременными поставками n_i видов продукции от i -го поставщика.

Если $T'_i \geq T_i$, то параметры таких поставок рассчитываются по следующим формулам:

количество заказов:

$$N_i = D/T_i \quad (7.11)$$

оптимальный размер заказа:

$$q_{optij} = A_{ij} \sqrt{\frac{2 \cdot \left(C_{oi} + \sum_{j=1}^{n_i} C_{ij} \right)}{\sum_{j=1}^{n_i} A_{ij} \cdot C_{nij} \cdot f}} \quad (7.12)$$

минимальные переменные издержки:

$$E = \sum_{i=1}^m \sqrt{2 \left(C_{oi} + \sum_{j=1}^{n_i} C_{ij} \right) \left(\sum_{j=1}^{n_i} A_{ij} C_{nij} f \right)} \quad (7.13)$$

общие затраты:

$$C = B + \sum_{i=1}^m 2 \left(C_{oi} + \sum_{j=1}^{n_i} C_{ij} \right) \quad (7.14)$$

Если $T'_i < T_i$, тогда в качестве расчетного периода принимается T'_i и производится корректировка:

оптимального размера заказа:

$$q_{ij} = T_i' \frac{A_{ij}}{D} \quad (7.15)$$

числа поставок:

$$N' = D / T_i' \quad (7.16)$$

минимальных переменных издержек:

$$E = \sum_{i=1}^m \left(\frac{D}{T_i'} \left(C_{oi} + \sum_{j=1}^{n_i} C_{ij} \right) + \frac{T_i'}{2D} \sum_{j=1}^{n_i} A_{ij} C_{nij} f \right) \quad (7.17)$$

общих затрат:

$$C = B + \sum_{i=1}^m \sqrt{\frac{2 \left(C_{oi} + \sum_{j=1}^{n_i} C_{ij} \right) \left(\sum_{j=1}^{n_i} A_{ij} C_{nij} f \right)}{N_i'}} \quad (7.18)$$

Пример 7.1:

Рассмотрим систему поставок запасных частей для автотранспортного предприятия «Х». Поставщики и поставляемая ими номенклатура запасных частей представлены на схеме (рис. 7.1) и в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Список поставщиков и поставляемой ими продукции

№	Продукция	Поставщик
1/1	Барабаны тормозные Икарус задние	ООО "Июль"
1/2	Барабаны тормозные Икарус передние	
1/3	Барабаны тормозные ЛиАЗ 5256 (РАВА)	
2/1	Мотор вентилятора отопителя (с крыльчаткой) №42.378 24v(улитки)	ООО "Бусторг"
2/2	Мотор редуктора стеклоочистителя ЛиАЗ-5256 правый	
3/1	Клин с роликами 5256-3501110	ЗАО "Август"
3/2	Упор колодки 5656-3501049	

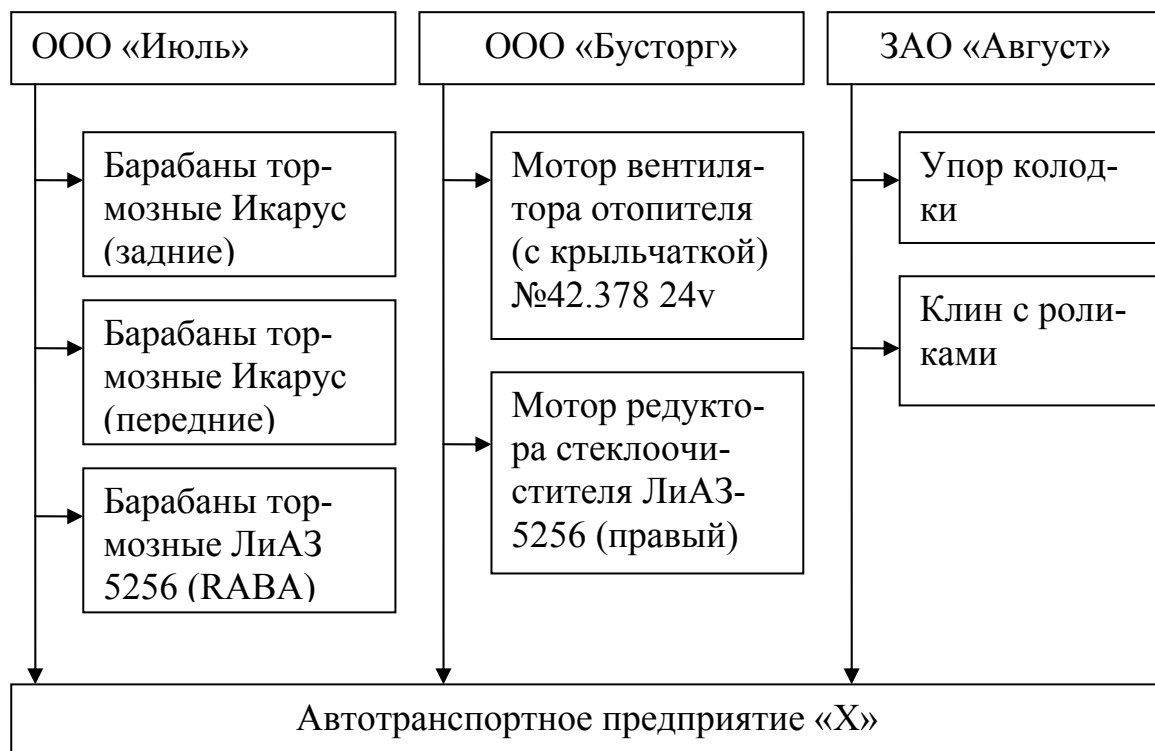


Рис. 7.1. Поставщики и поставляемые ими позиции номенклатуры

Исходные данные для примера приведены в табл. 7.2. Затраты на оформление заказа взяты равными 960 руб. (минимальная стоимость доставки по городу на автомобиле марки «Газель»), при этом издержки на хранение рассчитываются через процент от стоимости единицы продукции, который условно считается равным 20 %. Затраты на комплектование принимаем равными 5 % от цены единицы продукции. Считаем, что существует ограничение на бюджет и оно равно 300 000 рублей.

Рассчитанные величины оптимальных размеров партий поставок, их количества и периодичности, а также минимальные переменные и общие издержки для различных вариантов организации многономенклатурных поставок в условиях финансовых

ограничений приведены в табл. 7.3 и 7.4.

Таблица 7.2

Исходные данные

Параметры	Номер поставщика / номер продукта							
	1/1	1/2	1/3	2/1	2/2	3/1	3/2	
Годовой спрос A , ед.	274	122	409	461	133	1361	322	
Стоимость единицы продукции C_p , руб.	4054	2899	4205	630	3263	525	50	
Затраты на оформление заказа C_o , руб.	960	960	960	960	960	960	960	
Затраты на комплектование партии C_i , руб.	203	145	210	32	163	26	3	
Параметр f								0,2
Коэффициент k								1
Ограничение на бюджет - B , руб.								300000
Множитель Лагранжа – z , рассчитывается по формуле (7.4)								-0,22

Таблица 7.3

Вариант: независимые отправки с ограничением на бюджет

Параметры	Номер поставщика / номер продукта							Сумма
	1/1	1/2	1/3	2/1	2/2	3/1	3/2	
Размер партии поставки q_o , ед.	16	12	19	47	12	89	138	-
Стоимость запасов $q_o * C_p$, руб.	63408	34854	79104	29918	38929	46824	6962	300000
Количество поставок N_{ij}	18	11	22	10	12	16	3	-
Периодичность поставки T_i , дн.	21	36	17	38	33	24	157	-
Переменные затраты, руб.	26738	14697	33357	12616	16416	19745	2936	126504
Общие затраты	309833,3							

Таблица 7.4

Вариант: одновременные отправки с ограничением на бюджет

Параметры	Номер поставщика / номер продукта							Сумма
	1/1	1/2	1/3	2/1	2/2	3/1	3/2	
Размер партии поставки q_{0i} , ед.	14	6	21	44	13	120	28	-
Стоимость запасов $q_0 * C_{пi}$, руб.	58106	18474	89849	27746	41470	62929	1426	300000
Количество поставок N_{ij}	20			11		12		-
Периодичность поставки T_i , дн.	19			35		32		
Переменные затраты, руб.	45701			19007		17672		82380
Общие затраты	305758,4							

7.2. Вопросы и задания для самостоятельной работы

1. В чем заключается сущность «многопродуктовой» модели управления запасами?

2. Назовите возможные варианты организации поставок многономенклатурной продукции от нескольких поставщиков.

3. В чем состоит методика использования «множителя Лагранжа» при решении «многопродуктовой» задачи управления запасами?

4. Каковы основные причины возникновения взаимосвязи между различными видами продукции в процессе ее поставки потребителю?

5. Для исходных данных, представленных в табл. 7.5, необходимо рассчитать оптимальные объемы заказа продукции в условиях ограничения на бюджет ($B=6000$ руб.). При решении задачи рекомендуется воспользоваться многопродуктовой моделью

с возможностью совместных отправок. При решении задачи принимать $f = 0,2$ и $D = 365$ дней.

Таблица 7.5

Исходные данные для решения задачи

Параметры, показатели	Вид продукции		
	1	2	3
Потребность в заказываемом продукте A_i , ед.	1000	500	2000
Цена единицы продукции C_{ni} , руб.	20	100	50
Затраты на выполнение одного заказа C_{0i} , руб.	50	75	100

8. МОДЕЛИ РАСЧЕТА СТРАХОВОГО ЗАПАСА

8.1. Формула Феттера

Классическая модель расходования и пополнения запасов является идеальной при полностью детерминированных параметрах управления запасами. Большая часть практических ситуаций отличается от идеальной схемы; в них присутствует неопределенность, вызванная различными причинами, но главным образом случайным характером ежедневного спроса d_j и продолжительности логистического цикла T_i . Случайность основных параметров поставок и спроса, а также логистические риски являются причинами создания страховых запасов.

Анализ различных источников позволил сформулировать следующие положения [32]:

1. Реализация текущего запаса в общем случае представляет собой дискретный, невозрастающий случайный процесс, отражающий нестационарность и стохастичность спроса (А, рис.8.1).

2. Поставки являются случайными величинами и подчиняются определенным законам распределения (В, рис.8.1).

3. Момент окончания каждой реализации случаен, но в одних случаях остаточный запас в момент поставки больше нуля, в других - равен нулю. При отсутствии страхового запаса, последняя ситуация означает наступление дефицита (D, рис.8.1). При наличии страхового запаса данная ситуация может быть названа «псевдодефицитом», поскольку спрос удовлетворяется за счет страхового запаса. С вероятностной точки зрения функция рас-

пределения текущего запаса (в момент поставки) будет подчиняться усеченному нормальному закону распределения либо законам распределения для положительных случайных величин (С, рис.8.1).

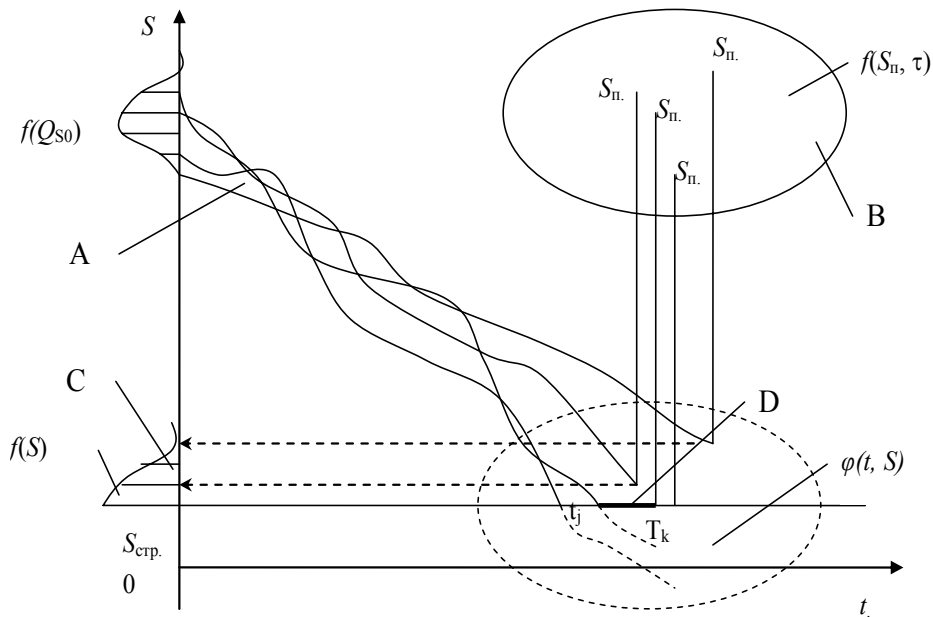


Рис.8.1. Модель расхода и пополнения запасов с учетом неопределенности спроса и продолжительности цикла заказа [32]

4. При расчете параметров системы управления запасами используются оптимальная величина заказа (формула Харриса-Уилсона (5.6)) и время между заказами формула (5.8). Однако сама формула получена при идеальных условиях, что накладывает дополнительные ограничения на возможности ее использования при управлении заказами. Помимо этого, расчет по формуле Харриса-Уилсона не всегда возможен ввиду трудности и отчасти условности определения значений, входящих в нее величин, например, годовой объем потребления, затраты на поставку

и хранение и т.д.

5. Если в момент времени t_j суммарный ежедневный расход $\sum d_i$ достигает начального запаса на складе S_0 , т.е. возникает ситуация дефицита, то предполагается, что неудовлетворенные заявки продолжают накапливаться до случайного момента T_k - времени поступления нового заказа. Таким образом, при $\sum d_i \geq S_0$ речь идет не о реальном, а о прогнозируемом процессе накопления заявок на интервале $\Delta T = T_k - T_j$. Случайные накопленные величины дефицита используются для оценки страхового запаса.

Для расчета величины страхового запаса в условиях неопределенности может быть использована формула Феттера:

$$S_{\text{стр}} = x_p \cdot \sqrt{\bar{T} \sigma_d^2 + \bar{d}^2 \sigma_T^2}, \quad (8.1)$$

где x_p – параметр нормального закона распределения, соответствующий вероятности отсутствия дефицита продукции на складе $P(x)$ (табл. 3.1, рис. 8.2)

\bar{T} - среднее значение продолжительности функционального цикла (период времени между поставками);

\bar{d} - среднесуточный расход запаса;

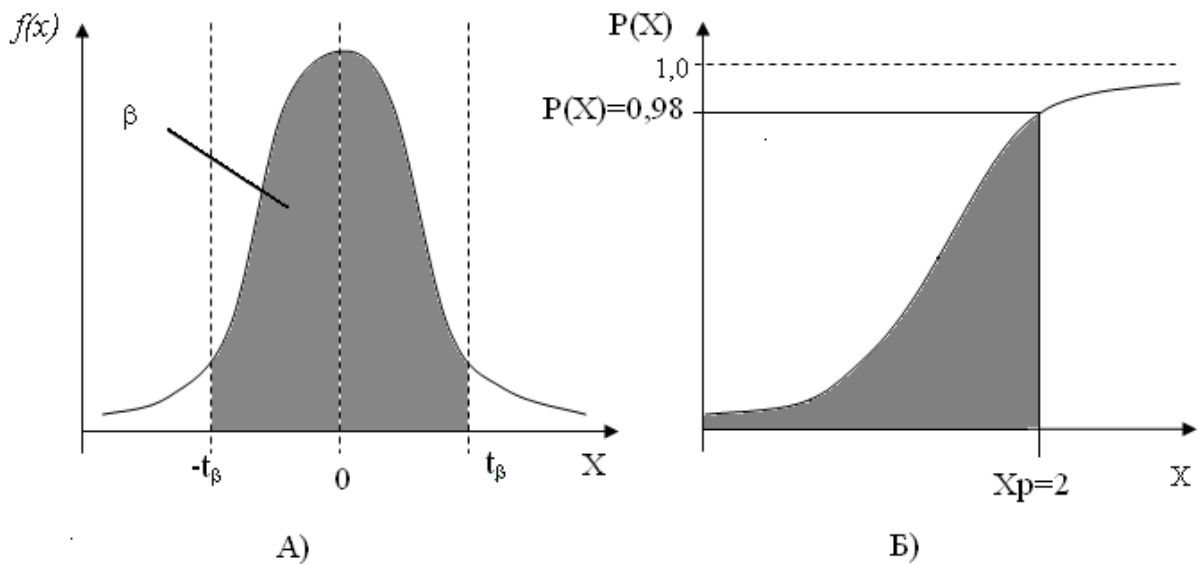
σ_T, σ_d – соответственно средние квадратические отклонения случайных величин T и d .

Часто наравне с коэффициентом x_p (табл. 3.1) в формуле расчета страхового запаса использован коэффициент t_β – табл. 8.1.

Таблица 8.1

Определение параметра t_β в зависимости от желаемого уровня обслуживания клиентов

Уровень обслуживания с вероятностью отсутствия дефицита $P(t_\beta)$, %	Коэффициент t_β
84,1	1,0
90,3	1,3
94,5	1,6
97,7	2,0
98,9	2,3
99,5	2,6
99,9	3,0



А) плотность распределения;

Б) функция распределения.

Рис. 8.2 Нормальный закон распределения

В различных источниках предлагается несколько вариантов соотношения коэффициента x_p и t_β для страхового запаса и уровня обслуживания исходя либо из интегральной функции распределения, либо из плотности (табл. 8.2).

Таблица 8.2

Соотношение уровня обслуживания и величины множителя
для страхового запаса

Уровень обслуживания с вероятностью отсутствия дефицита $P(x)$	Значение коэффициента x_p	Уровень обслуживания с заданной вероятностью попадания в границы $P(t_v)$, %	Значение коэффициента x_p
0,5	0	-	-
0,55	0,125	-	-
0,6	0,253	-	-
0,65	0,385	-	-
0,7	0,525	-	-
0,75	0,675	-	-
0,8	0,842	-	-
0,85	1,037	-	-
0,9	1,28	0,8	1,282
0,92	1,405	0,84	1,404
0,94	1,555	0,88	1,554
0,95	1,645	0,9	1,643
0,96	1,75	0,92	1,75
0,98	2,05	0,96	2,053
0,99	2,3	0,98	2,325
0,999	3,1	0,998	3,29

Проведенный нами вычислительный эксперимент позволил сделать следующий вывод:

Для всех теоретических значений вероятности отсутствия дефицита $P(x)$ и, соответственно, коэффициентов x_p , наблюдается превышение ожидаемого количества дефицитных реализаций над практически наблюдаемым, т.е. уровень надежности выше, чем заявлен.

Анализ соотношения экспериментального уровня отсутствия дефицита и теоретически заявленного $P(t_e)$ показал значи-

тельное превышение теоретического значения отсутствия дефицитных реализаций над результатами моделирования.

По итогам экспериментов, значения вероятностей отсутствия дефицита для множителя x_p наиболее соответствует теоретически заявленному уровню.

8.2. Откорректированная формула Феттера

Некорректность расчета по формуле (8.1) состоит в том, что для разных \bar{T} подставляется одно и то же значение σ_T .

Допустим, что статистические параметры, характеризующие ежедневный расход (или объем продаж), \bar{D} и σ_D – постоянны и не зависят от продолжительности цикла T ; закон распределения ежедневных продаж – нормальный. Для продолжительности цикла, подчиняющегося нормальному закону, среднее значение равно \bar{T} , а среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma_T = \nu_T \cdot \bar{T}, \quad (8.2)$$

где ν_T – коэффициент вариации, определенный на основе статистической обработки для базовой выборки.

Например, если статическая информация собрана для базового уровня цикла заказа с параметрами $\bar{T}=10$ дней, $\sigma_T=2$ дня и $\nu_T=0,2$, то для цикла с $\bar{T}^*=20$ дней, соответственно $\sigma_T=0,2 \cdot 20=4$ дня.

Таким образом, формула (8.1) может быть записана в виде:

$$S_{cmp} = x_p \cdot \sqrt{\bar{T}^* \sigma_d^2 + \bar{d}^2 \left(\nu_T \bar{T}^* \right)^2}, \quad (8.3)$$

где \bar{T}^* - среднее значение продолжительности цикла заказа, отличное от базового уровня.

Пример 8.1:

Пусть средняя потребность в продукции (\bar{d}) составляет 5 ед./день. Спрос на продукцию подчинен нормальному закону распределения с СКО (σ_d) = 1 ед. и коэффициентом вариации (v_d) = 0,2. Среднее время выполнения 1 заказа поставщиком составляет 10 дней и также подчинено нормальному закону распределения с коэффициентом вариации 0,3 (v_T) и среднеквадратическим отклонением – 3 дня (σ_T). Вероятность отсутствия дефицита 98%, т.е. $x_p \approx 2$. Необходимо рассчитать величину страхового запаса с учетом возможного увеличения среднего срока поставки (\bar{T}) до 30 дней без изменения закона распределения.

Воспользуемся формулой (8.1) и рассчитаем страховой запас при $\bar{T} = 10$ и 30 дней.

Для $\bar{T} = 10$ дней получаем:

$$Q_{\text{стр1}} = 2\sqrt{10 \cdot (0,2 \cdot 5)^2 + 5^2 \cdot 3^2} \approx 31 \text{ ед.}$$

Для $\bar{T} = 30$ дней получаем:

$$Q_{\text{стр2}} = 2\sqrt{30 \cdot (0,2 \cdot 5)^2 + 5^2 \cdot 3^2} \approx 32 \text{ ед.}$$

Теперь воспользуемся скорректированным вариантом формулы (8.3). Для $\bar{T} = 30$ дней получим:

$$Q_{\text{стр3}} = 2\sqrt{30 \cdot (0,2 \cdot 5)^2 + 5^2 (30 \cdot 0,3)^2} \approx 91 \text{ ед.}$$

Результаты проведенных расчетов показывают, что при из-

менении среднего времени выполнения заказа корректированная формула (8.3) дает результат, отличный от стандартной формулы (8.1). Это происходит потому, что при изменении времени выполнения заказа в классической формуле Феттера не учли соответствующее изменение СКО, которое предусмотрено в корректированной формуле.

Опыт показывает, что расчет по формулам (8.1) и (8.3) подходит для тех случаев, когда для управления запасами применяется периодическая стратегия (стратегия с постоянной периодичностью размещения заказа).

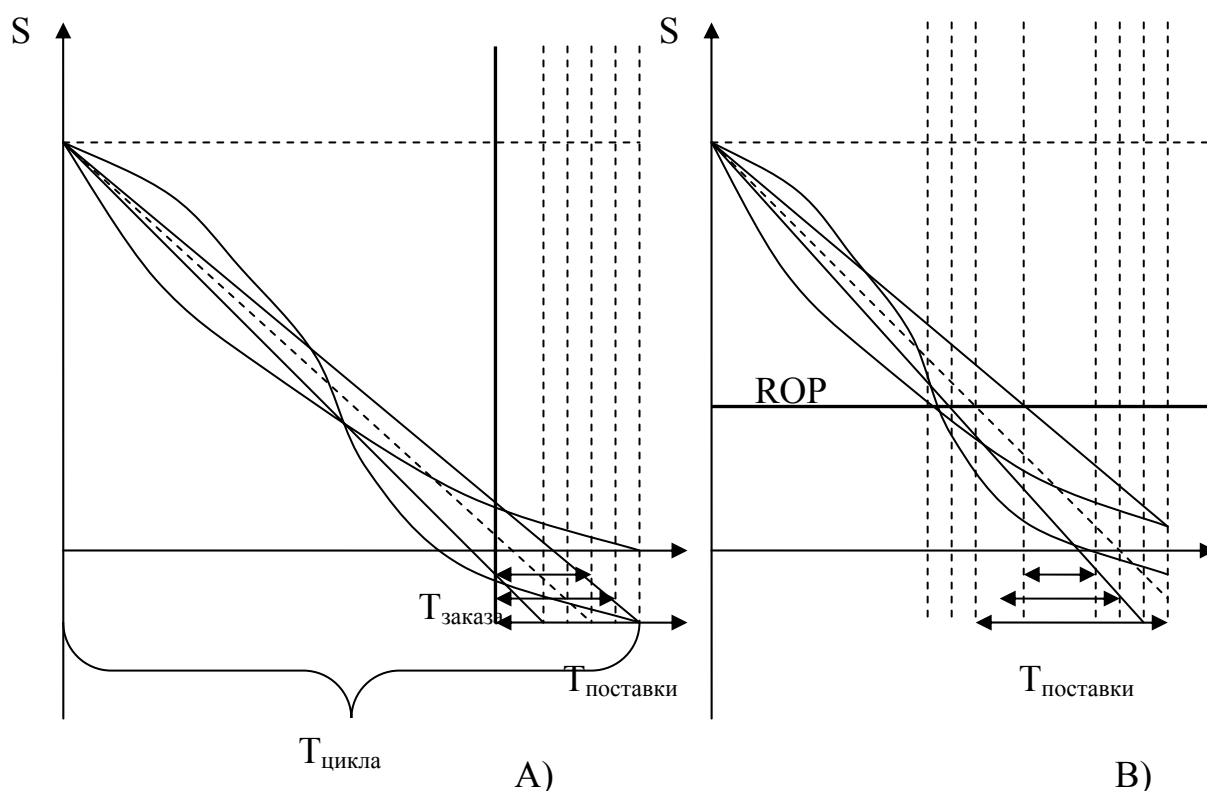


Рис. 8.3. Определение потребности в страховом запасе при различных типах стратегий управления запасами (А – периодическая стратегия; В – стратегия с точкой заказа)

При использовании периодической стратегии управления

запасами (рис. 8.3.А) заказ на пополнение запаса делается в заранее определенные моменты времени, при этом вариация спроса может привести к ситуации, когда дефицит будет наблюдаться уже на момент размещения заказа. Кроме того, дефицит будет накапливаться за время выполнения заказа. Поэтому при расчете страхового запаса здесь необходимо учитывать отклонения в спросе за все время логистического цикла (T).

При использовании стратегий управления запасами с точкой заказа (ROP), когда заказ на пополнение запаса делается по достижении определенного уровня запаса на складе, дефицит на момент заказа маловероятен, а при непрерывном контроле за уровнем заказа – вообще исключен. Поэтому при расчете страхового запаса здесь необходимо учитывать отклонения в спросе только за время выполнения заказа (L):

$$S_c = x_p \cdot \sqrt{\bar{L} \sigma_d^2 + \bar{d}^2 \sigma_L^2} \quad (8.4)$$

или

$$S_c = x_p \cdot \sqrt{\bar{L} \sigma_d^2 + \bar{d}^2 (\nu_L \bar{L})^2}, \quad (8.5)$$

где \bar{L} - среднее значение времени выполнения заказа (поставки).

ν_L – коэффициент вариации для случайной величины «время выполнения заказа».

Также следует отметить, что формула Феттера и ее модификации, приведенные выше, выведены из условия нормального закона распределения случайных величин спроса и времени вы-

полнения заказа (либо времени всего логистического цикла). Для других законов распределения требуются иные подходы для расчета страхового запаса, которые пока находятся на стадии разработки.

8.3. Вопросы и задания для самостоятельной работы

1. С какой целью формируется страховой запас?
2. Какие ошибки могут возникнуть при расчете страхового запаса?
3. Рассчитайте величину страхового запаса при $\bar{d}=10$ ед., $\sigma_d=2,54$; $v_T=0,2$, $T = 8$ дней; вероятность отсутствия дефицита = 0,95.
4. Рассчитайте величину страхового запаса при $\bar{d} = 25$ ед. (средний расход), $\sigma_d=5$ (СКО среднего расхода); $v_T= 0,1$ (коэффициент вариации для времени поставки), $T = 18$ дней (время поставки); уровень обслуживания = 90%.
5. Рассчитайте величину страхового запаса при $\bar{d} = 15$ ед. (средний расход), $v_d= 0,3$ (коэффициент вариации среднего расхода); $\sigma_T= 3$ (СКО времени поставки), $T = 10$ дней (время поставки); уровень обслуживания = 94%.

9. СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ И УСЛОВИЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

9.1. Сущность и основные параметры стратегий управления запасами

Стратегии управления запасами разрабатываются с целью непрерывного обеспечения потребителя какими-либо материальными ресурсами посредством реализации комплекса мероприятий по поддержанию размера запаса в заданных пределах.

Стратегии управления запасами включают в себя:

- определенную систему контроля и учета уровня запаса на складах (как часто осуществляется контроль, какие параметры подлежат учету и контролю);

- систему организации заказа на пополнение запаса (при каких условиях делается заказ на пополнение запаса, как определяется размер заказа на пополнение запаса);

- модели расчета составляющих запасов (текущего, страхового, подготовительного).

Регулировать уровень запаса можно следующими тремя основными способами:

- изменение размера заказа (партии поставки);
- изменение периода заказа (интервала поставок);
- одновременным изменением размера заказа и интервала между поставками.

В табл. 9.1. и на рис. 9.1 приведены основные параметры,

используемые при описании стратегий управления запасами.

Таблица 9.1

Основные параметры стратегий управления запасами

Составляющие процесса	Наименование параметра	Обозначение
Спрос	Интегральная функция спроса	$D(t)$
	Интенсивность спроса	$\lambda(t)$ или $d(t)$
	Среднесуточный спрос	$\bar{\lambda}$ или \bar{d}
	СКО спроса	σ_D
	К-т вариации спроса	ν_D
Заказ	Точка заказа (критический уровень)	ROP или s
	Момент заказа	t_3
	Интервал времени между двумя смежными заказами	T_{c3}
	Размер заказа	Q_3
	Периодичность контроля за состоянием запасов	Δ
Поставка	Размер партии поставки	Q_n
	Момент поставки	t_n
	Средний интервал времени между двумя смежными поставками	\bar{T}_{cn}
	СКО времени между двумя смежными поставками	σ_T
	К-т вариации времени между двумя смежными поставками	ν_T
	Среднее время поставки	\bar{L}
	СКО времени поставки	σ_L
	К-т вариации времени поставки	ν_L
	Запасы	Текущий	$S_m$
Страховой запас		S_c
Максимально желаемый запас		S_{max}
Средний запас		\bar{S}

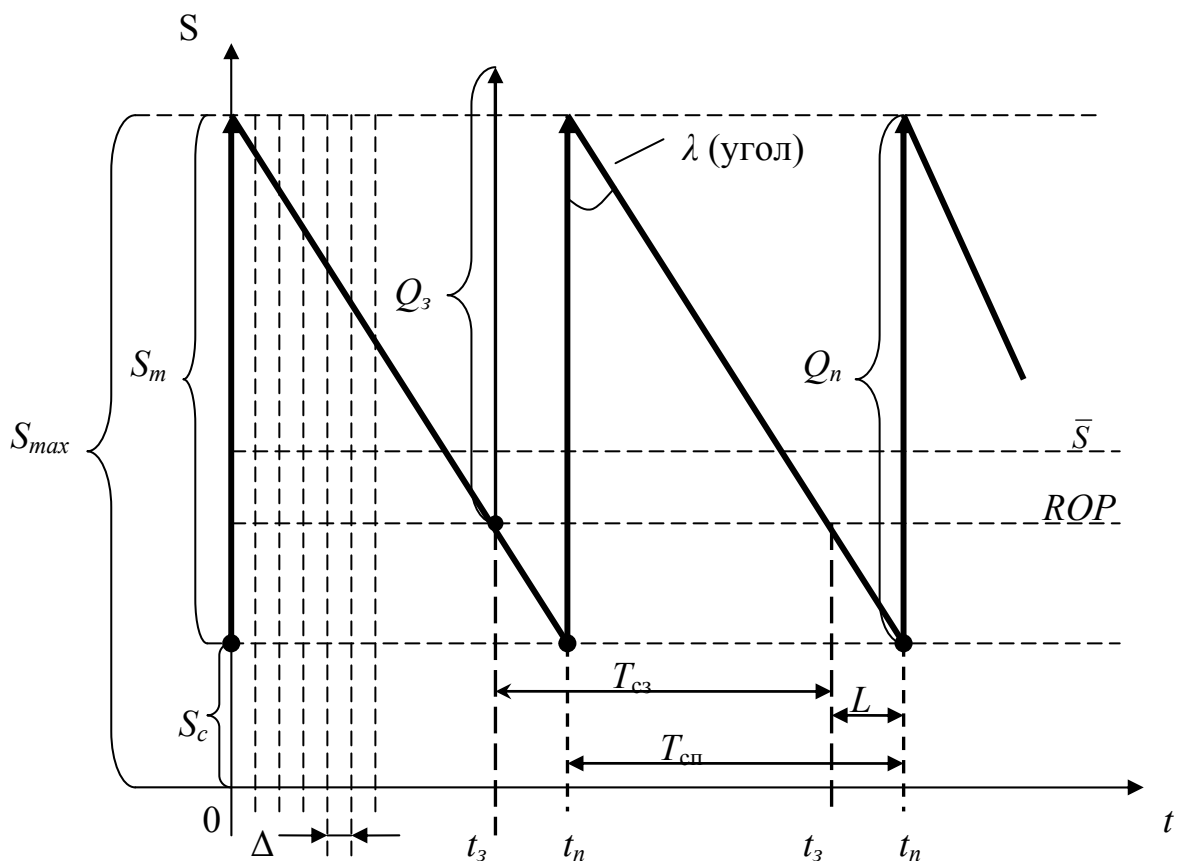


Рис. 9.1. Основные параметры стратегий управления запасами (детерминированная «идеальная» модель)

9.2. Классификация стратегий управления запасами

Многообразие стратегий управления запасами объясняется возможностью комбинации различных методов управления запасами (УЗ) в процессе решения практических задач. На рис. 9.2 показана схема формирования стратегий управления запасами.

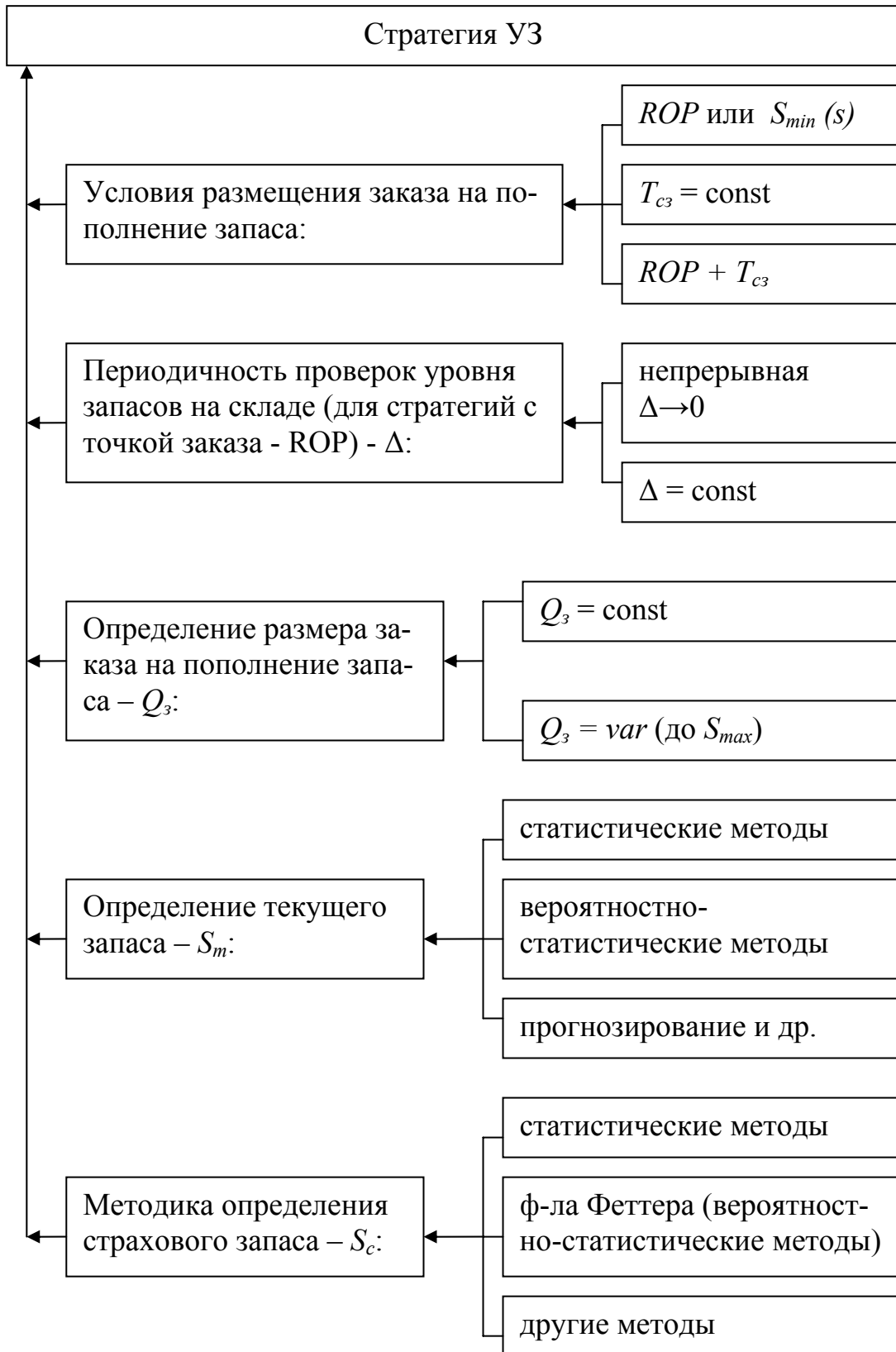


Рис. 9.2. Формирование стратегий управления запасами

Стратегии управления запасами можно разделить на 3 группы (рис. 9.3):

- «периодические» стратегии;
- стратегии «с точкой заказа»;
- «комбинированные» стратегии.



Рис. 9.3. Классификация стратегий управления запасами
«Периодические» стратегии подразумевают, что заказ на пополнение запаса делается в определенные, заранее установлен-

ные, моменты времени (t_3), период между заказами – постоянная величина ($T_{c3} = \text{const}$). Контроль за уровнем запасов на складе осуществляется только в момент размещения заказа (t_3). Объемы заказов переменные.

Стратегии с «точкой заказа» предполагают размещение заявки на пополнение запаса по достижении определенного уровня запаса на складе – так называемой «точки заказа» (reorder point, ROP) или заранее установленного минимально допустимого уровня (S_{min} или s). Стратегии с «точкой заказа» предполагают непрерывный или периодический контроль уровня запаса ($\Delta \rightarrow 0$ или $\Delta = \text{const}$). Объемы заказов могут быть как постоянными, так и переменными.

«Комбинированные» стратегии предполагают, что размещение заказа на пополнение запасов происходит при различной комбинации условий «ROP (точка заказа)» и « t_3 (периодичность заказов)». Контроль за состоянием запасов на складах может быть как периодическим ($\Delta = \text{const}$), так и непрерывным ($\Delta \rightarrow 0$). Объем заказа, как правило, переменный и делается из расчета того, чтобы после поставки был достигнут определенный «максимально желательный» уровень запаса (S_{max}).

Существующие стратегии управления запасами в основном рассчитаны на работу в системах, где спрос непрерывен, либо умеренно дискретен (рис. 9.4). Однако на практике нередко возникают ситуации «редкого» и «импульсного» спроса.

«Редкий» спрос предполагает очень небольшой расход ма-

териальных ресурсов, причем моменты возникновения потребности неравномерно распределены во времени и отделены друг от друга длительными промежутками «нулевого» потребления.

При «импульсном спросе» потребность в материальных ресурсах также имеет сильно выраженный дискретный характер: сравнительно большие объемы потребления («всплески») перемежаются длительными периодами «нулевого» спроса (рис. 9.5).

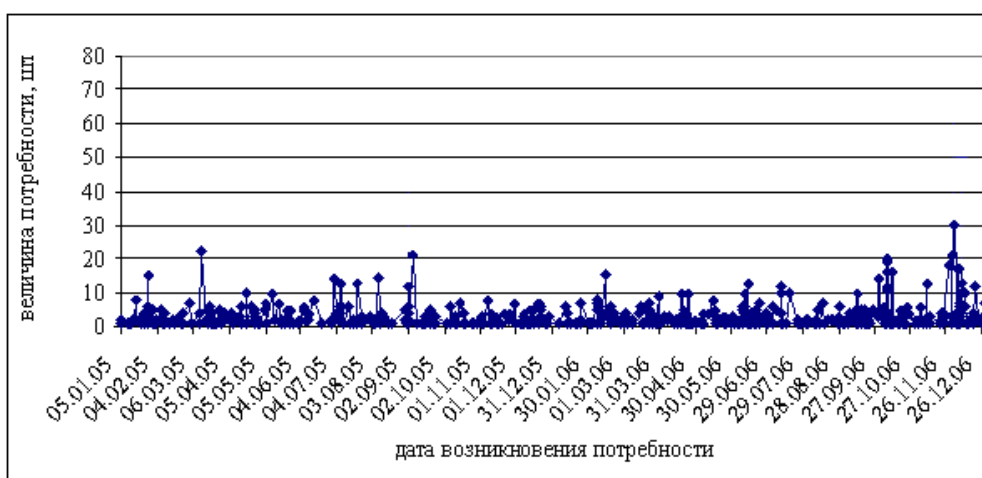


Рис. 9.4. Пример «нормального» расхода материальных ресурсов (офисные столы)

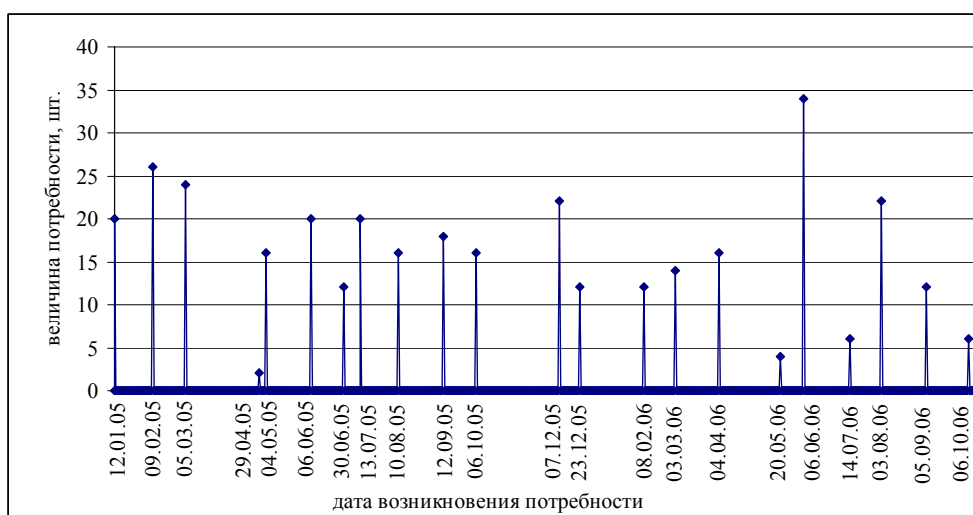


Рис. 9.5. Пример «импульсного» расхода материальных ресурсов (воздушные фильтры для автобусов)

Для случая «редкого» и «импульсного» спроса рассматриваемые системы управления запасами (простые и комбинированные) не подходят, поскольку:

- невозможно осуществить точный прогноз потребности в материальных ресурсах при ярко выраженном дискретном характере спроса;

- при «редком» расходе недостаточно статистической информации для прогнозирования и расчета страхового запаса.

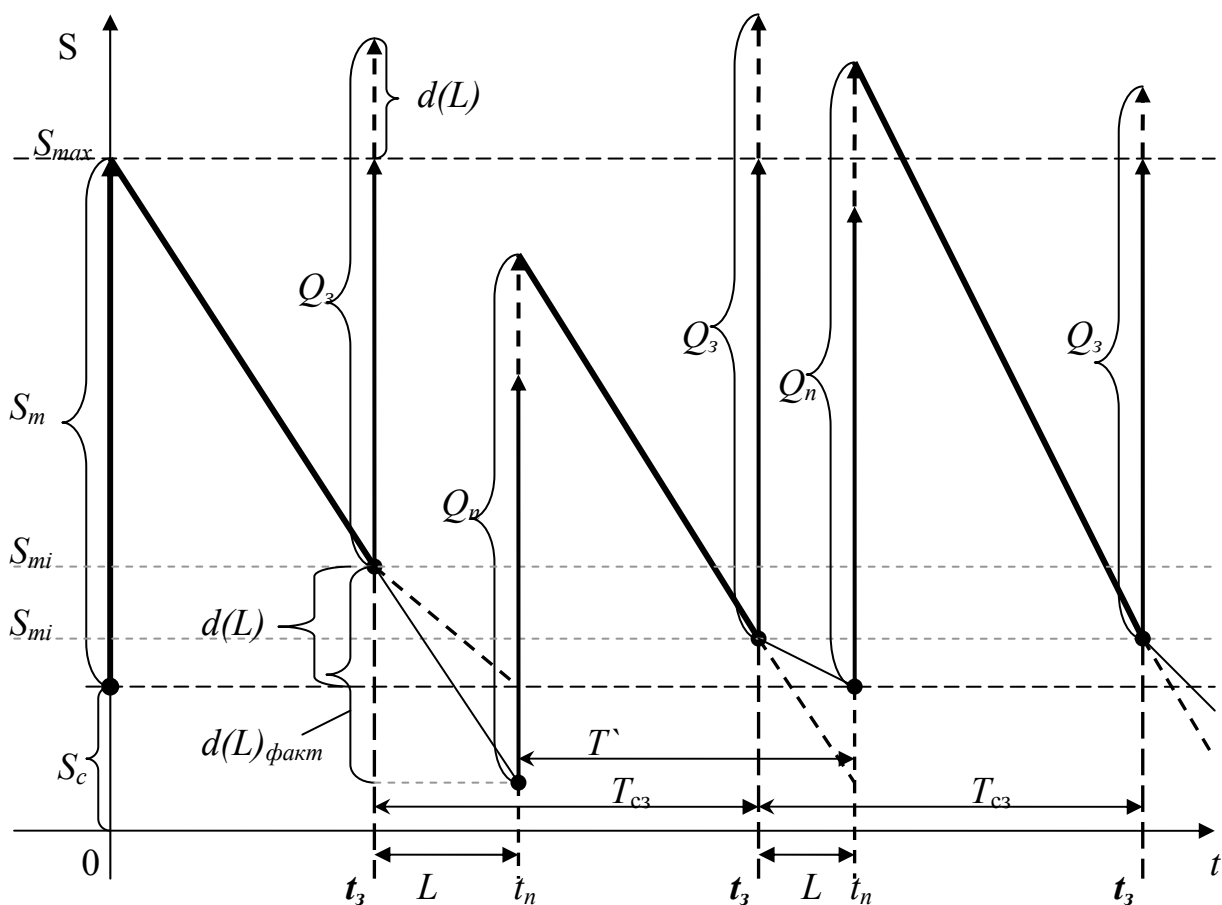
В случае «импульсного» и «редкого» спроса необходимо, прежде всего, определить причины, которые обуславливают подобный характер потребления материальных ресурсов, а уже после этого подбирать индивидуальные решения, которые будут сочетать в себе методики теории управления запасами, менеджмента и маркетинга.

В качестве примера рассмотрим ситуацию с воздушными фильтрами (рис. 9.5). Потребность в воздушных фильтрах обусловлена периодичностью проведения технического обслуживания автомобилей (ТО1 обслуживание через 20 тыс. км. пробега; ТО2 обслуживание через 60 тыс. км. пробега), что и обуславливает ярко выраженный дискретный характер спроса. Поскольку потребность в воздушных фильтрах строго регламентирована и связана с периодичностью технического обслуживания, то постоянный запас этого материального ресурса на складе автотранспортного предприятия держать не нужно. Можно разбить автобусы на группы обслуживания и для каждой группы производить замену

в определенное время, заранее заказав необходимое количество фильтров.

9.3. Периодические стратегии управления запасами

Рассмотрим так называемую «стратегию оперативного управления» - рис. 9.6.



S_{max} – максимально желаемый размер запаса, ед.; S_m – текущий запас, ед.; S_{mi} – уровень запаса на момент размещения заказа, ед.; S_c – страховой запас, ед.; Q_3 – размер заказа, ед.; $d(L)$ – ожидаемый расход запаса за время поставки, ед.; $d(L)_{факт}$ – фактический расход запаса за время поставки, ед.; t_3 – момент размещения заказа на поставку; L – время выполнения заказа, дней; t_n – момент осуществления поставки; T' – интервал времени между поставками, дней; $T_{сз}$ – период времени между заказами (const), дней.

Рис. 9.6. Стратегия «оперативного управления»

В «стратегии оперативного управления» период между заказами постоянен ($T_{cз} = \text{const}$), заказы на пополнение запаса делаются в строго определенные моменты времени (t_3). Объем заказа (Q_3) переменный и рассчитывается таким образом, чтобы уровень запаса после поставки достиг «максимально желаемого уровня» (S_{max}).

При определении объема заказа учитывается текущий уровень запаса на момент подачи заказа S_{mi} , ожидаемый расход запаса за время выполнения поставки $d(L)$, запасы в пути ($ЗИ$).

Если $T_{cз}$ (период времени между заказами) больше L (время выполнения заказа), то заказ в «стратегии оперативного управления» производится между двумя смежными поставками. Это наиболее желательный вариант при формировании периодических стратегий управления запасами. Если $T_{cз}$ меньше L , то это приводит к появлению за время L двух или более заказов. Другими словами, заказ производится в то время, когда предыдущий заказ не поступил потребителю. Это приводит к росту неопределенности системы управления запасами, особенно при больших вариациях ежедневного расхода и времени выполнения заказа.

Формулы для расчета параметров периодической стратегии «оперативного управления» приведены в табл. 9.2.

Параметры стратегии «оперативного управления»

№	Показатель	Порядок определения показателей	
		Детерминированный вариант	Стохастический вариант
1	Интервал времени между заказами – $T_{сз}$, дней; $T_{сз} = \text{const.}$	<p>- рассчитывается на основе модели ЕОQ:</p> $T_{сз} = \frac{D_p Q_o}{A},$ <p>где Q_o – оптимальная партия поставки (модель Харриса-Уилсона); D_p - число рабочих дней за рассматриваемый период. A – общая потребность в продукте за рассматриваемый период (например, год); определяется на основе плана производства или реализации.</p>	<p>- соответствует установленному на предприятии периоду инвентаризации.</p>
2	Время выполнения поставки - L , дней	<p>- обычно указывается в договоре на поставку;</p>	<p>- определяется статистически на основе данных по прошлым поставкам:</p> $\bar{L}_1 = \frac{\sum_{i=1}^N l_i}{N} \quad \text{или} \quad \bar{L}_2 = \frac{\sum_{i=1}^N l_i \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^N Q_i},$ <p>где l_i – значение времени выполнения i-й поставки, дней; Q_i – величина i-й поставки, ед.;</p>

№	Показатель	Порядок определения показателей	
		Детерминированный вариант	Стохастический вариант
3	Возможное время задержки поставки – τ (σ_L), дней.	- определяется эмпирически как наибольшее время, на которое может быть задержана поставка) - τ ;	- рассчитывается на основании данных о предыдущих поставках: $\sigma_{L1} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^M (l_j - \bar{L})^2}{M}} \text{ или } \sigma_{L2} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^M (l_j - \bar{L})^2 \cdot Q_j}{\sum_{j=1}^M Q_j}}$
4	Интенсивность потребления – d , ед./день	или $d = const$ $\bar{d} = \frac{A}{D_p}$	- среднее значение: $\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^N d_i}{N},$ где d_i – расход в i -й момент времени; N – объем выборки - прогноз.
5	СКО интенсивности потребления – σ_d		- среднее квадратическое отклонение (СКО): $\sigma_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (d_i - \bar{d})^2}{N}}$
6	Потребление за время поставки – $d(L)$, ед.	$d(L) = \bar{d} \cdot \bar{L}$ - среднее потребление $d(L)_{\max} = \bar{d} \cdot (\bar{L} + \tau)$ - максимальное потребление	- метод экстраполяции тренда; - другие методы прогнозирования.

№	Показатель	Порядок определения показателей	
		Детерминированный вариант	Стохастический вариант
7	Страховой запас - S_c , ед.	$S_c = d(L)_{\max} - d(L) = \bar{d} \cdot (\bar{L} + \tau) - \bar{d} \cdot \bar{L} = d \cdot \tau$	$S_c = t_p \cdot \sqrt{\bar{T}_{cз} \cdot \sigma_d^2 + \bar{d}^2 \cdot \sigma_T^2},$ где $\bar{T}_{cз}$ - среднее значение периода времени между заказами, дней
8	S_m – текущий запас, ед.	$S_m = \bar{T}_{cз} \cdot \bar{d}$	$S_m = \bar{T}_{cз} \cdot \bar{d}$
9	Максимально желаемый объем запаса – S_{\max} , ед.	$S_{\max} = S_m + S_c$	$S_{\max} = S_m + S_c$
10	Размер заказа – Q_z , ед.	$Q_{zi} = S_{\max} - S_{mi} + d(L)_i - 3\Pi_i,$ где Q_{zi} – размер заказа в момент времени i ; S_{mi} – уровень располагаемого запаса на момент времени i ; $3\Pi_i$ – запас в пути на момент времени i .	$Q_{zi} = S_{\max} - S_{mi} + d(L)_i - 3\Pi_i,$ где Q_{zi} – размер заказа в момент времени i ; S_{mi} – уровень располагаемого запаса на момент времени i ; $3\Pi_i$ – запас в пути на момент времени i .

Пример 9.1:

В качестве примера рассмотрим процесс реализации некоторого товара «X» со следующими характеристиками:

- среднесуточный расход (\bar{d}) = 8 шт./день;
- СКО среднесуточного расхода (σ_d) = 2,4 шт./день;
- коэффициент вариации среднесуточного расхода (v_d) = 0,3;
- периодичность заказа ($T_{cз}$) = 12 дней;
- средний (ожидаемый) срок исполнения заказа (\bar{L}) = 3 дня;
- СКО срока исполнения заказа (σ_L) = 1
- коэффициент вариации срока исполнения заказа (v_L) = 0,33.

Предположим также, что заказ на пополнение запасов подается в начале дня и поставки также осуществляется в начале дня.

В отсутствии реальных данных о фактических сроках исполнения заказов поставщиком (L_i) допустим, что:

- срок выполнения поставщиком 1-ого заказа составляет $L_1=3$ дня;
- 2-ого заказа $L_2= 4$ дня;
- 3-его заказа $L_3= 1$ день;
- 4-ого заказа $L_4= 3$ дня;
- 5-ого заказа $L_5= 4$ дня и т.д.

Ограничим рассматриваемый период реализации продукции 46-ю днями.

Рассмотрим, как отразится на уровне запасов применение стратегии «оперативного управления».

Учитывая периодичность заказов 12 дней ($T_{cз} = \text{const}$) и

средний (ожидаемый) срок исполнения заказа 3 дня (\bar{L}), первый заказ будет подаваться на 9-й день ($12-3=9$); 2-й заказ - на 21-й день ($12 \times 2 - 3 = 21$); 3-й заказ - на 33-й день ($12 \times 3 - 3 = 33$) и т.д.

Для расчета страхового запаса воспользуемся соответствующей формулой из табл. 9.2:

$$S_c = x_p \cdot \sqrt{\bar{T}_{cз} \cdot \sigma_d^2 + \bar{d}^2 \cdot \sigma_L^2}, \quad (9.1)$$

где в качестве коэффициента x_p возьмем 2, что соответствует вероятности отсутствия дефицита продукции на складе $P=98\%$ (табл. 3.1).

Рассчитаем страховой запас:

$$S_c = 2 \cdot \sqrt{12 \cdot 2,4^2 + 8^2 \cdot 1^2} \approx 23$$

Поскольку стратегия «оперативного управления» предполагает пополнение запасов до максимального уровня (S_{max}), рассчитаем этот уровень, воспользовавшись формулами из табл. 9.2:

$$S_{max} = S_m + S_c = (\bar{T}_{cз} \cdot \bar{d}) + S_c \quad (9.2)$$

Получим $S_{max} = (12 \cdot 8) + 23 = 119$.

Примем, что на начало 1-ого дня рассматриваемого 46-ти дневного периода реализации товара «X» на складе будет находиться его максимальный уровень, то есть 119 ед.

Расчет размеров заказов на пополнение запаса в системе будем осуществлять по формуле:

$$Q_{zi} = S_{max} - S_{mi} + d(L)_i - 3\Pi_i \quad (9.3)$$

В расчетах примем, что:

- запасы в пути (ЗП) будут всегда равны 0;
- для прогноза расхода товара за время выполнения поставки ($d(L)_i$) воспользуемся формулой:

$$d(L)_i = \bar{L} \cdot \bar{d} \quad (9.4)$$

Величина заказа в первом цикле Q_{31} рассчитывается следующим образом: из максимального начального уровня запаса (S_{max}), равного 119 ед. вычитаем остаток запаса на момент размещения заказа (на 9-й день, см. табл. 9.3), равный 35 ед., прибавляем расчетную величину расхода запаса за ожидаемое время выполнения заказа ($d(L)_1 = 3 \cdot 8 = 24 \text{ ед.}$), затем вычитаем величину «заказов в пути» (заказанных ранее, но еще не поступивших на склад), которые в нашем примере равны 0.

В результате получим:

$$Q_{31} = 119 - 35 + 8 \cdot 3 - 0 = 108 \text{ ед.}$$

Таким образом, в конце 9-ого дня первого цикла размещается заказ в размере 108 ед. Фактический срок выполнения этого заказа $L_1=3$ дня, следовательно, заказ будет выполняться 10-й, 11-й и 12-й день, и поступит на склад в начале 13-ого дня (см. табл. 9.3). Остаток на 12-й день составил 9 ед. Таким образом, фактический запас в начале второго цикла составляет $9 + 108 = 117$ ед.

Следующий момент размещения заказа наступит на 21-й день. Остаток в конце 21-ого дня (на момент размещения 2-ого заказа) составляет 34 ед., следовательно:

$$Q_{32} = 119 - 34 + 8 \cdot 3 - 0 = 109 \text{ ед.}$$

Срок выполнения 2-ого заказа $L_2=4$ дня, следовательно, заказ будет выполняться 22-й, 23-й, 24-й, и 25-й день и поступит на склад в начале 26-ого дня (см. табл. 9.3). Остаток на 25-й день составит 0, а накопленный к этому моменту дефицит = 2 ед. Предположим, что дефицит будет компенсирован из поставки. Таким образом, фактический запас в начале третьего цикла (на начало 26-ого дня) составит $(- 2) + 109 = 107$ ед.

Аналогичным образом определяются величины заказов в последующих циклах:

$$Q_{33} = 119 - 35 + 8 \cdot 3 - 0 = 108 \text{ ед.};$$

$$Q_{34} = 119 - 31 + 8 \cdot 3 - 0 = 112 \text{ ед.}$$

Результаты моделирования действия стратегии «оперативного управления» приведены в табл. 9.3. и на рис. 9.7.

Таблица 9.3

Результаты моделирования стратегии «оперативного управления»

Номер дня	Спрос d_i	Запас на складе, ед.		Дефицит, ед.		Величина заказа	Величина поставки
		на начало дня	на конец дня	на начало дня	на конец дня		
1	10	119	109				
2	9	109	100				
3	10	100	90				
4	8	90	82				
5	10	82	72				
6	9	72	63				
7	9	63	54				
8	9	54	45				

Продолжение табл. 9.3

Номер дня	Спрос d_i	Запас на складе, ед.		Дефицит, ед.		Величина заказа	Величина поставки
		на начало дня	на конец дня	на начало дня	на конец дня		
9	10	45	35			108	
10	9	35	26				
11	8	26	18				
12	9	18	9				
13	9	117	108				108
14	8	108	100				
15	10	100	90				
16	9	90	81				
17	9	81	72				
18	9	72	63				
19	10	63	53				
20	9	53	44				
21	10	44	34			109	
22	9	34	25				
23	9	25	16				
24	10	16	6				
25	8	6	0		-2		
26	9	107	98				109
27	10	98	88				
28	9	88	79				
29	10	79	69				
30	8	69	61				
31	8	61	53				
32	9	53	44				
33	9	44	35			108	
34	8	35	27				
35	8	135	127				108
36	10	127	117				
37	9	117	108				
38	10	108	98				
39	10	98	88				
40	10	88	78				
41	9	78	69				
42	9	69	60				
43	9	60	51				

Номер дня	Спрос d_i	Запас на складе, ед.		Дефицит, ед.		Величина заказа	Величина поставки
		на начало дня	на конец дня	на начало дня	на конец дня		
44	10	51	41				
45	10	41	31			112	
46	10	31	21				
И т.д.	...	...	...	...	....	....	...

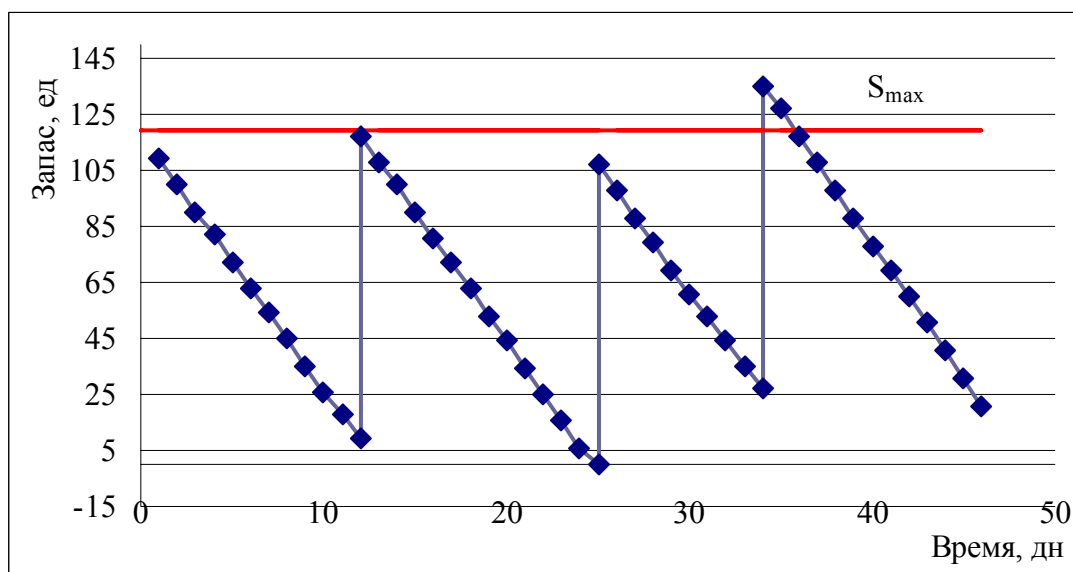
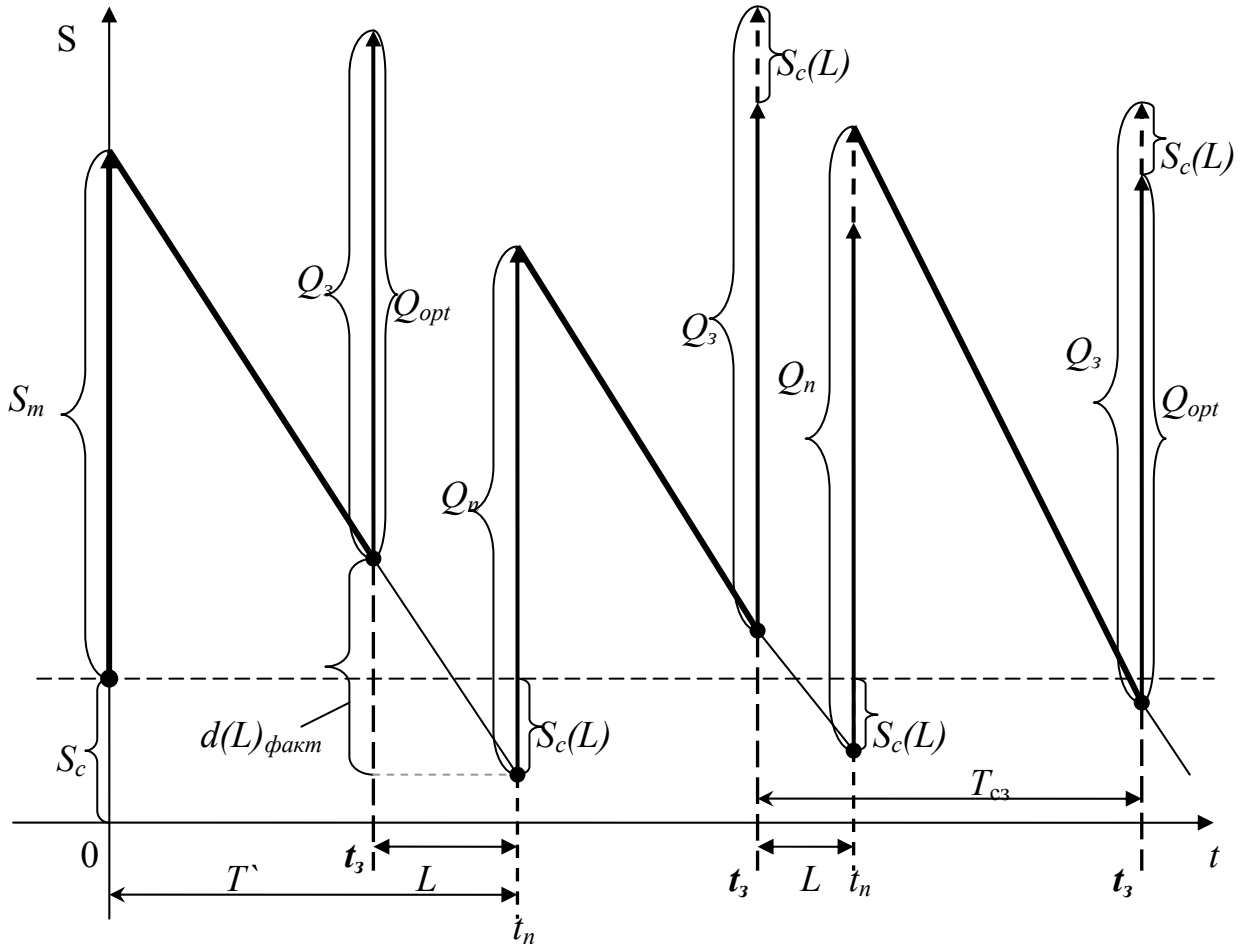


Рис. 9.7. Стратегия «оперативного управления»

Рассмотрим теперь периодическую стратегию **«равномерной поставки»** (с постоянным размером заказа) (рис. 9.8).

В классической трактовке стратегии «равномерной поставки» период между заказами постоянен ($T_{cз} = \text{const}$) и объем заказа также постоянен ($Q_{opt} = \text{const}$). Предлагаем откорректировать классический подход, добавив к постоянной составляющей ($Q_{opt} = \text{const}$) переменную величину ($S_c(L)$), которая идет на покрытие израсходованного в предыдущем периоде страхового запаса ($S_c(L)$). Восполнение страхового запаса может происходить как в

период следующей поставки, так и в период между поставками. Формулы для расчета параметров стратегии приведены в табл. 9.4.



S_m – текущий запас, ед.; S_c – страховой запас, ед.; $S_c(L)$ – часть страхового запаса, израсходованная за время поставки (L) ед.; Q_3 – размер заказа, ед.; Q_{opt} – постоянная, оптимальная, составляющая заказа на пополнение запаса; $d(L)_{\text{факт}}$ – фактический расход запаса за время поставки, ед.; t_3 – момент размещения заказа на поставку; L – время выполнения заказа, дней; t_n – момент осуществления поставки; T – интервал времени между поставками, дней; $T_{\text{сз}}$ – период времени между заказами (const), дней.

Рис. 9.8. Стратегия «равномерной поставки» (с постоянным размером заказа)

Таблица 9.4

Параметры стратегии «равномерной поставки» (с постоянным размером заказа)

№	Показатель	Порядок определения показателей
1	S_n – начальный уровень запаса	$S_n = \bar{d} \cdot T_{cз} + S_c = Q_{opt} + S_c,$ <p>где $T_{cз}$ – интервал времени между заказами; S_c – страховой запас; Q_{opt} – оптимальная составляющая размера заказа; \bar{d} – среднесуточный расход.</p>
2	Интервал времени между заказами – $T_{cз}$, дней; $T_{cз} = const.$	<p>- рассчитывается на основе модели ЕОQ:</p> $T_{cз} = \frac{D_p Q_{opt}}{A},$ <p>где Q_{opt} – оптимальная партия поставки (модель Харриса-Уилсона); D_p – число рабочих дней за рассматриваемый период. A – общая потребность в продукте за рассматриваемый период (например, год); определяется на основе плана производства или реализации.</p>
3	Время выполнения поставки – L , дней	- обычно указывается в договоре на поставку;
4	Возможное время задержки поставки – τ (σ_L), дней.	- определяется эмпирически как наибольшее время, на которое может быть задержана поставка) – τ ;
5	Интенсивность потребления – d , ед./день	$\bar{d} = \frac{A}{D_p}$
6	Страховой запас – S_c , ед.	<p>вариант 1:</p> $S_c = \bar{d} \cdot (\bar{T} + \tau) - \bar{d} \cdot \bar{T} = d \cdot \tau$ <p>вариант 2:</p> $S_c = t_p \cdot \sqrt{\bar{T}_{cз} \cdot \sigma_d^2 + \bar{d}^2 \cdot \sigma_L^2},$ <p>где $\bar{T}_{cз}$ – среднее значение периода времени между смежными заказами, дней.</p>

№	Показатель	Порядок определения показателей
7	Размер заказа – Q_{zi} , ед.	$Q_{zi} = Q_{opt} = const$ или $Q_{zi} = Q_{opt} + S_c(L)$, где Q_{zi} – размер заказа в момент времени i ; Q_{opt} – оптимальная составляющая размера заказа, она постоянна; $S_c(L)$ – часть страхового запаса, израсходованная за время поставки (L) ед.
8	Q_{opt} оптимальная составляющая размера заказа, ед.	модель EOQ
9	$S_c(L)$ часть страхового запаса, израсходованная за время поставки (L), ед.	- определяется по фактическим данным складского учета

Пример 9.2:

Воспользуемся исходными данными из примера 9.1 о параметрах реализации товара «Х» и смоделируем действие стратегии «равномерной поставки» (с постоянным размером заказа) для периода в 46 дней.

Рассчитаем периодичность подачи заказов на пополнение запаса (T_{cz}):

$$T_{cz} = \frac{D_p Q_{opt}}{A} \quad (9.5)$$

Для расчета нам потребуются данные об общей ожидаемой потребности в товаре «Х» за весь рассматриваемый период (A) и оптимальном объеме заказа (Q_{opt}).

Примем, что число рабочих дней в рассматриваемом периоде 46 (D_p), затраты на осуществление заказа (C_0) составят 1000

у.е., затраты на хранение единицы продукции (C_{xp}) – 100 у.е. за рассматриваемый период 46 дней.

Рассчитаем оптимальный объем заказа (Q_{opt}), воспользовавшись классической моделью ЕОQ Харриса-Уилсона:

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot C_o}{C_{xp}}} \quad (9.6)$$

Для оценки значения плановой потребности за весь рассматриваемый период (A) воспользуемся формулой:

$$A = \bar{d} \cdot N, \quad (9.7)$$

где N – общее число дней в рассматриваемом периоде (равно 46 в рассматриваемом примере);

\bar{d} - среднесуточный расход товара «X», который мы возьмем из исходных данных к примеру 9.1.

Получаем:

$$A = 8 \cdot 46 = 368 \text{ ед.}$$

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot 368 \cdot 1000}{100}} = 86 \text{ ед.}$$

$$T_{cз} = \frac{46 \cdot 86}{368} = 11 \text{ дней}$$

Исходя из полученной оптимальной периодичности размещения заказов $T_{cз} = 11$ дней ($T_{cз} = \text{const}$) и среднего (ожидаемого) срока исполнения заказа $\bar{L} = 3$ дня, первый заказ будет подаваться на 8-й день ($11 - 3 = 8$); 2-й заказ - на 19-й день ($11 \times 2 - 3 = 19$); 3-й заказ - на 30-й день ($11 \times 3 - 3 = 30$) и т.д.

Реальный срок исполнения заказа L_i обычно отличается от

ожидаемого срока выполнения заказа $\bar{L}=3$ дня. Примем в расчетах следующие сроки выполнения заказов для каждого цикла:

- срок выполнения поставщиком 1-ого заказа составляет $L_1=3$ дня;

- 2-ого заказа $L_2= 4$ дня;

- 3-его заказа $L_3= 1$ день;

- 4-ого заказа $L_4= 3$ дня;

- 5-ого заказа $L_5= 4$ дня и т.д.

Первый цикл: размещение заказа на конец 8-го дня, исполнение заказа $L_1=3$ дня (9-й, 10-й, 11-й день).

Второй цикл: начало цикла – 12-й день, размещение заказа на 19-й день, срок выполнения заказа $L_2= 4$ дня (20-й, 21-й, 22-й, 23-й день).

Третий цикл: начало цикла – 24-й день, размещение заказа на 30-й день, срок выполнения заказа $L_3= 1$ дня (31-й день) и т.д.

Для расчета страхового запаса воспользуемся формулой из табл. 9.4.

$$S_c = x_p \cdot \sqrt{T_{cз} \cdot \sigma_d^2 + \bar{d}^2 \cdot \sigma_L^2} \quad (9.8)$$

Коэффициент x_p берем таким же как и в примере 9.1. Получим:

$$S_c = 2 \cdot \sqrt{11 \cdot 2,4^2 + 8^2 \cdot 1^2} = 22,57 \approx 23 \text{ ед.}$$

Начальный запас в системе рассчитаем по формуле:

$$S_n = \bar{d} \cdot T_{cз} + S_c \quad (9.9)$$

$$S_n = 8 \cdot 11 + 23 = 111 \text{ед.}$$

Результаты моделирования действия стратегии «равномерной поставки» приведены в табл. 9.5. и на рис. 9.9.

Таблица 9.5

Результаты моделирования стратегии «равномерной поставки»

Номер дня	Спрос d_i	Запас на складе, ед.		Дефицит, ед.		Величина заказа	Величина поставки
		на начало дня	на конец дня	на начало дня	на конец дня		
1	10	111	101				
2	9	101	92				
3	10	92	82				
4	8	82	74				
5	10	74	64				
6	9	64	55				
7	9	55	46				
8	9	46	37				86
9	10	37	27				
10	9	27	18				
11	8	18	10				
12	9	96	87			86	
13	9	87	78				
14	8	78	70				
15	10	70	60				
16	9	60	51				
17	9	51	42				
18	9	42	33				
19	10	33	23				86
20	9	23	14				
21	10	14	4				
22	9	4	0		5		
23	9	0	0	5	14		
24	10	72	62			86	
25	8	62	54				
26	9	54	45				
27	10	45	35				
28	9	35	26				

Окончание табл. 9.5

Номер дня	Спрос d_i	Запас на складе, ед.		Дефицит, ед.		Величина заказа	Величина поставки
		на начало дня	на конец дня	на начало дня	на конец дня		
29	10	26	16				
30	8	16	8				86
31	8	8	0				
32	9	86	77			86	
33	9	77	68				
34	8	68	60				
35	8	60	52				
36	10	52	42				
37	9	42	33				
38	10	33	23				
39	10	23	13				
40	10	13	3				
41	9	3	0		6		86
42	9	0	0	6	15		
43	9	0	0	15	24		
44	10	0	0	24	34		
45	10	52	42			86	
46	10	42	32				

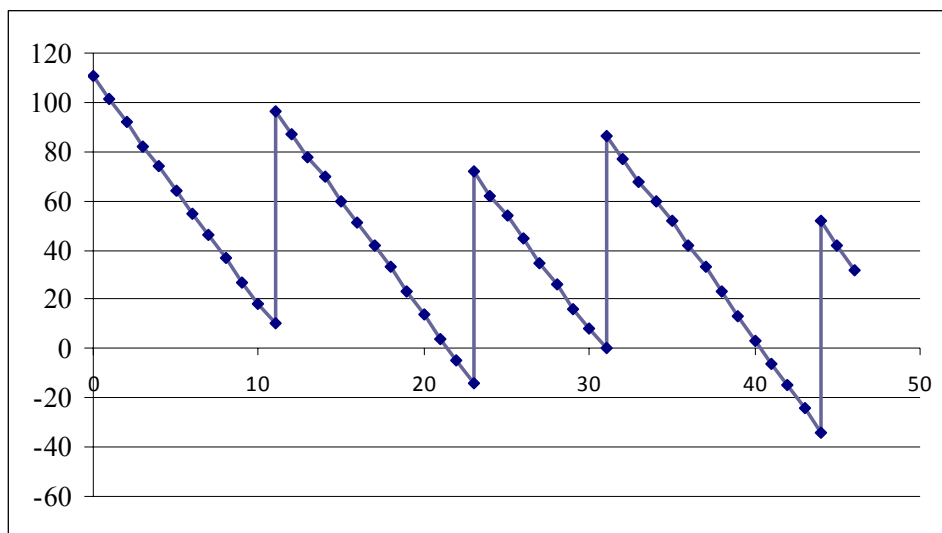


Рис. 9.9. Стратегия «равномерной поставки»

Следует отметить, что для расчета объемов заказов на пополнение запаса можно воспользоваться альтернативной формулой, в которой учитывается необходимость пополнения израсходованного страхового запаса:

$$Q_{zi} = Q_{opt} + S_c(L) - ЗП \quad (9.10)$$

Например, на конец первого цикла (табл. 9.5) остаток составляет 10 единиц, следовательно, страховой запас израсходован в количестве 13 единиц ($23 - 10 = 13$), которые по формуле (9.10) включаются в следующий заказ. Таким образом, заказ во втором цикле составил бы 99 единиц.

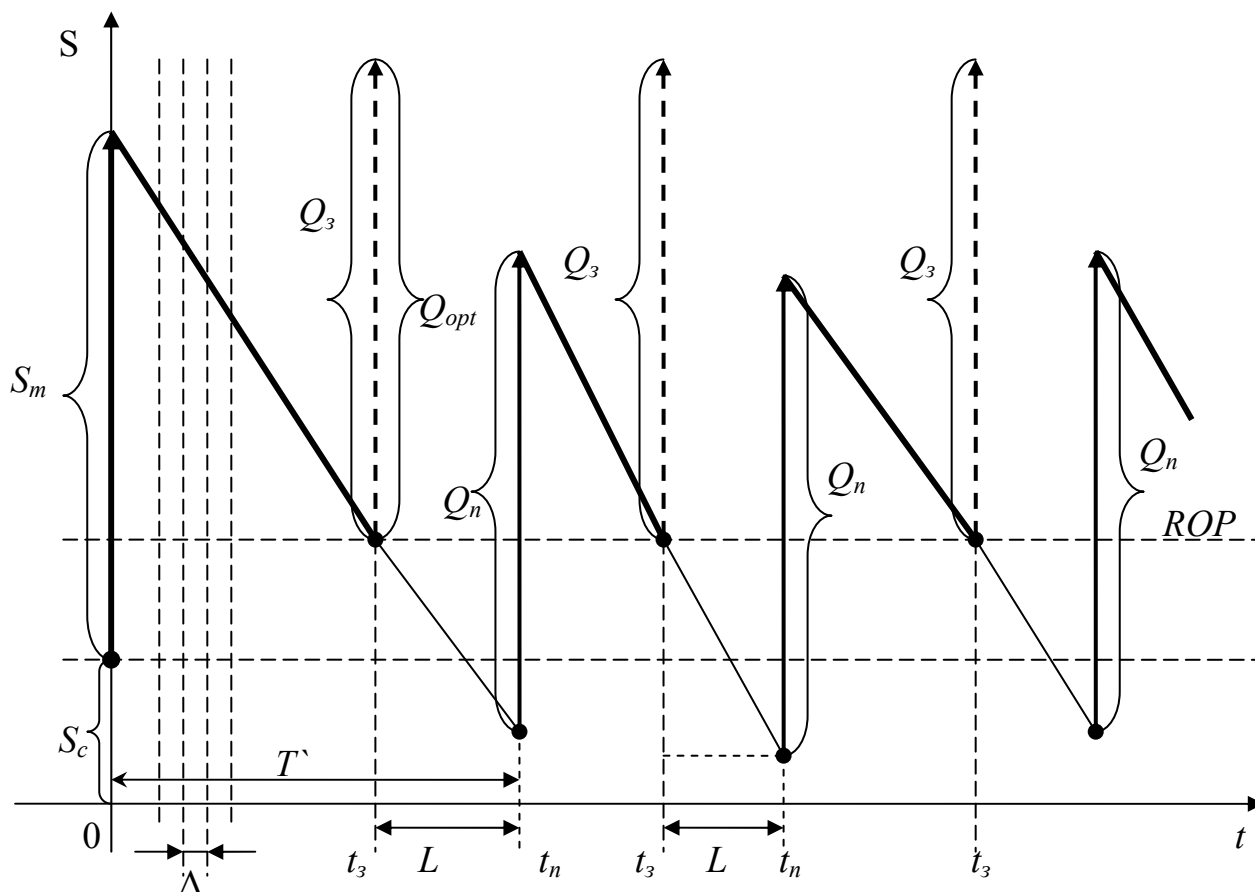
$$Q_{z2} = Q_{opt} + S_c(L) - ЗП = 86 + 13 - 0 = 99 .$$

9.4. Стратегии управления с «точкой заказа»

Рассмотрим так называемую **(R; Q)-стратегию** или «**стратегию с фиксированным размером заказа**» (рис. 9.10).

В стратегии с фиксированным размером заказа заказ на пополнение запаса делается по достижении определенного порогового уровня текущего запаса или «точки заказа» (*ROP*). Объем заказа является постоянной величиной ($Q_z = Q_{opt} = \text{const}$). Стратегия предполагает непрерывный или периодический контроль уровня запаса ($\Delta \rightarrow 0$ или $\Delta = \text{const}$).

Формулы для расчета параметров **(R; Q)** - стратегии приведены в табл. 9.6.



S_m – текущий запас, ед.; S_c – страховой запас, ед.; Q_3 – размер заказа, ед.; Q_{opt} – постоянная, оптимальная, составляющая заказа на пополнение запаса; t_3 – момент размещения заказа на поставку; L – время выполнения заказа, дней; t_n – момент осуществления поставки; T – интервал времени между поставками, дней; Δ – период контроля состояния запасов на складе, дней; ROP – точка заказа, ед.

Рис. 9.10. Стратегия с «точкой заказа» и фиксированным размером заказа, (R; Q) - стратегия

Таблица 9.6

Параметры (R; Q)-стратегии

№	Показатель	Формула для расчета
1	Интервал между проверками уровня запаса – Δ	- определяется в соответствии с условиями работы склада компании и уровнем автоматизации; может быть непрерывным (в режиме on-line) в случае соответствующего информационного обеспечения склада ($\Delta \rightarrow 0$); может быть периодическим, например, через день, или 1 раз в неделю ($\Delta = \text{const}$).

Продолжение табл. 9.6

№	Показатель	Формула для расчета
2	Время выполнения поставки – L , дней	<p>- обычно указывается в договоре на поставку (среднее значение);</p> <p>- определяется статистически на основе данных по прошлым поставкам:</p> $\bar{L}_1 = \frac{\sum_{i=1}^N l_i}{N} \quad \text{или} \quad \bar{L}_2 = \frac{\sum_{i=1}^N l_i \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^N Q_i},$ <p>где l_i – значение времени выполнения i-й поставки, дней; Q_i – величина i-й поставки, ед.;</p>
3	Возможное время задержки поставки – τ (σL), дней.	<p>- определяется эмпирически как наибольшее время, на которое может быть задержана поставка) – τ;</p> <p>- рассчитывается на основании данных о предыдущих поставках:</p> $\sigma_{L1} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^M (l_j - \bar{L})^2}{M}} \quad \text{или} \quad \sigma_{L2} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^M (l_j - \bar{L})^2 \cdot Q_j}{\sum_{j=1}^M Q_j}}$
4	Интенсивность потребления – d , ед./день	<p>- среднее значение:</p> $\bar{d} = \frac{A}{D_p},$ <p>где A – плановый объем потребления.</p> <p>- прогноз, получаемый при использовании математических методов прогнозирования или по данным отдела маркетинга.</p>
5	СКО интенсивности потребления – σ_d	$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (d_i - \bar{d})^2}{N}}$
6	Потребление за время поставки – $d(L)$, ед.	<p>- можно использовать формулы:</p> $d(L) = \bar{d} \cdot \left(\bar{L} + \frac{\Delta}{2}\right) - \text{среднее}$ $d(L)_{\max} = \bar{d} \cdot \left(\bar{L} + \frac{\Delta}{2} + \tau\right) - \text{максимальное}$ <p>- использовать метод экстраполяции тренда;</p> <p>- использовать другие методы прогнозирования.</p>

№	Показатель	Формула для расчета
7	Страховой запас – S_c , ед.	- вариант 1: $S_c = d(L)_{\max} - d(L) = \bar{d} \cdot \tau$ - вариант 2: $S_c = x_p \cdot \sqrt{\left(\bar{L} + \frac{\Delta}{2}\right) \cdot \sigma_d^2 + \bar{d}^2 \cdot \sigma_L^2},$ где x_p – параметр, соответствующий вероятности отсутствия дефицита.
8	ROP	$S_{min} = \bar{d} \cdot \left(\bar{L} + \frac{\Delta}{2}\right) + S_c$
9	Размер заказа - Q_{zi} , ед.	$Q_{zi} = Q_{opt} - 3\Pi,$ где Q_{zi} – размер заказа в момент времени i ; Q_{opt} – текущий размера заказа; 3Π – запас в пути.
10	Оптимальная составляющая размера заказа, ед.	См. модель EOQ (формула Харриса-Уилсона)

Пример 9.3:

Воспользуемся исходными данными из примера 9.1 о параметрах реализации товара «Х» и смоделируем расход запасов с учетом (R; Q)-стратегии для периода в 46 дней.

Рассчитаем значение точки заказа, воспользовавшись соответствующей формулой из табл. 9.6:

$$ROP = S_{min} = \bar{d} \cdot \left(\bar{L} + \frac{\Delta}{2}\right) + S_c, \quad (9.11)$$

где Δ – период контроля состояния запасов на складе, дней.

Примем Δ в расчетах равным 1 дню;

S_c – страховой запас, рассчитываемый по формуле:

$$S_c = x_p \cdot \sqrt{\left(\bar{L} + \frac{\Delta}{2}\right) \cdot \sigma_d^2 + \bar{d}^2 \cdot \sigma_L^2}, \quad (9.12)$$

Получим:

$$S_c = 2 \cdot \sqrt{\left(3 + \frac{1}{2}\right) \cdot 2,4^2 + 8^2 \cdot 1^2} = 18,35 \approx 18 \text{ ед.}$$

$$ROP = 8 \cdot \left(3 + \frac{1}{2}\right) + 18 = 46 \text{ ед.}$$

Размер заказов на пополнение запаса будем рассчитывать, используя формулу (9.13) по аналогии с примером 9.2.

$$Q_{zi} = Q_{opt} - 3П \quad (9.13)$$

Таким образом, $Q_{z1} = Q_{opt} = 86$ ед., где Q_{opt} – оптимальный размер заказа, рассчитанный по формуле (9.6) – см. пример 9.2.

Начальный запас в системе рассчитаем по формуле:

$$S_n = Q_{opt} + S_c = 86 + 18 = 104 \text{ ед.} \quad (9.14)$$

Результаты моделирования действия (R;Q)-стратегии приведены в табл. 9.7. и на рис. 9.11.

Примем в данном примере, что проверки остатка на складе производятся по данным на начало дня. С 1-го по 7-й день включительно запас выше «точки заказа». На начало 8-го дня уровень запаса достиг 39 ед., что меньше «точки заказа» $ROP = 46$ ед. Следовательно, на 8-й день размещается заказ, срок выполнения которого, по аналогии с примерами 9.1 и 9.2 составит 3 дня ($L_1=3$ дн.). Заказ выполняется в течении 8-го, 9-го и 10-го дня и поступает на склад на 11-й день.

Следующий момент размещения заказа наступает на 17-й день (начало дня), когда уровень запаса на складе достигает 44

ед. Время выполнения второго заказа $L_2=4$ дня (17-й, 18-й, 19-й и 20-й день), т.о. второй заказ поступит на склад на 21 день.

Третий заказ размещается на 27-й день (начало дня), когда уровень запасов достигнет 45 ед., выполняется третий заказ в течении 1-го дня ($L_3=1$) и поступает на склад на 28-й день.

Четвертый заказ размещается на 38-й день (начало дня), когда уровень запасов достигнет 44 ед., выполняется четвертый заказ в течении трех дней ($L_4=3$) и поступает на склад на 41-й день и т.д.

Таблица 9.7

Результаты моделирования действия (R;Q)-стратегии

Номер дня	Спрос d_i	Запас на складе, ед.		Дефицит (прогноз), ед.		Заказ	Поставка
		на начало дня	на конец дня	на начало дня	на конец дня		
			104				
1	10	104	94				
2	9	94	85				
3	10	85	75				
4	8	75	67				
5	10	67	57				
6	9	57	48				
7	9	48	39				
8	9	39	30			86	
9	10	30	20				
10	9	20	11				
11	8	97	89				86
12	9	89	80				
13	9	80	71				
14	8	71	63				
15	10	63	53				
16	9	53	44				
17	9	44	35			93	

Окончание табл. 9.7

Номер дня	Спрос d_t	Запас на складе, ед.		Дефицит (прогноз), ед.		Заказ	Поставка
		на начало дня	на конец дня	на начало дня	на конец дня		
18	9	35	26				
19	10	26	16				
20	9	16	7				
21	10	100	90				93
22	9	90	81				
23	9	81	72				
24	10	72	62				
25	8	62	54				
26	9	54	45				
27	10	45	35			97	
28	9	132	123				97
29	10	123	113				
30	8	113	105				
31	8	105	97				
32	9	97	88				
33	9	88	79				
34	8	79	71				
35	8	71	63				
36	10	63	53				
37	9	53	44				
38	10	44	34			86	
39	10	34	24				
40	10	24	14				
41	9	100	91				86
42	9	91	82				
43	9	82	73				
44	10	73	63				
45	10	63	53				
46	10	53	43				
47	0	43	43			90	
И т.д.	...	...	...	...	...	...	...

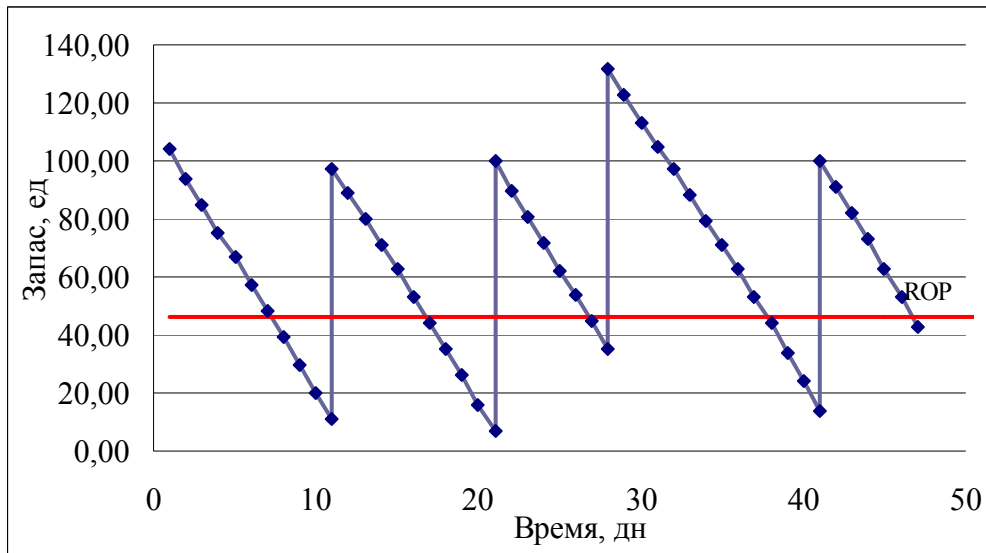
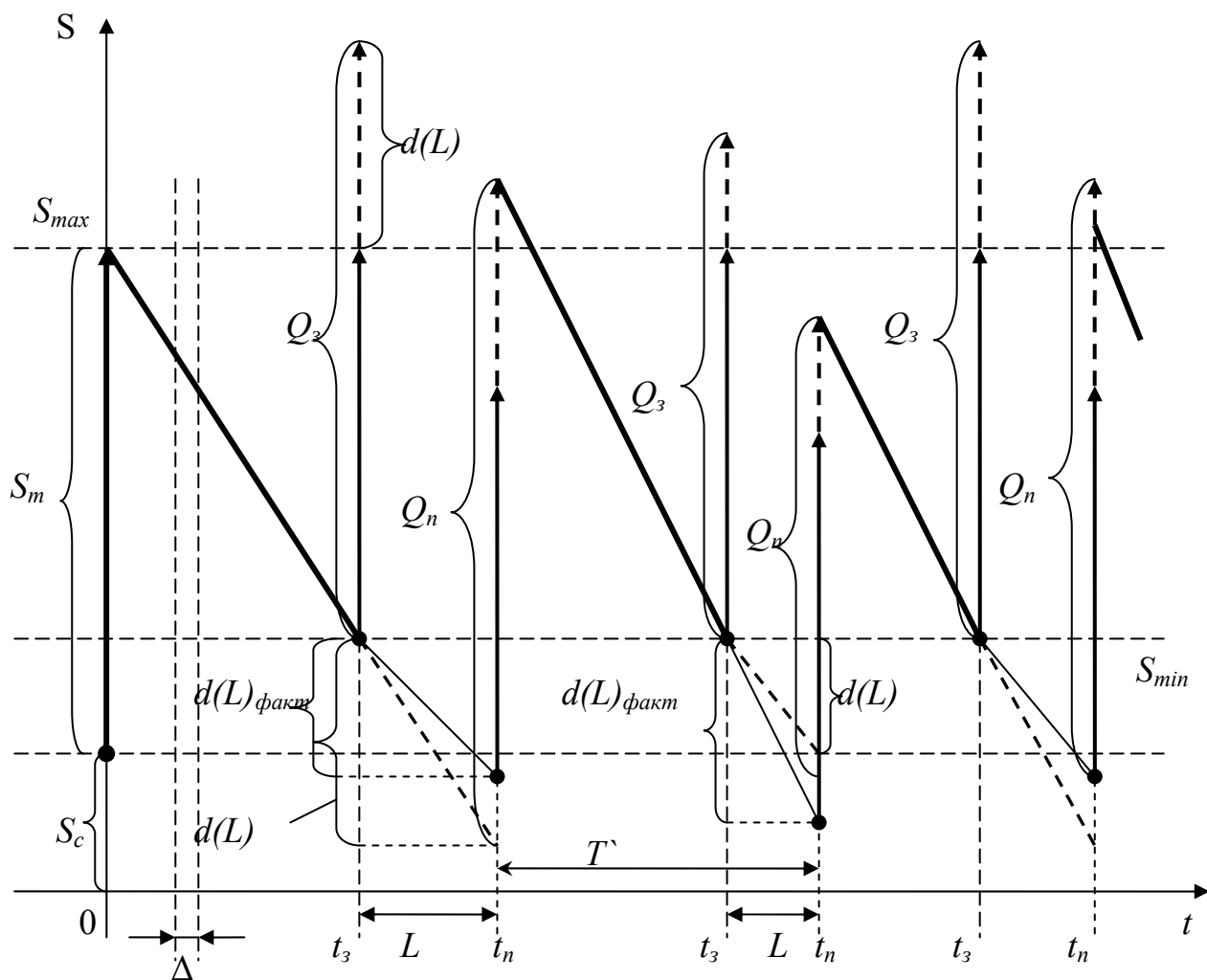


Рис. 9.11. Стратегия с «точкой заказа» и фиксированным размером заказа, (R; Q) - стратегия

Рассмотрим теперь стратегию двух уровней, так называемую (s-S)-стратегию или «минимаксную стратегию» (см. рис. 9.12.). Данная стратегия предполагает, что заявка на пополнение запаса размещается каждый раз по достижении определенного минимального уровня запаса (S_{min} или s), объем заказа переменный и рассчитывается таким образом, чтобы уровень запаса после поставки достиг «максимально желаемого уровня» (S_{max}). При этом осуществляется либо непрерывный, либо периодический контроль уровня запаса ($\Delta \rightarrow 0$ или $\Delta = \text{const}$). При определении объема заказа учитывается ожидаемый расход запаса за время выполнения поставки ($d(L)$) и запасы в пути ($ЗИ$). Формулы для расчета параметров «минимаксной» стратегии приведены в табл. 9.8.



S_{max} – максимально желаемый размер запаса, ед.; S_m – текущий запас, ед.; S_{min} – минимальный уровень запаса, по достижении которого размещается заказ, ед.; Δ – период контроля состояния запасов на складе, дней; S_c – страховой запас, ед.; Q_3 – размер заказа, ед.; Q_n – величина поставки, ед.; $d(L)$ – ожидаемый расход запаса за время поставки, ед.; $d(L)_{факт}$ – фактический расход запаса за время поставки, ед.; t_3 – момент размещения заказа на поставку; L – время выполнения заказа, дней; t_n – момент осуществления поставки; T – интервал времени между поставками, дней.

Рис. 9.12. Минимаксная стратегия

Таблица 9.8

Параметры «минимаксной» стратегии

№	Показатель	Порядок определения показателей	
		Детерминированный вариант	Стохастический вариант
1	Интервал между проверками уровня запаса – Δ	- определяется в соответствии с условиями работы склада компании и уровнем автоматизации; может быть непрерывным (в режиме on-line) в случае соответствующего информационного обеспечения склада ($\Delta \rightarrow 0$); может быть периодическим, например, через день, или 1 раз в неделю ($\Delta = \text{const}$).	- определяется в соответствии с условиями работы склада компании и уровнем автоматизации; может быть непрерывным (в режиме on-line) в случае соответствующего информационного обеспечения склада ($\Delta \rightarrow 0$); может быть периодическим, например, через день, или 1 раз в неделю ($\Delta = \text{const}$).
2	Время выполнения поставки – L , дней	- обычно указывается в договоре на поставку (среднее значение);	- определяется статистически на основе данных по прошлым поставкам: $\bar{L}_1 = \frac{\sum_{i=1}^N l_i}{N} \quad \text{или} \quad \bar{L}_2 = \frac{\sum_{i=1}^N l_i \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^N Q_i},$ <p>где l_i – значение времени выполнения i-й поставки, дней; Q_i – величина i-й поставки, ед.;</p>

Продолжение табл. 9.8

№	Показатель	Порядок определения показателей	
		Детерминированный вариант	Стохастический вариант
3	Возможное время задержки поставки – τ (σ_L), дней.	- определяется эмпирически как наибольшее время, на которое может быть задержана поставка) – τ ;	- рассчитывается на основании данных о предыдущих поставках: $\sigma_{L1} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^M (l_j - \bar{L})^2}{M}}$ или $\sigma_{L2} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^M (l_j - \bar{L})^2 \cdot Q_j}{\sum_{j=1}^M Q_j}}$
4	Интенсивность потребления – d , ед./день	$d = const$ или $\bar{d} = \frac{A}{D_p}$	- среднее значение: $\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^N d_i}{N},$ где d_i – расход в i -й момент времени; N – объем выборки - прогноз, получаемый при использовании математических методов прогнозирования или по данным отдела маркетинга.
5	СКО интенсивности потребления – σ_d		- среднее квадратическое отклонение от среднего расхода: $\sigma_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (d_i - \bar{d})^2}{N}}$

Продолжение табл. 9.8

№	Показатель	Порядок определения показателей	
		Детерминированный вариант	Стохастический вариант
6	Потребление за время поставки – $d(L)$, ед.	<p>- можно использовать формулы:</p> $d(L) = \bar{d} \cdot \left(\bar{L} + \frac{\Delta}{2}\right) - \text{среднее}$ $d(L)_{\max} = \bar{d} \cdot \left(\bar{L} + \frac{\Delta}{2} + \tau\right) - \text{максимальное}$	<p>- использовать метод экстраполяции тренда;</p> <p>- использовать другие методы прогнозирования.</p>
7	Страховой запас – S_c , ед.	$S_c = d(L)_{\max} - d(L) = \bar{d} \cdot \tau$	$S_c = x_p \cdot \sqrt{\left(\bar{L} + \frac{\Delta}{2}\right) \cdot \sigma_d^2 + \bar{d}^2 \cdot \sigma_L^2},$ <p>где x_p – параметр, соответствующий вероятности отсутствия дефицита.</p>
8	S_{min} – пороговый уровень запаса, ед.	$S_{min} = \bar{d} \cdot \left(\bar{L} + \frac{\Delta}{2}\right) + S_c$	$S_{min} = \bar{d} \cdot \left(\bar{L} + \frac{\Delta}{2}\right) + S_c$
9	Максимально желаемый объем запаса – S_{max} , ед.	<p>- вариант 1:</p> $S_{\max} = S_m + S_c = \bar{d} \cdot \bar{T}_{c3} + S_c,$ <p>где \bar{T}_{c3} – среднее значение периода времени между смежными заказами, дней.</p>	$S_{\max} = S_m + S_c = \bar{d} \cdot \bar{T}_{c3} + S_c,$ <p>где \bar{T}_{c3} – среднее значение периода времени между смежными заказами, дней.</p>

№	Показатель	Порядок определения показателей	
		Детерминированный вариант	Стохастический вариант
9	Максимально желаемый объем запаса – S_{max} , ед.	<p>- вариант 2:</p> $S_{max} = S_{opt} + S_c,$ <p>где S_{opt} – оптимальный размер запаса, рассчитанный с помощью модели EOQ.</p>	
10	Размер заказа - Q_z , ед.	$Q_{zi} = S_{max} - S_{min} + d(L)_i - ЗП_i,$ <p>где Q_{zi} – размер заказа в момент времени i;</p> <p>S_{min} – пороговый (минимальный) уровень запаса;</p> <p>$ЗП_i$ – запас в пути на момент времени i.</p>	$Q_{zi} = S_{max} - S_m + d(L)_i - ЗП_i,$ <p>где Q_{zi} – размер заказа в момент времени i;</p> <p>S_m – текущий запас, который \leq пороговому (минимальному) уровню запаса;</p> <p>$ЗП_i$ – запас в пути на момент времени i.</p>

Пример 9.4:

Воспользуемся исходными данными из примера 9.1 о параметрах реализации товара «X» и смоделируем действие (s; S)-стратегии для периода в 46 дней.

Расчет страхового запаса осуществим по формуле:

$$S_c = x_p \cdot \sqrt{\left(\bar{L} + \frac{\Delta}{2}\right) \cdot \sigma_d^2 + \bar{d}^2 \cdot \sigma_L^2} \quad (9.15)$$

Получаем:

$$S_c = 2 \cdot \sqrt{\left(3 + \frac{1}{2}\right) \cdot 2,4^2 + 8^2 \cdot 1^2} = 18,35 \approx 18$$

Верхнюю границу уровня запасов (S_{max}) будем рассчитывать по формуле:

$$S_{max} = S_m + S_c, \quad (9.16)$$

где S_m – текущий запас. В качестве текущего запаса целесообразно использовать величину оптимального размера заказа (Q_{opt}). Величина оптимального размера заказа была рассчитана в примере 9.2. $Q_{opt} = 86$ ед.

Таким образом, начальный (максимальный) запас в системе будет: $S_{max} = 86 + 18 = 104$ ед.

Нижняя граница уровня запасов (S_{min}) рассчитывается по формуле:

$$S_{min} = \bar{d} \cdot \left(\bar{L} + \frac{\Delta}{2}\right) + S_c \quad (9.17)$$

Таким образом:

$$S_{min} = 8 \cdot \left(3 + \frac{1}{2} \right) + 18 = 46 \text{ ед.}$$

Расчет величины заказов на пополнение запаса осуществляется по формуле:

$$Q_{zi} = S_{max} - S_m + d(L)_i - 3\Pi_i, \quad (9.18)$$

где $d(L)_i = \bar{L} \cdot \bar{d}$ (см. пример 9.1).

Допустим, что в данном примере проверки уровня запаса на складе осуществляются на начало дня.

Результаты моделирования «минимаксной» стратегии представлены в табл. 9.9.

На начало 8-го дня уровень запаса достиг 39 ед., что меньше минимального уровня $S_{min} = 46 \text{ ед.}$ Следовательно, на 8-й день размещается заказ, размер которого определяется по формуле (9.18).

$$Q_{z1} = 104 - 39 + 8 \cdot 3 - 0 = 89$$

Срок выполнения которого, по аналогии с примерами 9.1, 9.2 и 9.3 составит 3 дня ($L_1=3 \text{ дн.}$). Заказ выполняется в течении 8-го, 9-го и 10-го дня и поступает на склад на 11-й день.

Следующий момент размещения заказа наступает на 18-й день (начало дня), когда уровень запаса на складе достигает 38 ед. Величина заказа составит 90 ед.

$$Q_{z2} = 104 - 38 + 8 \cdot 3 - 0 = 90$$

Время выполнения второго заказа $L_2=4 \text{ дня}$ (18-й, 19-й, 20-й

и 21-й день), т.о. второй заказ поступит на склад на 22 день.

Третий заказ размещается на 27-й день (начало дня), когда уровень запасов достигнет 45 ед. Величина третьего заказа составляет 83 ед.

$$Q_{33} = 104 - 45 + 8 \cdot 3 - 0 = 83$$

Выполняется третий заказ в течении 1-го дня ($L_3=1$) и поступает на склад на 28-й день.

Четвертый заказ размещается на 37-й день (начало дня), когда уровень запасов достигнет 39 ед., выполняется четвертый заказ в течении трех дней ($L_4=3$) и поступает на склад на 40-й день и т.д. Величина четвертого заказа составляет 89 ед.

$$Q_{34} = 104 - 39 + 8 \cdot 3 - 0 = 89$$

Результаты моделирования действия «минимаксной» стратегии приведены в табл. 9.9 и на рис. 9.12.

Таблица 9.9

Результаты моделирования действия «минимаксной» стратегии

Номер дня	Спрос d_i	Запас на складе, ед.		Дефицит (прогноз), ед.		Величина заказа	Величина поставки
		на начало дня	на конец дня	на начало дня	на конец дня		
1	10	104	94				
2	9	94	85				
3	10	85	75				
4	8	75	67				
5	10	67	57				
6	9	57	48				
7	9	48	39				
8	9	39	30			89	

Продолжение табл. 9.9

Номер дня	Спрос	Запас на складе, ед.		Дефицит (прогноз), ед.		Величина заказа	Величина поставки
		на начало дня	на конец дня	на начало дня	на конец дня		
9	10	30	20				
10	9	20	11				
11	8	100	92				89
12	9	92	83				
13	9	83	74				
14	8	74	66				
15	10	66	56				
16	9	56	47				
17	9	47	38				
18	9	38	29			90	
19	10	29	19				
20	9	19	10				
21	10	10	0				
22	9	90	81				90
23	9	81	72				
24	10	72	62				
25	8	62	54				
26	9	54	45				
27	10	45	35			83	
28	9	118	109				83
29	10	109	99				
30	8	99	91				
31	8	91	83				
32	9	83	74				
33	9	74	65				
34	8	65	57				
35	8	57	49				
36	10	49	39				
37	9	39	30			89	
38	10	30	20				
39	10	20	10				
40	10	99	89				89
41	9	89	80				
42	9	80	71				
43	9	71	62				

Окончание табл. 9.9

Номер дня	Спрос d_i	Запас на складе, ед.		Дефицит (прогноз), ед.		Величина заказа	Величина поставки
		на начало дня	на конец дня	на начало дня	на конец дня		
44	10	62	52				
45	10	52	42				
46	10	42	32			86	
И т.д.	...	...	...	...	...	...	...

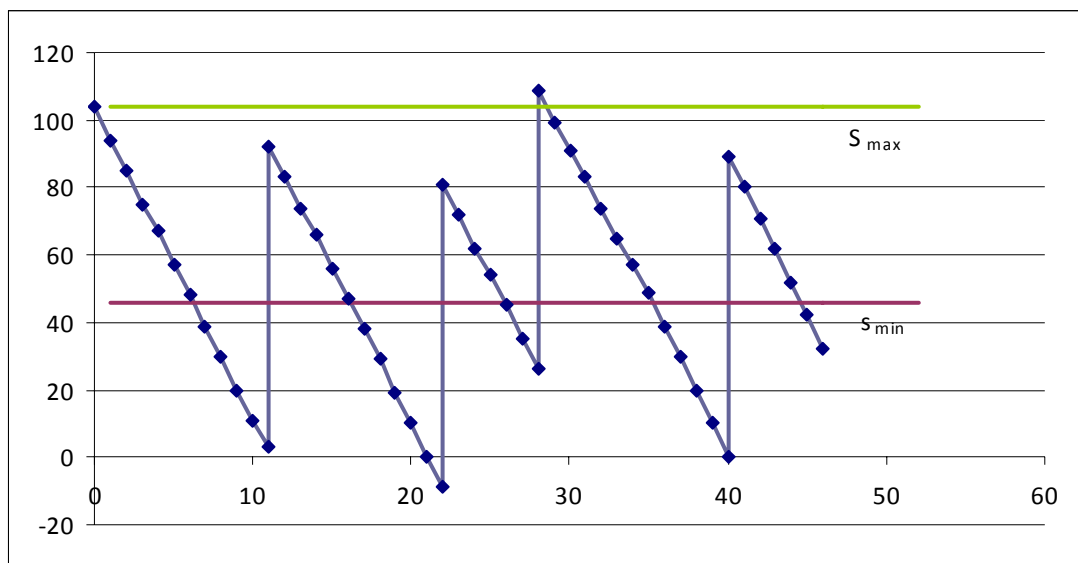


Рис. 9.12. «Минимаксная стратегия»

9.5. Комбинированные стратегии управления запасами

Комбинированная стратегия №1: Размер заказа переменный ($Q_{зак} = var$). Заказ осуществляется в строго определенный момент времени (t_3) при условии пересечения реализацией расхода минимального уровня S_{min} («точки заказа» (ROP)). Величина заказа рассчитывается таким образом, чтобы после поставки уровень запаса был как можно ближе к значению максимально жела-

тельного запаса (S_{max}). Для этого следует воспользоваться математическими методами прогнозирования и данными отдела маркетинга. Схема действия данной стратегии показана на рис. 9.13.

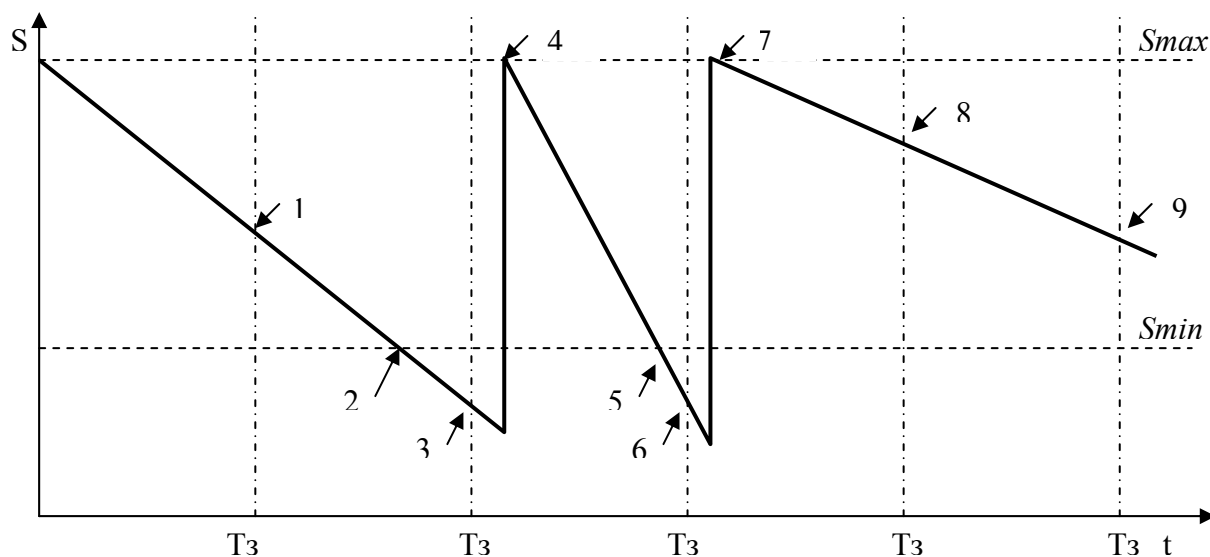


Рис. 9.13. Комбинированная стратегия №1

Данная стратегия подходит для ситуаций, когда строго регламентированы возможные моменты размещения заказов.

В точке (1) на рис. 9.13 в системе наступает момент возможного размещения заказа, но так как уровень запасов еще не опустился ниже S_{min} , заказ не размещается. В точке (2) происходит пересечение S_{min} , поэтому в точке (3) происходит размещение заказа, который поступает в момент времени (4).

В момент времени (6) осуществляется размещение заказа у поставщика, т.к. уже пересечен уровень S_{min} в момент времени (5). Поступление данного заказа отражено в момент времени (7).

В моменты времени (8) и (9) заказ не размещается, т.к. не достигнут уровень S_{min} .

Данная стратегия позволяет оптимизировать количество по-

ставок для ситуаций когда возможно значительное снижение спроса.

Комбинированная стратегия №2: Размер заказа переменный ($Q_{зак} = var$), заказ осуществляется и по достижении ранее определенных моментов времени ($T_з$ – время заказа), и при условии пересечения реализацией расхода минимального уровня S_{min} («точки заказа» (ROP)). Величина заказа рассчитывается таким образом, чтобы после поставки уровень запаса был как можно ближе к значению максимально желательного запаса (S_{max}). Для этого следует воспользоваться математическими методами прогнозирования и данными отдела маркетинга. Схема действия стратегии показана на рис. 9.14.

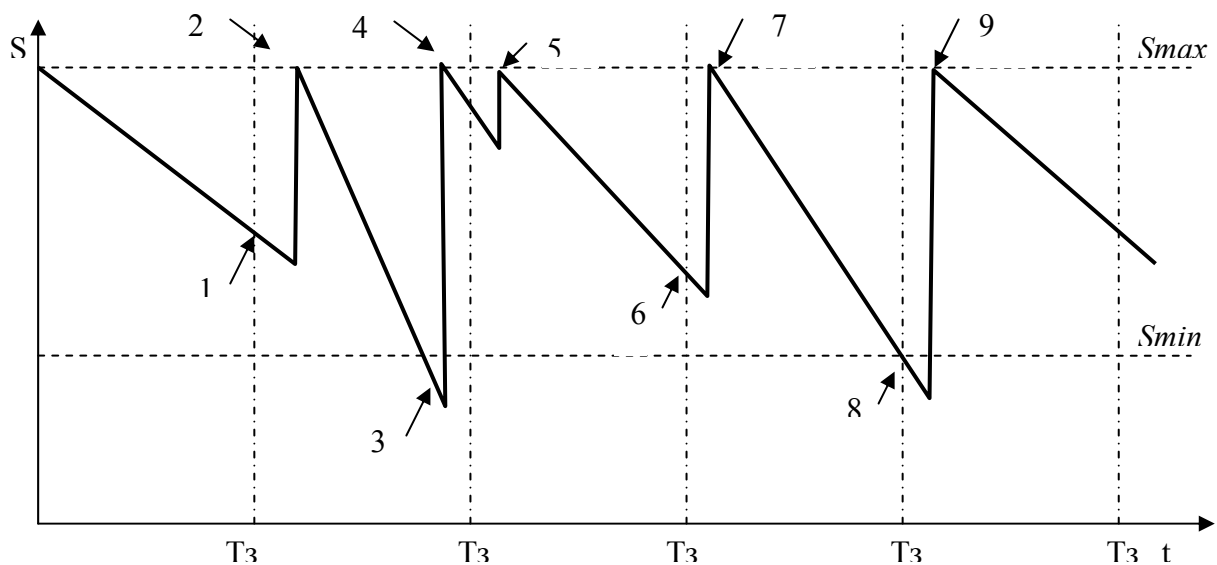


Рис. 9.14. Комбинированная стратегия №2

В точке (1) на рис. 9.14 наступает плановый момент размещения заказа, который поступает в момент времени (2). В точке (3), в связи с резким увеличением спроса, происходит пересечение S_{min} , поэтому происходит размещение заказа, который посту-

пает в момент времени (4). В точке (6) наступает плановый момент размещения заказа, который поступает в момент времени (7). В момент времени (8) осуществляется размещение заказа у поставщика, т.к. уже пересечен уровень S_{min} и наступил момент размещения заказа. Поступление данного заказа отражено в момент времени (9). В моменты времени (8) и (9) заказ не размещается, т.к. не достигнут уровень S_{min} .

Данная стратегия позволяет избежать дефицита для ситуаций, когда возможно значительное увеличение спроса.

Комбинированная стратегия №3: Размер заказа переменный ($Q_{зак} = var$), заказ осуществляется либо по достижении ранее определенных моментов времени (t_3 – время заказа), либо при условии пересечения реализацией расхода минимального уровня S_{min} («точки заказа» (ROP)), т.е. в зависимости от того, что наступит раньше. Величина заказа рассчитывается таким образом, чтобы после поставки уровень запаса был как можно ближе к значению максимально желательного запаса (S_{max}). Для этого следует воспользоваться математическими методами прогнозирования и данными отдела маркетинга. Схема действия стратегии показана на рис. 9.15.

В точке (1) на рис. 9.15 наступает плановый момент размещения заказа, который поступает в момент времени (2). В точке (3), реализация расхода пересекает S_{min} , поэтому происходит размещение заказа, который поступает в момент времени (4). В точке (5) наступает плановый момент размещения заказа, который

игнорируется, т.к. заказ уже размещен в момент времени (4). В точке (6), также реализация расхода пересекает S_{min} , поэтому происходит размещение заказа, который поступает в момент времени (7), поэтому плановый момент размещения заказа в точке (8) игнорируется. В точке (9) наступает очередной плановый момент размещения заказа, который поступает в момент времени (11). В момент пересечения S_{min} в точке (10) заказ уже не размещается.

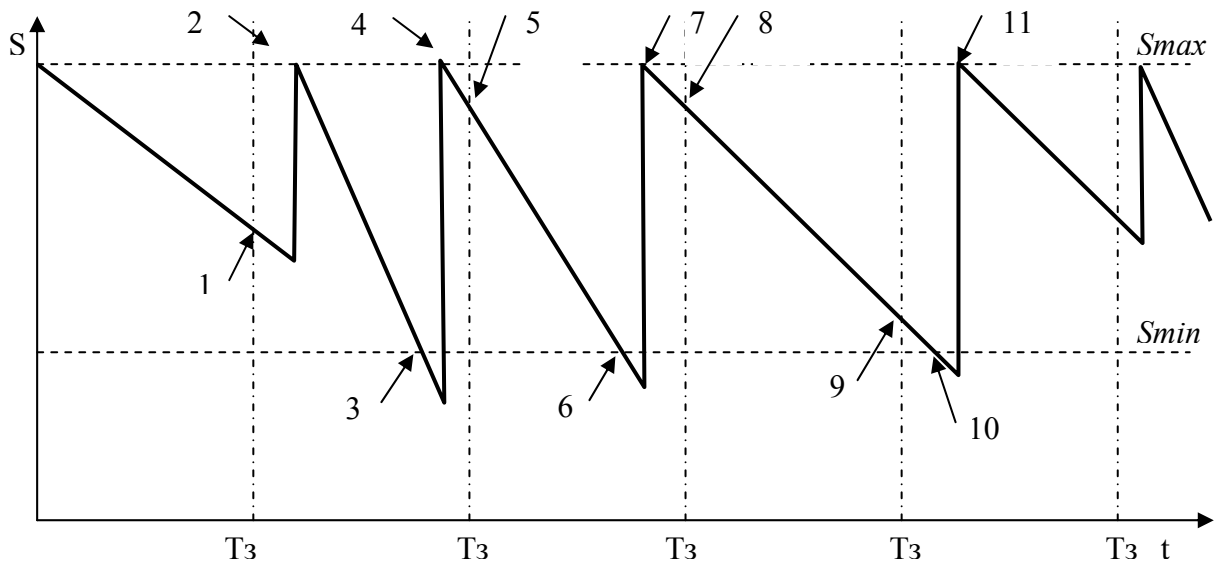


Рис. 9.15. Комбинированная стратегия №3

Для выбора в пользу использования той или иной стратегии управления запасами целесообразно смоделировать работу каждой из них и произвести их сравнительную оценку, используя следующие показатели:

- суммарный дефицит;
- средний уровень запаса;
- затраты, связанные с осуществлением данной стратегии.

9.6. Условия применения различных типов стратегий управления запасами

Изучение ряда работ [50; 56; 58 и др.] и анализ практики работы компаний позволили сформулировать ряд критериев, определяющих выбор стратегии управления запасами (табл. 9.10).

Таблица 9.10

Критерии, определяющие выбор стратегии управления запасами

Критерий	Характеристика
Вероятностные характеристики спроса	Детерминированный спрос; стохастический спрос (по типам распределений)
Стабильность спроса	Постоянная интенсивность потребления; умеренные колебания: $0 < v_D < 25\%$ (33%); сильные колебания: $25(33\%) \leq v_D < 100\%$; импульсные колебания: $v_D \geq 100\%$
Частота возникновения спроса	Непрерывный; дискретный; редкий
Равномерность распределения величины спроса во времени	Равномерно распределенный во времени; сезонный; неравномерно распределенный во времени
Характеристика материальных ценностей	Стоимость; особые требования к хранению и транспортировке; ценность для потребителя
Характер времени выполнения заказа поставщиком	Детерминированное (мгновенное выполнение заказа, постоянное время); стохастическое
Состав ограничений	На время выполнения заказа; на периодичность подачи заказов; на складские и производственные мощности, а также площади; финансовые ограничения

В табл. 9.11 показана зависимость выбора стратегии управления запасами от значения критериев, приведенных в табл. 9.10.

Таблица 9.11

Выбор стратегии управления запасами

Критерий	Варианты значений критерия	Рекомендуемая стратегия управления запасами
Установлена жесткая периодичность закупок	Да	«Периодические» стратегии управления запасами
	Нет	Стратегии управления запасами любого типа
Периодичность проведения инвентаризаций на складах	Ежедневно, в режиме реального времени	Стратегии управления запасами любого типа
	Редко (раз в квартал)	«Периодические» стратегии управления запасами
Частота возникновения потребности	Непрерывный и нормальный спрос	Стратегии управления запасами любого типа
	Редкий спрос	закупки по потребности
Вероятностные характеристики спроса	Детерминированный спрос	Стратегии управления запасами любого типа; при расчете страхового запаса учитывается только вероятностные характеристики параметров поставки (время и объем поставки)
	Стохастический спрос	Предпочтительны стратегии с точкой заказа; при расчете страхового запаса учитываются вероятностные характеристики параметров спроса и поставок
Стабильность спроса	Постоянная интенсивность потребления и умеренно колеблющийся спрос ($0 < v_D < 25\%$ (33%))	Стратегии управления запасами любого типа в сочетании с моделью Феттера для расчета страхового запаса; прогноз потребности может основываться на величине среднего расхода

Продолжение табл. 9.11

Критерий	Варианты значений критерия	Рекомендуемая стратегия управления запасами
Стабильность спроса	Сильные колебания спроса: $25(33\%) \leq v_D < 100\%$	Стратегии управления запасами любого типа, но для прогнозирования нельзя использовать среднее значение расхода – нужно применять иные методы
	Импульсные колебания спроса: $v_D \geq 100\%$	Необходимо осуществить проверку данных на наличие нетипичных экстремальных значений и сезонность; если исключение нетипичных значений невозможно и сезонность не играет никакой роли, то для таких позиций лучше организовывать закупку по потребности: (S-1;S)-стратегия
Равномерность распределения спроса во времени	Равномерно распределенный во времени спрос	Стратегии управления запасами любого типа
	Сезонный спрос	Закупку материальных ценностей рекомендуется осуществлять накануне пика потребления. Прогноз потребности рекомендуется осуществлять на основании анализа данных аналогичных периодов прошлых лет при этом нулевые значения потребления в несезон в расчет не принимаются
	Неравномерно распределенный во времени спрос	Предпочтительно использование стратегий с точкой заказа
Характеристика материальных ценностей	Дорогостоящие материальные ценности	Предпочтительны стратегии с точкой заказа и пополнением до «базового уровня» при непрерывном контроле за уровнем запасов на складах

Критерий	Варианты значений критерия	Рекомендуемая стратегия управления запасами
Особенности учета затрат, связанных с запасами	Зависимость затрат на транспортировку, изготовление продукции и штрафов (в случае дефицита) от объема запасов имеет линейный характер; возможна экономия от масштаба	(R, Q) и (R, n·Q) – стратегии с фиксированным размером заказа

Для выбора стратегии управления запасами целесообразно смоделировать работу каждой из них и произвести сравнительную оценку, используя следующие показатели: суммарный дефицит, потери при дефиците, средний уровень запаса, затраты на хранение, затраты, связанные с организацией работы системы при данной стратегии (затраты на доставку, мониторинг уровня запасов), прибыль:

$$C_{\Sigma} = C_z + C_x + C_{деф} + C_a = K \cdot C_0 + \bar{Q} \cdot C_{xp}^{ед} + \sum_{j=li=1}^M \sum^N D_{ij} \cdot C_{деф}^{ед} + Z \cdot C_{чч}, \quad (9.19)$$

где C_{Σ} – затраты на содержание системы управления запасами;

C_z – затраты, связанные с организацией выполнения поставок всего объема, руб.;

C_x – затраты на хранения запасов;

$C_{деф}$ – потери, вызванные дефицитом;

C_a – затраты на выполнение управленческих операций, связанных с контролем уровня запаса, размещением заказов на пополнение запасов, расчетом оптимальной величины заказа и стра-

хового запаса, корректировкой параметров системы управления запасами и т.п.

C_{xp}^{ed} – затраты на хранение единицы продукции в рассматриваемом периоде;

\bar{Q} – средний уровень запасов в системе;

D_{ij} – величина дефицита в последний i -й день j -го цикла;

C_{def}^{ed} – потери от дефицита единицы продукции;

K – количество поставок за рассматриваемый период,

C_0 – стоимость исполнения заказа;

Z – фонд рабочего времени специалиста по управлению запасами (зависит от номенклатуры, периодичности проверок, системы информационно-компьютерного оснащения и т.п.);

$C_{цч}$ – фонд оплаты труда специалиста по управлению запасами.

9.7. Статистическое имитационное моделирование в управлении запасами

Имитационное моделирование – процесс конструирования модели реальной системы и постановки экспериментов на этой модели с целью либо понять поведение системы, либо оценить в рамках ограничений различные стратегии, обеспечивающие функционирование этой системы [3].

Статистическое имитационное моделирование – имитационное моделирование, при котором с помощью случайных чисел, формируемых ЭВМ, воспроизводятся случайные явления. В

основе статистического имитационного моделирования лежит метод Монте-Карло.

Метод Монте-Карло - численный статистический метод, предполагающий использование специального аналитического аппарата (генератор случайных чисел в сочетании с интегральной функцией распределения вероятностей) и ЭВМ для получения данных о реализации во времени некоторого исследуемого процесса (например, расхода определенного товара на складе или выхода из строя оборудования). Данные по нескольким искусственно воспроизведенным реализациям случайного процесса используются в дальнейшем в качестве статистического материала, который может быть обработан обычными методами математической статистики.

подавляющее большинство расчетов по методу Монте-Карло осуществляется с использованием псевдослучайных чисел. Под псевдослучайными числами понимают числа, получаемые с помощью специальных аналитических зависимостей и имитирующие значения случайной величины.

Статистическое имитационное моделирование в управлении запасами может быть использовано для решения следующих задач:

1. «Восстановить» процесс расхода (пополнения) запасов по неполным данным (средние значения, СКО и др.), то есть получить искусственным образом недостающие статистические данные, необходимые при прогнозировании.

2. Определить последствия применения различных стратегий управления запасами, а также сравнить эффективность различных систем управления запасами по результатам соответствующих имитационных экспериментов.

Рассмотрим порядок статистического имитационного моделирования процессов, связанных с пополнением (расходованием) запасов.

Прежде всего, необходимо определить параметры, подлежащие моделированию. К ним относят:

- расход запасов (λ_i);
- интервалы времени между заказами (T_j);
- сроки исполнения заказа (L_j);

Также могут моделироваться значения объемов поставки (Q_{ni}) для того, чтобы учесть случаи не соблюдения поставщиком требований по объему, качеству, комплектности поставки.

Процесс статистического имитационного моделирования вышеназванных параметров может быть осуществлен следующим образом:

1. Задаются средние значения и средние квадратические отклонения значений моделируемых параметров (они могут быть определены заранее экспертным путем):

- среднее значение интенсивности потребления \bar{d} и СКО интенсивности потребления σ_d ;

- средний интервал времени между заказами $\bar{T}_{сз}$ и СКО

времени между заказами σ_T ;

- среднее значение срока исполнения заказа \bar{L} и СКО срока исполнения заказа σ_L .

2. На основе средних значений и СКО для каждого параметра рассчитывается коэффициент вариации – v по формуле:

$$v_x = \frac{\sigma_x}{\bar{x}}, \quad (9.21)$$

где σ_x - среднее квадратическое отклонение моделируемого параметра «X»;

\bar{x} - среднее значение моделируемого параметра.

3. По коэффициенту вариации определяется закон распределения, которому, как предполагается, подчинено распределение случайных значений моделируемых параметров процесса расхода (пополнения) запасов. В первом приближении выбор закона распределения может быть произведен по таблице 9.12.

Таблица 9.12

Законы распределения случайной положительной величины в зависимости от коэффициента вариации

Пределы изменения коэффициента вариации	Закон распределения случайной величины
$v \leq 0,3$	Нормальный
$0,3 < v < 0,4$	Гамма-распределение
$0,4 \leq v < 1$	Вэйбулла
$v = 1$	Экспоненциальный

4. С помощью генератора случайных чисел определяется массив случайных значений ξ , которые затем будут использо-

ваться для определения случайных значений моделируемых параметров. Для генерации случайных чисел может быть использован соответствующий инструмент Ms Excel.

Количество генерируемых случайных чисел ξ зависит от параметра, который необходимо получить в результате моделирования. Так для T_j (период времени между заказами) число случайных чисел ξ будет зависеть от количества сгенерированных случайных значений расхода запаса - N_d и от среднего значения периода времени между поставками (\bar{T}):

$$N_T = \frac{N_d}{\bar{T}}, \quad (9.22)$$

где N_T - количество случайных чисел для T_j ;

N_d - количество сгенерированных случайных значений d_i ;

\bar{T} - среднее значение периода времени между заказами.

Количество значений L_j (время выполнения заказа), которое необходимо сгенерировать, соответствует числу N_T . Например, генерируется 120 случайных величин расхода запаса, средний период времени между поставками 10 дней, следовательно, предполагаемое количество поставок равно 12.

5. Полученный после генерации вектор (столбец) случайных чисел ξ трансформируется, с учетом определенного ранее закона распределения, в случайные значения моделируемого параметра (d_i, T_j, L_j). Для этого используются специальные зависимости – см. табл. 9.13. Полученные по формулам значения округляются до целого (функция «ОКРУГЛ» в Ms Excel).

Таблица 9.13.

Формулы для моделирования случайных величин, подчиняющихся различным законам распределения

Закон распределения случайной величины	Расчетная формула
Нормальный	$x_i = \bar{x} + \sigma_x \xi_i'$
Вэйбулла	$x_i = x_0 \cdot \sqrt[m]{-\ln \xi_i}$
Экспоненциальный	$x_i = x \cdot (-\ln \xi_i)$
Гамма-распределение	$x_i = -\sum_{j=1}^{\eta} \ln(1 - \xi_i) / \lambda$
Равномерный	$x_i = a + (b - a)\xi_i$
Примечание: ξ_i' - нормально распределенная случайная величина со средним значением 0 и среднеквадратическим отклонением 1; ξ_i - равномерно распределенная случайная величина на интервале от 0 до 1.	

Для распределения Вейбулла параметр положения x_0 определяется по формуле:

$$x_0 = \frac{\bar{x}}{b_m} \quad (9.23)$$

Коэффициент b_m и параметр формы m можно определить по таблице 9.14.

Таблица 9.14

Коэффициенты для расчета параметров распределения Вейбулла

Коэффициент вариации	Коэффициент b_m	Параметр m
1,000	1,000	1,0
0,910	0,965	1,1
0,837	0,941	1,2
0,775	0,924	1,3

Коэффициент вариации	Коэффициент b_m	Параметр m
0,723	0,911	1,4
0,681	0,903	1,5
0,640	0,897	1,6
0,605	0,892	1,7
0,575	0,889	1,8
0,547	0,887	1,9
0,523	0,887	2,0
0,499	0,886	2,1
0,480	0,886	2,2
0,461	0,886	2,3
0,444	0,886	2,4
0,428	0,887	2,5

Параметры гамма-распределения можно найти по формулам:

$$\lambda = \frac{\bar{x}}{\sigma_x^2} \quad (9.24)$$

$$\eta = \frac{(x)^2}{\sigma_x^2}, \quad (9.25)$$

где η - целая часть числа от деления.

6. Определяется начальный уровень запаса на складе. Он может соответствовать реальным данным складской статистики, либо его можно рассчитать по формуле:

$$S_{нач} = \bar{d} \cdot \bar{T}, \quad (9.26)$$

где \bar{d} - среднее значение интенсивности потребления;

$\bar{T}_{сп}$ - средний интервал времени между поставками (время цикла).

7. На основе полученного на предыдущих этапах массива исходных данных формируются временные ряды, отражающие процесс движения запасов на складе («приход», «расход», «остаток») под воздействием различных стратегий УЗ.

Таким образом, общий алгоритм статистического моделирования может быть представлен следующим образом:

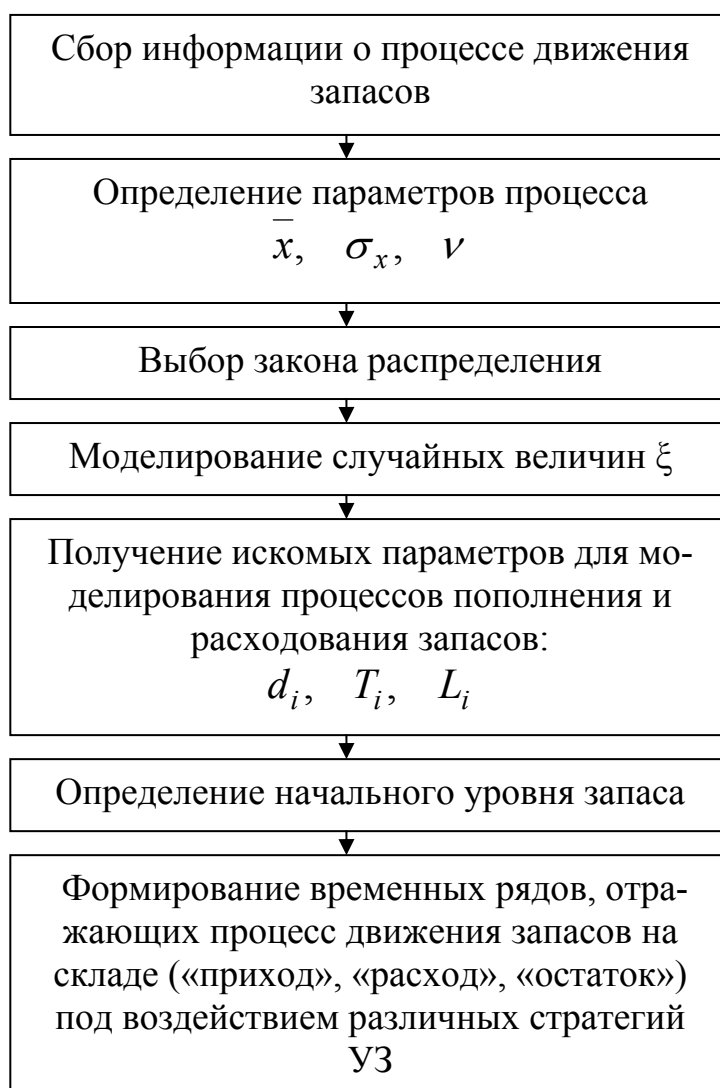


Рис. 9.16. Блок-схема последовательности действий при моделировании работы системы УЗ

Пример 9.5:

На основе описанного выше алгоритма осуществим статистическое моделирование процессов расхода и пополнения запаса.

1) Зададим исходные данные. Примем:

- среднее значение интенсивности потребления $\bar{d} = 8$ ед./день и СКО интенсивности потребления $\sigma_D = 4,84$ ед.;

- средний интервал времени между заказами $\bar{T}_{сз} = 10$ дней и СКО времени между заказами $\sigma_T = 2$ дня;

- среднее значение срока исполнения заказа $\bar{L} = 3$ дня и СКО срока исполнения заказа $\sigma_L = 1$ день.

2) На основе средних значений и СКО для каждого параметра рассчитывается коэффициент вариации – v :

$$v_d = \frac{4,84}{8} = 0,605 ; \quad v_T = \frac{2}{10} = 0,2 ; \quad v_L = \frac{1}{3} = 0,333$$

3) По коэффициентам вариации (табл. 9.12) определяем законы распределения случайных величин:

величине d в нашем примере соответствует закон распределения Вейбулла, величинам T и L – нормальный закон распределения.

4) Генерируем вспомогательные случайные величины для определения значений параметров d , T и L . Пусть спрос будет дан за 40 дней, тогда нам необходимо будет сгенерировать 40 случайных чисел ξ для определения d и $40/10 = 4$ (см. форм. 9.22)

случайных чисел для определения параметров T и L.

5) Произведем моделирование значений параметра d по формулам табл. 9.13 для закона распределения Вейбулла. По табл. 9.14 определяем значение параметров b_m и m, соответствующих известному значению k-та вариации ($v=0,605$). Так $b_m=0,892$, $m=1,7$. Рассчитаем параметр x_0 : $x_0=8/0,892=8,97$. Далее по формуле 9.27 определим объемы ежедневного расхода (их еще следует округлить до целого).

$$x_i = x_0 \cdot \sqrt[m]{-\ln \xi_i} \quad (9.27)$$

Например, при $\xi = 0,973$ находим:

$$d_1 = 8,97 \cdot \sqrt[1,7]{-\ln 0,973} \approx 1$$

при $\xi = 0,425$:

$$d_2 = 8,97 \cdot \sqrt[1,7]{-\ln 0,425} \approx 8$$

при $\xi = 0,758$:

$$d_3 = 8,97 \cdot \sqrt[1,7]{-\ln 0,758} \approx 4$$

и т.д.

Результаты моделирования расхода представлены в табл. 9.15.

Таблица 9.15

Моделирование ежедневного расхода запаса (d_i)

Номер дня	Случайная величина	Расход деталей d_i	Округленное значение расхода d_i
1	0,973	1,065	1
2	0,425	8,170	8
3	0,758	4,208	4
4	0,185	12,190	12

Окончание табл. 9.15

Номер дня	Случайная величина	Расход деталей d_i	Округленное значение расхода d_i
5	0,649	5,470	5
6	0,465	7,656	8
7	0,563	6,468	6
8	0,617	5,838	6
9	0,955	1,447	1
10	0,311	9,826	10
11	0,017	20,482	20
12	0,438	8,010	8
13	0,498	7,249	7
14	0,024	19,374	19
15	0,793	3,794	4
16	0,540	6,735	7
17	0,352	9,195	9
18	0,610	5,914	6
19	0,685	5,058	5
20	0,623	5,774	6
21	0,690	5,002	5
22	0,259	10,686	11
23	0,501	7,209	7
24	0,629	5,702	6
25	0,074	15,702	16
26	0,592	6,124	6
27	0,950	1,546	2
28	0,213	11,578	12
29	0,699	4,897	5
30	0,065	16,164	16
31	0,057	16,634	17
32	0,624	5,760	6
33	0,356	9,138	9
34	0,188	12,116	12
35	0,130	13,640	14
36	0,919	2,083	2
37	0,415	8,309	8
38	0,714	4,728	5
39	0,820	3,461	3
40	0,920	2,078	2

б) Смоделируем значения T и L . Поскольку им соответству-

ет один тип закона распределения (нормальный закон), подробный расчет можно показать лишь для одной величины, например, L.

Для расчетов воспользуемся формулой:

$$x_i = \bar{x} + \sigma_x \cdot \xi_i' \quad (9.28)$$

где ξ_i' - нормально распределенная случайная величина со средним значением 0 и среднеквадратическим отклонением 1 (4 значения);

\bar{x} - среднее значение моделируемого параметра;

σ_x - СКО моделируемого параметра.

Произведем расчет для L:

$$L_1 = 3 + 1 \cdot (-0,13) \approx 2,86$$

$$L_2 = 3 + 1 \cdot 1,49 \approx 4,49$$

$$L_3 = 3 + 1 \cdot (-1,6) \approx 1,38$$

и т.д. (см. табл. 9.16.)

Результаты расчетов для T приведены в табл. 9.17.

Таблица 9.16

Моделирование времени выполнения заказа (L_k)

Случайная величина	Срок исполнения по ставке L_k	Округленное значение L_k
-0,13393	2,866072	3
1,492986	4,492986	4
-1,61832	1,381682	1
0,232844	3,232844	3

Таблица 9.17

Моделирование интервалов времени между заказами (T_j)

Случайная величина	Интервалы времени между поставками T_j	Округленное значение T_j
-0,7942	10,01448780	10
0,517575	13,29393811	13
-0,03707	11,90731965	12
-0,43369	10,91576294	11

На базе полученных ранее значений ежедневных расходов запаса (d_i), интервалов времени между заказами (T_j) и сроков исполнения заказа (L_k) можно смоделировать процесс поступления и расхода запасов в условиях различных стратегий управления. Поскольку ранее нами уже были изучены основные стратегии управления запасами, в настоящем примере рассмотрим самый простой случай, не вдаваясь в оценку целесообразности его применения на практике.

Пусть стратегия управления запасами состоит в том, чтобы размещать одинаковые заказы ($Q_3 = \text{const}$) через равные промежутки времени (T_{c3}). Поставки будут осуществляться через время L_k после подачи клиентом соответствующего запроса. Будем считать, что величина поставки будет всегда соответствовать величине заказа ($Q_{п} = Q_3$).

В качестве исходных данных будем использовать:

- сгенерированные значения потребления (d) для периода в 40 дней (см. табл. 9.15);
- сгенерированные значения времени выполнения заказа (L_k) – см. табл. 9.16;

- в качестве постоянной периодичности заказов возьмем среднее время между заказами ($\bar{T}_{сз} = 10$ дней);

- для расчета Q_3 воспользуемся формулой:

$$Q_3 = \bar{d} \cdot \bar{T} = 8 \cdot 10 = 80 \text{ ед}$$

Результаты моделирования процессов расхода-пополнения запасов для данной стратегии приведены в табл. 9.18 и на рис. 9.17.

Таблица 9.18

Моделирование стратегии ($T=\text{cons}$, $Q=\text{const}$)

День	спрос	заказ в конце дня	поставка в начале дня	остаток на начало дня	остаток на конец дня
1	1	80		30	30-1=29
2	8			29	21
3	4			21	17
4	12		80	80+17=97	85
5	5			85	80
6	8			80	72
7	6			72	66
8	6			66	60
9	1			60	59
10	10	80		59	49
11	20			49	29
12	8			29	21
13	7			21	14
14	19		80	80+14=94	75
15	4			75	71
16	7			71	64
17	9			64	55
18	6			55	49
19	5			49	44
20	6	80		44	38
21	5			38	33
22	11		80	80+33=113	102
23	7			102	95
24	6			95	89

Моделирование стратегии (T=cons, Q=const)

День	спрос	заказ в конце дня	поставка в начале дня	остаток на начало дня	остаток на конец дня
25	16			89	73
26	6			73	67
27	2			67	65
28	12			65	53
29	5			53	48
30	16	80		48	32
31	17			32	15
32	6			15	9
33	9		80	80+9=89	80
34	12			80	68
35	14			68	54
36	2			54	52
37	8			52	44
38	5			44	39
39	3			39	36
40	2	80		36	34

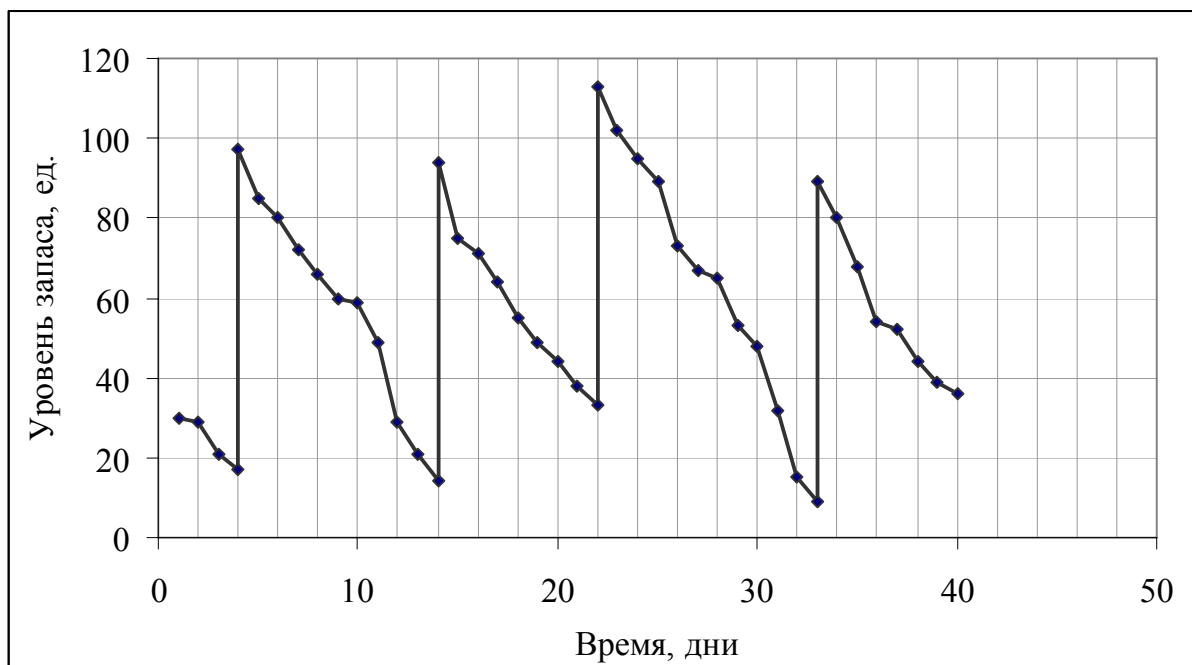


Рис. 9.17. Стратегия (T=cons, Q=const)

9.8. Вопросы и задания для самостоятельной работы

1. Что понимается под понятием «стратегия управления запасами»?
2. Охарактеризуйте структуру стратегий управления запасами.
3. Назовите основные типы стратегий управления запасами?
4. Перечислите основные параметры стратегий управления запасами.
5. Охарактеризуйте понятия: «редкий спрос», «импульсный спрос».
6. Чем «периодические стратегии» управления запасами отличаются от «стратегий с точкой заказа»?
7. Объясните принцип работы (R, Q) – стратегии.
8. В чем заключается сущность (S, s) – стратегии?
9. Какие стратегии управления запасами относят к комбинированным и почему? Объясните механизм работы данных стратегий.
10. Что такое статистическое имитационное моделирование?
11. В чем заключается сущность метода Монте-Карло?
12. Каков порядок (алгоритм) моделирования процессов, связанных с пополнением / расходом запасов?
13. Для чего может использоваться статистическое имитационное моделирование в управлении запасами?
14. Какие параметры подлежат статистическому модели-

рованию при управлении запасами?

15. Смоделируйте действие «стратегии оперативного управления» при следующих условиях:

- $\bar{d} = 10$ ед./сут, $v_d = 0,2$;
- $N_d = 100$ дней (число дней в рассматриваемом плановом периоде);
- $T_{cз} = 30$ дней;
- $\bar{L} = 7$ дней, $\sigma_L = 1$ день;
- начальный уровень запаса на складе = 50 ед.;
- неудовлетворенные заказы теряются;
- при расчете страхового запаса принимать вероятность отсутствия дефицита 94,5%;
- прогнозирование расхода за время поставки осуществлять методом экстраполяции тренда.

16. Смоделируйте действие «минимаксной стратегии» при условии, что:

- период инвентаризации (Δ) = 1 дню;
- $\bar{L} = 5$ дней, $\sigma_L = 1$ день;
- $\bar{d} = 7$ ед./сут, $\sigma_d = 2$ ед.;
- $N_d = 100$ дней (число дней в рассматриваемом плановом периоде);
- начальный уровень запаса на складе = S_{max} ;
- неудовлетворенные заказы теряются;
- при расчете страхового запаса принимать вероятность отсутствия дефицита 97,7%.

17. Назовите критерии, определяющие выбор стратегии управления запасами. Поясните механизм влияния этих критериев на выбор стратегии управления запасами.

18. Оптовый торговец автомобильными запасными частями продает двигатели к грузовым автомобилям КамАЗ. Спрос на двигатели составляет порядка 250 ед. в квартал. Затраты на размещение заказа у поставщиков составляют порядка 100000 руб. за одну партию. Стоимость одного двигателя – 215000 руб. Ежемесячные затраты на хранение одного двигателя составляют порядка 0,2% от его цены. Время поставки партии – две недели. Возможная задержка – одна неделя.

На основании изложенных выше данных рассчитайте параметры стратегии управления запасами с фиксированным размером заказа ((R,Q) -стратегия).

Примечание: при расчетах учтите, что спрос на двигатели постоянен и равномерно распределен во времени, а мониторинг уровня запаса на складе компании может осуществляться через складское ПО в режиме «реального времени».

10. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ В УСЛОВИЯХ ЗАВИСИМОГО СПРОСА

10.1. MRP-планирование

Зависимый спрос - это спрос на изделие или услугу, вызванный спросом на другие изделия или услуги [43]. Зависимый спрос характерен для сферы производства и описывает взаимосвязь между потребностью в готовой продукции и входящими в ее состав компонентами.

Наиболее распространенным методом управления многоуровневыми запасами в условиях детерминированного зависимого спроса является MRP-планирование. Идеология MRP-планирования нашла применение в большинстве существующих корпоративных информационных систем (КИС), создаваемых с целью поддержки принятия управленческих решений в области материально-технического обеспечения производственной деятельности.

Метод MRP (Material Requirement Planning) – это плановый метод, позволяющий управлять зависимыми запасами в многоуровневых производственных системах на основе специализированных программных комплексов – MRP систем.

Система MRP позволяет определить объемы и периодичность пополнения запасов комплектующих, необходимых для изготовления определенного количества готовой продукции, задаваемого производственным планом [11; 43].

Основными источниками информации, необходимыми для работы MRP-систем являются:

- объемно-календарный план производства (master production schedule - MPS);
- спецификация состава изделия (bill of materials - BOM);
- главный каталог запасов (inventory master file - IMF).

Объемно-календарный план производства (MPS) содержит информацию об объемах производства готовой продукции и входящих в ее состав комплектующих с разбивкой по периодам планирования. Как правило, MPS разрабатывается на срок не менее одного года (горизонт планирования). В качестве периодов планирования могут выступать недели, месяцы, кварталы. Планирование может осуществляться и на каждый день. На основе объемно-календарного плана производства осуществляется размещение производственных заказов.

Спецификация состава изделия (BOM) – представляет собой описание структуры конечного продукта и технологии его производства (сборки); содержит полный перечень сырья, материалов и комплектующих с указанием нормативов по их использованию.

Главный каталог запасов (IMF) содержит полную информацию о состоянии запасов по всему перечню номенклатуры, используемой в производстве. В IMF отражаются данные о наличных запасах на складе, запасах в пути, времени выполнения заказов (lead times).

Результатами работы MRP-модуля являются график заказов на закупку / производство материалов и комплектующих (Planned Order Schedule) и изменения к графику заказов на закупку/производство материалов и комплектующих (Changes in planned orders).

Planned Order Schedule - документ, расписывающий какое количество сырья, материалов, комплектующих должно быть заказано в каждый плановый период в течение всего горизонта планирования. Этот документ определяет внутривыпускной план сборки комплектующих и план внешних закупок.

Changes in planned orders – документ, содержащий корректировки ранее спланированных заказов на закупку/производство материалов и комплектующих.

Порядок работы MRP системы:

1. На основании объемно-календарного плана производства определяется количественный состав конечных изделий для каждого периода времени планирования;

2. К составу конечных изделий добавляются запасные части, не включаемые в объемно-календарный план.

3. В соответствии с BOM (bill of materials) определяется общая потребность в материальных ресурсах, которая распределяется по периодам времени планирования.

4. Общая потребность материалов корректируется с учетом состояния запасов для каждого периода времени планирования, определяется чистая потребность в материальных ценностях

(готовой продукции, запасных частей, комплектующих) [11]:

$$MPS_{plan(i)} = SS + ND_{(i)} - PAB_{(i-1)} - MPS_{firm(i)}, \quad (10.1)$$

где $MPS_{plan(i)}$ - плановый производственный заказ для i -ого периода времени;

SS - страховой запас;

$ND_{(i)}$ - чистая потребность (спрос нетто) в материале в i -м плановом периоде;

$PAB_{(i-1)}$ - прогнозируемый складской остаток на конец $(i-1)$ -ого планового периода;

$MPS_{firm(i)}$ - производственные заказы, подтвержденные в i -м плановом периоде.

5. Если чистая потребность в материале ($ND_{(i)}$) больше нуля, то системой автоматически создается заказ на материал. Составляется план-график заказов на закупку / производство материалов и комплектующих.

6. Чтобы предотвратить преждевременные поставки и задержки поставок в план-график заказов на закупку / производство вносятся изменения.

В результате работы MRP-программы создается план заказов на каждый отдельный материал на весь срок планирования, обеспечение выполнения которого необходимо для поддержки программы производства.

Пример 10.1:

Рассмотрим использование технологии MRP для продукта «А», структура которого приведена на рис. 10.1.

Продукт «А» состоит из узлов «В» и «Е». Узел «Е» приобретается у стороннего поставщика, а узел «В» производится на самом предприятии из комплектующих «С» и «D».

Горизонт планирования – 1 квартал, период или шаг планирования – 1 неделя. Данные по наличным запасам готовой продукции, узлов и комплектующих по состоянию на начало квартала приведены в табл. 10.1. Там же приведена информация по срокам выполнения заказов (lead-times) для каждого элемента рассматриваемой производственной системы запасов. Для простоты расчетов страховой запас не учитывается.

В табл. 10.2 представлены запланированные к производству (закупке) объемы готовой продукции, узлов и комплектующих. При этом потребность в узлах и комплектующих учитывается как самостоятельная потребность, не связанная с выпуском конечного продукта, то есть узлы и комплектующие рассматриваются как запасные части.

Необходимо составить план-график заказов на закупку / производство материалов и комплектующих (Planned Order Schedule). Результаты планирования приведены в табл. 10.3.

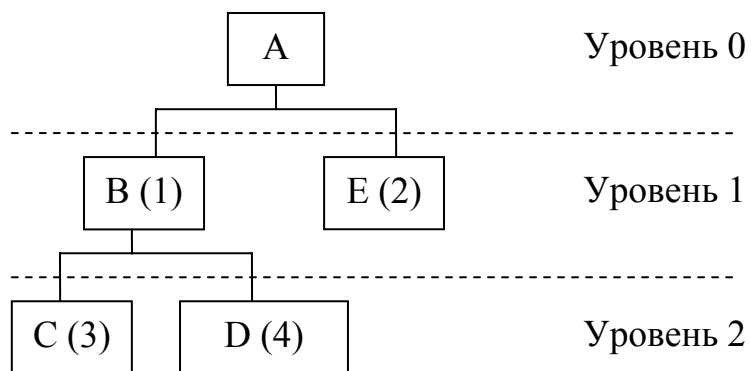


Рис. 10.1. Структура изделия «А»

Таблица 10.1

Данные спецификации и информация о состоянии запасов

Наименование элемента	Иерархический уровень	Пояснение	Количество в составе ГП	Наличный запас на начало планового периода	Lead-time, недель
A	0	ГП		400	1
B	1	узел	1	200	2
E	1	узел	2	400	3
C	2	комплектующее	3	1500	1
D	2	комплектующее	4	6000	1

Таблица 10.2

Главный график производства (объемно-календарный план)

Наименование элемента	Период, неделя											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A					2000					1800		
B					400					300		
E					600					300		
C					700					700		
D					1200					1000		

Рассмотрим процесс планирования заказов на закупку/производство готовой продукции, материалов и комплектующих (см. табл. 10.3).

Таблица 10.3

График заказов на закупку/производство готовой продукции, материалов и комплектующих

Наименование элемента	Параметр	Период, неделя									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А	ПП (плановая потребность)					2000					1800
	НЗ (наличный запас)	400	400	400	400	400					
	ЧП (чистая потребность)	-400	-400	-400	-400	1600	0	0	0	0	0
	Планируемый объем поставки					1600					1800
	Планируемый заказ				1600					1800	
Е	ПП (плановая потребность)				3200	600				3600	300
	НЗ (наличный запас)	400	400	400	400						
	ЧП (чистая потребность)	-400	-400	-400	2800	600	0	0	0	3600	300
	Планируемый объем поставки				2800	600				3600	300
	Планируемый заказ	2800	600				3600	300			
В	ПП (плановая потребность)				1600	400				1800	300
	НЗ (наличный запас)	200	200	200	200						
	ЧП (чистая потребность)	-200	-200	-200	1400	400	0	0	0	1800	300
	Планируемый объем поставки				1400	400				1800	300
	Планируемый заказ		1400	400				1800	300		
С	ПП (плановая потребность)		4200	1200		700		5400	900		700
	НЗ (наличный запас)	1500	1500								
	ЧП (чистая потребность)	-1500	2700	1200	0	700	0	5400	900	0	700
	Планируемый объем поставки		2700	1200		700		5400	900		700
	Планируемый заказ	2700	1200		700		5400	900		700	
D	ПП (плановая потребность)		5600	1600		1200		7200	1200		1000
	НЗ (наличный запас)	6000	6000	400							
	ЧП (чистая потребность)	-6000	-400	1200	0	1200	0	7200	1200	0	1000
	Планируемый объем поставки			1200		1200		7200	1200		1200
	Планируемый заказ		1200		1200		7200	1200		1200	

Процесс планирования начинается с конечного продукта – изделие «А» в нашем примере. Согласно объемно-календарному плану, на 5-й неделе запланирован выпуск 2000 ед. этого изделия. Поскольку на начало планового периода имеется запас изделия «А» в размере 400 ед., то для удовлетворения потребности на 5-й неделе необходимо выпустить 1600 ед. продукции. Поскольку lead-time для изделия «А» равен 1 неделе, заказ на производство потребуется разместить в начале 4-й недели. Кроме того, потребуется разместить заказ в размере 1800 ед. в начале 9-й недели для удовлетворения соответствующей потребности на 10-й неделе (табл. 10.3).

Рассмотрим теперь узел «В». Плановая потребность на изделие «В» складывается из спроса на него как на запасную часть, а также как на составную часть готовой продукции (изделие «А»). Согласно объемно-календарному плану, на 5-й неделе запланирован выпуск 400 ед. изделия «В». Однако на 4-й неделе в производство поступит заказ на готовую продукцию «А» в размере 1600 ед., что создает дополнительный спрос на продукт «В» в размере 1600 ед., поскольку для изготовления 1 единицы «А», согласно bill of materials, требуется 1 единица «В». Также соответственно потребуется 1800 и 300 ед. изделия «В» на 9-й и 10-й неделе. Поскольку на начало планового периода на складе предприятия имеется запас изделия «В», равный 200 ед., то для удовлетворения потребности в 1600 ед. на 4-й неделе потребуется допоставить 1400 ед. этого изделия. Поскольку время выполнения

заказа а пополнение запаса изделия «В» составляет 2 недели, то для удовлетворения потребности в изделии на 4-й, 5-й, 9-й и 10-й неделе потребуется разместить заказы на изготовление данного продукта в начале 2-й, 3-й, 7-й и 8-й недели, что и отражено в табл. 10.3.

Аналогично объемы и периодичность поставок можно определить для узла «Е» и комплектующих «С» и «D».

Среди пользователей MRP-систем существует расхождение в мнениях относительно необходимости учета при планировании страхового запаса. В пользу использования страхового запаса засчитывается тот факт, что зачастую механизм доставки комплектующих сторонними поставщиками не является достаточно надежным. В результате сбоев в поставках возможен дефицит необходимых комплектующих и остановка производства, которая обходится гораздо дороже, чем постоянно поддерживаемый страховой запас. Противники учета страхового запаса утверждают, что его отсутствие является одной из центральных особенностей концепции MRP, поскольку MRP-система должна быть гибкой по отношению к внешним факторам, вовремя вносить изменения в план заказов в случае непредвиденных и неустранимых задержек поставок. И это действительно так, если рассматривать случай производства изделий, спрос на которые относительно прогнозируем и контролируем и объем производства может быть установлен в производственной программе постоянным в течение некоторого, относительно длительного периода.

Так или иначе, проблема страхового запаса, включающая в себя не только само решение об учете страхового запаса, но и о выборе методики его расчета, является одной из наиболее существенных при использовании MRP.

Похожая проблема существует в отношении текущего запаса и определения объема заказа на пополнение запаса. Алгоритм расчетов неясен и оптимальность получаемых результатов может быть поставлена под сомнение.

Эффект от использования технологии MRP состоит в том, что она позволяет планировать время и объемы поступления каждого материала, тем самым способствуя снижению издержки на содержание запасов на складах.

Основные недостатки технологии MRP:

- может давать точные результаты лишь в условиях, когда все параметры системы (спрос, время поставки, время обработки и др.) детерминированы;
- подходит только для производственных систем и случая зависимого спроса на материальные ценности.

10.2. Методы определения оптимального размера заказа в MRP – системах

Для определения оптимальных размеров заказа на пополнение запаса в MRP-системах помимо модели экономичного размера заказа (EOQ) используется ряд методов [11; 41; 60; 61 и др.]:

- метод «партия за партией» (Lot-For-Lot – L4L);

- метод наименьших общих затрат (Least Total Cost – LTC);
- метод наименьших удельных затрат (Least Unit Cost – LUC);

- алгоритм Сильвера-Мила;
- алгоритм Вагнера-Уайтина;
- процедура Гроффа (Groff reorder procedure) и др.

Рассмотрим более подробно некоторые из вышеперечисленных подходов.

Метод «партия за партией» (Lot-For-Lot – LFL) обеспечивает точное соответствие объемов заказов чистым производственным потребностям в каждом периоде. То есть для каждого периода заказывается ровно столько, сколько требуется, ни больше, ни меньше. Запасы не переходят на следующий плановый период, поэтому затраты на хранение равны 0. В тоже время каждую неделю требуется осуществлять переналадку оборудования для выпуска нового объема изделий. Метод «партия за партией» приводит к самым большим затратам на пуско-наладочные работы и на размещение заказов.

Результаты расчетов размера оптимальной партии по методу LFL приведены в табл. 10.5. Исходные данные для примера приведены в табл. 10.4.

При расчетах принималось, что затраты на хранение рассчитываются как процент от цены продукции:

$$C_x = C_n \cdot f \cdot Q, \quad (10.2)$$

где C_n – цена единицы продукции, хранимой на складе;

f – доля от цены C_n , приходящаяся на затраты по хранению за период (в нашем примере – это 1 неделя);

Q – величина заказа для пополнения запаса.

Таблица 10.4

Исходные данные для расчета оптимального размера заказа в MRP-системах

Параметры	Номер периода, недели											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Плановая потребность в МЦ за период (неделю), ед - a_i	45	60	65	80	30	40	70	90	100	75	60	50
Затраты на заказ, руб. - C_z	5000											
Цена единицы продукции, руб. - C_n	100											
Доля от цены, приходящаяся на затраты по хранению в неделю- f	20%											

Таблица 10.5

Метод LFL

Период, неделя	Плановая потребность в МЦ, ед (a_i)	C_z	Q заказа	Запас на складе	C_x	Суммарные затраты
1	45	5000	45	0	0	5000
2	60	5000	60	0	0	5000
3	65	5000	65	0	0	5000
4	80	5000	80	0	0	5000
5	30	5000	30	0	0	5000
6	40	5000	40	0	0	5000
7	70	5000	70	0	0	5000
8	90	5000	90	0	0	5000
9	100	5000	100	0	0	5000
10	75	5000	75	0	0	5000
11	60	5000	60	0	0	5000
12	50	5000	50	0	0	5000
Итого						60000

Метод наименьших общих затрат (Least Total Cost – LTC) предполагает определение размера партии по результатам сравнения расходов на хранение и затрат на пуско-наладочные работы (или затрат на размещение заказа). Возможные объемы партии поставки определяются как комбинация объемов потребности в материальных ценностях в 1-м, 2-м, 3-м и k-м периоде (формула 10.3).

$$Q_k = \sum_1^k a_i, \quad (10.3)$$

где a_i – плановая потребность i-ого периода;

k – число последовательных периодов, потребности которых будут удовлетворены за счет заказываемого объема материальных ресурсов (Q).

В результате выбирается то значение партии (Q), при котором расходы на хранение и пуско-наладочные работы (затраты заказ) по значению наиболее близки друг другу:

$$\Delta = |C_{zk} - C_{xk}| \rightarrow \min, \quad (10.4)$$

где C_{zk} – затраты на заказ и переналадку;

C_{xk} – затраты на хранение за период (в неделю).

Результаты расчетов приведены в табл. 10.6 и 10.7. Исходные данные для расчетов взяты из табл. 10.4.

Исходя из условий табл. 10.4 затраты на заказ и переналадку для любого k-ого периода времени одинаковы.

Что касается затрат на хранение для k-ого периода (C_{zk}), то

их расчет представляет довольно сложный механизм. В основе лежит все та же формула (10.2), но вот только объем хранимого запаса рассчитывается по-другому.

При расчете затрат на хранение будем считать, что спрос каждого i -ого периода удовлетворяется полностью в начале этого периода, то есть:

- если мы решим закупить 45 ед. материального ресурса, что хватит нам ровно на одну неделю, то поступив на склад эти 45 единиц сразу же будут пущены в производство. Таким образом для периода $k=1$ мы имеем затраты на хранение в размере (см. табл. 10.6):

$$C_{x1}=(45-45) \cdot 100 \cdot 0,2=0 \text{ руб. ;}$$

- если мы будем закупать 105 ед. материального ресурса, что хватит на две недели ($k=2$), то затраты на хранение будут рассчитываться следующим образом (см. табл. 10.6):

$$C_{x2}=(105-45) \cdot 100 \cdot 0,2=1200 \text{ руб. ;}$$

- для закупки в размере 170 ед., которая позволит удовлетворить спрос в течение 3-х недель ($k=3$) затраты на хранение будут рассчитываться так (см. табл. 10.6):

$$C_{x3}=(170-45) \cdot 100 \cdot 0,2+(170-45-60) \cdot 100 \cdot 0,2=3800 \text{ руб.}$$

и т.д.

Таблица 10.6

Промежуточные результаты расчетов по методу LTC

Период, неделя i	Плановая потребность в МЦ, ед a_i	k	Затраты на заказ и пуско-наладочные работы	Величина заказа на пополнение запаса Q_k	Расходы на хранение Cx	Δ	Суммарные затраты C_{Σ}
1	45	1	5000	45	0	5000	5000
2	60	1÷2	5000	105	1200	3800	6200
3	65	1÷3	5000	170	3800	1200	8800
4	80	1÷4	5000	250	8600	3600	13600
5	30	1÷5	5000	280	11000	6000	16000
4	80	4	5000	80	0	5000	5000
5	30	4÷5	5000	110	600	4400	5600
6	40	4÷6	5000	150	2200	2800	7200
7	70	4÷7	5000	220	6400	1400	11400
8	90	4÷8	5000	310	13600	8600	18600
8	90	8	5000	90	0	5000	5000
9	100	8÷9	5000	190	2000	3000	7000
10	75	8÷10	5000	265	5500	500	10500
11	60	8÷11	5000	325	8600	3600	13600
11	60	11	5000	60	0	5000	5000
12	50	11÷12	5000	110	1000	4000	6000

Таблица 10.7

Итоговые результаты расчетов по методу LTC

Период, неделя i	Плановая потребность в МЦ, ед a_i	Величина заказа на пополнение запаса Q_k	Запас на складе	Затраты на заказ и пуско-наладочные работы	Расходы на хранение C_x	Суммарные затраты C_Σ
1	45	170	125	5000	2500	7500
2	60	0	65	0	1300	1300
3	65	0	0	0	0	0
4	80	220	140	5000	2800	7800
5	30	0	110	0	2200	2200
6	40	0	70	0	1400	1400
7	70	0	0	0	0	0
8	90	265	175	5000	3500	8500
9	100	0	75	0	1500	1500
10	75	0	0	0	0	0
11	60	110	50	5000	1000	6000
12	50	0	0	0	0	0
Итого						36200

Метод наименьших удельных затрат (Least Unit Cost – LUC) - многошаговый метод, при котором критерием для определения оптимального размера партии поставки служит минимум удельных затрат, связанных с запасами:

$$LUC_Q = \frac{\sum_{i=1}^k (C_z + C_x)}{\sum_{i=1}^k a_i} \rightarrow \min \quad (10.5)$$

Результаты расчетов приведены в табл. 10.8 и 10.9. Исходные данные также взяты из табл. 10.4.

Таблица 10.8

Промежуточные результаты расчетов по методу LUC

Период, неделя i	Плановая потребность в МЦ, ед a_i	k	Затраты на заказ и пуско-наладочные работы	Величина заказа на пополнение запаса Q_k	Расходы на хранение C_x	Суммарные затраты	LUC
1	45	1	5000	45	0	5000	111,1
2	60	1÷2	5000	105	1200	6200	59,04
3	65	1÷3	5000	170	3800	8800	51,8
4	80	1÷4	5000	250	8600	13600	54,4
4	80	4	5000	80	0	5000	62,5
5	30	4÷5	5000	110	600	5600	50,9
6	40	4÷6	5000	150	2200	7200	48
7	70	4÷7	5000	220	6400	11400	51,8
7	70	7	5000	70	0	5000	71,4
8	90	7÷8	5000	160	1800	6800	42,5
9	100	7÷9	5000	260	5800	10800	41,5
10	75	7÷10	5000	335	10300	15300	45,7
10	75	10	5000	75	0	5000	66,6
11	60	10÷11	5000	135	1200	6200	45,9
12	50	10÷12	5000	185	3200	8200	44,3

Таблица 10.9

Итоговые результаты расчетов по методу LUC

Период, неделя i	Плановая потребность в МЦ, ед a_i	Величина заказа на пополнение запаса Q_k	Запас на складе	Затраты на заказ и пуско-наладочные работы	Расходы на хранение C_x	Суммарные затраты C_Σ
1	45	170	125	5000	2500	7500
2	60	0	65	0	1300	1300
3	65	0	0	0	0	0
4	80	150	70	5000	1400	6400
5	30	0	40	0	800	800
6	40	0	0	0	0	0
7	70	260	190	5000	3800	8800
8	90	0	100	0	2000	2000
9	100	0	0	0	0	0
10	75	185	110	5000	2200	7200
11	60	0	50	0	1000	1000
12	50	0	0	0	0	0
Итого						35000

Алгоритм Сильвера-Мила – это эвристический подход, который позволяет определить число последующих этапов, потребности которых можно удовлетворить за счет размещения заказа в текущем периоде. Критерием принятия решения здесь являются суммарные затраты на размещение заказа и хранение, приведенные к одному периоду:

$$TCU_k = \frac{(C_{zk} + C_{xk})}{k} \rightarrow \min \quad (10.6)$$

Результаты расчетов приведены в табл. 10.10 и 10.11.

Таблица 10.10

Промежуточные результаты расчетов по методу Сильвера-Мила

Период, неделя	Длительность периода обеспечения запасами	Плановая потребность в МЦ, ед a_i	k	Затраты на заказ и пуско-наладочные работы	Величина заказа на пополнение запаса Q_k	Расходы на хранение C_x	Суммарные затраты	TCU (к)
1	1	45	1	5000	45	0	5000	5000
2	2	60	1÷2	5000	105	1200	6200	3100
3	3	65	1÷3	5000	170	3800	8800	2933
4	4	80	1÷4	5000	250	8600	13600	3400
4	1	80	4	5000	80	0	5000	5000
5	2	30	4÷5	5000	110	600	5600	2800
6	3	40	4÷6	5000	150	2200	7200	2400
7	4	70	4÷7	5000	220	6400	11400	2850
7	1	70	7	5000	70	0	5000	5000
8	2	90	7÷8	5000	160	1800	6800	3400
9	3	100	7÷9	5000	260	5600	10600	3533
9	1	100	9	5000	100	0	5000	5000
10	2	75	9÷10	5000	175	1500	6500	3250
11	3	60	9÷11	5000	235	3900	8900	2966
12	4	50	9÷12	5000	285	6900	11900	2975
12	1	50	12	5000	50	0	5000	5000

Таблица 10.11

Итоговые результаты расчетов по методу Сильвера-Мила

Период, неделя <i>i</i>	Плановая потребность в МЦ, ед <i>a_i</i>	Величина заказа на пополнение запаса <i>Q_k</i>	Запас на складе	Затраты на заказ и пуско-наладочные работы	Расходы на хранение <i>C_x</i>	Суммарные затраты <i>C_Σ</i>
1	45	170	125	5000	2500	7500
2	60	0	65	0	1300	1300
3	65	0	0	0	0	0
4	80	150	70	5000	1400	6400
5	30	0	40	0	800	800
6	40	0	0	0	0	0
7	70	160	90	5000	1800	6800
8	90	0	0	0	0	0
9	100	235	135	5000	2700	7700
10	75	0	60	0	1200	1200
11	60	0	0	0	0	0
12	50	50	0	5000	0	5000
					Итого	36700

Представляется интересным оценить, как на фоне полученных выше результатов расчета будут выглядеть результаты, полученные для модели ЕОQ.

Расчет параметров модели ЕОQ будем производить по формулам (5.6)-(5.8) на основе исходных данных из табл. 10.4. Результаты расчетов приведены в табл. 10.12.

В результате расчетов получим следующее значение оптимального размера заказа:

$$Q_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot C_3}{C_n \cdot f \cdot 12}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 765 \cdot 5000}{100 \cdot 0,2 \cdot 12}} \approx 179 \text{ ед.}$$

При расчете затрат на хранение единицы продукции вводится дополнительный множитель 12, поскольку в модели Харриса-

Уилсона используется значение ставки хранения единицы продукции на весь плановый период, который по условию нашего примера составляет 12 недель, а доля от цены, приходящаяся на затраты по хранению в неделю- f - в примере была дана за 1 неделю.

Тогда для числа партий поставок получим:

$$N = \sqrt{\frac{A \cdot C_n \cdot f}{2 \cdot C_s}} = \sqrt{\frac{765 \cdot 100 \cdot 0,2 \cdot 12}{2 \cdot 5000}} \approx 4$$

Соответственно периодичность поставок будет:

$$T = \frac{D}{N} = \frac{12}{4} = 3 \text{ недели}$$

Таблица 10.12

Результаты расчетов для модели ЕОQ

Период, неделя i	Плановая потребность в МЦ, ед a_i	Величина заказа на пополнение запаса Q_{opt}	Запас на складе	Затраты на заказ и пуско-наладочные работы	Расходы на хранение C_x	Суммарные затраты C_{Σ}
1	45	179	134	5000	2680	7680
2	60		74	0	1480	1480
3	65		9	0	180	180
4	80	179	108	5000	2160	7160
5	30		78	0	1560	1560
6	40		38	0	760	760
7	70	179	147	5000	2940	7940
8	90		57	0	1140	1140
9	100		-43	0	-860	-860
10	75	228	110	5000	2200	7200
11	60		50	0	1000	1000
12	50		0	0	0	0
A	765				Итого	35240

Необходимо отметить, что при условии неравномерно распределенного во времени спроса расчет объема поставок по модели EOQ может дать неточные результаты. Так по нашим расчетам получилось, что для удовлетворения заявленной плановой потребности в 765 ед. достаточно 4-х поставок по 179 ед., но 179×4 дает только 716 ед., то есть образуется дефицит в 49 ед. Для его покрытия одну из поставок придется увеличить на 49 ед. (это последняя 4-я поставка).

Представляется интересным сравнить результаты по затратам для всех рассмотренных выше методов, которые могут использоваться для расчета оптимального размера поставки в MRP-системах – см. табл. 10.13.

Таблица 10.13.

Сводная таблица по затратам для различных методов расчета оптимальной партии заказа в MRP-системах

Метод	Затраты на заказ, руб.	Затраты на хранение, руб.	Совокупные затраты, связанные с пополнением запасов, руб.
LFL	60000	0	60000
LTC	20000	16200	36200
LUC	20000	15000	35000
Сильвера-Мила	25000	11700	36700
EOQ	20000	15240	35240

Анализ таблицы 10.13 показывает, что использование различных методов приводит к разным результатам. При этом использование модели EOQ не обеспечивает лучших показателей по затратам на хранение и суммарным затратам на осуществле-

ние поставки в случае детерминированного спроса с переменной интенсивностью (неравномерно распределенного по времени и объемам).

10.3. Нормирование уровня запасов и оборотных средств, вложенных в запасы

Оборотные средства – это денежные средства, авансированные в оборотные производственные фонды и фонды обращения для обеспечения непрерывного процесса производства и реализации продукции [19].

Оборотные средства компании состоят из оборотных фондов и фондов обращения.

Оборотные фонды – это та часть производственных фондов, которая полностью потребляется в каждом производственном цикле, переносит всю свою стоимость на вновь созданную продукцию. К оборотным фондам относят предметы труда, которые находятся в производственных запасах и предметы труда, которые вступили в процесс производства (незаконченная продукция, полуфабрикаты и т.п.) [15].

Фонды обращения – часть оборотных средств, которая состоит из остатков готовой продукции на складе предприятий, товаров отгруженных, но не оплаченных покупателями, остатков денежных средств предприятий на расчетном счете в банке, кассе, в расчетах и дебиторской задолженности, а также вложения в краткосрочные ценные бумаги [19].

Нормирование оборотных средств – процесс установления норм и нормативов по нормируемой группе оборотных средств [19].

Норма оборотных средств – относительная величина, соответствующая минимальному, экономически обоснованному запасу товарно-материальных ценностей устанавливаемая в днях.

Норматив оборотных средств – минимально необходимая сумма денежных средств, обеспечивающих хозяйственную деятельность предприятия.

Нормирование оборотных средств направлено на решение двух основных задач:

1. обеспечить соответствие между размером оборотных средств и потребностью в них для обеспечения непрерывности хозяйственных процессов компании;

2. управлять размерами запасов посредством установленных нормативов.

Использование нормативов дает возможность анализировать состояние и эффективность использования оборотных средств компании.

Нормирование оборотных средств производится по следующим основным позициям:

- производственные запасы: сырье, материалы, покупные изделия;
- незавершенное производство;

- готовая продукция собственного производства;
- расходы будущих периодов.

Норматив оборотных средств, занятых в незавершенном производстве, рассчитывается по формуле:

$$H_{нэп} = C_{ср} \cdot T_n \cdot k_{нз} , \quad (10.7)$$

где $C_{ср}$ – среднедневной выпуск продукции по себестоимости, руб./день;

T_n – длительность производственного цикла изготовления продукции в днях;

$k_{нз}$ – коэффициент нарастания затрат.

Если затраты производства растут равномерно, то коэффициент нарастания затрат ($k_{нз}$) рассчитывается по формуле:

$$k_{нз} = \frac{M + 0,5 \cdot P}{C} , \quad (10.8)$$

где M – плановые затраты на основные материалы, руб.;

P – прочие элементы затрат, руб.;

C – плановая себестоимость единицы продукции, руб.

Если затраты производства растут неравномерно, то коэффициент нарастания затрат ($k_{нз}$) рассчитывается по формуле:

$$k_{нз} = \frac{C_{ср}}{\Pi} , \quad (10.9)$$

где $C_{ср}$ — средняя стоимость изделия в незавершенном производстве, руб.;

Π — производственная себестоимость изделия, руб..

Норматив оборотных средств на готовую продукцию рас-

считывается по формуле:

$$H_{ГП} = B_{д} \cdot N_{ГП}, \quad (10.10)$$

где $B_{д}$ – однодневый выпуск каждого изделия по производственной себестоимости, руб./день;

$N_{ГП}$ – норма оборотных средств для готовой продукции в днях.

Норма оборотных средств на готовую продукцию определяется временем с момента приемки продукции на склад до ее оплаты заказчиком и зависит от ряда факторов:

- порядок отгрузки и время, необходимое для приемки готовых изделий из цехов;
- время, необходимое для отбора и комплектования изделий в партию отгрузки в соответствии с заказами, нарядами, договорами;
- время, необходимое для упаковки и маркировки продукции;
- время, необходимое для доставки упакованной продукции со склада предприятия до железнодорожной станции, пристани и др.;
- время погрузки продукции в транспортные средства;
- время хранения продукции на складе.

Норматив оборотных средств в производственных запасах рассчитывается по формуле:

$$H_{ГП} = \lambda \cdot N_{з}, \quad (10.11)$$

где λ' – среднесуточное потребления в стоимостном выражении, у.е./день;

N_3 – норма запаса в днях.

При определении нормы производственных запасов в днях учитывают следующие факторы:

– время нахождения материалов в пути (норма транспортного запаса);

– время приемки, разгрузки, сортировки, складирования материалов (норма подготовительного запаса);

– время подготовки материалов к производству (норма технологического запаса) - учитывается только в тех производствах, где это предусматривает технология;

– время от момента размещения заказа у поставщика до момента его отгрузки со склада поставщика (норма текущего запаса);

– возможные отклонения во времени, вызванные сбоями в поставках (норма страхового запаса).

Общая величина производственного запаса на предприятии в днях рассчитывается как сумма всех вышеперечисленных отрезков времени. Для того чтобы определить величину производственного запаса в натуральном выражении необходимо производственный запас в днях умножить на однодневный расход материалов. Для того чтобы определить производственный запас в стоимостном выражении нужно производственный запас в натуральном выражении умножить на цену единицы материала. Про-

изводственные запасы рассчитываются по каждому виду материалов отдельно.

Для нормирования текущей и страховой составляющей запасов можно использовать статистические методы, подробно изложенные в Главе 3 настоящего пособия.

Для нормирования также можно использовать и так называемые «отраслевые» статистические зависимости, которые были разработаны рядом авторов в советское время, исходя специфики отдельных отраслей промышленности (см. табл. 10.14 для норм текущего запаса и табл. 10.15 для норм страхового запаса).

Таблица 10.14

Формулы для расчета норм текущей составляющей производственного запаса $N_{зТ}$ [32]

Автор метода, год	Расчетная формула
Айзенберг-Горский М.П., 1956 г.	$N_{зТ} = \frac{T_{cp} + S_{cp}}{2} - 1, \quad (10.12)$ <p>где T_{cp}- средний интервал времени между поставками, дни; S_{cp}- средний интервал между суточными отпусками, дни</p>
Баскин А.М., 1965 г.	$N_{зТ} = \frac{T_{cp} - S_{cp}}{2}, \quad (10.13)$ <p>где T_{cp}- средний интервал времени между поставками, дни; S_{cp}- средний интервал между суточными отпусками, дни</p>
Методика Минтяжмаша	$N_{зТ} = \frac{T_{cp}}{2} = \frac{\sum_i^N t_i}{2N}, \quad (10.14)$ <p>где t_i- интервал i-й поставки, дни; N- количество поставок (в год)</p>

Автор метода, год	Расчетная формула
Фасоляк Н.Д., 1972 г.	$N_{3T} = \frac{1}{2} \times \left[T_{cp} + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (t_i - T_{cp})^2}{N}} + \frac{1}{R_{cp}} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Q_i - Q_{cp})^2}{N}} \right], \quad (10.15)$ <p>где T_{cp}- средний интервал времени между поставками, дни; t_i- интервал i-й поставки, дни; N- количество поставок (в год); R_{cp}- среднесуточный расход; Q_i- объем i-й поставки; Q_{cp}- средний объем поставки</p>
Федорчук Б.К., 1967 г.	$N_{3T} = \frac{\sum_i Q_i t_i}{2 \sum_i Q_i}, \quad (10.16)$ <p>где Q_i- объем i-й поставки; t_i- интервал i-й поставки, дни</p>

Таблица 10.15

Формулы для расчета норм страховой составляющей производственного запаса N_{3C} [32]

Автор метода, год	Расчетная формула
Инютина К.В., 1969 г.	$N_{3C} = \gamma \cdot \sqrt{\frac{\sum_i (t_i - T_{cp})^2 \cdot Q_i}{\sum_i Q_i}}, \quad (10.17)$ <p>где t_i – интервал i-й поставки, дни; T_{cp} – средний интервал между поставками, дни; Q_i – объем i-й поставки; γ - коэффициент, показывающий надежность обеспечения запасом; N – количество поставок.</p>
Фасоляк Н.Д., 1977	$N_{3C} = K \times \frac{\sum_{j=1}^M (t_j - T_{cp}) \cdot Q_j}{\sum_{j=1}^M Q_j}, \quad (10.18)$ <p>где K – коэффициент, показывающий надежность обеспечения запасом; t_j – величины интервалов, большие T_{cp}; M – количество «опоздавших» поставок, т.е. $T_i > T_{cp}$; Q_j – объемы «опоздавших» поставок</p>

Автор метода, год	Расчетная формула
Щетина В.А. и др., 1988	$N_{3C} = \delta \cdot \frac{\sigma_{\tau}}{\sqrt{n}}, \quad (10.19)$ <p>где δ – параметр (аргумент) функции Лапласа $\Phi(\delta)$; σ_{τ} – среднее квадратическое отклонение интервала времени между поставками; n – максимальное количество поставок в году ретроспективного периода</p>

При расчетах по формулам из табл. 10.14 и 10.15 необходимо учитывать следующие особенности, которые оказывают существенное влияние на достоверность получаемых результатов:

- необходимость наличия статистических данных по поставкам и расходу за довольно длительный период времени;
- неоднозначность результатов, получаемых при обработке смешанных процессов, когда процесс поступления-расхода запасов формируется в виде четырех случайных величин: интервал времени между поставками; объем поставки; интервал времени между требованиями; объем требований (расход), тогда как в вышеуказанных «отраслевых» формулах учитывается в основном не более двух случайных величин.

Пример 10.2:

Рассчитаем норму текущего и страхового запаса по данным о поставке и расходе двигателей на складе автотранспортного предприятия, табл. 10.16.

Определим статистические характеристики параметров поставки и расхода двигателей. Вспомогательные расчеты приведе-

ны в табл. 10.17.

Таблица 10.16

Данные о поставках и расходе двигателей на складе автотранспортного предприятия [32]

Дата поставки	Интервал между поставками, дни	Объем поставки, ед.	Дата поступления требования	Интервал между требованиями, дни	Объем требований, ед.
02.январь.	1	10	02.январь.	1	5
13.январь.	11	2	05.январь.	3	5
23.январь.	10	2	11.январь.	6	5
17.январь.	4	5	17.январь.	6	6
30.январь.	3	8	25.январь.	8	4
31.январь.	1	16	31.январь.	6	4
13.февраль.	13	1	01.февраль.	1	2
18.февраль.	5	7	02.февраль.	1	4
22.февраль.	4	9	03.февраль.	1	1
23.февраль.	1	6	06.февраль.	3	1
24.февраль.	1	6	09.февраль.	3	9
			10.февраль.	1	1
			13.февраль.	3	7
			20.февраль.	7	3
			24.февраль.	4	9

Средний интервал между поставками: $T_{\text{ср}}=54/11= 4,9 \approx 5$ дней.

Среднее квадратическое отклонение интервала поставки:

$$\sigma_{\tau} = \sqrt{\frac{194,9}{11-1}} = 4,1 \approx 4 \text{ дня}$$

Средний объем поставки: $Q_{\text{ср}}=72/11=6,5$ ед.

Среднее квадратическое отклонение объема поставки:

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{184,73}{11-1}} = 4,3 \approx 4 \text{ ед.}$$

Средний интервал времени между требованиями:
 $S_{cp} = 54/15 = 3,6$ дней.

Таблица 10.17

Вспомогательная таблица для расчета норм текущей составляющей запасов двигателей [32]

Дата поставки	Интервал между поставками, дн.		Объем поставки, ед.		Дата поступления требования	Интервал между требованиями, дни		Объем требований, ед.	
	T_i	$(T_i - T_{cp})^2$	Q_i	$(Q_i - Q_{cp})^2$		S_i	$(S_i - S_{cp})^2$	R_i	$(R_i - R_{cp})^2$
02.январь	1	15,3	10	11,93	02.январь	1	6,76	5	0,36
13.январь	11	37,1	2	20,66	05.январь	3	0,36	5	0,36
23.январь	10	25,9	2	20,66	11.январь	6	5,76	5	0,36
17.январь	4	0,8	5	2,39	17.январь	6	5,76	6	2,56
30.январь	3	3,6	8	2,12	25.январь	8	19,36	4	0,16
31.январь	1	15,3	16	89,39	31.январь	6	5,76	4	0,16
13.февраль	13	65,5	1	30,75	01.февраль	1	6,76	2	5,76
18.февраль	5	0,0	7	0,21	02.февраль	1	6,76	4	0,16
22.февраль	4	0,8	9	6,02	03.февраль	1	6,76	1	11,56
23.февраль	1	15,3	6	0,30	06.февраль	3	0,36	1	11,56
24.февраль	1	15,3	6	0,30	09.февраль	3	0,36	9	21,16
-	-	-	-	-	10.февраль	1	6,76	1	11,56
-	-	-	-	-	13.февраль	3	0,36	7	6,76
-	-	-	-	-	20.февраль	7	11,56	3	1,96
-	-	-	-	-	24.февраль	4	0,16	9	21,16
Суммы	54	194,9	72	184,73	-	54	83,6	66	95,6

Выполним расчеты нормы текущего запаса по формулам (см. табл. 10.14):

М.П. Айзенберг-Горского: $N_{зт} = \frac{5 + 3,6}{2} - 1 = 3,3$ дня

А.М. Баскина: $N_{зт} = \frac{5 - 3,6}{2} = 0,7$ дней

$$\text{Минтяжмаша: } N_{зт} = \frac{54}{2 \cdot 11} = 2,45 \text{ дня}$$

$$\text{Н.Д. Фасоляка: } N_{зт} = \frac{1}{2} \left[5 + 4 + \frac{4}{4,4} \right] \approx 5 \text{ дней}$$

$$\text{Б.К.Федорчука: } N_{зт} = \frac{(1 \cdot 10 + 11 \cdot 2 + 10 \cdot 2 + \dots + 1 \cdot 6)}{2 \cdot 72} = \frac{208}{144} = 1,44 \text{ дня}$$

Для определения нормы страхового запаса по формулам табл. 10.15, необходимо выполнить вспомогательные расчеты, табл. 10.18.

Таблица 10.18

Вспомогательная таблица для расчета норм страховой составляющей запасов двигателей [32]

Дата поставки	Интервал между поставками, дни, T_i	Объем поставки, ед., Q_i	$T_i \cdot Q_i$	$(T_i - T_{ср})^2 \cdot Q_i$	Q_j для $T_i > T_{ср}$	$(T_j - T_{ср}) Q_j$ для $T_i > T_{ср}$
02.январь	1	10	10	152,81	-	-
13.январь	11	2	22	74,20	2	12,18
23.январь	10	2	20	51,83	2	10,18
17.январь	4	5	20	4,13	-	-
30.январь	3	8	24	29,16	-	-
31.январь	1	16	16	244,50	-	-
13.февраль	13	1	13	65,46	1	8,09
18.февраль	5	7	35	0,06	7	0,64
22.февраль	4	9	36	7,44	-	-
23.февраль	1	6	6	91,69	-	-
24.февраль	1	6	6	91,69	-	-
Суммы	54	72	208	812,96	12	31,09

Рассчитаем норму страхового запаса по формуле К.В. Инютиной:

$$N_{сз} = 2 \sqrt{\frac{(1 - 4,9)^2 \cdot 10 + (11 - 4,9)^2 \cdot 2 + \dots + (1 - 4,9)^2 \cdot 6}{72}} = 2 \times \sqrt{\frac{812,96}{72}} = 6,7 \text{ дней}$$

Рассчитаем норму страхового запаса по формуле Н.Д. Фасо-

ляка:

$$N_{сз} = 2 \times \frac{((11 - 4,9) \cdot 2 + (10 - 4,9) \cdot 2 + (13 - 4,9) \cdot 1 + (5 - 4,9) \cdot 7)}{(2 + 2 + 1 + 7)} = 2 \times \frac{31,09}{12} = 5,2 \text{ дня}$$

Рассчитаем норму страхового запаса по формуле В.А. Щетины:

$$N_{сз} = 1,65 \times \frac{4}{\sqrt{11}} = 2,09 \text{ дня}$$

10.4. Вопросы и задания для самостоятельной работы

1. Поясните сущность и специфику «зависимого спроса».
2. В чем заключается сущность методики MRP?
3. Назовите и охарактеризуйте основные источники информации для MRP-планирования.
4. Назовите основные этапы MRP-планирования.
5. Расшифруйте аббревиатуры: MPS, BOM, IMF.
6. Какие методические подходы могут использоваться для определения оптимального объема заказа в MRP-системах? Охарактеризуйте каждый из методов.
7. Что понимается под нормой и нормативом оборотных средств в производственных запасах?
8. Зачем необходимо нормировать оборотные средства в запасах?
9. На основе исходных данных, приведенных в табл. 10.19, определите оптимальный объем заказа на пополнение запаса, используя методы: EOQ, LFL, LTC, LUC, Сильвера-Мила.

Таблица 10.19

Исходные данные для решения задачи

Неделя							
1	2	3	4	5	6	7	8
Потребность в комплектующем, ед.							
100	120	200	240	300	250	180	200
Цена комплектующего, у.е./ед.						20	
%от цены, приходящийся на хранение						30	
Затраты на заказ, у.е.						800	

10. На основе информации структуре изделия «подшипник опорный» (рис. 10.2) и спецификации этого изделия (таблица 10.20) рассчитать годовую потребность в материалах и комплектующих при планируемом выпуске готового изделия в размере 1400 единиц.

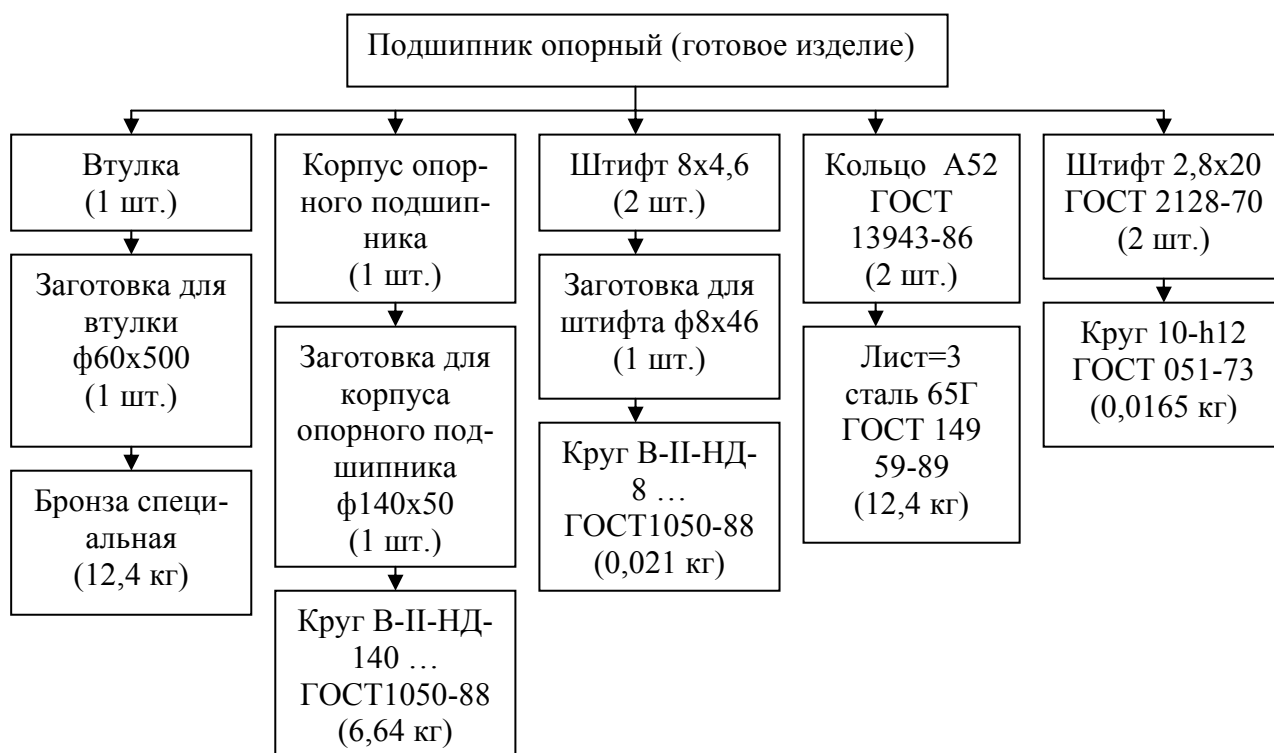


Рис.10.2. Структура готового изделия [5]

Таблица 10.20

Спецификация готового изделия

Уровень	Позиция	Описание	Кол-во	Ед. изм.
0	2-4121-00-020	Подшипник опорный (готовое изделие)		шт.
1	2-3502-00-032	Втулка	1	шт.
2	6-3502-00-032	Заготовка для втулки ф60х500	1	шт.
3	5-114-08-000-000	Бронза специальная	12,4	кг
1	2-4121-00-021	Корпус опорного подшипника	1	шт.
2	6-4121-00-021	Заготовка для корпуса опорного подшипника ф140х50	1	шт.
3	5-001-01-140-004	Круг В-II-НД-140 ... ГОСТ1050-88	6,64	кг
1	2-4121-00-022	Штифт 8х4,6	2	шт.
2	6-4121-00-022	Заготовка для штифта ф8х46	1	шт.
3	5-0007-01-008-004	Круг В-II-НД-8 ... ГОСТ1050-88	0,021	кг
1	4-06-00-052-01-019	Кольцо А52 ГОСТ 13943-86	2	шт.
2	5-028-02-021-028	Лист=3 сталь 65Г ГОСТ 14959-89	0,12	кг
1	4-13-08-020-20-058	Штифт 2,8х20 ГОСТ 2128-70	2	шт.
2	5-002-01-010-005	Круг 10-h12 ГОСТ 051-73	0,0165	кг

11. Охарактеризуйте основные статистические модели расчета норм текущей и страховой составляющих запасов.

12. На основе данных в табл. 10.21 рассчитать значения норм текущего и страхового запасов в днях, используя «отраслевые» формулы (табл. 10.14 и 10.15). Значение коэффициентов, связанных с надежностью обеспечения запасом (вероятностью отсутствия дефицита) примите равным 1,63.

Таблица 10.21

Исходные данные для решения задачи

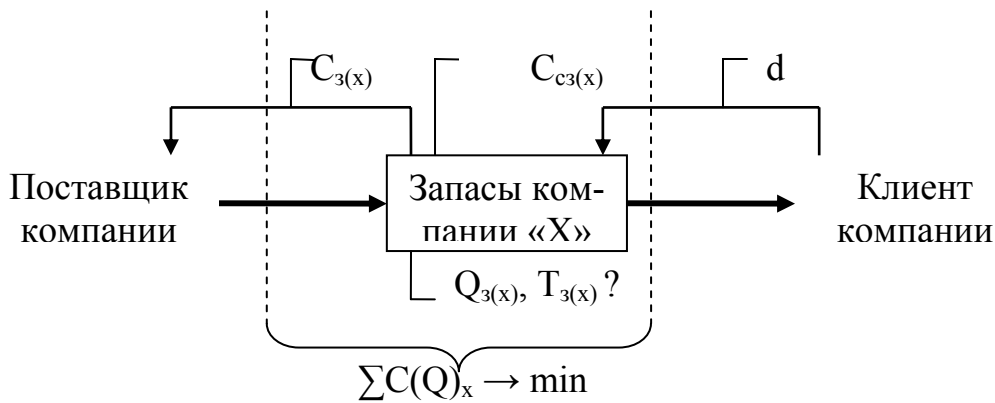
Дата	Приход, шт.	Расход, шт.	Дата	Приход, шт.	Расход, шт.
08.01.2004	20	7	10.06.2004		5
12.01.2004		18	22.06.2004		10
05.02.2004	40	6	25.06.2004	34	8
16.02.2004		10	12.07.2004		5
05.03.2004		12	16.07.2004		18
20.03.2004		12	28.07.2004	34	14
08.04.2004		9	10.08.2004	44	16
10.04.2004		12	16.08.2004		12
13.04.2004	30	11	07.09.2004		18
20.04.2004		7	16.09.2004	37	
22.04.2004		14	07.10.2004		18
14.05.2004		4	20.10.2004		16
20.05.2004		14	05.11.2004	40	17
26.05.2004	35		03.12.2004	45	10
07.06.2004		12	06.12.2004		10

11. ЗАПАСЫ КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК

11.1. Интеграционный подход к управлению запасами в цепях поставок

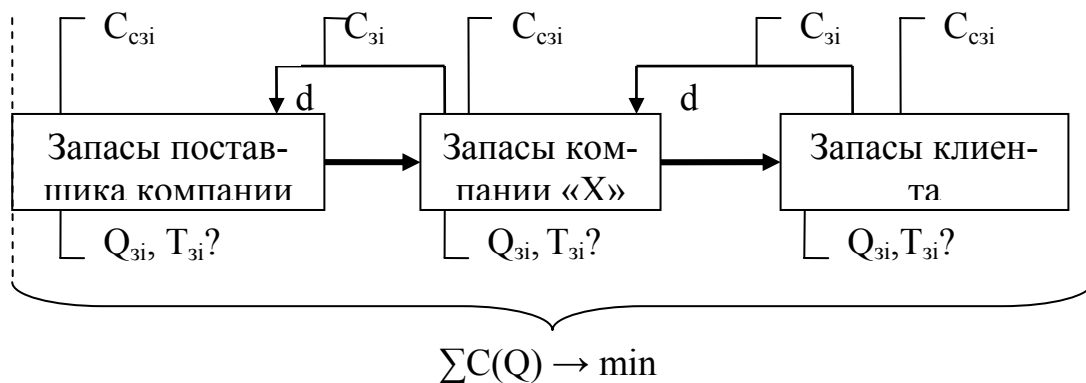
Традиционно в теории управления запасами рассматривается случай так называемых «изолированных» запасов: в цепи поставок выделяется одна целевая компания (склад), относительно которой изучаются процессы пополнения и расходования запасов, определяется оптимальная периодичность снабжения, объемы поставок и величина страхового запаса. В расчетных моделях предполагается, что решения в сфере управления запасами, принимаемые относительно рассматриваемого целевого склада, не повлияют на ситуацию с запасами у других участников цепи поставок (рис. 11.1).

Логистический подход к управлению запасами подразумевает переход от систем «изолированных» складов к интегрированным системам, в которых запасы, размещаемые на различных этапах продвижения материального потока в цепях поставок, рассматриваются как единый объект управления (рис. 11.2).



$C_{з(x)}$ – затраты на заказ для целевой компании; $C_{сз(x)}$ – затраты на содержание запасов для целевой компании; d – спрос на продукцию; $Q_{з(x)}$ – размер заказа на пополнение запасов для целевой компании; $T_{з(x)}$ – периодичность размещения заказов на пополнение запасов для целевой компании; $\sum C(Q)_x$ – суммарные затраты целевой компании, связанные с запасами

Рис.11.1. Традиционный подход к управлению запасами



$C_{зi}$ – затраты на заказ для i -ого звена цепи поставок (логистической системы); $C_{сзi}$ – затраты на содержание запасов для i -ого звена цепи поставок (логистической системы); d – спрос на продукцию; $Q_{зi}$ – размер заказа на пополнение запасов для i -ого звена цепи поставок (логистической системы); $T_{зi}$ – периодичность размещения заказов на пополнение запасов для i -ого звена цепи поставок (логистической системы); $\sum C(Q)$ – совокупные затраты системы, связанные с запасами

Рис. 11.2. Логистический (интеграционный) подход к управлению запасами

Идея интеграционного подхода к управлению запасами в логистических системах как никогда актуальна в условиях глобализации мировой экономики и появления сетевых структур в

бизнесе. К сетевым структурам относятся объединения компаний, совместно осуществляющих комплекс мероприятий по производству и (или) распределению различной продукции (услуг). Примерами сетевых структур являются транснациональные производственные компании с территориально распределенными производственными подразделениями, дилерские сети автопроизводителей, сетевые компании розничной торговли. По разным оценкам, на сетевые компании в настоящее время приходится более половины мирового промышленного производства и до 75% продаж готовой продукции [10; 16 и др.].

11.2. Многоуровневые системы запасов

Для сетевых бизнес-структур и технологически сложных производств характерны следующие особенности:

- материальные запасы в них формируются на нескольких иерархических уровнях, соответствующих определенному технологическому этапу производства, либо положению запаса в цепи поставок;

- между запасами существует взаимосвязь и взаимозависимость, обусловленные спецификой технологии производства и сбыта.

Пример многоуровневого размещения запасов в логистической системе приведен на рис. 11.3. Как показано на рисунке, в производстве электровоза задействованы 17 компаний из 8 городов Российской Федерации. Запасы размещаются на 4-х уровнях

(«заготовки» - «комплектующие» - «узлы и аппаратура» - «готовая продукция»). На каждом уровне есть несколько возможных точек размещения запасов – предприятий-изготовителей соответствующего оборудования и комплектующих.

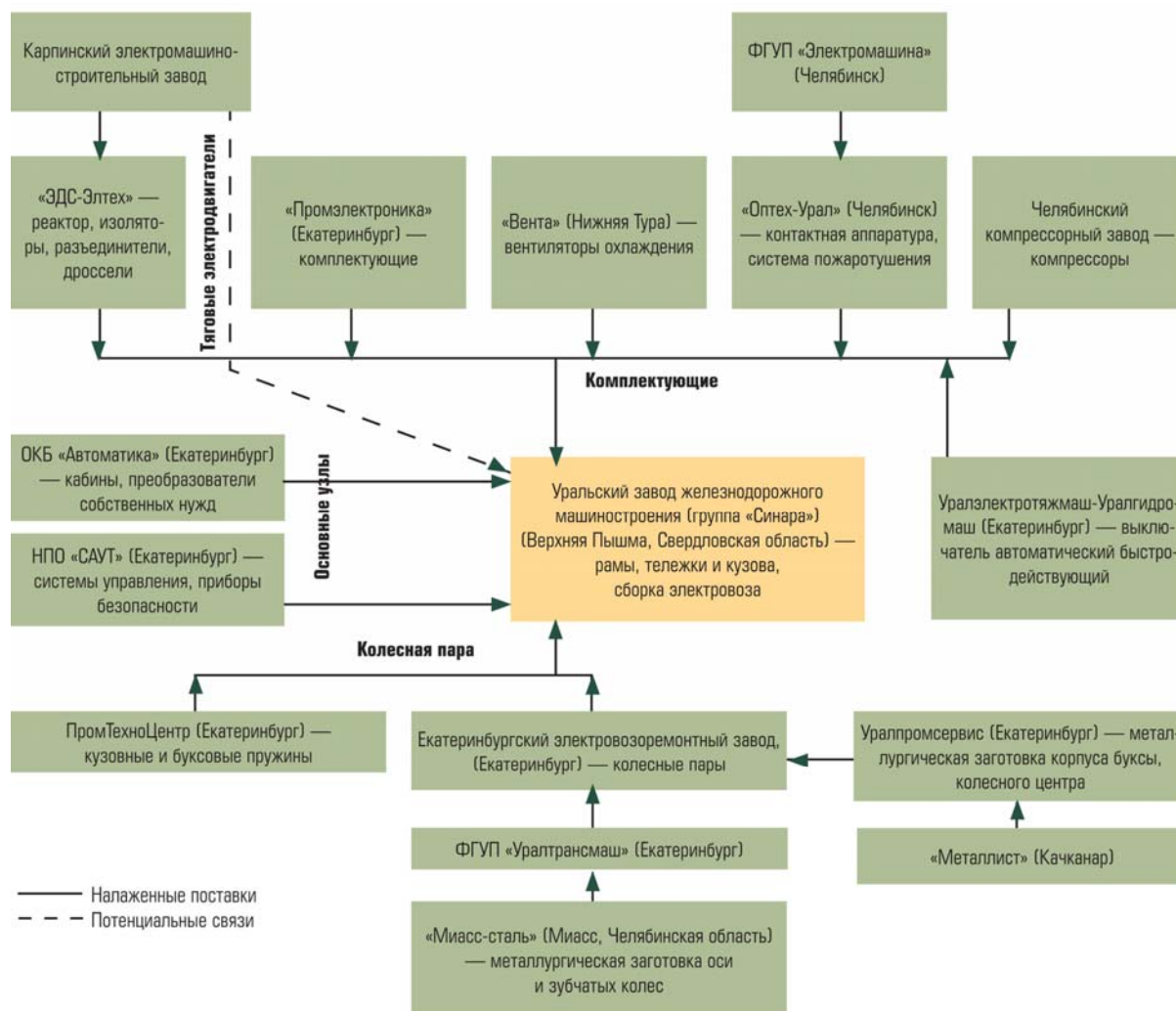


Рис. 11.3. Структура многоуровневого размещения запасов на примере логистической системы группы «Синара» [9]

Интеграционный подход к управлению запасами предполагает рассмотрение материальных ресурсов, хранимых на разных стадиях производственного и сбытового процесса у разных участников цепей поставок, как систему.

Под многоуровневой системой запасов в рамках настоящего учебного пособия будем понимать совокупность однородных по номенклатуре запасов, формируемых у различных участников цепей поставок и взаимосвязанных в процессе продвижения материального потока от его источника до конечных потребителей.

В структуре многоуровневых систем запасов (см. рис. 11.4) можно выделить элементы и уровни.

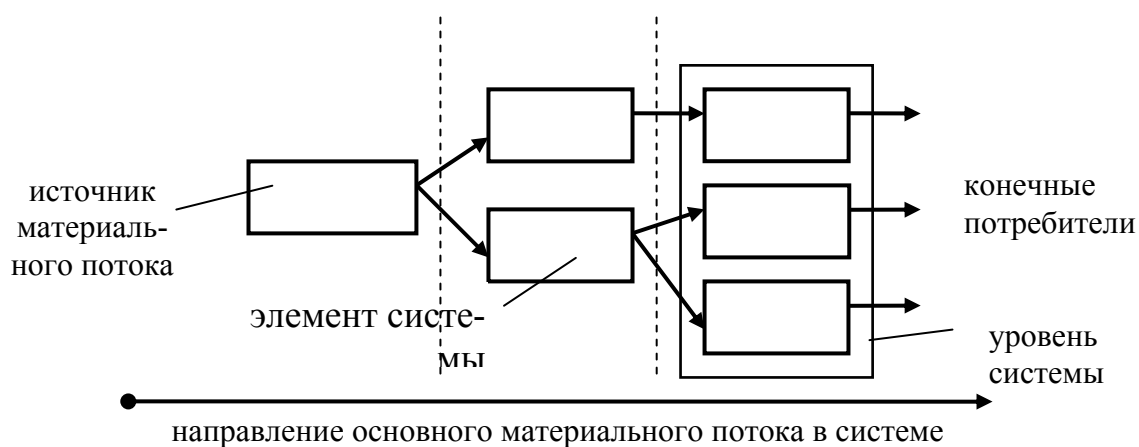


Рис. 11.4. Принципиальная схема структуры многоуровневой системы запасов

Элемент многоуровневой системы – это функционально обособленный объект, не подлежащий дальнейшей декомпозиции в рамках поставленной задачи управления запасами, в котором осуществляются процессы формирования запасов, их физическое размещение, а также принимаются соответствующие управленческие решения. Элементами (или звеньями) многоуровневых систем могут выступать склады в распределительных сетях; склады и распределительные центры в производственных сетевых структурах; рабочие места (агрегаты), при которых форми-

руются технологические запасы комплектующих, сборочных узлов и т.п.

Понятие «уровень системы» отражает иерархический характер размещения запасов; уровни соответствуют определенному технологическому этапу производства либо положению запаса в цепи поставок.

Как показал анализ работ [48; 50], существует 4 основных типа структур многоуровневого размещения запасов в логистических системах: линейная (серийная, последовательная), концентрационная (конвергентная, сборочная, пирамидальная), распределительная (дивергентная, древовидная) и комбинированная (комплексная) - табл. 11.1.

Линейная структура: на каждом уровне системы может существовать не более одного элемента.

Концентрационная структура: число параллельных элементов в системе уменьшается в направлении движения основного материального потока, и каждый элемент системы имеет не более одного непосредственного последователя.

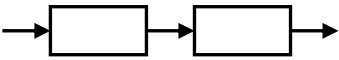
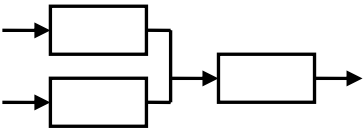
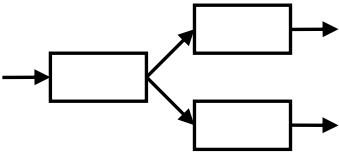
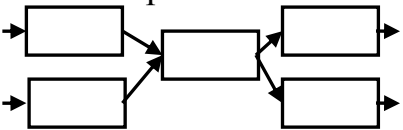
Распределительная структура: число параллельных элементов в системах увеличивается в направлении движения материального потока, причем каждый элемент системы имеет не более одного непосредственного предшественника.

Комбинированная структура: в системе нет ограничений по числу предшествующих и последующих элементов, ее структура

может иметь черты серийных, сборочных и распределительных систем одновременно.

Таблица 11.1

Типы структур многоуровневого размещения запасов в логистических системах

Тип структуры	Область распространения
<p>Линейная (последовательная)</p> 	<p><u>Сфера производства:</u> изготовление метизов, деталей: заготовка или полуфабрикат трансформируется в готовый продукт благодаря серии последовательных операций (штамповка, нарезка, обточка и т.п.)</p> <p><u>Сфера распределения:</u> например, система «склад предприятия» - «склад сбытового подразделения (магазин при предприятии)»</p>
<p>Концентрационная (сборочная)</p> 	<p><u>Сфера производства:</u> любая сборка конечной продукции из некоторого числа компонентов; характерна для машиностроения, химической и фармацевтической промышленности и др. отраслей</p> <p><u>Сфера распределения:</u> формирование комплектов взаимодополняющих товаров (подарочные наборы, персональные компьютеры (продажа), стройматериалы)</p> <p><u>Типичная структура для сетей снабжения</u></p>
<p>Распределительная</p> 	<p><u>Сфера распределения:</u> типичная структура любой сбытовой сети с центральным складом, региональными оптовыми складами (склады дистрибьюторов) и складами дилеров, обслуживающих спрос конечных потребителей</p> <p><u>Сфера производства:</u> обрабатывающая промышленность (производство пиломатериалов из древесины; нефтепереработка; виноделие и т.п.)</p>
<p>Комбинированная</p> 	<p><u>Сфера производства:</u> технологически сложные производства, где одни и те же компоненты могут после обработки входить в состав сразу нескольких изделий</p> <p>Характерны также для производственно-распределительных сетей</p>

В зависимости от способа взаимосвязи элементов, можно выделить многоуровневые системы размещения запасов с прямыми связями, с обратной связью (с возвратными потоками), с горизонтальными связями (системы с «внутрисистемным отпуском» - lateral transshipment) и с резервными связями.

Системы с прямыми связями – это системы, в которых материальный поток от уровня к уровню передается лишь в одном направлении (рис. 11.5).

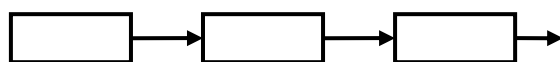


Рис. 11.5. Система с прямыми связями

Системы с обратной связью - это системы, в которых возможны возвратные материальные потоки между элементами, находящимися на различных уровнях (рис. 11.6).

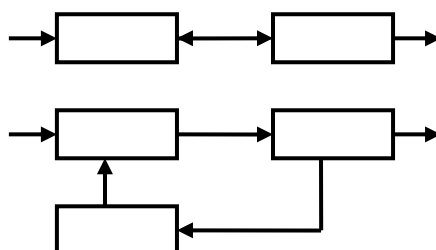


Рис. 11.6. Системы с обратной связью

Системы с горизонтальными связями (внутрисистемный отпуск, lateral transshipment). В подобных системах возможен взаимный обмен материальными ресурсами, находящимися в запасах, размещенных на одном и том же иерархическом уровне (рис. 11.7).

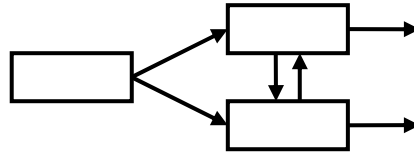


Рис. 11.7. Система с горизонтальным обменом (внутрисистемным отпуском)

Системы с резервными связями (с гибкой связью) – это системы, в которых движение материального потока возможно не только между элементами соседних иерархических уровней, но и через уровень (рис. 11.8).

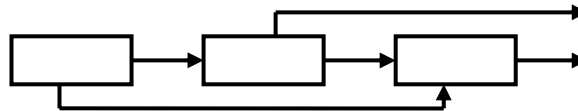


Рис. 11.8. Система с резервными связями (с гибкой связью)

Как показывает практика, часто в системах встречается сразу несколько типов связей между элементами.

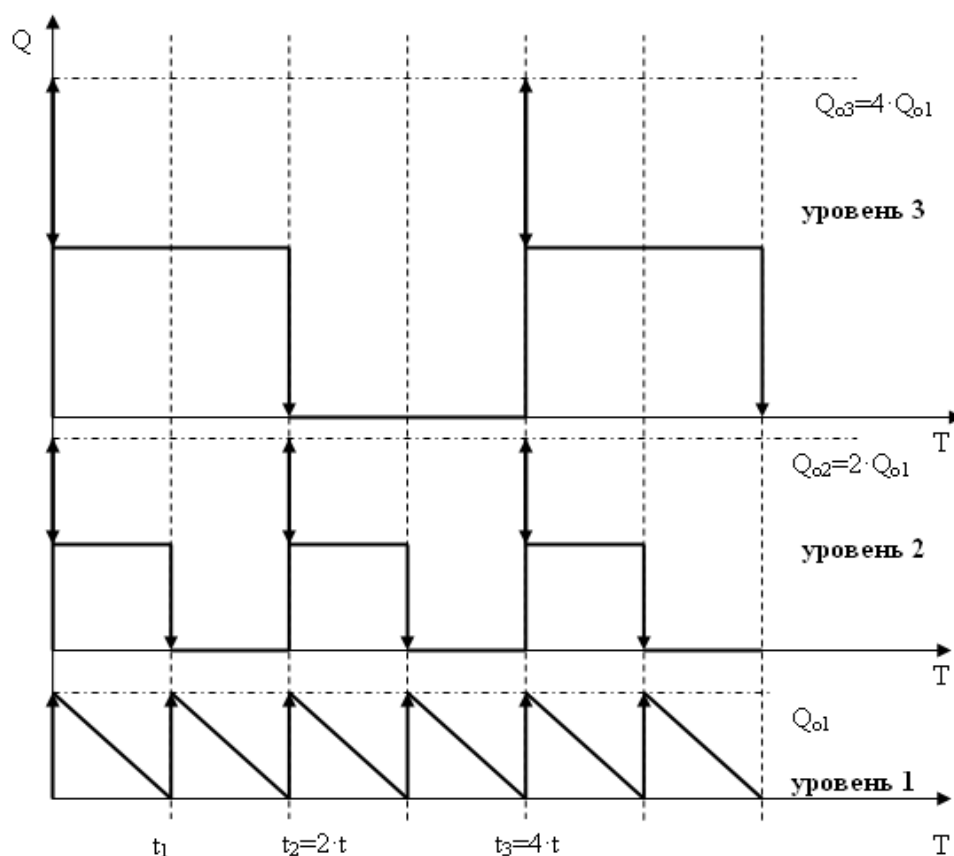
11.3. Интеграционная модель ЕОQ

Классическая модель ЕОQ Харриса-Уилсона позволяет определить оптимальный объем и периодичность размещения заказов на пополнения запасов для случая односкладских («изолированных») систем при условии детерминированного спроса.

Интеграционный подход при определении оптимального объема и периодичности размещения заказов на пополнения запасов в логистических системах заключается в следующем:

- оптимальная периодичность и объемы заказов сразу для звеньев системы рассчитываются таким образом, чтобы минимизировать совокупные затраты в системе в целом;

- осуществляется координация материального потока между уровнями системы в процессе осуществления поставок по времени и объему за счет формирования кратных партий отправок (см. рис. 11.9).

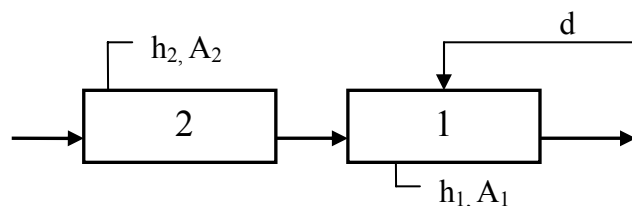


Q_i – оптимальный размер заказа для i -ого уровня; t_i – оптимальная периодичность поставок для i -ого уровня

Рис. 11.9. Координация материального потока на примере трехуровневой системы размещения запасов линейной конфигурации

Попытка учета взаимосвязи между отдельными звеньями при управлении запасами в логистических системах сделана в ра-

боте Свена Аксатера [48], где на примере двухуровневой системы размещения запасов линейной конфигурации (рис. 11.10) были получены зависимости для определения оптимальной величины заказа, которые в работах [48; 59] называются «эшелонированной моделью EOQ (multi echelon EOQ)».



A_i – затраты на заказ для пополнения запасов i -ого уровня; h_i – затраты на содержание запаса i -ого уровня; d – плановая потребность (спрос) на готовую продукцию

Рис.11.10. Двухуровневая система запасов линейной конфигурации

Принцип работы эшелонированных моделей такой же, как и у классической модели оптимального размера заказа Харриса-Уилсона. Целевой функцией в моделях являются суммарные затраты, связанные с закупками и содержанием запасов. Искомые переменные – объемы заказов на пополнение запаса, при которых целевая функция минимизируется. Основное отличие эшелонированных моделей состоит в том, что рассматривается не одна, а несколько точек размещения запасов.

Основными условиями, определяющими возможность использования эшелонированных EOQ-моделей, являются следующие:

- детерминированная конечная потребность в материальных ресурсах (имеется в виду потребность в готовой продукции в

сфере производства и / или распределения);

- постоянная и равномерно распределенная во времени интенсивность потребления у конечных потребителей;

- постоянное время выполнения заказа;

- фиксированные составляющие затрат на запасы.

В работе Свена Аксатера (Sven Axsäter) [48] основные расчетные формулы эшелонированной модели EOQ были получены с учетом следующих условий и ограничений:

1. Спрос на продукцию для уровня «1» детерминирован, равномерно распределен во времени и имеет постоянную интенсивность в течение всего рассматриваемого периода;

2. Затраты на заказ (A_i) и содержание запасов (h_i) неизменны в течение всего рассматриваемого периода времени.

3. Продукция на уровнях «1» и «2» является неделимой и одной единице изделия на уровне «1» соответствует одна единица изделия на уровне «2».

4. Между объемами заказов для уровней «1» и «2» системы установлено отношение:

$$Q_{o2} = k \cdot Q_{o1}, \quad (11.1)$$

где k - некоторое целое положительное число (показатель кратности партий);

Q_{oi} – оптимальный размер запаса на i -м уровне системы.

5. В системе предполагается возможность мгновенной поставки заказа: в случае поступления заказа от звена системы на уровне «1» в размере Q_{o1} часть запаса на уровне «2» в размере Q_{o1}

может быть сразу же отгружена клиенту на уровне «1», см. рис. 11.11. Таким образом средний запас на уровне «2» за цикл будет:

$$\bar{Q}_2 = \frac{(k-1) \cdot Q_1}{2} \quad (11.2)$$

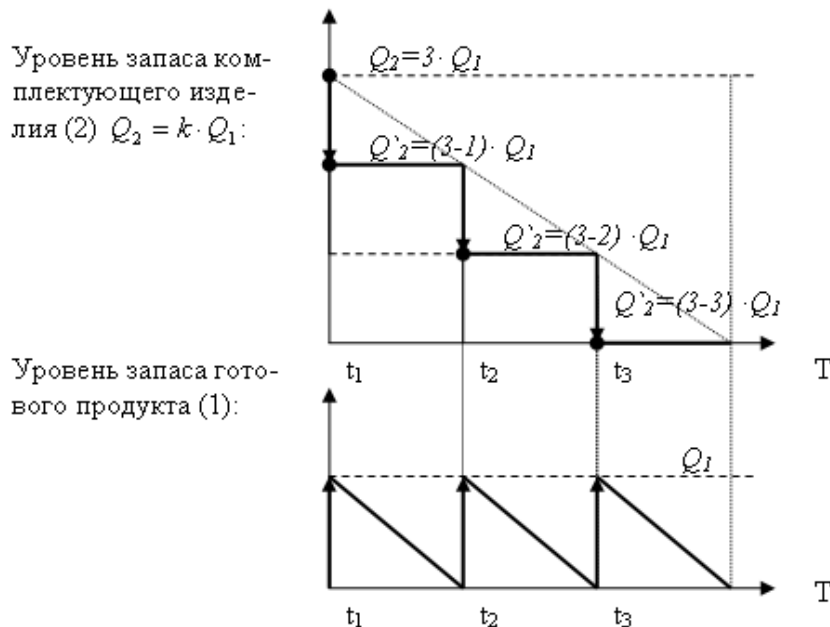


Рис. 11.11. Взаимосвязь уровней запасов изделий «1» и «2» при $k = 3$

Из рисунка 11.11 видно, что спрос на уровне «2» имеет ярко выраженный дискретный характер, что обусловлено координацией поставок на уровнях «1» и «2».

Рассмотрим порядок вывода расчетных формул эшелонированной модели EOQ с учетом описанных выше условий.

Затраты на заказ на уровне «1» составляют:

$$C_{з1} = \frac{A_1 \cdot d}{Q_1} \quad (11.3)$$

Затраты на хранение запаса на уровне «1»:

$$C_{xp1} = \frac{Q_1 \cdot h_1}{2} \quad (11.4)$$

Учитывая то, что запасы на уровне «2» создаются исключительно для обеспечения потребления на уровне «1», а также принимая во внимание условия 3 и 5, затраты на заказ на уровне «2» можно представить следующим образом:

$$C_{з2} = \frac{A_2 \cdot d}{k \cdot Q_1} \quad (11.5)$$

С учетом условия 6 затраты на хранение на уровне «2» составят:

$$C_{xp2} = \frac{Q_1 \cdot (k-1) \cdot h_2}{2} \quad (11.6)$$

Таким образом суммарные затраты, связанные с запасами, в системе (рис. 11.10) составят:

$$C_{\Sigma} = C_{з1} + C_{xp1} + C_{з2} + C_{xp2} = \frac{A_1 \cdot d}{Q_1} + \frac{Q_1 \cdot h_1}{2} + \frac{A_2 \cdot d}{k \cdot Q_1} + \frac{Q_1 \cdot (k-1) \cdot h_2}{2} \quad (11.7)$$

Функция суммарных затрат на запасы для случая двухуровневой системы линейной конфигурации (формула 11.7) – это выпуклая функция от двух переменных – Q_1 и k . Поэтому для нахождения значения Q_1 можно взять первую производную от выражения (11.7) по Q_1 , приравнять ее к 0 и выразить искомый параметр:

$$\begin{aligned} \frac{dC_{\Sigma}}{dQ_1} &= \frac{(h_1 + h_2 \cdot (k-1))}{2} - \frac{d}{Q_1^2} \times \left(A_1 + \frac{A_2}{k} \right); \\ \frac{dC_{\Sigma}}{dQ_1} &= \frac{(h_1 + h_2 \cdot (k-1))}{2} - \frac{d}{Q_1^2} \times \left(A_1 + \frac{A_2}{k} \right) = 0; \end{aligned} \quad (11.8)$$

В результате получим выражение для расчета оптимального размера заказа на уровне «1» системы:

$$Q_{opt1} = \sqrt{\frac{2 \cdot d \cdot \left(A_1 + \frac{A_2}{k} \right)}{h_1 + h_2 \cdot (k-1)}} \quad (11.9)$$

Подставив выражение (11.9) в формулу общих затрат (11.7) вместо Q_1 , получим выражение для расчета суммарных минимальных затрат:

$$C_{\Sigma \min} = \sqrt{2 \cdot d \cdot \left(A_1 + \frac{A_2}{k} \right) \cdot (h_1 + h_2 \cdot (k-1))} \quad (11.10)$$

Для нахождения коэффициента k в работе возьмем производную $d(C_{\Sigma \min})^2 / dk$, приравняем ее к 0 и выразим искомый параметр [48]:

$$\frac{d(C_{\Sigma \min})^2}{dk} = \left(2 \cdot d \cdot \left(A_1 + \frac{A_2}{k} \right) \cdot (h_1 + h_2 \cdot (k-1)) \right)' = 2 \cdot h_2 \cdot d \cdot A_1 - \frac{2 \cdot h_1 \cdot d \cdot A_2}{k^2} + \frac{2 \cdot h_2 \cdot d \cdot A_2}{k^2}; \quad (11.11)$$

$$\frac{d(C_{\Sigma \min})^2}{dk} = 0; \quad 2 \cdot h_2 \cdot d \cdot A_1 - \frac{2 \cdot h_1 \cdot d \cdot A_2}{k^2} + \frac{2 \cdot h_2 \cdot d \cdot A_2}{k^2} = 0; \quad A_1 \cdot h_2 = \frac{A_2(h_1 - h_2)}{k^2}$$

Таким образом получим выражение для расчета коэффициента k :

$$k = \sqrt{\frac{A_2 \cdot (h_1 - h_2)}{A_1 \cdot h_2}} \quad (11.12)$$

Поскольку k должно быть целочисленным, округление значения, полученного по формуле (11.12), осуществляют по следующему правилу [48]:

Если $k' < 1$ (k' -это значение, найденное по формуле (24)), то $k=1$; если $k' > 1$ и $m \leq k' < m+1$ (m – некоторое целое положительное число), то $k=m$ при $k'/m \leq (m+1)/k'$; в противном случае $k'=m+1$.

Аналогично округление происходит и для значений Q_{opt1} [48]:

Если $m \leq Q' < m+1$, где m – некоторое целое положительное число, то $Q = m$ при $Q'/m \leq (m+1)/Q'$; в противном случае $Q' = m+1$.

Оптимальный размер заказа на уровне «2» вычисляется по формуле (11.1), в которую подставляются найденные по формулам (11.12) и (11.9) значения k и Q_{opt1} .

Пример 11.1:

Рассмотрим двухуровневую цепь поставок «оптовый склад» - «ритейлер». По данным ритейлера спрос на продукт «X» составляет 40000 ед. в год. При этом затраты на размещение заказа для ритейлера составляют 100 у.е., а для оптовика – 200 у.е. Рассчитаем объемы оптимальных партий заказа для ритейлера и оптовика в 3-х случаях:

1. когда затраты на содержание запаса одинаковы для ритейлера и оптовика ($h_1 = h_2 = 5$ у.е.);

2. когда затраты на содержание запаса у оптовика выше, чем у ритейлера (5 у.е. и 2 у.е. за 1 продукции соответственно) - $h_1 < h_2$;

3. когда затраты на содержание запаса у оптовика меньше, чем у ритейлера (2 у.е. и 5 у.е. за 1 продукции соответственно) - $h_1 > h_2$;

Прежде всего, по формуле (11.12) рассчитаем коэффициент k для каждого случая:

При $h_1 = h_2$:

$$k_1 = \sqrt{\frac{A_2 \cdot (h_1 - h_2)}{A_1 \cdot h_2}} = \sqrt{\frac{200 \cdot (5 - 5)}{100 \cdot 5}} = 0$$

получается, что в этом случае запас на 2-м уровне (у оптовика) не хранится.

При $h_1 < h_2$:

$$k_1 = \sqrt{\frac{A_2 \cdot (h_1 - h_2)}{A_1 \cdot h_2}} = \sqrt{\frac{200 \cdot (2 - 5)}{100 \cdot 5}} = \sqrt{-1,2} = \text{комплексное число}$$

при таком соотношении определить коэффициент k с точки зрения математики вообще не возможно.

При $h_1 > h_2$:

$$k_1 = \sqrt{\frac{A_2 \cdot (h_1 - h_2)}{A_1 \cdot h_2}} = \sqrt{\frac{200 \cdot (5 - 2)}{100 \cdot 2}} = 1,732 \approx 2$$

Следовательно, для варианта $h_1 > h_2$ можно рассчитать значения Q_{opt1} и Q_{opt2} по формулам (11.9) и (11.1) соответственно:

$$Q_{opt1} = \sqrt{\frac{2 \cdot d \cdot \left(A_1 + \frac{A_2}{k} \right)}{h_1 + h_2 \cdot (k - 1)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 40000 \cdot \left(100 + \frac{200}{2} \right)}{5 + 2 \cdot (2 - 1)}} \approx 1512 \text{ ед.}$$

$$Q_{o2} = k \cdot Q_{o1} = 2 \cdot 1512 = 3024 \text{ ед.}$$

Рассчитаем также суммарные минимальные затраты (формула (11.10)):

$$C_{\Sigma \min} = \sqrt{2 \cdot d \cdot \left(A_1 + \frac{A_2}{k} \right) \cdot (h_1 + h_2 \cdot (k - 1))} = \sqrt{2 \cdot 40000 \cdot \left(100 + \frac{200}{2} \right) \cdot (5 + 2 \cdot (2 - 1))} = 10583 \text{ y.e.}$$

Как показали проведенные нами расчеты (см. пример 11.1), возможность применения зависимостей, предложенных Свенном Аксатером в работе [48], ограничена условием: $h_2 < h_1$, то есть затраты на хранение на втором уровне (центральный склад) должны быть всегда ниже затрат на складах первого уровня (региональные склады). Данное утверждение базируется на том, что затраты на хранение традиционно определяются как процент от

стоимости продукции, а стоимость продукции на региональных складах увеличивается за счет дополнительных затрат на транспортировку и грузообработку:

$$h_2 = C \cdot f < h_1 = (C + \Delta C) \cdot f, \quad (11.13)$$

где C – цена продукции;

ΔC – добавленная стоимость;

f - процент от цены продукции, приходящийся на затраты по хранению.

В тоже время неравенство (11.13) не всегда справедливо, поскольку склады на разных уровнях логистических систем могут быть по-разному оснащены, система расчета тарифа на складские услуги может быть разной, что может привести к ситуации, когда $h_2 \geq h_1$.

Анализ формулы (11.12) эшелонированной модели EOQ, рассматриваемой в работе [48], показывает, что:

- если $h_2 > h_1$, то коэффициент k становится комплексным числом (при расчетах получается квадратный корень из отрицательного числа);

- если $h_2 = h_1$, то коэффициент $k = 0$, и зависимость для Q_{o2} теряет смысл;

- если $k \leq 1$, то запас на 2-м уровне не хранится.

Чтобы преодолеть эти ограничения можно ввести дополнительное условие о том, что в случае поступления заказа от звена системы на уровне «1» в размере Q_{o1} часть запаса на уровне «2» в размере Q_{o1} не отгружается клиенту на уровне «1» сразу, а под-

лежит хранению в течение первого цикла. Таким образом для обозначения кратности объемов заказов используется уже множитель $(k+1)$. В результате произойдет корректировка расчетных формул (см. табл. 11.2 – вариант ИНЖЭКОНа). Графически различие между двумя рассматриваемыми моделями показано на рис. 11.12.

Таблица 11.2

Параметры интеграционной модели ЕОQ для двухуровневого размещения запасов (Вариант ИНЖЭКОНа)

Параметр	Расчетная формула
Оптимальный размер заказа для уровня «1»	$Q_{o1} = \sqrt{\frac{2 \cdot d \cdot \left(A_1 + \frac{A_2}{k} \right)}{h_1 + h_2 \cdot (k+1)}}$
Оптимальный размер заказа для уровня «2»	$Q_{o2} = k \cdot Q_{o1}$
Параметр кратности партий	$k = \sqrt{\frac{A_2 \cdot (h_1 + h_2)}{A_1 \cdot h_2}}$
Суммарные минимальные затраты в системе	$C_{\Sigma \min} = \sqrt{2 \cdot d \cdot \left(A_1 + \frac{A_2}{k} \right) \cdot (h_1 + h_2 \cdot (k+1))}$

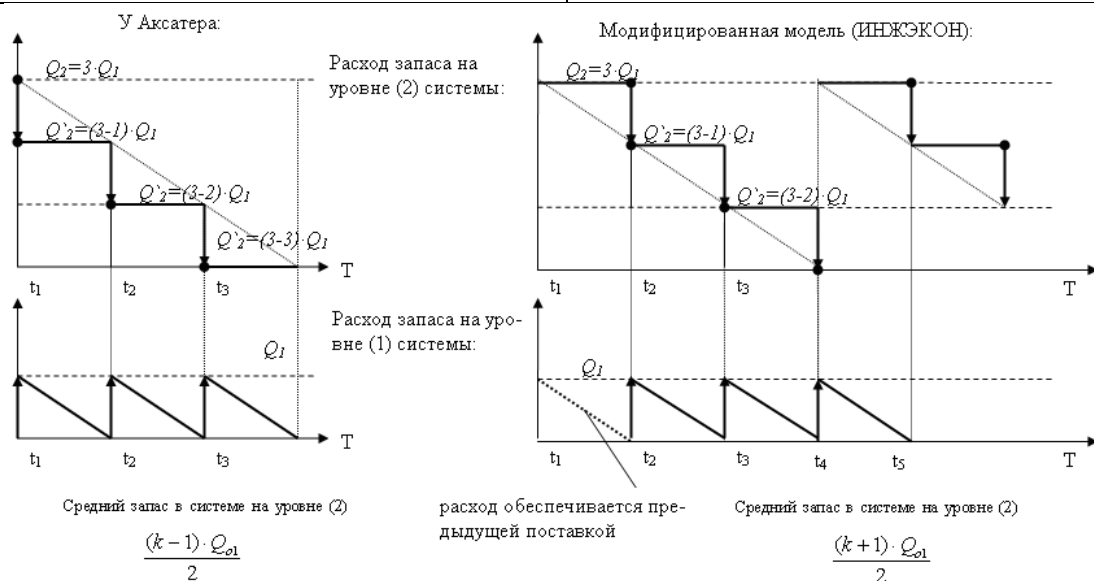


Рис. 11.12. Альтернативные подходы к описанию процесса расходования запасов

Пример 11.2:

Рассмотрим цепь поставок «оптовый склад» - «ритейлер» с теми же параметрами, что и в примере 11.1, но расчеты будем осуществлять уже с использованием формул из табл. 11.2 (вариант ИНЖЭКОНа).

рассчитаем коэффициент k для каждого случая:

при $h_1 = h_2$:

$$k = \sqrt{\frac{A_2 \cdot (h_1 + h_2)}{A_1 \cdot h_2}} = \sqrt{\frac{200 \cdot (5 + 5)}{100 \cdot 5}} = 2$$

тогда

$$Q_{o1} = \sqrt{\frac{2 \cdot d \cdot \left(A_1 + \frac{A_2}{k}\right)}{h_1 + h_2 \cdot (k+1)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 40000 \cdot \left(100 + \frac{200}{2}\right)}{5 + 5 \cdot (2+1)}} \approx 894 \text{ ед.}$$

$$Q_{o2} = k \cdot Q_{o1} = 2 \cdot 894 = 1788 \text{ ед.}$$

$$C_{\Sigma \min} = \sqrt{2 \cdot d \cdot \left(A_1 + \frac{A_2}{k}\right) \cdot (h_1 + h_2 \cdot (k+1))} = \sqrt{2 \cdot 40000 \cdot \left(100 + \frac{200}{2}\right) \cdot (5 + 5 \cdot (2+1))} = 17888,55 \text{ у.е.}$$

при $h_1 < h_2$:

$$k = \sqrt{\frac{A_2 \cdot (h_1 + h_2)}{A_1 \cdot h_2}} = \sqrt{\frac{200 \cdot (2 + 5)}{100 \cdot 5}} = 1,67 \approx 2$$

тогда

$$Q_{o1} = \sqrt{\frac{2 \cdot d \cdot \left(A_1 + \frac{A_2}{k}\right)}{h_1 + h_2 \cdot (k+1)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 40000 \cdot \left(100 + \frac{200}{2}\right)}{2 + 5 \cdot (2+1)}} \approx 970 \text{ ед.}$$

$$Q_{o2} = k \cdot Q_{o1} = 2 \cdot 970 = 1940 \text{ ед.}$$

$$C_{\Sigma \min} = \sqrt{2 \cdot d \cdot \left(A_1 + \frac{A_2}{k}\right) \cdot (h_1 + h_2 \cdot (k+1))} = \sqrt{2 \cdot 40000 \cdot \left(100 + \frac{200}{2}\right) \cdot (2 + 5 \cdot (2+1))} = 16492,42 \text{ у.е.}$$

при $h_1 > h_2$:

$$k = \sqrt{\frac{A_2 \cdot (h_1 + h_2)}{A_1 \cdot h_2}} = \sqrt{\frac{200 \cdot (5 + 2)}{100 \cdot 2}} = 2,6 \approx 3$$

тогда

$$Q_{o1} = \sqrt{\frac{2 \cdot d \cdot \left(A_1 + \frac{A_2}{k} \right)}{h_1 + h_2 \cdot (k+1)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 40000 \cdot \left(100 + \frac{200}{3} \right)}{5 + 2 \cdot (3+1)}} \approx 1013 \text{ ед.}$$

$$Q_{o2} = k \cdot Q_{o1} = 3 \cdot 1013 = 3039 \text{ ед.}$$

$$C_{\Sigma \min} = \sqrt{2 \cdot d \cdot \left(A_1 + \frac{A_2}{k} \right) \cdot (h_1 + h_2 \cdot (k+1))} = \sqrt{2 \cdot 40000 \cdot \left(100 + \frac{200}{3} \right) \cdot (5 + 2 \cdot (3+1))} = 13165,61 \text{ у.е.}$$

Проведенные нами расчеты показали, что для модели с $(k+1)$ характерны следующие ограничения:

– если $h_1 < h_2$ и $A_1 = A_2$, либо $A_1 < A_2$ менее чем в 2 раза, то $k = 1$.

– практически всегда при $h_1 < h_2$ и $A_1 > A_2$ $k = 1$.

Если проанализировать ограничения двух моделей (модели Аксатера и модели ИНЖЭКОНа), то можно сделать вывод о том, что модели дополняют друг-друга.

Также было установлено, что при больших значениях k ($k \geq 3$) результаты значений Q_i и C_{Σ} , полученные с использованием моделей с $(k-1)$ и $(k+1)$ становятся очень близкими (см. рис. 11.13 и 11.14). Однако больших значений k можно добиться лишь при большой разнице в затратах на заказ и хранение между складами уровней «1» и «2», например, разница между затратами на хранение должна составлять 9 и более раз!

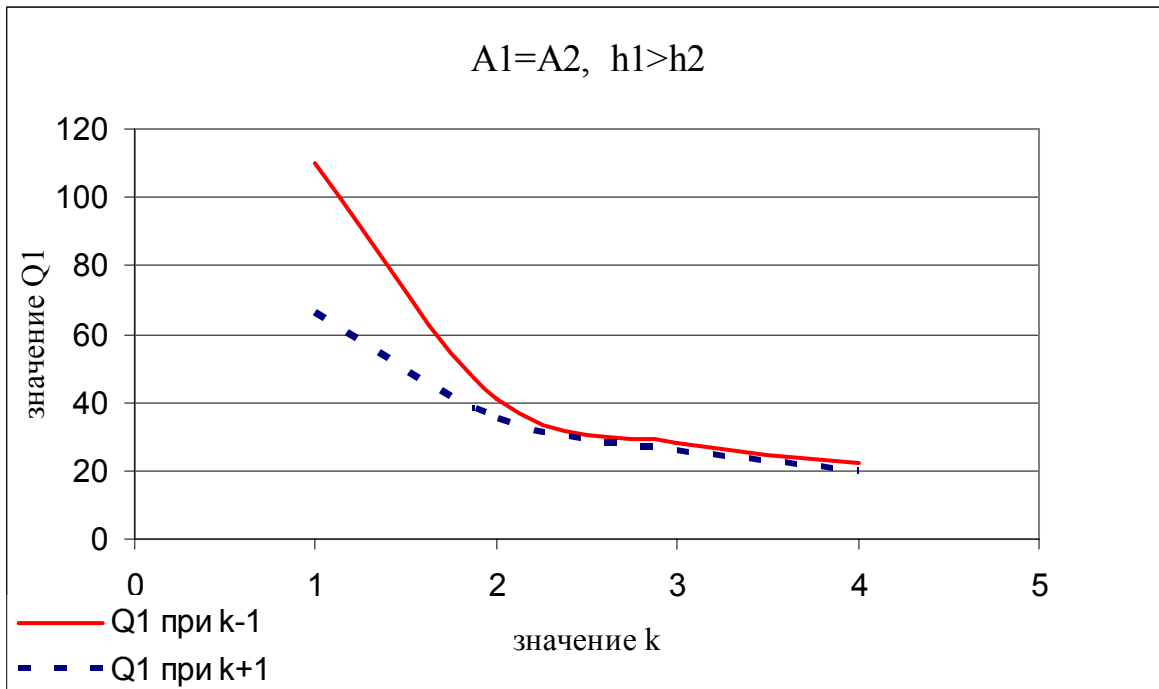


Рис. 11.13. Сходимость значений Q_1 в моделях с $(k-1)$ и $(k+1)$ при различных значениях k

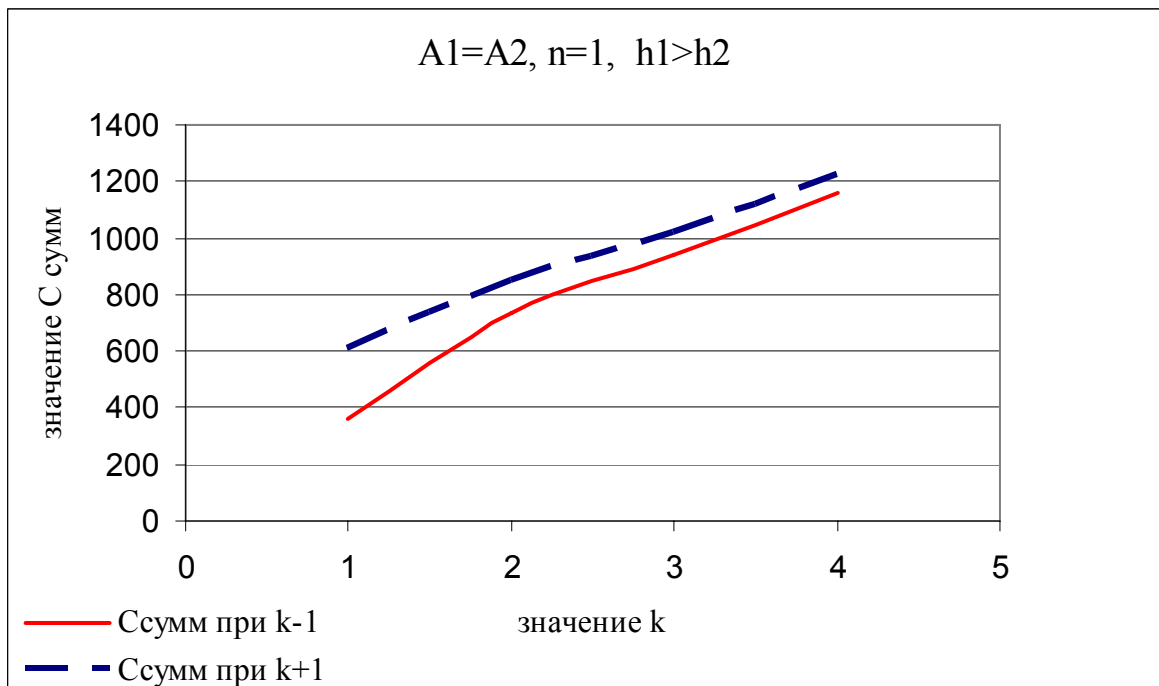


Рис. 11.14. Сходимость значений C_{Σ} в моделях с $(k-1)$ и $(k+1)$ при различных значениях k

Для оценки эффекта от интеграции при управлении запасами в двухуровневой системе линейной конфигурации сопоставим расчеты расчетов по формулам из табл. 11.2 со случаем, когда решения в области управления запасами на уровне «1» и «2» не координировались (см. табл. 11.3).

Таблица 11.3

Случай независимого принятия решений в сфере управления запасами на уровнях «1» и «2» (нескоординированная модель)

Параметр	Формулы для расчета
Оптимальный размер заказа для уровня «1»	$Q_{o1} = \sqrt{\frac{2 \cdot d \cdot A_1}{h_1}}$
Оптимальный размер заказа для уровня «2»	$Q_{o2} = k \cdot Q_{o1}$
Параметр кратности партий	$k = \frac{1}{Q_{o1}} \times \sqrt{\frac{2 \cdot d \cdot A_2}{h_2}} = \sqrt{\frac{A_2 \cdot h_1}{A_1 \cdot h_2}}$
Суммарные минимальные затраты в системе $-C_{\Sigma min}$ для случая немгновенной отгрузки	$\sqrt{2 \cdot d} \cdot \left(\sqrt{A_1 \cdot h_1} + \sqrt{A_2 \cdot h_2} + \frac{h_2}{2} \cdot \sqrt{\frac{A_1}{h_1}} \right)$

Суть нескоординированной модели заключается в следующем: звено системы на уровне «1» рассчитывает объем заказа на пополнение своего запаса по классической формуле Харриса-Уилсона, ориентируясь только на свои локальные затраты; звено на уровне «2» подстраивается под запросы, поступающие от звена на уровне «1», заказывая всегда объем запаса $k \cdot Q_{o1}$.

В таблице 11.4 приведены результаты расчетов параметров модели EOQ для случая двухуровневой системы размещения запасов линейной конфигурации при координированном и неско-

ординированном вариантах с использованием эшелонированной модели EOQ в формулировке ИНЖЭКОНа.

Таблица 11.4

Результаты вычислений для случая двухуровневой системы

Дано	Вариант 1	Вариант 2
Спрос на продукцию (d)	1000	400
Затраты на заказ для уровня «1» (A_1)	10	10
Затраты на заказ для уровня «2» (A_2)	20	40
Затраты на хранение для уровня «1» (h_1)	3	3
Затраты на хранение для уровня «2» (h_2)	12	5
Расчетные показатели при интегрированном управлении		
Параметр кратности партий - k	2	3
Q_{opt1}	32	28
Q_{opt2}	64	84
$C_{\Sigma_{инт}}$	1249	655
Расчетные показатели при «изолированном» управлении		
Q_1	82	52
Q_2	82	104
$C_{\Sigma_{изол}}$	1472	698
Экономический эффект по затратам		
$(C_{\Sigma_{изол}} - C_{\Sigma_{инт}}) / C_{\Sigma_{изол}}$	15,2%	6,22%

Проведенные нами вычисления показали, что эффект от интеграции может составлять от 6% до 15% в зависимости от соотношения затрат на хранение и заказ в системе.

В тоже время представляет интерес оценка того, как меняются индивидуальные значения затрат для уровней «1» и «2» в случае интегрированного и независимого принятия решений в сфере управления запасами. Результаты расчетов приведены в таблице 11.5.

Таблица 11.5

Значения затрат для уровней 1 и 2 в случае интегрированного и независимого принятия решений в сфере управления запасами

Исходные данные	различные варианты сочетания затрат				
Спрос на продукцию (d)	1000	1000	1000	1000	1000
Затраты на заказ для уровня «1» (A_1)	10	10	10	10	20
Затраты на заказ для уровня «2» (A_2)	10	20	10	20	10
Затраты на хранение для уровня «1» (h_1)	3	3	4,5	3,3	3,3
Затраты на хранение для уровня «2» (h_2)	3	12	3	3	3
C_1 координ в модели с (k-1)	259,46	Не возможно	317,88	296,82	370,90
C_1 некоординир в модели с (k-1)	244,95	244,95	300,00	256,91	363,32
C_1 координ в модели с (k+1)	249,75	360,50	318,52	269,49	382,00
C_1 некоординир в модели с (k+1)	244,95	244,95	300,00	256,91	363,32
C_2 координ в модели с (k-1)	86,96	Не возможно	106,38	148,15	74,07
C_2 некоординир в модели с (k-1)	121,95	243,90	149,25	256,41	90,91
C_2 координ в модели с (k+1)	350,25	888,50	317,88	431,94	365,00
C_2 некоординир в модели с (k+1)	367,95	1227,90	350,25	490,41	420,91

Результаты расчетов (табл. 11.5) показывают, что в случае интегрированного управления запасами для двухуровневой системы линейной конфигурации суммарные затраты ниже, чем в случае нескоординированного принятия решений. Однако при координации происходит увеличение затрат для одного из звеньев по сравнению с нескоординированным вариантом; в нашем примере увеличение затрат произошло для звена первого уровня.

Результаты проведенных расчетов подтверждают логистический принцип «глобальной оптимизации», который подразумевает согласование локальных целей функционирования звеньев

логистических систем и минимизацию совокупных издержек системы в противовес локальной оптимизации. Получается, что локальная оптимизация приводит к худшим результатам в плане затрат для системы в целом. При «глобальной оптимизации» совокупные издержки системы снижаются, но при этом могут увеличиться локальные затраты одного из звеньев. Последнее позволяет сделать вывод о том, что интегрированное управление запасами эффективно для случая корпоративных сетевых бизнес-структур в большей степени, чем для независимых компаний. В случае независимых компаний один из участников обязательно проиграет от интеграции, если, конечно, не будет предусмотрен механизм перераспределения эффекта, когда «выигравшая» от интеграции компания передает часть образовавшегося от экономии на издержках дохода в пользу «проигравшей» стороны.

11.4. Вопросы и задания для самостоятельной работы

1. Чем отличается логистический (интеграционный) подход к управлению запасами в цепях поставок от традиционного?
2. Для каких сфер бизнеса наиболее актуально применение интеграционного подхода к управлению запасами?
3. Что означает термин «многоуровневая система запасов»?
4. Какие типы структур многоуровневого размещения запасов в логистических системах существуют?
5. Что понимается под «элементом многоуровневой системы», и какие типы связей могут существовать между элементами

многоуровневых систем?

6. В чем состоит сущность интеграционной (эшелонированной) модели EOQ?

7. Приведите основные формулы, используемые при расчете пара метров эшелонированных моделей EOQ.

8. Каковы основные условия, определяющие возможность использования эшелонированных моделей EOQ?

9. Как на примере использования интеграционных моделей EOQ подтверждается справедливость одного из основных принципов логистики – «принципа глобальной оптимизации»?

10. Для получения 45 кг сахара требуется порядка 290 кг сахарной свеклы (не считая вспомогательных компонентов). Необходимо определить оптимальные значения запасов для сырья – сахарной свеклы и готовой продукции – сахара, если известно следующее:

- предполагаемый объем выпуска сахара составляет 45000 кг;
- затраты на хранение 1 кг сахарной свеклы 0,05 у.е.
- затраты на хранение 1 кг сахара 0,2 у.е.
- затраты на заказ сахарной свеклы 50 у.е.
- затраты на заказ сахара 75 у.е.

При решении задачи необходимо учесть тот факт, что для изготовления 1 ед. готового изделия (уровень «1» системы запасов) требуется не 1, а n единиц сырья (уровень «2» системы).

12. УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ С УЧЕТОМ КЛАССИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ: МЕТОДЫ ABC И XYZ

12.1. ABC-анализ

Метод ABC в теории управления запасами – «способ формирования и контроля за состоянием запасов, заключающийся в разбиении номенклатуры N реализуемых товарно-материальных ценностей на три неравномоощных подмножества А, В и С на основании некоторого формального алгоритма». В основе метода лежит так называемое «правило Парето»: «внутри определенной группы или множества отдельные малые части обнаруживают намного большую значимость, чем это соответствует их относительному удельному весу в этой группе». Применительно к запасам на складах правило Парето выражается соотношением: на 20% общего количества номенклатуры приходится 80% стоимости хранимых запасов. В таблице 12.1 в хронологическом порядке приведены основные этапы формирования ABC-анализа.

Результаты ABC-анализа можно использовать с тем, чтобы определить периодичность контроля за состоянием запасов на складах предприятий, а также вероятность наличия страхового запаса (табл. 12.2).

Таблица 12.1

История возникновения и развития ABC-анализа [63 и др.]

Дата	Событие
1883 г.	Американский экономист Генри Джордж предложил проводить анализ размера фермерских хозяйств и собираемых налогов с использованием долей в общем объеме
1894 г.	Джордж Шиллинг впервые подготовил статистический отчет, в котором были представлены статистические данные нарастающим итогом с указанием долей, занимаемых различными категориями.
1905 г.	Макс Отто Лоренц в работе «Методы измерения концентрации благосостояния» привел графическое изображение числовых данных о концентрации экономических объектов (кумулята). Кривой Лоренца называют графическое построение, применяемое в настоящее время в ходе ABC-анализа.
1906 г.	Вильфредо Парето высказал мнение, что 80 процентов благосостояния итальянского общества контролируется 20 процентами общественного капитала и сформулировал на основе этого свой знаменитый принцип, который лежит в основе эмпирического алгоритма ABC-анализа.
1937 г.	Джозеф Джуран предложил использовать «принцип Парето» для изучения разнообразных экономических и общественных явлений.
1948 г.	Генри Форд Дики из компании General Electric впервые употребил термин «ABC-анализ» на лекции для слушателей закрытого колледжа министерства обороны США.
1951 г.	Генри Форд Дики опубликовал работу «Shoot for Dollars, not for Cents», в которой детально объяснил принципы применения введенного им аналитического инструмента для изучения товарной массы.
1976 г.	В.С. Лукинский и Н.И. Веревкин предложили графический способ выделения групп А,В,С.
1989 г.	Бенито Флорес и Клей Вайбак публикуют одну из первых работ, посвященных многокритериальному ABC-анализу.
1997 г.	Группа исследователей под руководством В.С. Лукинского предложила аналитический метод выделения групп А,В,С.

Таблица 12.2

Характеристика номенклатурных групп А, В и С [32]

Группа	Периодичность контроля	Уровень обслуживания (вероятность отсутствия дефицита)	Тип оборудования; расположение продукции на складе	Методы прогнозирования, используемые при управлении запасами данной группы	Применяемые концепции логистики
А	ежедневный (непрерывный)	0,95-0,99	Гравитационные стеллажи; «горячая зона»	Комбинированные методы, специальные программы, имитационной моделирование	QR, VMI, JIT (JIT II), DTD, MRP и др.
В	одна-две недели	0,9; 0,95-0,97	Въездные стеллажи	Трендовые модели с учетом сезонности	JIT, DTD, MRP и др.
С	месяц, квартал и более	0,8-0,9	Клеточные стеллажи и мелкая комплектация, «холодная» зона	Простые модели (сглаживание и др.)	-

Позиции номенклатуры, отнесенные к группе А – немногочисленные, но на них приходится преобладающая часть денежных средств, вложенных в запасы. Это особая группа с точки зрения определения величины заказа по каждой позиции номенклатуры, контроля текущего запаса, затрат на доставку и хранение.

К группе В относятся позиции номенклатуры, занимающие среднее положение в формировании запасов склада. По сравнению с позициями номенклатуры А, они требуют меньшего внимания, за ними производится обычный контроль текущего и

страхового запасов на складе и своевременность заказа.

Группа С включает позиции номенклатуры, составляющие большую часть запасов: на них приходится незначительная часть финансовых средств, вложенных в запасы. Как правило, за позициями группы С не ведется постоянный учет, а проверка наличия осуществляется периодически (один раз в месяц, квартал или полугодие); расчеты оптимальной величины заказа и периода заказа не выполняются.

На сегодняшний день используется как минимум 3 способа разделения объектов на группы согласно выбранному критерию или критериям: эмпирический, аналитический и дифференциальный. Общий алгоритм ABC-анализа с применением различных методов выделения групп приведен на рис. 12.1.

Эмпирический метод базируется на гипотезе, что деление на группы можно выполнить по аналогии и поэтому границы групп выбираются по результатам ранее проведенных исследований (табл. 12.3). Согласно рис. 12.1. использование эмпирического метода предусматривает выполнение следующих операций:

1. Формируется база данных, содержащая необходимую для анализа информацию о номенклатурных группах (наименование, единицы измерения, номенклатурные номера, стоимость, объемы расхода/реализации в натуральном и денежном выражении, частота расхода и др.).

2. Выбирается критерий, по которому будет проводиться группировка номенклатурных позиций. В качестве критериев мо-

гут выступать различные показатели, в зависимости от цели проведения ABC-анализа (см. табл. 12.3).

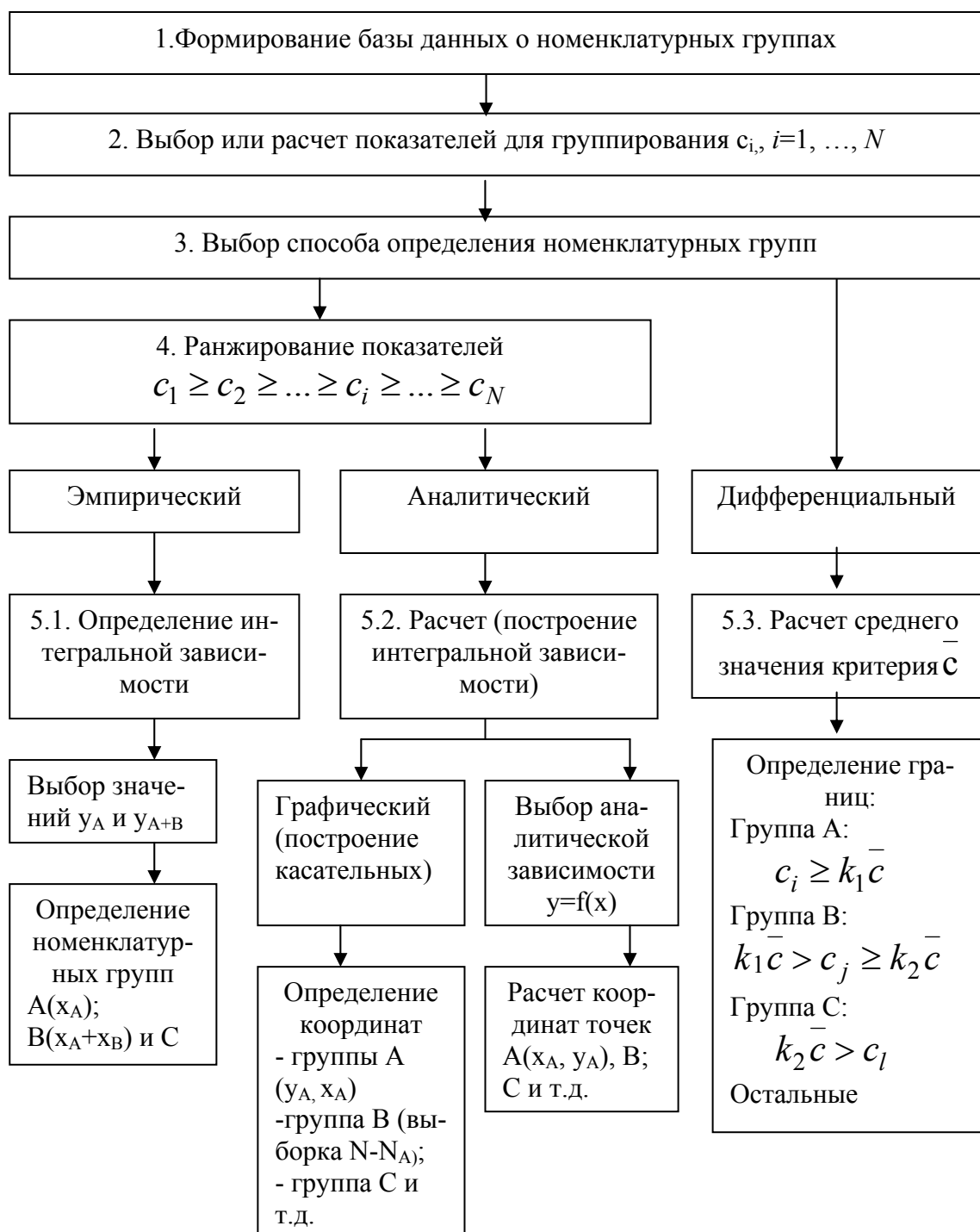


Рис. 12.1. Методы определения номенклатурных групп ABC

Таблица 12.3

Выбор критерия для проведения ABC-анализа

Критерии	Цель проведения анализа
- объем расхода в ед. - частота расхода, ед./сут.; - оборачиваемость.	- оптимизация размещения продукции на складе; - выявление неликвидов
- стоимость запасов в ден.ед.; - частота расхода.	- классификация продукции для повышения эффективности управления запасами и снабжением
- объем реализации в ден. ед.	- классификация продукции для повышения эффективности сбытовой деятельности

3. Полученные значения показателей C_i располагаются в убывающей последовательности - от максимального к минимальному:

$$C_a \geq C_b \geq \dots \geq C_i \geq \dots \geq C_m \quad (12.1)$$

4. Затем производится присвоение новых индексов $a=1$, $b=2, \dots$, $m=N$, где N – общее количество наименований деталей номенклатуры, т.е.

$$C_1 \geq C_2 \geq \dots \geq C_i \geq \dots \geq C_N \quad (12.2)$$

5. Для каждой позиции номенклатуры рассчитывается ее доля в общем объеме (в процентах) по выбранному ранее критерию:

$$q_i = \frac{C_i}{\sum_1^N C_i} \cdot 100 \quad \text{или} \quad q'_i = \frac{P_i}{\sum_1^N P_i} \cdot 100, \quad (12.3)$$

где P – условное обозначение критерия разделения на группы;

C – стоимостной критерий;

N – общее число классифицируемых объектов – позиций номенклатуры.

6. Величины q_i (q_i^{\cdot}) суммируются нарастающим итогом:

$$Q_j = \sum_{i=1}^j q_i = \frac{100}{Q} \sum_{i=1}^j C_i \quad (12.4)$$

Интегральная (кумулятивная) зависимость Q_j представляется в табличной форме в виде пар значений ($Q_j; i$) или в виде графика (ось ординат Y – значения Q_j , ось абсцисс – значения i).

По существу, эмпирический метод включает несколько вариантов.

Первый, наиболее распространенный вариант, предусматривает выбор координат Y_A и Y_{A+B} , например, $Y_A=80\%$ и $Y_{A+B}=95\%$.

Затем, с помощью интегральной зависимости Q_j , формула (12.4), находятся значения X_A^* и X_{A+B}^* , позволяющие разделить позиции номенклатуры N на группы А и В.

Второй вариант предусматривает решение обратной задачи: по заданным (выбранным) значениям координат X_A и X_{A+B} определяются границы Y_A^* и Y_{A+B}^* и сравниваются с допустимыми значениями. В качестве эталонных значений могут быть выбраны $X_A = 20\%$ и $X_{A+B}=50\%$.

Поскольку первый и второй варианты дают как правило разные величины координат Y и X и соответственно разные оценки групп А, В и С, то возможно использование третьего варианта, представляющего собой компромисс указанных двух вариантов.

Таблица 12.4

Процентные соотношения групп А, В, С [32]

Источник	Группа А		Группа В		Группа С	
	Y_A	X_A	Y_B	X_B	Y_C	X_C
Б.А. Аникин, др.	80	15-20	10-15	30	5-10	50-55
APICS (рекомендуемые параметры)*	50-70	10-20	20	20	10-30	60-70
R.H. Ballou	60,7	14,3	28,4	35,7	10,9	50
	49,44	11,1	42,94	38,9	7,42	50
Д.Дж. Бауэрсокс, Д.Дж. Клосс	80	20	15	30	5	50
Гаврилов Д.А.	81	20	17,5	40	2,5	40
А.М. Гаджинский,	75	10	20	20	5	70
Глухов В.В.,	65	15	20	20	15	65
М. Кристофер	80	20	15	20	5	30
М.Р. Линдерс, Н. Харольд						
- запасы	75	20	15	30	-	-
- закупки	70-80	10	10-15	10-20	5-20	70-80
- пример	71,1	10	19,4	19,5	9,5	71,1
О.В.Маликов**	75	10	20	25	5	65
В.И. Сергеев	75-80	10-15	15-20	20-25	5-10	60-70
Д. Уотерс	70	10	20	30	10	60
J. Shapiro	60	20	20	20	20	60
Примечание: *APICS – American Production and Inventory Control Society; ** - Маликов О.Б. Деловая логистика.- СПб.: Политехника, 2003.						

Пример 12.1:

Рассмотрим применение эмпирического метода на основе данных табл. 12.5. Выберем первый вариант и зададимся значениями для точки А $Y_A=80\%$ («правило Парето») и точки В $Y_{A+B}=95\%$. В табл. 12.5 нет значения Q_j , соответствующего $Y_A=80\%$, поэтому выбираем $Q_{j=4}=78\%$ или $Q_{j=5}=82\%$. Соответственно группу А составляет 4 позиции номенклатуры ($X_A=20\%$) или 5

позиций ($X_A = 25\%$). Аналогично для определения В при $Y_{A+B} = 95\%$ находим $Q_{j=10}=94,5\%$, т.е. $X_{A+B}=50\%$ и $Q_{j=11}=95,5\%$ ($X_{A+B}=55\%$).

Таким образом, из полученных решений можно выбрать: группа А (78%, 4 позиции), группа В (26,5%, 6 позиций), группа С (5,5% позиций).

Таблица 12.5

Определение номенклатурных групп АВС. Исходные данные
для примеров

Исходные данные				Результаты обработки				Группа
№ п\п	n_i , ед.	c_i , руб/ед.	c_i , руб.	№ п\п	c_j , руб.	$q_j, \%$	$\Sigma q_j, \%$	
1	3	20	60	2	600	30	30	А
2	12	50	600	9	400	20	50	
3	20	2	40	12	360	18	68	
4	1	30	30	6	200	10	78	
5	2	7	14	16	80	4	82	В
6	40	5	200	17	80	4	86	
7	4	4	16	1	60	3	89	
8	2	3	6	3	40	2	91	
9	4	100	400	11	40	2	93	
10	2	1	2	4	30	1,5	94,5	
11	10	4	40	15	20	1	95,5	С
12	18	20	360	14	18	0,9	96,4	
13	2	2	4	7	16	0,8	97,2	
14	3	6	18	5	14	0,7	97,9	
15	2	10	20	20	12	0,6	98,5	
16	2	40	80	18	10	0,5	99,0	
17	1	80	80	19	8	0,4	99,4	
18	5	2	10	8	6	0,3	99,7	
19	4	2	8	13	4	0,2	99,9	
20	3	4	12	10	2	0,1	100	
сум-ма	140		2000		2000	100	100	

Дифференциальный метод. В основу метода положены соотношения, опирающиеся на средние значения критерия разбиения на группы:

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^N P_i}{N} \quad \text{или} \quad \bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^N C_i}{N} \quad (12.5)$$

К группе А относят позиции номенклатуры, для которых выполняется соотношение:

$$P_i \geq K_1 \bar{P}, \quad (12.6)$$

К группе В относят позиции номенклатуры, для которых выполняется соотношение:

$$K_1 \bar{P} > P_i \geq K_2 \bar{P}, \quad (12.7)$$

К группе С :

$$K_2 \bar{P} > P_i \quad (12.8)$$

Величины коэффициентов k_i в неравенствах (12.6) – (12.8) варьируются в интервалах: для k_1 - от 2 до 6; для k_2 - от 0,33 до 0,5, в зависимости от источника. Лицо принимающее решение вправе самостоятельно установить значение k_i .

Пример 12.2:

Рассмотрим последовательность выбора номенклатурных групп дифференциальным методом при $k_1=6$ и $k_2=0,5$ по данным, приведенным в табл. 12.5. В качестве критерия берем показатель стоимости запасов, хранящихся на складе.

Поскольку среднее значение критерия:

$$\bar{C} = \frac{2000}{20} = 100 \text{ руб.},$$

то в группу А войдут позиции номенклатуры для которых величины C_i больше или равна $6\bar{C} = 600$ руб. Такой показатель только один, следовательно, величина $Y_A=30\%$ и $X_A = 5\%$. К группе В должны быть отнесены позиции номенклатуры, для которых $C_i < 600$ руб. и $C_i \geq \bar{C}/2 = 50$ руб. Воспользовавшись таблицей, находим $Y_{A+B} = 86\%$, $X_{A+B}=35\%$, т.е. группа В составляет 56% и в нее вошли 30% номенклатуры.

Несомненное достоинство дифференциального метода – простота: нет необходимости ранжировать показатели C_i и строить интегральную (накопленную) зависимость. Недостаток дифференциального метода – неопределенность выбора коэффициентов k_1 и k_2 , приводящая в некоторых случаях к ошибочным результатам (в частности, невозможность выделения группы А).

Аналитический метод. Особенность данного метода состоит в том, что деление на группы А, В и С производится на основе определенного правила (критерия) и зависит от характера интегральной кривой (кумуляты) частоты показателя «Р» - Q_i . В настоящее время можно выделить два основных варианта (см. рис. 12.1) – графический и аналитический.

При графическом способе (рис. 12.2.) на оси ординат наносятся значения Q_j , на оси абсцисс – индексы $1, 2, \dots, N$, соответствующие присвоенным номерам позиций номенклатуры. Точки с координатами $(Q_j ; i)$ на графике соединяются плавной кривой $OO'D$, которая в общем случае является выпуклой. Затем проводится касательная LM к интегральной кривой $OO'D$, параллельно

прямой OD . Прямая OD соответствует равномерному распределению показателя $\overline{q_A}$ для всей номенклатуры:

$$\overline{q_A} = 100 / N \quad (12.9)$$

Абсцисса точки касания O' , округленная до ближайшего целого значения отделяет от всей номенклатуры первую группу N_A (группа А), в которую входят позиции номенклатуры с показателями $q_i \geq \overline{q_A}$. Таким образом, к группе А относятся все позиции номенклатуры, для которых значение показателя q_i больше или равно среднему значению показателя для всей номенклатуры N .

Соответственно ордината точки (Q_A) указывает долю деталей группы А в процентах от величины общего показателя Q_j .

Продолжим деление на группы оставшейся номенклатуры деталей, воспользовавшись вышеописанным приемом. Соединим точку O' с точкой D и проведем касательную к кривой $O'O''D$, параллельную прямой OD . Абсцисса точки касания O'' делит оставшуюся номенклатуру на группу В и группу С.

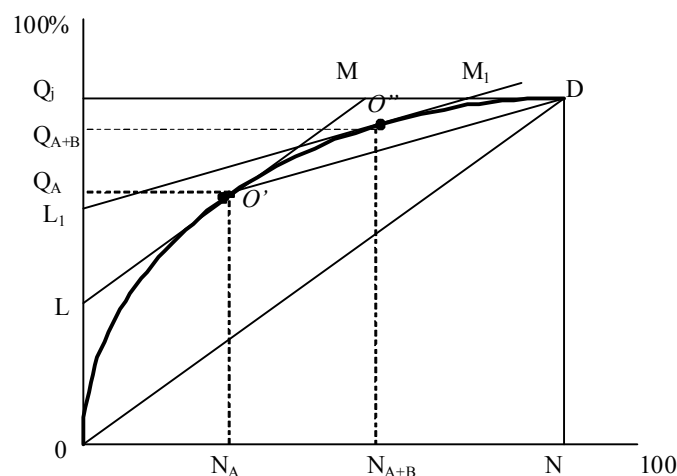


Рис. 12.2. Определение номенклатурных групп А, В, С
(графический способ)

Для оставшейся номенклатуры величина осредненного показателя составит:

$$\bar{q}_B = \frac{100 - Q_A}{N - N_A}, \quad (12.10)$$

где N_A - число позиций, вошедших в группу А.

Таким образом, в группу В попадают позиции номенклатуры с показателями q_j , подчиняющимися неравенству:

$$\bar{q}_A > q_j > \bar{q}_B \quad (12.11)$$

Следует указать, что если кривая $OO'O''D$ невыпуклая, то невозможно выделить ни одну из групп деталей; если кривая $O'O''D$ невыпуклая, то невозможно выделить группы В и С. Нетрудно заметить, что процедура деления может быть продолжена, если необходимо выделить еще одну или более групп.

Сопоставление графического и дифференциального подходов показывает их сходство при определении координат точки А (при $k_1=1$) и расхождение, когда координата для определения группы В не строго фиксирована, а определяется кривизной интегральной зависимости и координатой точки А, т.е. $k_2 \neq \text{const}$.

Пример 12.3:

Рассмотрим вариант АВС анализа с использованием графического способа. На основе данных табл. 12.5 выделим группу А по правилу:

$$C_i \geq \frac{100}{N}$$

При $N=20$ и $\bar{q}_A = 5\%$ в группу А войдут $N_A=4$ позиций номенклатуры, при этом $Y_A=78,5\%$, $X_A=20\%$.

Для определения нижней границы группы В воспользуемся формулой (12.10). Подставив значения, получим:

$$\bar{q}_B = \frac{100 - 78,5}{20 - 4} = 1,34\%$$

С учетом верхней ($\bar{q} = 5\%$) и нижней ($\bar{q} = 1,34\%$) границ группы В находим: $N_B = 6$ ед., $Y_{A+B} = 94,5\%$, $X_{A+B} = 50\%$.

Параметры группы С следующие: $Y_C = 5,5\%$, $X_C = 50\%$, т.е. 10 позиций номенклатуры.

При аналитическом способе последовательность этапов определения номенклатурных групп следующая:

1. Позиции номенклатуры N нормируются в интервале 0-1 и вводится аргумент X .

2. Выбирается аналитическая зависимость для аппроксимации интегральной кривой Q_j :

$$y = f(x, a_p) \quad (12.12)$$

3. Определяются коэффициенты a_p на основе систематизированных статистических данных с использованием метода наименьших квадратов (МНК) или численных методов.

При определении коэффициентов a_p необходимо соблюдать начальные условия: первое – при $x=0$, $y=0$; второе при $x=1$, $y=1$. Это позволяет сократить число «нормальных» уравнений при использовании МНК. Например, для зависимости

$$y = \sqrt[a]{a_1 x + a_2 x^2} \quad (12.13)$$

учет начальных условий приводит к соотношению $a_1 = 1 - a_2$.

5. В качестве критерия деления на группы выберем условие,

что в группу А попадут все позиции номенклатуры, показатели которых C_i больше или равны среднему значению показателя для всей выборки \bar{C} . Согласно теореме Лагранжа на выпуклой кривой $f(x)$ существует одна точка А, касательная в которой параллельна хорде, в нашем случае линии, соединяющей начало координат (0,0) и точку с координатами (1,1). Для определения абсциссы точки А воспользуемся формулой:

$$f'(x_A) = \frac{f(b) - f(a)}{x_b - x_a}, \quad (12.14)$$

Где $f'(x_A)$ – производная функции $f(x)$ в точке касания А;

x_a – искомая абсцисса точки касания;

$f(x_a), f(x_b)$ – значения функции в начальной x_A и конечной x_B точках.

С учетом начальных условий уравнение (12.14) запишется в виде:

$$f'(x_A) = 1 \quad (12.15)$$

Решая уравнения (12.15), находим x_A , затем координату $y_A = f(x_A)$ и количество позиций номенклатуры, относящихся к группе А:

$$N_A = x_A \cdot N \quad (12.16)$$

6. Для определения точки В, введем новую систему координат, принимая за начало отсчета абсциссу X_A и ординату $Y(X_A)$. С учетом, что конечная точка имеет координаты $X_B=1, f(X_B)=1$, уравнение (12.14) записывается в виде:

$$f'(x_{A+B}) = \frac{1 - f(x_A)}{1 - x_A} \quad (12.17)$$

Дальнейшие вычисления аналогичны пункту 5: находим X_{A+B} , затем Y_{A+B} и $N_{A+B}=(X_{A+B} - X_A)N$.

Рассмотрим применение аналитического способа определения номенклатурных групп А, В и С.

Пример 12.4:

Допустим, что для расчетов выбрана функция вида:

$$y = \sqrt{a_1x + a_2x^2} \quad (12.18)$$

Анализ показал, что функция (11.15) может быть использована для аппроксимации Q_j при значениях $a_1 \leq 2$. Если $a_1 > 2$, то функция $y(x)$ достигнет максимума в интервале 0-1, что противоречит характеру интегральной зависимости Q_j .

Примем $a_1 = 2$, тогда $a_2 = 1 - a_1 = -1$.

Для расчета абсциссы точки касания воспользуемся уравнением (12.13). Поскольку:

$$f'(x) = (\sqrt{a_1x + a_2x^2})' = \frac{a_1 + 2a_2x}{2\sqrt{a_1x + a_2x^2}}, \quad (12.19)$$

то после преобразований, находим

$$x_{1,2} = -\frac{a_1}{2a_2} \left(1 \pm \sqrt{\frac{1}{1-a_1}}\right) \quad (12.20)$$

При подстановке значений a_1 и a_2 получим:

$$x_A = -\frac{2}{2(-1)} \left[1 \pm \sqrt{\frac{1}{1-(-1)}}\right] = 0,293$$

Второе значение $x_A=1,707$ отбрасываем.

Для определения y_A подставим $x_A=0,293$ в формулу (12.18) находим:

$$y_A = \sqrt{2 \cdot 0,293 - (-1) \cdot 0,293^2} = 0,707$$

Таким образом, координаты x_A и y_A определяют границы группы А.

Определим координаты точки В. При подстановке $f^d(x)$ из формулы (12.19), и значений x_A и y_A в правую часть формулы (12.17) получим:

$$\frac{a_1 + 2a_2x}{2\sqrt{a_1x + a_2x^2}} = \frac{1 - y_A}{1 - x_A}$$

Обозначим:

$$\frac{1 - y_A}{1 - x_A} = k$$

Тогда, после преобразований формула для определения абсциссы x_{A+B} записывается в виде:

$$x_{A+B} = -\frac{a_1}{2a_2} \left(1 \pm k \sqrt{\frac{1}{k^2 - a_2}} \right) \quad (12.21)$$

При $k = \frac{1 - 0,707}{1 - 0,293} = 0,414$

находим координаты точки В: $x_{A+B}=0,618$ и $y_{A+B}=0,924$. Соответственно, параметры группы В: по номенклатуре 32,5%, по основному показателю – 21,7%.

12.2. XYZ - анализ

Анализ XYZ подразумевает разделение всего ассортимента товаров (номенклатуры ресурсов) на три группы в зависимости от степени равномерности спроса или возможной степени точности прогнозирования.

Принципиальное отличие метода XYZ от метода ABC со-

стоит в том, что анализируются количественные показатели, представленные, как правило, в виде динамического ряда q_t для каждой i -той позиции номенклатуры.

К группе X относятся позиции номенклатуры, динамические ряды которых равномерны или незначительно колеблются (объемы реализации по которым практически неизменны во времени). Это позволяет осуществить прогноз с «высокой точностью» [29, 32 и др.].

К группе Y относятся позиции номенклатуры, у динамических рядов которых наблюдаются значительные колебания (объемы реализации по которым меняются во времени, но не очень значительно и/или достаточно предсказуемо), поэтому точность прогноза «ограничена» [29, 32 и др.].

Группа Z характеризуется нерегулярными (эпизодическими) отклонениями значений динамического ряда (объемы реализации по которым меняются во времени значительно и практически непредсказуемо), что не позволяет получить точные и достоверные прогнозные оценки [29, 32 и др.].

Деление на группы XYZ традиционно производится на основе статического коэффициента вариации:

$$\nu_c = \frac{\sigma}{\bar{q}} \times 100\% \quad (12.22)$$

Входящие в формулу (12.22) величины среднего значения динамического ряда \bar{q} и среднего квадратического отклонения σ определяются по формулам (12.23) и (12.24) соответственно.

$$\bar{q} = \sum_{i=1}^N q_i / N \quad (12.23)$$

$$\sigma_q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (q_i - \bar{q})^2}{N}} \quad (12.24)$$

При значениях $N \leq 25$ в формулу (12.24) рекомендуется подставить $N-1$.

Процедура отнесения данной позиции номенклатуры к определенной группе сводится к сравнению статического коэффициента вариации ν_c вычисленного по формуле (12.22), с нормативными значениями ν_c , определяющими границы групп X, Y и Z, см. табл. 12.6.

Таблица 12.6

Интервальные границы групп X, Y, Z

X	Y	Z	Источник
$0 \leq \nu < 10$	$10 \leq \nu < 25$	$\nu \geq 25$	Аникин Б.А, Гаджинский А.М.
$0 \leq \nu < 25$	$25 \leq \nu < 50$	$\nu \geq 50$	Сергеев В.И.
$0 \leq \nu < 20$	$20 \leq \nu < 50$	$\nu \geq 50$	Долгов А.П. Козлов В.К. Уваров С.А.
$0 \leq \nu < (15 \div 20)$	$(15 \div 20) \leq \nu < (40 \div 45)$	$\nu \geq (40 \div 45)$	Стерлигова А.Н.

Пример 12.5:

В таблице 12.7 представлена информация об изменении спроса на товары А-Ж. Необходимо произвести XYZ-анализ номенклатуры.

Критерием классификации служит статический коэффици-

ент вариации – v_c , определяемый по формуле (12.22). Границы групп определяются по данным табл. 12.6. Результаты расчетов приведены в таблице 12.7.

Таблица 12.7

XYZ-анализ номенклатуры (классический подход)

Период		Позиции номенклатуры									
Год	Квартал	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	I	300	295	325	175	187	340	136	396	112	426
	II	320	300	300	263	76	470	92	119	145	599
	III	325	305	340	326	187	300	15	274	202	433
	IV	295	310	350	297	234	320	76	44	171	371
2	I	310	310	295	247	170	350	104	187	99	395
	II	325	315	310	298	250	400	86	128	110	417
	III	340	320	325	366	140	460	33	169	139	431
	IV	305	325	310	341	194	420	101	315	95	324
3	I	315	325	320	420	225	440	89	238	70	366
	II	335	335	315	441	198	320	83	260	80	427
	III	350	340	335	453	200	380	85	174	60	357
	IV	310	350	305	399	150	420	94	137	139	329
Среднее		319,2	319,17	319,2	365,19	184,3	385	82,99	203,4	118,4	406,2
СКО		16,63	16,629	16,63	90,49	46,77	58,39	31,6	97,15	42,16	72,32
К-т вар-ции,%		5,2	5,21	5,2	25	25,4	15,2	38,1	47,8	35,6	17,8
Группа (по Аникину и др.)		X	X	X	Y	Y	Y	Z	Z	Z	Y
Группа (по Сергееву, Долгову и др.)		X	X	X	Y	Y	X	Y	Y	Y	X
Группа (по Стерлиговой)		X	X	X	Y	Y	X	Y	Z	Y	X

12.3. Усовершенствованный метод XYZ-анализа

В предыдущем разделе нами был рассмотрен классический подход к проведению XYZ. Основным недостатком классического подхода является недостаточно глубокая статистическая оцен-

ка динамических рядов. Расчет таких показателей как среднее, СКО и статический коэффициент вариации (v_c) не позволяет в полной мере оценить динамику протекающих процессов, а, следовательно, не дает правильную оценку точности прогноза изучаемых параметров. Так, исходя из расчетов в табл. 12.7, продукты А, В и С имеют одинаковые значения среднего, СКО и коэффициента вариации, но при этом динамика процессов различна (см. рис. 12.3-12.5).

Как показывает рис. 12.3, спрос на продукт «А» подвержен сезонным колебаниям на фоне тенденции общего увеличения объемов потребления (тренд).

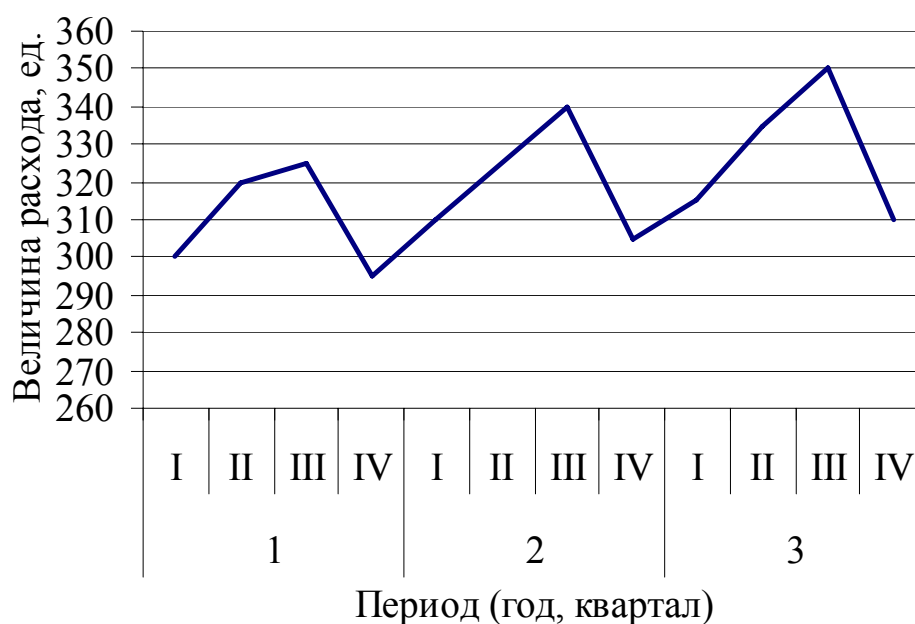


Рис. 12.3. Динамика расхода продукта «А»

Рис. 12.4 показывает, что потребность в продукте «В» прямо пропорциональна периоду времени и представляет собой практически линейную зависимость, без ярко выраженных сезонных и случайных колебаний.

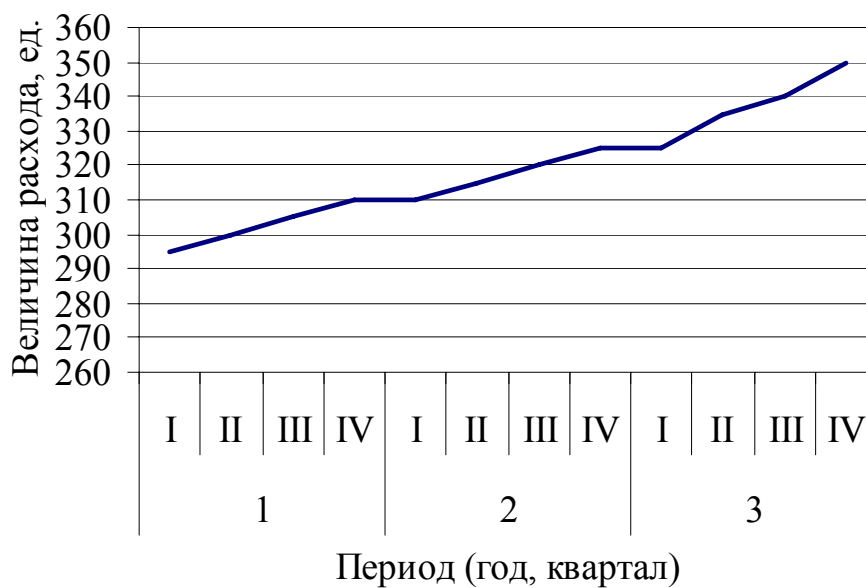


Рис. 12.4. Динамика расхода продукта «В»



Рис. 12.5. Динамика расхода продукта «С»

Динамика расхода продукта «С», показанная на рис. 12.5, имеет более сложный характер. Спрос на продукт «С» сильно подвержен «случайным» колебаниям.

Если учитывать характер динамических рядов расхода, очевидным является то, что прогнозы потребности в продуктах «А»,

«В» и «С» будут иметь разную степень точности. Соответственно относить их к одной группе, как это сделано по результатам классического XYZ-анализа, нельзя.

Для того чтобы XYZ-анализ соответствовал возложенной на него задаче классификации номенклатуры запасов по степени прогнозируемости (а, значит, и управляемости), он должен основываться на более глубоком анализе временных рядов. Приведем основные этапы «усовершенствованного» XYZ-анализа.

Алгоритм усовершенствованного XYZ-анализа:

1. осуществляется оценка «крайних значений» исходных временных рядов;
2. подбирается уравнение тренда исходного временного ряда;
3. определяются коэффициенты уравнения тренда;
4. определяются коэффициенты сезонности для уравнения тренда (при наличии сезонной волны);
5. оценивается ошибка прогноза по тренду для исходного временного ряда;
6. рассчитывается динамический коэффициент вариации;
7. по динамическому коэффициенту вариации определяется принадлежность рассматриваемой позиции номенклатуры к группам X, Y, Z.

Теперь рассмотрим каждый из этапов более подробно.

1. Осуществляется оценка «крайних значений» исходных временных рядов. Она необходима для выявления «экстремальных значений», которые являются случайными и «не типичны-

ми» для рассматриваемого ряда. Оценка крайних значений может проводиться методами Гроббса, Романовского, Ирвина и Арлея [34].

Наиболее удобным является метод Арлея, позволяющий определить наличие грубых ошибок как среди максимальных, так и минимальных значений. По методу Арлея определяется верхняя (x^B) и нижняя (x^H) границы интервала, в который попадают «типичные» значения рассматриваемого временного ряда:

$$\begin{cases} X^B = \bar{x} + \sqrt{\frac{n-1}{n}} \cdot \sigma \cdot z \\ X^H = \bar{x} - \sqrt{\frac{n-1}{n}} \cdot \sigma \cdot z \end{cases}, \quad (12.25)$$

где \bar{x} - среднее значение;

n – общее число значений временного ряда;

σ – СКО;

z – коэффициент Арлея, равный 1,98 для выборок, в которых $n > 9$.

Значения динамического ряда, выходящие за верхнюю (x^B) и нижнюю (x^H) границы, отбрасываются.

2. Задаются видом тренда временного ряда.

Модели трендов могут быть аддитивными и мультипликативными.

Аддитивная модель тренда:

$$y_t = \bar{y}_t + s_t + v_t + d_t + \varepsilon_t, \quad (12.26)$$

где y_t – прогнозные значения временного ряда;

\bar{y}_t - среднее значение прогноза (тренд);

s_t – составляющая прогноза, отражающая периодические колебания, которые повторяются через примерно одинаковые промежутки в течение небольшого промежутка времени (сезонные колебания или сезонная волна);

v_t – составляющая прогноза, отражающая периодические колебания, повторяющиеся в течение длительного промежутка времени (циклические колебания);

d_t – составляющая, позволяющая учесть другие важные для конкретного прогноза;

ε_t - случайная величина отклонения прогноза.

Мультипликативная модель тренда:

$$y_t = \bar{y}_t \cdot I_s \cdot I_v \cdot I_d + \varepsilon_t, \quad (12.27)$$

где y_t – прогнозные значения временного ряда;

\bar{y}_t - среднее значение прогноза (тренд);

I_s – коэффициент (индекс), учитывающий сезонные колебания;

I_v – коэффициент (индекс), учитывающий циклические колебания;

I_d – коэффициент (индекс), учитывающий другие важные для конкретного прогноза факторы (фаза жизненного цикла, эффект от маркетинговых мероприятий и др.);

ε_t - случайная величина отклонения прогноза.

Тренд, сезонная, случайная и др. составляющие в аддитивной модели (тренд и случайная составляющая в мультипликативной модели) представляют собой функциональные зависимости

(линейную, степенную, экспоненциальную, логарифмическую, синусоидную, косинусоидную и проч.), параметры которых могут быть найдены методом наименьших квадратов.

3. Определяют коэффициенты уравнения тренда;

4. Исследуют сезонные колебания и определяют (при наличии сезонной волны) коэффициенты сезонности для уравнения тренда, выбранного для аппроксимации;

5. Оценивают ошибку прогноза:

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i^* - y_i)^2}{k}}, \quad (12.28)$$

где y_i^* – расчетные (теоретические) значения; y_i – фактические значения; k – число степеней свободы, определяемое в зависимости от числа наблюдений (N) и числа оцениваемых параметров (z); $k=N-z$; для линейного тренда $z=2$.

6. Находят отношение ошибки прогноза к прогнозному значению – динамический коэффициент вариации:

$$v_{t+l} = 100 \cdot s_y / q_{t+l}, \quad (12.29)$$

где q_{t+l} – прогнозное значение динамического ряда для периода $t+l$, рассчитанное с учетом тренда q_t и сезонной составляющей;

S_y – ошибка прогноза.

7. По динамическому коэффициенту вариации определяется принадлежность рассматриваемой позиции номенклатуры к группам X, Y, Z.

К группе X могут быть отнесены те позиции, для которых коэффициент вариации $\leq 0,1$ (10%); к группе B – позиции, у которых коэффициент вариации находится в пределах $0,1 < v \leq 0,25$; для позиций, относимых к группе Z коэффициент вариации $v > 0,25$ [55].

Пример 12.6:

Пусть имеется ряд данных о потреблении некоторого продукта «D» за 4 года (см. табл. 12.7). Как показали проведенные ранее расчеты (табл. 12.7), статический коэффициент вариации для этого ряда = 0,25 и продукт «D» может быть отнесен к группе «Y».

Рассчитаем динамический коэффициент вариации (см. формулу 12.29). Для этого нам необходимо спрогнозировать значение расхода продукта «D» для ближайшего периода в будущем (например, 1-й квартал 5-ого года), а также оценить ошибку прогноза (формула 12.28).

Прежде чем начать прогнозирование проверим, все ли значения исходного ряда являются типичными для него. Для этого воспользуемся методом Арлея и рассчитаем верхнюю и нижнюю границы по формуле (12.25):

$$\begin{cases} X^e = 365,19 + \sqrt{\frac{12-1}{12}} \cdot 90,49 \cdot 1,98 = 536,73 \\ X^h = 365,19 - \sqrt{\frac{12-1}{12}} \cdot 90,49 \cdot 1,98 = 193,65 \end{cases}$$

Таким образом, все значения, кроме значения для 1-ого квартала 1-ого года являются типичными для данного ряда по

критерию Арлея. Нетипичное значение можно в дальнейшем не учитывать при прогнозировании.

На следующем этапе необходимо задаться моделью тренда. Для этого представим исходный динамический ряд (табл. 12.7 для «D») в виде графика «расход» - «время» - см. рис. 12.6 (предварительно убрав нетипичное значение).

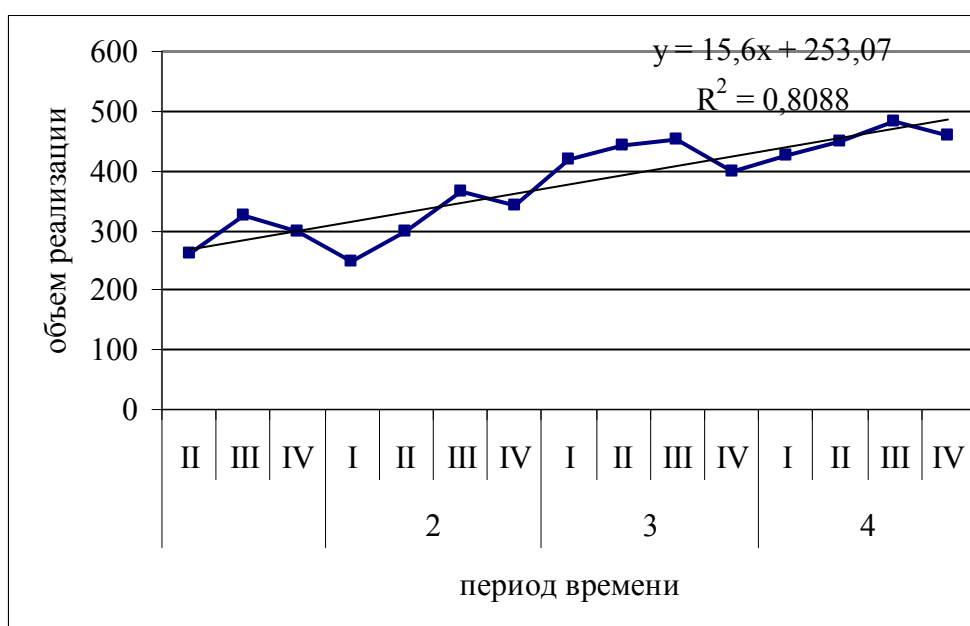


Рис. 12.6. Диаграмма «расход»-«время» для продукта «D»

Из рисунка 12.6 видно, что для процесса реализации товара «D» прослеживается линейный тренд с сезонными колебаниями.

Уравнение (модель) тренда можно подобрать, например, с помощью специальной функции табличного процессора Ms Excel. В нашем случае уравнение имеет вид:

$$y = 15,6x + 253,07 \quad (12.30)$$

Чтобы учесть сезонность, воспользуемся мультипликативной моделью:

$$y = (15,6x + 253,07) \cdot I_s, \quad (12.31)$$

где I_s – индекс сезонности.

Индекс сезонности рассчитывается для каждого квартала каждого года по формуле:

$$I_{si} = k_{si} \cdot \left(\frac{n}{\sum_1^n k_{si}} \right), \quad (12.32)$$

где i – число кварталов, $i = 1 \div n$;

k_{si} – коэффициент сезонности для i -ого квартала, который рассчитывается по формуле:

$$k_{si} = \left(\frac{\sum_j^m Y_{\phi ij}}{\sum_j^m Y_{mij}} \right), \quad (12.33)$$

где j – число лет, $j = 1 \div m$;

$Y_{\phi ij}$ – фактическое значение расхода для i -ого квартала в j -м году;

Y_{mij} – значение расхода для i -ого квартала в j -м году по тренду;

Прогнозные значения рассчитываются с использованием модели тренда, в которой учтена сезонность:

$$y = (15,6 \cdot t + 253,07) \cdot I_{st}, \quad (12.34)$$

где t – период времени.

Воспользовавшись выражением (12.34), определим (спрогнозируем) значение расхода товара «D» для первого квартала 5-ого года ($t=17$, 17-й период времени в табл. 12.8):

$$Y_{17} = (15,6 \cdot 17 + 253,07) \cdot 0,958 = 496,51 \text{ ед.}$$

Результаты расчетов приведены в таблице 12.8

Таблица 12.8

Год	Квартал	Период времени (t)	Размер реализации (Y _{фij})	Тренд	К-т сезонности (k _{si})	Индекс сезонности (I _{si})	Тренд + сезонность
1	I	1	-	-	-	-	-
	II	2	263	284	0,92	0,99	283,5
	III	3	326	299	1,08	1,08	325,6
	IV	4	297	315	0,94	0,95	302,3
2	I	5	247	331	0,74	0,95	317,1
	II	6	298	346	0,85	0,99	345,8
	III	7	366	362	1,01	1,08	393,4
	IV	8	341	377	0,90	0,95	362,1
3	I	9	420	393	1,06	0,95	376,9
	II	10	441	409	1,07	0,99	408,0
	III	11	453	424	1,06	1,08	461,2
	IV	12	399	440	0,90	0,95	421,9
4	I	13	426	455	0,93	0,95	436,7
	II	14	449	471	0,95	0,99	470,3
	III	15	482	487	0,98	1,08	528,9
	IV	16	460	502	0,91	0,95	481,7
Прогноз		17		518		0,95	496,5

Модель тренда с учетом сезонной составляющей, а также результаты прогнозирования в сопоставлении с исходным рядом расхода продукта «D» показаны на рис. 12.7.

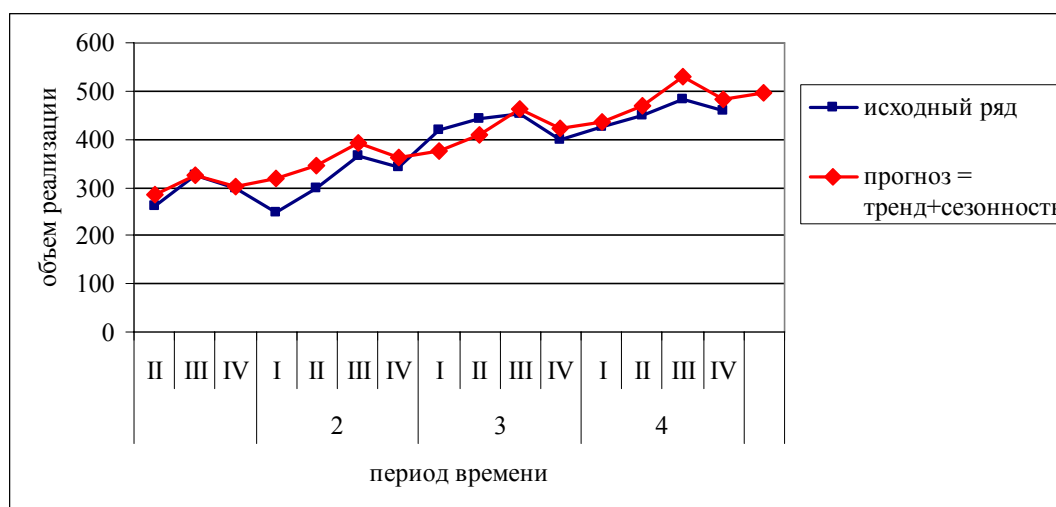


Рис. 12.7. Прогноз расхода продукта «D» с учетом сезонности

Теперь по формуле (12.28) рассчитаем ошибку прогноза (S_y), она составит 32,287.

Найдем отношение ошибки прогноза к прогнозному значению для периода $t+1$:

$$v_{t+1} = 100 \cdot s_y / q_{t+1} = 100 \cdot 32,287 / 496,51 = 6\%$$

Получается, что товар «D» относится не к «Y» (этот результат дали проведенные ранее расчеты по «статической» технологии XYZ-анализа), а к «X».

Напомним, что к группе X относятся элементы номенклатуры, характеризующиеся стабильным спросом, незначительно колеблющимся около среднего значения. Прогноз будущей потребности в этих ресурсах может быть осуществлен с высокой степенью точности.

Потребность в материальных ресурсах, относимых к группе Y, характеризуется определенной тенденцией во времени (повышение или понижение), а также выраженными сезонными колебаниями. Для этих позиций получить точный прогноз уже сложнее.

Позиции номенклатуры, относимые к группе Z, потребляются не регулярно, либо спрос на них подвержен значительным колебаниям. Очень часто для этих позиций вообще не прослеживается очевидная зависимость спроса от времени. Прогноз по потребности в этих позициях осуществить очень сложно. Некоторые специалисты [55] рекомендуют осуществлять дополнительную разбивку группы Z на 2 подгруппы – Z1 и Z2. К группе Z1

можно отнести позиции, используемые более регулярно, для которых прослеживается хоть какая-то зависимость. К группе Z2 следует относить материальные ресурсы, потребляемые не регулярно.

12.4. Совместное использование классификаций ABC и XYZ

В ряде работ, например, в [25] предлагается по результатам ABC и XYZ анализа строить сводную матрицу ABC-XYZ (табл. 12.9), а также даются рекомендации относительно подходов к управлению запасами для сводных групп AX, AY, AZ, BX, BY, BZ, CX, CY, CZ.

Таблица 12.9

Совместное использование классификаций ABC и XYZ

	X	Y	Z
A			
B			
C			

Для позиций, входящих в группы AX, AY, AZ, следует выработать и применять индивидуальные технологии управления запасами, поскольку, согласно классификации ABC, небольшая по численности группа А связывает в запасах значительную часть (80%) финансовых средств. Например, для позиций, входящих в

группу АХ, необходимо рассчитать оптимальный размер заказа и рассмотреть возможность применения технологии «точно в срок», объем реализации по этим позициям относительно стабилен во времени. Позиции же, входящие в группу АZ, требуют ежедневного контроля, а также значительного страхового запаса [25].

Достаточно сложным вопросом является управление запасами по позициям, входящим в группы ВХ, ВУ, ВZ. Запасы по этим позициям составляют небольшую, но значимую группу. Относительно колебаний спроса также сложно сделать какие-либо определенные выводы. Вообще, управление запасами по этим позициям может осуществляться как по одинаковым, так и по индивидуальным технологиям планирования.

Планирование запасов по позициям, входящим в группы СХ, СУ, CZ, может осуществляться на более длительный период (например, на год) с ежеквартальной или ежемесячной проверкой наличия запаса на складе. Это обусловлено тем, что данные запасы «замораживают» сравнительно небольшую часть денежных средств, а колебания спроса на эти позиции значительны.

12.5. Вопросы и задания для самостоятельной работы

1. В чем заключается сущность АВС-анализа?
2. Назовите и охарактеризуйте основные способы деления позиций номенклатуры на группы А, В, С.
3. Какой из способов выделения групп А, В, С не требует

ранжирования и графических построений?

4. Какие параметры управления запасами характеризуют группы А, В и С?

5. В чем заключается сущность XYZ -анализа

6. В чем заключается принципиальное отличие методов ABC и XYZ?

7. Какой показатель используется при делении на группы XYZ?

8. Что дает совместный ABC – XYZ анализ в управлении запасами?

9. На основе изученного теоретического материала заполнить таблицу преимуществ и недостатков различных методов разделения на группы ABC:

Таблица 12.10

Форма для заполнения

	Эмпирический	Дифференциальный	Аналитический
Преимущества			
Недостатки			

10. На основе данных о структуре товарного оборота розничной торговли в РФ, приведенных в табл. 12.11:

- осуществить ABC анализ эмпирическим, дифференциальным и графическим методами;
- осуществить XYZ анализ;
- построить сводную матрицу ABC-XYZ, сделать выводы о применимости к различным группам тех или иных методов управления запасами.

Таблица 12.11

Исходные данные для выполнения задания [45]

Данные указаны в %									
Год:	1992	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Все товары	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Продовольственные товары	45,7	46,6	46,5	46,2	46,6	46,2	45,7	45,7	45,4
Мясо и птица	4,9	5,3	4,9	5,9	5,8	5,4	5,7	6,1	5,9
Колбасные изделия	4,4	4,7	4,5	4,8	4,9	4,6	4,5	4,6	4,4
Мясные консервы	0,7	0,6	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Продукция рыбная пищевая товарная	1,1	1,6	2,2	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,7
Рыбные консервы	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4
Животное масло	2	1,7	1,3	1,1	1	1	0,9	0,8	0,8
Растительные масла	0,5	0,7	0,8	0,7	0,8	0,9	0,8	0,7	0,7
Маргарин	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
Цельномолочная продукция	2,1	2,4	2,5	2,4	2,2	2,1	2	1,9	1,9
Сыры жирные (включая брынзу)	0,6	1	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7
Яйца	1,2	1,4	1,1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,8
Сахар	3,2	1,7	1,5	1,5	1,4	1,4	1,2	1	1,1
Кондитерские изделия	3,5	3,5	3,1	3	2,9	2,9	2,7	2,5	2,5
Чай	0,5	0,5	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4
Хлеб и хлебобулочные изделия	3,5	4	3,8	3,4	3	2,8	2,8	2,5	2,4
Мука	0,7	0,7	0,9	0,7	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5
Крупа	0,5	0,6	0,9	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5
Макаронные изделия	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5
Картофель	1,2	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6
Овощи	1,9	1,5	1,4	1,4	1,5	1,6	1,2	1,3	1,4
Плоды, ягоды,	2	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3
Алкогольные напитки и пиво	7,5	8,3	9,7	10,1	10,4	10,4	9,9	9,3	9
Непродовольственные товары	54,3	53,4	53,5	53,8	53,4	53,8	54,3	54,3	54,6
Ткани	1,3	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Швейные изделия	10,5	8,2	8,6	8,5	7,8	7,6	7	6,5	6,2
Меха и меховые изделия	1	2,4	1	1	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7
Трикотажные изделия	3,3	2,8	3,5	3,6	3,6	3,5	3,3	3,3	3,3
Чулочно-носочные изделия	0,6	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Кожаная обувь	5	3,4	4,8	4,8	5,1	4,9	4,4	3,8	3,7

Окончание табл. 12.11

Данные указаны в %									
Год:	1992	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Мотоциклы и моторолле- ры	0,4	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Велосипеды и мопеды	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Мебель	2,7	1,9	1,8	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8
Ковры и ковровые изделия	0,7	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
Ювелирные изделия	1,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
Строительные материалы	0,9	0,9	1,8	1,7	1,8	1,7	1,7	1,7	1,8
Медикаменты и лекарст- венные средства	0,2	1,3	3,1	3,2	3,3	3,3	3,1	2,9	2,9
Бензин автомобильный	1,3	2,4	3,3	3,1	4	4,4	5,1	5,6	5,8
Синтетические моющие средства	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
Туалетное мыло	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
Парфюмерия	1	1,6	1,6	1,7	1,5	1,5	1,4	1,4	1,5
Папиросы и сигареты	2,5	1,9	2,4	2	1,8	1,6	1,3	1,2	1,2
Часы	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Радиоприемные устройст- ва	0,6	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
Телевизоры	1,8	1,1	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9
Видеомагнитофоны цвет- ного изображения					0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Персональные ЭВМ					0,4	0,4	0,5	0,5	0,6
Холодильники и моро- зильники	0,9	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7
Стиральные машины	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Легковые автомобили	2,6	5,3	6,2	6,6	7,7	7,8	6,3	7,6	7,5

13. РОЛЬ ТРЕТЬЕЙ И ЧЕТВЕРТОЙ СТОРОНЫ ЛОГИСТИКИ В ФОРМИРОВАНИИ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК И УПРАВЛЕНИИ ЗАПАСАМИ В НИХ

13.1. Посредники в цепях поставок и аутсорсинг при управлении запасами

Под третьей и четвертой стороной в логистике понимаются разнообразные посреднические структуры, участвующие в продвижении материального и сопутствующих ему (финансовых и информационных) потоков от поставщиков до потребителей.

Можно выделить 3 основные группы посредников, задействованных в цепях поставок:

1. Логистические посредники – посредники, обеспечивающие продвижение материальных и информационных потоков между другими субъектами (звеньями) логистической системы. Основная деятельность этих посредников связана с выполнением логистических функций и направлена на предоставление своим клиентам логистического сервиса. К этой группе относятся: транспортные компании, экспедиторские компании, таможенные брокеры, складские (терминальные) операторы, стивидоры, сурвейеры и др.

2. Торговые посредники – группа посредников, занимающихся торгово-посреднической деятельностью: оптовые торговцы, ритейлеры, дилеры, комиссионеры и др.

3. Финансовые посредники - банки, кредитные, страховые и другие организации, предоставляющие предприятиям-

производителям финансовые услуги и страхующие их от рисков, обусловленных куплей-продажей и движением товаров.

Благодаря посредникам устраняются длительные разрывы во времени, месте и праве собственности, отделяющие товары и услуги от тех, кто хотел бы ими воспользоваться. Посредники выполняют ряд очень важных функций:

1. Исследовательская работа - сбор информации, необходимой для планирования и облегчения обмена.

2. Стимулирование сбыта - создание и распространение увещательных коммуникаций о товаре.

3. Установление контактов - налаживание и поддержание связей с потенциальными покупателями.

4. Приспособление товара - подгонка товара под требования покупателей. Это касается таких видов деятельности, как производство, сортировка, монтаж, и упаковка.

5. Проведение переговоров - попытки согласования цен и прочих условий для последующего акта передачи собственности или владения.

6. Организация товародвижения - транспортировка и складирование товара.

7. Финансирование - изыскание и использование средств для покрытия издержек деятельности по доставке товара до потребителей.

8. Принятие риска - принятие на себя ответственности за доведение товаров до конечных потребителей.

В целом посредники могут выполнять любые бизнес функции, которые не являются ключевыми для компании, то есть посредники активно задействованы в процессе аутсорсинга.

Аутсорсинг (от англ. outsourcing: внешний источник) – передача организацией определённых бизнес-процессов или производственных функций на обслуживание другой компании, специализирующейся в соответствующей области.

Управление запасами и закупками – это две взаимосвязанные области, которые в последнее время также передаются на аутсорсинг. Примером может послужить опыт ряда крупных компаний, например, Caterpillar, которые отказываются от собственных снабженческих подразделений в пользу специализированных обслуживающих компаний. Эти компании осуществляют мониторинг потребностей в материальных ценностях, проводят отбор поставщиков, заключают договора на поставку необходимой продукции, берут на себя большую часть рисков и транзакционных издержек.

Альтернативой аутсорсингу можно считать использование VMI технологии (управление запасами поставщиком). VMI концепция базируется на современных информационных технологиях, в частности – на корпоративных информационных системах (КИС), и предполагает перенос всей ответственности и всех рисков, связанных с поставками и хранением запасов на поставщика. Например, компания Procter&Gamble создала специальную виртуальную платформу для поставщиков, которая дает доступ к

внутренней системе планирования производства и позволяет поставщикам самостоятельно отслеживать потребность компании в соответствующих материалах. Поставщики сами принимают решение о закупках и несут все риски, связанные с хранением материалов до того момента, когда они будут задействованы в производственном процессе заказчика.

Для аутсорсинга в сфере снабжения и управления запасами характерны те же достоинства и те же недостатки, что и для случая других видов деятельности, передаваемой сторонним операторам (см. табл. 13.1).

Таблица 13.1

Основные преимущества и риски, связанные с аутсорсингом в сфере управления запасами и снабжением

Преимущества аутсорсинга	Риски аутсорсинга
<ul style="list-style-type: none"> - возможность сокращения штата организации и высвобождение финансовых ресурсов, что положительно отразится на расчетных финансовых показателях компании; - возможность передачи ответственности и рисков за выполнение соответствующих функций аутсорсерам; - нередко услуги организации-аутсорсера обходятся дешевле, чем работы своими силами за счет специализации и «эффекта масштаба». <p>и т.п.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - фирма попадает в чрезмерно сильную зависимость от поставщиков соответствующих услуг; - возможна утечка конфиденциальной информации, что может негативно сказаться на конкурентоспособности компании.

13.2. Концепция простой логистической цепи

Одним из инструментов изучения роли посредников в процессе проектирования и оптимизации логистических систем, а также при управлении запасами в цепях поставок, является декомпозиция и представление логистических систем и цепей поставок в форме множества взаимосвязанных простых логистических цепей (ПЛЦ) [27, 28].

Под простой логистической цепью понимается часть логистической цепи (канала), включающей не менее двух основных звеньев логистической системы (ЗЛС) – «поставщика» и «потребителя», связанных между собой несколькими логистическими операциями: оформления заказа, транспортировки, хранения продукции и др. Расширение ПЛЦ возможно за счет основных посредников («третья сторона» в логистике): перевозчиков и складов общего пользования (грузовых терминалов).

Известно, что одной из основных аналитических зависимостей, отражающих интересы «трех сторон» в логистике (поставщика, потребителя, перевозчика и др.) является модель расчета оптимальной партии заказа Харриса-Уилсона (или EOQ, см. п. 5 настоящего пособия). Анализ данной модели показал, что она допускает различные интерпретации, поскольку основные элементы могут быть учтены различными способами в зависимости от следующих факторов:

- кто осуществляет перевозку и хранение (поставщик, потребитель или посредник);

- как рассчитываются затраты на хранение;
- как учитывается добавленная стоимость за транспортировку и организацию заказа в цене единицы продукции, поступившей на склад потребителя или посредника.

На рис.13.1 приведены несколько вариантов простых логистических цепей (А, В, С, D).

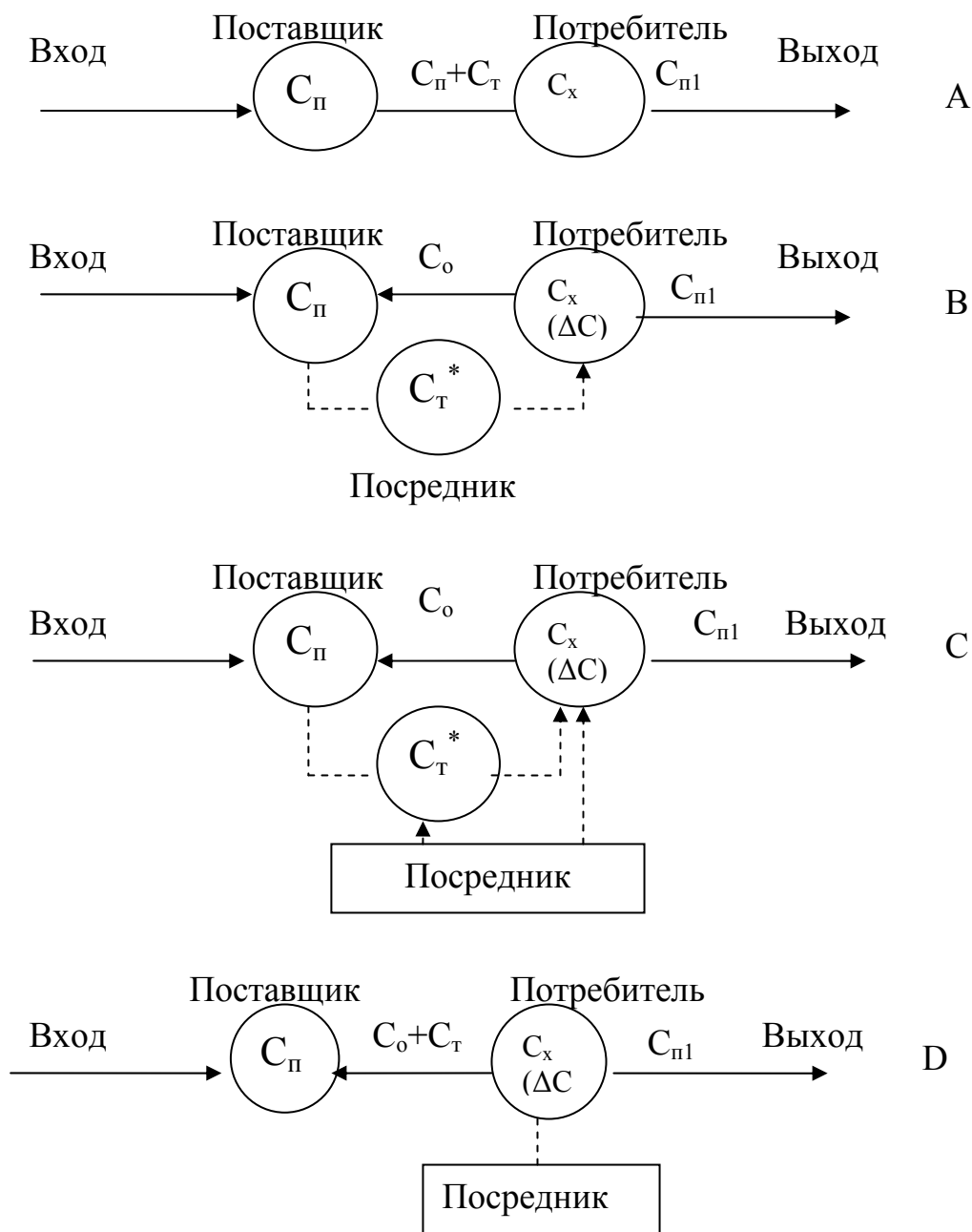
Вариант А включает только два звена: поставщика и потребителя, при этом не определено, кто осуществляет логистические функции (операции) оформления заказа, транспортировку и хранение.

Вариант В помимо поставщика и потребителя включает одного посредника (перевозчик).

Вариант С включает поставщика и потребителя, осуществляющего оформление заказа, а также двух посредников: перевозчика и склад, на котором потребитель хранит свою продукцию.

Вариант D отличается от других тем, что потребитель оформляет заказ и осуществляет перевозку, а при расчете затрат на хранение продукции на складе посредника не учитывается стоимость единицы продукции (аренда складских помещений).

Рассмотрим варианты взаимодействия и взаимовлияния элементов ПЛЦ, представляющие наибольший интерес.



$C_{\text{п}}$, $C_{\text{п1}}$ – цена единицы продукции; C_0 – затраты на оформление заказа; $C_{\text{т}}$, $C_{\text{т}}^*$ – различные варианты затрат на транспортировку партии; $C_{\text{х}}$, $C_{\text{х}} (\Delta C)$ – различные варианты затрат на хранение продукции; ΔC – добавленная стоимость

Рис.13.1. Варианты представления затрат основных участников простой логистической цепи

В классической модели EOQ при определении суммарных затрат (ф. 5.2 и 5.5) не конкретизируется роль участников и не

отражается характер распределения затрат между поставщиком, потребителем (и перевозчиком), а также не учитывается добавленная стоимость в цене продукции, появившуюся в результате выполнения.

В тоже время на выходе простого логистического звена цена единицы продукции $C_{П1}$, отпускаемой со склада потребителя, который становится поставщиком в простом логистическом звене следующего (нижнего) уровня, должна учитываться с учетом добавленной стоимости ΔC , включающей затраты, связанных с выполнением логистических операций – оформление заказа, транспортировка и хранение на складе. Расчетная формула для $C_{П1}$ может быть представлена в виде:

$$C_{П1} = C_{П} + \Delta C = C_{П} + \frac{C_{\Sigma \min}}{A} \quad (13.1)$$

Пример 13.1:

Рассчитаем показатели модели EOQ для простейшего варианта логистической цепи (вариант А, рис. 13.1) при следующих исходных данных: $A=2000$ ед., $C_{П}=10$ руб., $C_o=50$ руб.; $C_T=200$ руб.; $f=0,25$. При подстановке в формулы (5.6) – (5.9) находим:

- оптимальная величина заказа $S_o=632$ ед.;
- минимальные суммарные затраты $C_{\Sigma \min}=1581$ руб.;
- цена единицы продукции (при получении со склада потребителя с учетом затрат на заказ, транспортировку и хранение) $C_{П1}=10,79$ руб.

Таким образом, добавленная стоимость единицы продукции составила $\Delta C=0,79$ руб./ед.

Рассчитаем также для данного варианта число заказов:

$$N = \frac{A}{S_0} = 3,16,$$

периодичность заказов:

$$T = \frac{365}{N} = 115,5 \text{ дн.},$$

затраты на оформление заказов (в год):

$$C_{\Sigma 0} = C_0 N = 158,2 \text{ руб.}$$

затраты на транспортировку $C_{\Sigma T}$ и хранение $C_{\Sigma x}$:

$$C_{\Sigma T} = \frac{C_{\Sigma \min}}{2} - C_{\Sigma 0} = 632,2 \text{ руб.}$$

$$C_{\Sigma x} = \frac{C_{\Sigma \min}}{2} = 790,5 \text{ руб.}$$

Возможная интерпретация классического варианта данной ПЛЦ соответствует, на наш взгляд, известной логистической концепции *VMI (Vendor Managed Inventory)*, согласно которой поставщик или посредник берет на себя обязательство пополнять запасы потребителя и поддерживать их на необходимом уровне.

В качестве альтернативного варианта рассмотрим случай, когда посредник (или поставщик) выполняет транспортировку, а оценка затрат на хранение продукции на складе потребителя включает добавленную стоимость за перевозку каждой единицы продукции (см. рис.13.1, вариант В).

В общем случае данный вариант может быть представлен в виде системы

$$\begin{cases} C_{\Sigma} = \frac{AC_o}{S} + \frac{Sf}{2}(C_{\Pi} + \Delta C) \rightarrow \min \\ \Delta C = C_T / S_j \end{cases} \quad (13.2)$$

Особенность системы (13. 2) состоит в том, что при записи в виде двух уравнение удается отразить динамику (разновременность) протекания процессов, их последовательное выполнение, а именно: заказ – транспортировка - хранение. Решение системы (13. 2) предполагает, что для нахождения оптимальной величины заказа S_o (из первого уравнения) необходимо знать ΔC . В свою очередь, входящее во второе уравнение ΔC зависит от $S_j = S_o$, т.е. оптимальной партии поставки определяемой из первого уравнения.

С учетом указанных особенностей выражение для суммарных затрат запишем в виде:

$$C_{\Sigma} = \frac{AC_o}{S} + \frac{Sf}{2}\left(C_{\Pi} + \frac{C_T}{S_j}\right) \rightarrow \min \quad (13. 3)$$

Для определения S можно воспользоваться двумя способами: численным и итерационным.

Итерационная формула для определения величины ЕОQ записывается в виде:

$$S_{j+1} = \sqrt{2AC_o / \left(C_{\Pi} + \frac{C_T}{S_j}\right) f} \quad (13.4)$$

Подставляя в правую часть $S_j=S_0$, находим первое приближение S_1 и сравниваем с S_0 , затем подставляем $S_j= S_1$ и находим S_2 и т.д. Процесс повторяется несколько раз до достижения заданной точности величины оптимальной партии S_{oj} .

Соответственно минимальные суммарные затраты и цена единицы продукции с учетом добавленной стоимости равны:

$$C_{\Sigma \min} = \sqrt{2AC_o(C_{\Pi} + \frac{C_T}{S_{oj}})f} \quad (13.5)$$

$$C_{\Pi} = C_{\Pi} + \frac{C_T^*}{S_{oj}} + \frac{C_{\Sigma \min}}{A}, \quad (13.6)$$

где S_{oj} – оптимальная величина ЕОQ, рассчитанная по формуле (13.4).

В таблице 13.2 приведены результаты расчета S_0 на основе исходных данных предыдущего примера, кроме одного параметра: затраты на транспортировку одного заказа у посредника (перевозчика) $C_T^*=175$ руб./заказ.

Таблица 13.2

Результаты расчета минимальных затрат модели ЕОQ
(численный способ)

S_j , ед.	$\frac{AC_o}{S_j}$, руб.	$\frac{S_j f}{2} (C_{\Pi} + \frac{C_T}{S_j})$, руб.	C_{Σ} , руб.
200	500,0	271,9	771,9
225	444,4	303,1	747,5
250	400,0	334,4	734,4
275	363,6	365,6	729,2
300	333,3	396,9	730,2
325	307,7	428,1	735,8

Из таблицы 13.2 видно, что минимальная величина общих затрат составляет около $C_{\Sigma}=729,2$ руб. при $S_j=275$ ед. продукции.

Рассмотрим теперь вариант ПЛЦ, в котором потребитель оформляет заказ, перевозка осуществляется посредником, а расчет затрат на хранение на складе потребителя (или посредника) производится в зависимости от арендной платы за m^2 (или m^3) площади или объема (см. рис. 13.1, вариант С). В этом случае не требуется знания цены продукции и добавленной стоимости от предыдущих логистических операций. Согласно работе [27] уравнения суммарных затрат записывается в виде:

$$C_{\Sigma} = \frac{AC_o}{S} + \alpha k \theta S \rightarrow \min, \quad (13.7)$$

затраты на транспортировку (в год) будут равны:

$$C_{T \Sigma}^* = \frac{A}{S_o} C_T, \quad (13.8)$$

где α - затраты на хранение продукции в единицу времени с учетом занимаемой площади (объема) склада, руб. $\cdot m^2 \cdot$ ед. времени (руб. $\cdot m^3 \cdot$ ед. времени);

k - коэффициент, учитывающий пространственные габариты единицы продукции, $m^2 \setminus$ шт. ($m^3 \setminus$ шт.).

θ – коэффициент, учитывающий неодновременность поступления различных видов продукции на склад, $0 < \theta \leq 1$ (примем $\theta=1$) [27].

Определим оптимальный размер заказа с использованием стандартной процедуры оптимизации. После необходимых пре-

образований находим:

$$S_0 = \sqrt{\frac{C_0 A}{\alpha k}} \quad (13.9)$$

Величина минимальных затрат рассчитывается по формуле:

$$C_{\Sigma \min} = 2\sqrt{C_0 A \alpha k} \quad (13.10)$$

Рассчитаем показатели модели ЕОQ для данного типа ПЛЦ с учетом, что $C_T^* = 175$ руб./заказ и $\alpha \cdot k = 2,5$ руб./ед.год. При подстановке исходных данных находим:

$$S_0 = \sqrt{\frac{50 \cdot 2000}{2,5}} = 200 \text{ ед.}$$

$$C_{\Sigma \min} = 2\sqrt{50 \cdot 2000 \cdot 2,5} = 1000 \text{ руб.}$$

Поскольку затраты на транспортировку (в год) равны:

$$C_{T\Sigma} = \frac{2000}{200} 175 = 1750 \text{ руб.},$$

то общие минимальные затраты:

$$C_{\Sigma \text{об}} = C_{T\Sigma} + C_{\Sigma \min} = 2750 \text{ руб.}$$

а цена продукции:

$$C_{\text{пл}} = 11,375 \text{ руб.}$$

Рассмотрим теперь вариант D (рис. 13.1). В этом случае все затраты по оформлению заказа и транспортировке несет потребитель, но для хранения привлекается склад посредника, при этом в цене товара, поступающего на склад, учитывается добавленная стоимость за выполнение заказа (оформление и транспортиров-

ка). Система уравнений для суммарных затрат и добавленной стоимости записывается в виде:

$$\begin{cases} C_{\Sigma} = \frac{A(C_0 + C_T)}{S} + \frac{Sf}{2}(C_{\Pi} + \Delta C) \rightarrow \min \\ \Delta C = \frac{C_0 + C_T}{S_j} \end{cases} \quad (13.11)$$

После преобразований находим итерационную формулу для EOQ:

$$S_{j+1} = \sqrt{\frac{2A(C_0 + C_T)}{\left(C_{\Pi} + \frac{C_0 + C_T}{S_j}\right)f}} \quad (13.12)$$

Расчет минимальных затрат производится по формуле:

$$C_{\Sigma \min} = \sqrt{2A(C_0 + C_T)\left(C_{\Pi} + \frac{C_0 + C_T}{S_0}\right)f} \quad (13.13)$$

Анализ простых логистических цепей с учетом рассмотренных вариантов показал, что для дальнейших оптимизационных расчетов целесообразно остановиться на восьми типах ПЛЦ, приведенных в табл. 13.3.

Соответствующие зависимости для расчета оптимальной величины заказа S_0 (S_{0j}), минимальных суммарных затрат $C_{\Sigma \min}$ и общих минимальных затрат $C_{\Sigma \text{об}}$ для каждого типа ПЛЦ даны в табл.13.4.

Результаты расчетов показателей для различных вариантов простой логистической цепи ПЛЦ (см. табл. 13.3 и 13.4), включающие величину оптимальной партии S_0 (S_{0j}), количество поставок, все виды затрат и цену продукции с учетом добавленной

стоимости от выполнения логистических функций (операций), приведены в табл.13.5.

Таблица 13.3

Варианты организации взаимоотношений между участниками ПЛЦ и учета добавленной стоимости в цене продукции [27]

Вариант ПЛЦ	Уравнения суммарных затрат C_{Σ} и затрат на транспортировку	Комментарии
1	$\frac{A(C_0 + C_T)}{S} + C_{II} f \frac{S}{2} \rightarrow \min$	Классическая модель ЕОQ (без конкретизации участников и учета добавленной стоимости). Возможно, что заказ, транспортировку и хранение совершает потребитель либо посредник.
2	$\begin{cases} \frac{AC_0}{S} + (C_{II} + \Delta C_{II}) f \frac{S}{2} \rightarrow \min \\ \Delta C_{II} = \frac{C_T}{S_i} \\ C_{T\Sigma} = C_T \frac{A}{S_j} \end{cases}$	Оформление заказа - потребитель; перевозка – посредник; при хранении (потребитель) в цене продукции учтена добавленная стоимость за транспортировку.
3	$\begin{aligned} \frac{AC_0}{S} + \alpha k S &\rightarrow \min, \\ C_{T\Sigma} &= \frac{A}{S_0} C_T \end{aligned}$	Оформление заказа - потребитель; перевозка - посредник; при хранении добавленная стоимость не учитывается
4	$\begin{cases} \frac{A(C_0 + C_T)}{S} + (C_{II} + \Delta C) \frac{fS}{2} \rightarrow \min \\ \Delta C = \frac{C_0 + C_T}{S_j} \end{cases}$	Оформление заказа и транспортировка - потребитель; хранение – посредник; при хранении учитывается добавленная стоимость (оформление и транспортировка)
5	$\frac{A(C_0 + C_T)}{S} + \alpha k S \rightarrow \min$	Оформление заказа, транспортировка и хранение – потребитель (или ВИМ); добавленная стоимость не учитывается

Вариант ПЛЦ	Уравнения суммарных затрат C_{Σ} и затрат на транспортировку	Комментарии
6*	$\begin{cases} \frac{A(C_0 + C_T)}{S} + (C_n + \Delta C)f \frac{S}{2} \rightarrow \min \\ \Delta C = \frac{C_T}{S_j} \end{cases}$	Оформление заказа и транспортировка - получатель; хранение с учетом добавленной стоимости в цене продукта (только транспортировка)
7	$\begin{cases} \frac{AC_0}{S} + (C_n + \Delta C)f \frac{S}{2} \rightarrow \min \\ \Delta C = \frac{C_0 + C_T}{S_j} \\ C_{T\Sigma} = \frac{A}{S_j} C_T \end{cases}$	Оформление заказа – получатель; транспортировка – посредник; посредник – хранение с учетом добавленной стоимости за оформление и транспортировку.
8	$\begin{cases} \frac{AC_0}{S} + C_n \frac{fS}{2} \rightarrow \min \\ C_{T\Sigma} = \frac{A}{S_0} C_T \end{cases}$	Оформление заказа – получатель; транспортировка – посредник; хранение – получатель (или посредник) без учета добавленной стоимости при транспортировке.
* дискусионный тип ПЛЦ, предусматривающий наличие хозрасчетных отношений внутри ЗЛС, например, со складом.		

Таблица 13.4

Расчетные зависимости для определения параметров простой логистической цепи [27]

Варианты ПЛЦ	Оптимальная величина заказа S_0 , ед.	Минимальные затраты $C_{\Sigma \min}$	Общие минимальные затраты $C_{\Sigma \text{об}}$
1	$S_0 = \sqrt{\frac{2AC_0}{fC_n}}$	$C_{\Sigma \min} = \sqrt{2AC_0 f C_n}$	$C_{\Sigma \min}$
2	$S_{j+1} = \sqrt{\frac{2AC_0}{f(C_n + \frac{C_T}{S_j})}}$	$C_{\Sigma \min} = \sqrt{2AC_0 f \left(C_n + \frac{C_T}{S_{0j}} \right)}$	$C_{\text{об}} = C_{\Sigma \min} + C_T \frac{A}{S_{0j}}$
3	$S_0 = \sqrt{\frac{AC_0}{\alpha k}}$	$C_{\Sigma \min} = 2\sqrt{AC_0 \alpha k}$	$C_{\text{об}} = C_{\Sigma \min} + C_T \frac{A}{S_0}$

Окончание табл. 13.4

Варианты ПЛЦ	Оптимальная величина заказа S_0 , ед.	Минимальные затраты $C_{\Sigma \min}$	Общие минимальные затраты $C_{\Sigma \text{об}}$
4	$S_{j+1} = \sqrt{\frac{2A(C_0 + C_T)}{f\left(C_{\Pi} + \frac{C_0 + C_T}{S_j}\right)}}$	$C_{\Sigma \min} = \sqrt{2A(C_0 + C_T)} \times \sqrt{f\left(C_{\Pi} + \frac{C_0 + C_T}{S_{0j}}\right)}$	$C_{\Sigma \text{об}} = C_{\Sigma \min} + C_T \frac{A}{S_{0j}}$
5	$S_0 = \sqrt{\frac{A(C_0 + C_T)}{\alpha k}}$	$C_{\Sigma \min} = 2\sqrt{A(C_0 + C_T)\alpha k}$	$C_{\Sigma \min}$
6	$S_{j+1} = \sqrt{\frac{2A(C_0 + C_T)}{f\left(C_{\Pi} + \frac{C_T}{S_j}\right)}}$	$C_{\Sigma \min} = \sqrt{2A(C_0 + C_T)} \times \sqrt{f\left(C_{\Pi} + \frac{C_T}{S_{0j}}\right)}$	$C_{\Sigma \min}$
7	$S_{j+1} = \sqrt{\frac{2AC_0}{f\left(C_{\Pi} + \frac{C_0 + C_T}{S_j}\right)}}$	$C_{\Sigma \min} = \sqrt{2AC_0 f\left(C_{\Pi} + \frac{C_0 + C_T}{S_j}\right)}$	$C_{\Sigma \text{об}} = C_{\Sigma \min} + C_T \frac{A}{S_{0j}}$
8	$S_0 = \sqrt{\frac{2AC_0}{fC_{\Pi}}}$	$C_{\Sigma \min} = \sqrt{2AC_0 fC_{\Pi}}$	$C_{\Sigma \min} + C_T \frac{A}{S_0}$

Таблица 13.5

Результаты расчета показателей для различных вариантов

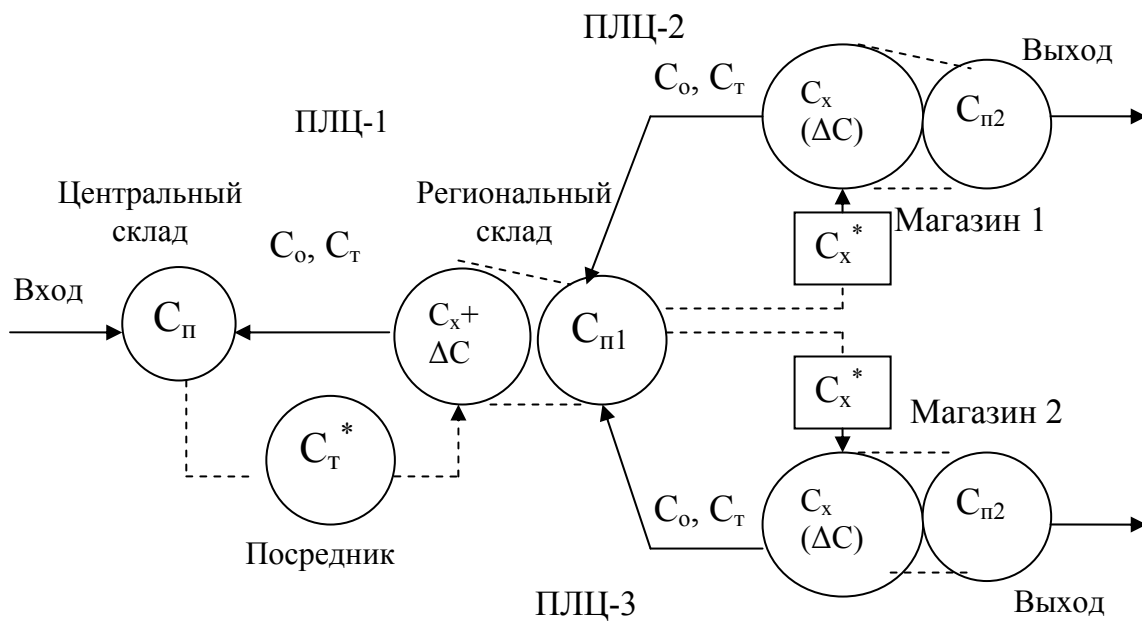
ПЛЦ [27]

Вариант (тип ПЛЦ)	Показатель							
	S_0	N	$C_{\Sigma \min}$	$C_{\Sigma 0}$	$C_x(C_x^*)$	$C_{m\Sigma}(C_{m\Sigma}^*)$	$C_{\Sigma \text{об}}$	C_{nl}
1	632	3,16	1581	158,2	790,5	632,3	1581	10,790
2	274	7,3	729,3	365	365	(1277,5)	2006,8	11,004
3	200	10	1000	500	500	(1750)	2750	11,375
4	622	3,2	1612	161	806	645	1612	10,806
5	447	4,47	2236	223,5	8	894,5	2236	11,118
6	620	3,22	1606	161,3	803,2	642,4	1806	10,803
7	272	7,36	735,6	367,8	(367,8)	(1287)	2022,6	11,101
8	282	7,09	707	354	353,5	1241	1948	10,974

Примечание: C_T^* - затраты посредника (перевозчика) на транспортировку в год. C_x^* - хранение на складе посредника.

Из анализа таблицы 13.5 следует, что для рассматриваемого примера: при различных вариантах взаимодействия звеньев ЛС в простых логистических цепях размах значений цены единицы продукции на «выходе» ПЛЦ составляет от 10,79 руб. до 11,375 руб., т.е. около 5,4%; общие минимальные логистические издержки колеблются в широких пределах: от 1581 руб. до 2750 руб.

Попытаемся применить концепцию простой логистической цепи для оптимизации затрат логистической цепи, состоящую из 3-х ПЛЦ, см. рис.13.2.



$C_{П}, C_{П1}, C_{П2}$ – цена единицы продукции на входе (выходе) ПЛЦ; C_0 – затраты на оформление заказа; C_T, C_T^* – различные варианты затрат на транспортировку партии; $C_x, C_x(\Delta C)$ – различные варианты затрат на хранение продукции; ΔC – добавленная стоимость

Рис.13.2. Логистическая цепь «центральный склад – региональный центр – магазины», включающая три ПЛЦ [27]

Логистическая цепь на рис. 13.2 выбрана нами в качестве примера не случайно. Такая схема ЛЦ, состоящая из 3-х звеньев,

характерна для более 50% случаев дистрибьюции продукции, поэтому данный пример может быть интересен с практической точки зрения.

Из рисунка 13.2 видно, что ПЛЦ-1 включает поставщика (центральный склад) и потребителя первого уровня (региональный склад); для ПЛЦ-2 региональный склад становится поставщиком для потребителя второго уровня (магазин №1); для ПЛЦ-3 региональный склад становится поставщиком для потребителя второго уровня (магазин №2). Также в рассматриваемой цепи поставок предполагается, что транспортировка и хранение продукции могут осуществляться посредниками.

Пример 13.2:

В табл. 13.6 приведены исходные данные для логистической цепи, показанной на рис. 13.2. Далее в табл. 13.7 и 13.8 приведены результаты расчетов параметров модели EOQ для каждого 2-х звеньев рассматриваемой логистической системы, исходя из 8 возможных вариантов учета затрат на логистические операции в простых логистических цепях (см. табл. 13.3 и 13.4) Результаты расчетов в соответствии с разработанным подходом приведены в табл.2.9, 2.10.

Таблица 13.6

Исходные данные для расчета показателей модели EOQ [27]

Наименование параметра	ПЛЦ-01	ПЛЦ-11	ПЛЦ-12
1. Потребность в заказываемом продукте, ед.	2000	600	1400
2. Затраты на оформление заказа, руб./заказ	50	50	50

Окончание табл. 13.6

Наименование параметра	ПЛЦ-1	ПЛЦ-2	ПЛЦ-3
3. Транспортные затраты, руб./перевозка			
- потребитель C_T	200	100	300
- посредник (перевозчик) C_T^*	175	80	200
4. Доля затрат на хранение от цены единицы продукции			
- потребитель	0,25	0,20	0,20
- посредник	0,25	0,15	0,20
5. Затраты на хранение единицы продукции ак	2,5	2,0	1,0
6. Цена единицы продукции на входе (выходе) в ПЛЦ, C_{pi} , руб.	10	10,8*	10,8*
Примечание: * - приняты по результатам расчета для ПЛЦ-1			

Таблица 13.7

Результаты расчетов показателей для ПЛЦ-2 [27]

Вариант ПЛЦ	Показатели							
	S_0	N	$C_{\Sigma min}$	$C_{0\Sigma}$	$C_x (C_x^*)$	$C_{m\Sigma^*}$ ($C_{m\Sigma}$)	$C_{\Sigma об}$	C_{n11}
1	285	2,08	623,6	103,8	311,8	208	623,6	11,84
2	163	3,68	368,0	184,0	184,0	(294,3)	662,4	11,903
3	110	5,47	548	274	274	(438)	985	12,44
4	326	1,84	551	92,3	(276)	183,4	551	11,72
5	190	3,15	948,6	158	474,3	316,3	948,6	12,38
6	284	2,11	633,6	105,8	211,2	316,8	633,6	11,86
7	187	3,22	312,6	160,8	(160,8)	(257,2)	570	11,75
8	167	3,59	360	180	180	287,4	647,4	11,87
Примечание: C_T^* - см. табл. 13.6								

Таблица 13.8

Результаты расчетов для ПЛЦ-3 [27]

Вариант ПЛЦ	Показатели							
	S_0	N	$C_{\Sigma min}$	$C_{0\Sigma}$	C_{xp}	$C_{m\Sigma^*}$ ($C_{m\Sigma}$)	$C_{\Sigma об}$	C_{n12}
1	675	2,08	1455	104	727,5	623,5	1455	11,84
2	245	5,7	570	285	285	1140	1710	12,02
3	265	5,29	529	264,6	264,6	1058	1587	11,93

Окончание табл. 13.8

Вариант ПЛЦ	Показатели							
	S_0	N	$C_{\Sigma min}$	$C_{0\Sigma}$	C_{xp}	$C_{m\Sigma^*}$ ($C_{m\Sigma}$)	$C_{\Sigma об}$	C_{n12}
4	657	2,13	1490	106	(745)	639	1490	11,86
5	700	2	1400	100	700	600	1400	11,8
6	657	2,93	1484	106,5	742	635,5	1484	11,86
7	243	5,75	575,2	287,6	(287,6)	1150	1725	12,03
8	255	5,49	550	275	275	1100	1650	11,97

Примечание: C_T^* -см. табл. 13.6

Из табл.13.7, 13.8 следует, что для ПЛЦ-2 с точки зрения общих минимальных затрат следует выбрать четвертый тип ($C_{\Sigma об}=551$ руб.) организации взаимоотношений между участниками, для ПЛЦ-3 - соответственно пятый тип ($C_{\Sigma об}=1400$ руб.). Таким образом, для приведенной на рис.13.2 логистической цепи, включающей три ПЛЦ, оптимальный вариант организации взаимоотношений между участниками будет выглядеть следующим образом:

- для ПЛЦ-1 все логистические функции (операции) по оформлению заказа, транспортировке и хранению осуществляет региональный центр или самостоятельная компания (посредник);
- для ПЛЦ-2 оформление заказа и транспортировку от распределительного центра осуществляет магазин №1, хранение производится на складе посредника (при этом в затратах на хранение учитывается добавленная стоимость за оформление и транспортировку);
- для ПЛЦ-3 все логистические функции (операции) осуществляются получателем (магазин №2) или компанией посред-

ником, добавленная стоимость в цене товара не учитывается, т.к. хранение производится на условиях аренды складских помещений.

Результаты проведенных расчетов позволяют сформулировать критерий управления запасами в цепях поставок в виде:

$$C_{\Sigma} = \sum_{k=1}^n \min(\text{opt}C_k), \quad (13.14)$$

где C_k – k -я простая логистическая цепь (между i и $i+1$ ЗЛС).

Для рассматриваемого примера (Пример 2.1) минимальные общие затраты составят:

$$C_{\Sigma} = 1581 + 551 + 1400 = 3532 \text{ руб.}$$

13.3. Вопросы и задания для самостоятельной работы

1. Назовите основные 3 группы посредников в цепях поставок, приведите примеры.
2. Каковы функции посредников в цепях поставок (общий перечень)?
3. Что такое «аутсорсинг в цепях поставок»?
4. Какова технология аутсорсинга при управлении запасами?
5. В чем заключается сущность технологии VMI как альтернативы аутсорсингу при управлении запасами?
6. Назовите основные преимущества и недостатки аутсорсинга при управлении запасами в цепях поставок.
7. Что такое «простая логистическая цепь»?

8. Каковы возможные варианты организации взаимоотношений (распределения ответственности и учета добавленной стоимости за услуги при расчете затрат) между элементами простой логистической цепи (8 основных вариантов)?

9. Что дает использование концепции простой логистической цепи при управлении запасами или при проектировании логистических систем?

10. Какой критерий оптимизации при управлении запасами в цепях поставок следует использовать с точки зрения концепции простой логистической цепи?

14. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СТРАТЕГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

14.1. Алгоритм проектирования оптимальных стратегий управления запасами

На основании изучения опыта работы ряда торговых и производственных компаний нами был разработан обобщенный алгоритм формирования оптимальных стратегий управления запасами, учитывающих особенности цепей поставок (рис.14.1).

Охарактеризуем основные этапы реализации предлагаемого алгоритма.

На первом этапе осуществляется формирование базы данных с информацией, которая может быть полезна для управления запасами. Как правило, это данные, характеризующие процессы потребления продукции, а также информация о ключевых особенностях цепей поставок, которые могут повлиять на выбор стратегии управления запасами.

На втором этапе осуществляется статистическая обработка и анализ рядов данных о расходах и приходах запасов. Анализ данных включает расчет средних значений потребления, времени выполнения заказов, СКО расхода и времени выполнения заказов, оценку принадлежности крайних (максимальных, минимальных) значений общей выборке, дисперсионный анализ рядов, корреляционный анализ (см. ниже) и т.д.



Рис.14.1. Алгоритм формирования стратегий УЗ

На третьем этапе осуществляется классификация всей номенклатуры материальных ценностей в запасах на группы: ABC, XYZ, αβγδ. ABC-анализ позволяет выявлять группы позиций но-

менклатуры, представляющие наибольший экономический интерес для управления запасами (см. раздел 12). XYZ-анализ позволяет оценить степень стохастичности и точности прогнозирования расходов по отдельным номенклатурным позициям (см. раздел 12.). $\alpha\beta\gamma\delta$ -анализ позволяет идентифицировать характер процесса расхода (редкий спрос, сезонность, экстремальный спрос и т.п.).

На четвертом этапе осуществляется экспертная оценка причин, приводящих к возникновению дефицита, сверхнормативных запасов и других негативных проявлений динамики уровня запасов на складах компании.

На пятом этапе осуществляется процедура выбора (формирования), а также корректировки стратегии управления запасами в соответствии с выявленными ранее особенностями динамики спроса на материальные ресурсы и ключевыми характеристиками цепей поставок. Процесс выбора стратегии УЗ достаточно подробно рассматривался нами в п. 9.6.

На шестом этапе осуществляется расчет основных параметров стратегий управления запасами, таких как объем и периодичность заказов на пополнение запаса, величина страхового запаса, нормативный (желательный) уровень текущего запаса.

На седьмом этапе происходит реализация стратегии в процессе поставок продукции.

На восьмом этапе осуществляется мониторинг состояния системы управления запасами и корректировка стратегий управ-

ления запасами исходя из изменений параметров спроса и цепей поставок. Перечень основных параметров, подлежащих контролю и оценке, приведен в п. настоящего пособия.

Рассмотрим теперь более подробно 2 первых этапа, связанных с формированием базы исходных данных, необходимых для управления запасами, и статистической обработкой этих данных.

Данные, необходимые для управления запасами можно условно разделить на 3 группы: данные по потреблению материальных ценностей; данные по поставкам материальных ценностей; данные по затратам в системе управления запасами. Перечень информации, входящей в каждую из перечисленных выше групп приведен в табл. 14.1.

Таблица 14.1

Информация, необходимая при управления запасами

«Потребление»	«Поставки»	«Затраты»
<ul style="list-style-type: none"> - наименование позиции по ном-ре. - дата расхода (день, месяц, число); - объем расхода; - ед. измерения (шт, компл, проч.) 	<ul style="list-style-type: none"> - наименование позиции по ном-ре. - дата размещения заказа; - объем заказа; - дата поставки по договору; - дата поставки фактическая; - объем фактический (пригодный к использованию, брак не учитывается) 	<ul style="list-style-type: none"> - затраты на заказ на единицу позиции номенклатуры; - затраты на хранение на единицу позиции номенклатуры; - потери от дефицита на единицу позиции номенклатуры; - затраты на приобретение (закупочная стоимость) на единицу позиции номенклатуры

Целесообразно привести основные требования к информации, которая используется при управлении запасами, а именно:

- данные по приходу и расходу должны быть отсортированы по позициям номенклатуры и по времени;

- в базе данных должна быть предусмотрена возможность накапливания статистической информации за длительное время, что позволит постоянно улучшать качество прогнозов.

Источники информации, необходимой для управления запасами можно подразделить на электронные и аналоговые.

Аналоговые источники информации – это данные на бумажных носителях. Примеры аналоговых источников приведены в табл. 14.2.

Таблица 14.2

Аналоговые источники информации, используемой при управлении запасами

Вид документа	Источник, подразделение	Содержащаяся в документе информация	Какие задачи УЗ могут быть решены с помощью этой информации
Карточки складского учета материалов (готовой продукции) или книги складского учета материалов	Склад	Даты и объемы поступления / расхода МЦ; источники поступления МЦ; направления расхода МЦ; остатки МЦ на определенную дату	Моделирование процесса движения запасов; прогнозирование потребности в запасах; - определение параметров стратегий УЗ ит.п.
Оборотные количественно-суммовые ведомости или ведомости продажи для готовой продукции	Склад, бухгалтерия	Наименование МЦ и номенклатурный номер, единица измерения, цена за единицу измерения, приход за месяц, расход за месяц, наличие на конец месяца	АВС-анализ номенклатуры МЦ; контроль неликвидов и общая оценка эффективности УЗ
Ведомости неликвидов	Склад	Наименования и номенклатурный номер МЦ, количество и стоимость по каждой позиции, дата последнего движения	Выявление и анализ неликвидов

Окончание табл. 14.2

Вид документа	Источник, подразделение	Содержащаяся в документе информация	Какие задачи УЗ могут быть решены с помощью этой информации
Ведомости учета остатков материалов	Склад	Наименование МЦ, номенклатурный номер МЦ, единицы измерения, цены, нормы запаса и затем остаток - количество и сумма	Выявление неликвидов
Ведомости (журналы) оперативного учета выполнения договоров поставки	Бухгалтерия или отдел снабжения, отдел продаж	В этих ведомостях отмечают выполнение условий договора о поставке по ассортименту материалов, их количеству, цене, срокам отгрузки и др.	Определение и контроль надежности поставок
Договора на поставку, счета, счета-фактуры и др.	Бухгалтерия или отдел снабжения, отдел продаж	Поставщик (наименование); сведения о договоре: номер, дата; наименование позиции; количество в заказе; дата поставки по договору	Определяются показатели надежности поставок, необходимые для расчета страхового запаса
Счет-фактура, ТТН	Бухгалтерия или отдел снабжения, отдел продаж	Наименование позиции; поставщик (наименование); номер договора (заказа), дата; объем и номенклатура поставки (факт.); дата поставки по договору (факт.); стоимость	Моделирование процесса движения запасов «приход-расход»; определяются показатели надежности поставок, необходимые для расчета страхового запаса
И др.			

С развитием специализированного складского и бухгалтерского программного обеспечения в сфере управления запасами все большее распространение получают цифровые источники информации.

Цифровые источники информации – это отчеты специализированных программных продуктов, хранимые на персональных компьютерах, передаваемые по сети Internet. Цифровые источни-

ки информации гораздо более удобны в использовании, поскольку информация в электронном виде может быть перенесена в любую прикладную программную среду и обработана компьютером. Для использования аналоговой информации, ее предварительно необходимо внести в электронную базу данных, что требует дополнительных затрат времени и труда, которые в конечном счете выливаются в дополнительные затраты финансовых ресурсов компаний. Примеры возможных цифровых источников информации, которая может быть использована при управлении запасами, приведены в табл. 14.3.

Таблица 14.3

Цифровые источники информации, используемой при управлении запасами

№	Блок данных	Состав информации	Решаемые задачи	Источник
1	Потребление	Дата требования (расхода); объем требования (расхода); источник поступления требования (парк, подразделение, транспортное средство и т.п.)	Моделируется процесс потребления МР. Оценка характера процесса потребления (стохастичность). Используется как база для прогнозирования потребности в материальных ресурсах	Отчеты складского и бухгалтерского ПО. Пример: отчет «Карточка складского учета МЦ», формируемая программным продуктом 1С Бухгалтерия 8.0
2	Потребление	Поставщик (наименование); сведения о договоре: номер, дата; наименование позиции; количество в заказе; дата поставки по договору	Определяются показатели надежности поставок, необходимые для расчета страхового запаса	Отчеты складского и бухгалтерского ПО. Пример: отчет «Сведения о закупках и движении МЦ», формируемая программным продуктом 1С Бухгалтерия 8.0

Окончание табл. 14.3

№	Блок данных	Состав информации	Решаемые задачи	Источник
3	Поставки	Наименование позиции; поставщик (наименование); номер договора (заказа), дата; объем и номенклатура поставки (факт.); дата поставки по договору (факт.); стоимость	Моделирование процесса движения запасов «приход-расход»; определяются показатели надежности поставок, необходимые для расчета страхового запаса	Отчеты складского и бухгалтерского ПО. Пример: отчет «Карточка складского учета МЦ», формируемая программным продуктом 1С Бухгалтерия 8.0
	И др.			

Помимо данных, характеризующих процесс потребления материальных ресурсов и качество поставок при формировании оптимальных стратегий управления запасами необходимо учитывать еще и особенности цепей поставок.

К ключевым параметрам цепей поставок, влияющим на формирование стратегии управления запасами, можно, например, отнести:

- условия поставок (по Incoterms);
- сроки поставок и периодичность поставок, определяемые поставщиком;
- требования поставщика к минимальному и максимальному размеру заказа;
- ограничения производственных и складских мощностей клиента по переработке поступающих от поставщиков материальных ценностей;
- условия и порядок осуществления расчетов за поставляемую продукцию;

- способы доставки и характеристика транспорта, используемого при поставках материальных ценностей от одного участника цепи поставок другому;

и др.

14.2. Вопросы и задания для самостоятельной работы

1. Охарактеризуйте основные этапы алгоритма проектирования стратегий управления запасами в цепях поставок.

2. Назовите основные параметры цепей поставок, которые могут повлиять на выбор стратегии управления запасами. Поясните, каким образом может выразиться это влияние.

3. Назовите основные группы данных, необходимых при управлении запасами.

4. Каковы основные требования к данным, используемым при управлении запасами?

5. Назовите основные виды источников информации, которая используется при управлении запасами.

6. Каковы преимущества электронных (цифровых) источников информации?

15. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И АНАЛИЗ ЗАПАСОВ ТОВАРНО-МАТЕРИАЛЬНЫХ ЦЕННОСТЕЙ

15.1. Показатели эффективности управления запасами

Любая управленческая деятельность предусматривает наличие определенной системы контроля, которая позволяет оценить эффективность этой деятельности.

Для оценки эффективности управления запасами могут быть использованы 4 группы показателей (см. табл. 15.1).

Таблица 15.1

Основные показатели эффективности управления запасами

Группа показателей	Показатели оценки
1. Показатели обеспеченности компании материальными запасами:	- показатели среднего и текущего (моментного) уровня располагаемых запасов; - показатель обеспеченности предприятия запасами в днях; - показатели уровня дефицита и др.
2. Показатели эффективности использования материальных запасов:	- показатели оборачиваемости запасов; - материалоотдача; - запасоемкость; - коэффициент материальных затрат; - показатели отклонений от нормативных величин использования запасов; - уровень неликвидов и др.
3. Показатели эффективности капитальных вложений в запасы:	- рентабельность запасов; - индекс доходности запасов; - валовая рентабельность инвестиций в запасы и др.
4. Обобщающие показатели:	- уровень обслуживания клиентов; - уровень суммарных затрат на управление запасами и др.

Рассмотрим некоторые из этих показателей более подробно.

Уровень располагаемых запасов. Наличие запасов можно охарактеризовать моментными показателями (на отчетные даты) в натуральном и денежном выражении (Z_i) и средними значениями за отчетный период (\bar{Z}) [42].

Средние показатели определяются в простейших случаях по формуле средней арифметической:

$$\bar{Z} = \frac{(Z_n + Z_k)}{2}, \quad (15.1)$$

где Z_n – объем запасов на начало периода, в натуральном или денежном выражении;

Z_k – объем запасов на конец периода, в натуральном или денежном выражении.

Если известны величины запасов на определенные даты, разделенные равными интервалами, то средний запас можно более точно рассчитать по формуле средней хронологической:

$$\bar{Z} = \frac{(\frac{1}{2}Z_1 + Z_2 + \dots + \frac{1}{2}Z_n)}{n-1}, \quad (15.2)$$

где n – число дат.

Если интервалы времени между датами, на которые известны величины запасов, различны, то средняя величина определяется по формуле средней арифметической взвешенной:

$$\bar{Z} = \frac{\sum_{k=1}^{n-1} \bar{Z}_k \cdot t_k}{\sum_{k=1}^{n-1} t_k}, \quad (15.3)$$

где t_k – продолжительность периода между датами;

\bar{Z}_k – средняя величина запаса в k -м интервале.

Обеспеченность предприятия запасами в днях:

Показатель обеспеченности запасами в днях рассчитывается путем деления величины располагаемого запаса на среднесуточный расход:

$$O_3 = \frac{Z_i}{\lambda}, \quad (15.4)$$

где Z_i – размер наличного текущего запаса в момент времени i , ед.;

λ – среднесуточный расход запаса, ед./день;

Пример 15.1:

В таблице 15.2 приведены данные по запасам воздушных фильтров на складе автотранспортного предприятия, взятые из карточек складского учета соответствующей позиции номенклатуры запасов. На основе этих данных проведем расчет показателей обеспеченности запасами.

Таблица 15.2

Карточка складского учета материала (фильтр воздушный)

Дата записи	Учетная единица выпуска	Приход	Расход	Остаток
01.01.2004	шт.			16
08.01.2004	шт.	20		36
12.01.2004	шт.		18	18
05.02.2004	шт.	40		58
05.02.2004	шт.		2	56
16.02.2004	шт.		10	46
05.03.2004	шт.		18	28
20.03.2004	шт.		22	6
08.04.2004	шт.		6	0
10.04.2004	шт.		12	-12
13.04.2004	шт.	40		28
20.04.2004	шт.		6	22

Окончание табл. 15.2

Дата записи	Учетная единица выпуска	Приход	Расход	Остаток
22.04.2004	шт.		16	6
30.04.2004	шт.	4		10
14.05.2004	шт.		4	6
20.05.2004	шт.		14	-8
26.05.2004	шт.	40		32
07.06.2004	шт.		24	8
10.06.2004	шт.		2	6
22.06.2004	шт.		10	-4
25.06.2004	шт.	34		30
12.07.2004	шт.		2	28
16.07.2004	шт.		18	10
28.07.2004	шт.	34		44
28.07.2004	шт.		14	30
10.08.2004	шт.		16	14
16.08.2004	шт.		2	12
07.09.2004	шт.		18	-6
16.09.2004	шт.	40		34
07.10.2004	шт.		18	16
20.10.2004	шт.		16	0
05.11.2004	шт.	40		40
05.11.2004	шт.		28	12
03.12.2004	шт.	40		52
06.12.2004	шт.		14	38
08.12.2004	шт.		2	36
21.12.2004	шт.		2	34

Поскольку числовой ряд «остатки (запасов)» - «время» не равноинтервальный, то для расчета среднего запаса можно использовать только формулы (15.1) и (15.3).

Для определения среднего запаса по формуле (15.1) достаточно найти сумму значений уровня запасов на начало периода (в нашем случае 01.01.2004) и на конец периода (21.12.2004) и разделить получившееся значение на 2:

$$\bar{z} = \frac{(16+34)}{2} = 25 \text{ ед.}$$

Расчет по формуле (15.3) гораздо более сложен, так как предполагает учет всех значений остатка запасов (столбец «остаток» таблицы) за рассматриваемый период и интервалов времени между датами проверки (столбец «дата записи»). Для расчета необходимо найти средние значения запасов в каждом интервале и вычислить сумму произведений этих значений на длину интервала в днях. Получившееся значение делится на сумму всех интервалов.

Так, среднее значение запаса в первом интервале (с по 01.01.2004 по 08.01.2004) будет $(16+36)/2 = 26$ ед. Длина интервала составит 7 дней. Найдем произведение длины интервала на среднее значение запаса в интервале: $26 \times 7 = 182$ ед. и т.д.

В расчетов получим значение $\bar{z} = 21,6 \text{ ед.}$ Поскольку в качестве единиц запасов выступают материальные ценности, измеряемые поштучно (то есть неделимые), то получившееся дробное значение результата необходимо округлить до ближайшего целого по правилам округления. Таким образом средний запас составит 22 единицы. Этот результат меньше полученного нами ранее, но является более точным в силу специфики расчета по формуле (15.3).

При расчете средних значений возникает вопрос, а что же делать со значениями дефицита. Как правило, отрицательные значения дефицита в расчетах заменяются нулевыми значениями, поскольку в расчет берется только физически возможное налич-

ное количество материальных ценностей. Дефицит поэтому следует учитывать отдельно.

Для учета дефицита можно использовать такие показатели как:

- суммарное значение дефицита, которое может выражаться в натуральных единицах запаса, в денежных единицах, а иногда – в днях;

- среднюю величину дефицита;

- отношение средней величины дефицита к среднему уровню запасов;

- могут быть рассчитаны суммарные издержки, связанные с дефицитом, и определена их доля в суммарных материальных затратах компании.

По данным таблицы 15.2 суммарный дефицит в рассматриваемом периоде составил $12+8+4+6 = 30$ ед.

Для расчета среднего дефицита можно воспользоваться средней арифметической взвешенной - формула (15.3). Принцип расчета будет аналогичен показанному ранее для наличного запаса. В результате расчетов получим значение среднего дефицита = 0,56 или 1 ед. (по правилам округления).

Найдем отношение среднего дефицита к среднему запасу:

$$\frac{\bar{D}}{\bar{Z}} \cdot 100\% = \frac{1}{22} \cdot 100\% = 4,5\%$$

4,5% - приемлемое значение, свидетельствующее о достаточно сносном управлении запасами. Однако в любом случае дефицит есть, что свидетельствует об определенных недочетах и

ошибках, допущенных в процессе управления запасами воздушных фильтров на предприятии.

Для расчета обеспеченности предприятия в днях запаса необходимо определить среднесуточный расход (λ). Значение среднесуточного расхода также можно найти по формуле средней арифметической взвешенной. Информацию для расчета возьмем из столбца «Расход» таблицы 15.2. По результатам расчетов получим $\lambda=0,88$, или 1 (по правилам округления).

Теперь возьмем значение наличного запаса на какую-нибудь дату, например, на 05.03.2004 (28 ед.). 28 разделим на 1 (среднесуточный расход) и получим значение 28. Таким образом, запас теоретически исчерпается через 28 дней.

Показатели оборачиваемости запасов. Финансовый успех компании, показатель ее ликвидности и платежеспособности напрямую зависит от того, насколько быстро средства, вложенные в запасы, превращаются в живые деньги. Чтобы понять, как надолго финансовые ресурсы, вложенные в запасы, изымаются из оборота, необходимо проводить анализ оборачиваемости товарных запасов.

К показателям оборачиваемости относят коэффициент оборачиваемости материально-производственных запасов и длительность одного оборота запасов в днях.

Коэффициент оборачиваемости материально-производственных запасов рассчитывается как отношение годовой суммы выручки от продаж, указываемой в «Отчете о прибылях и убыт-

ках» к балансовым остаткам по статье «Запасы» [35].

В литературе встречаются и другие формулы для расчета коэффициента оборачиваемости, например:

$$k_{обМЗ} = \frac{A}{\bar{З}} \quad (15.5)$$

или

$$k_{обМЗ} = \frac{B_p}{МПЗ}, \quad (15.6)$$

где A – годовая потребность в запасах продукции, ед. (или ден. ед.);

$\bar{З}$ – средний запас продукции, ед. (или ден. ед.);

B_p – выручка от реализации продукции, ден. ед;

$МПЗ$ – средняя стоимость материально-производственных запасов и затрат.

Длительность одного оборота запасов в днях рассчитывается следующим образом:

$$t_{обМЗ} = \frac{D}{k_{обМЗ}}, \quad (15.7)$$

где D – рассматриваемый период, дней;

$k_{обМЗ}$ – коэффициент оборачиваемости материальных запасов, раз.

Оборачиваемость запасов и длительность оборота можно рассчитывать как по отдельным видам материальных ценностей, так и суммарно по всей номенклатуре. В результате расчета коэффициента оборачиваемости можно получить ответ на вопрос, сколько раз капитал, вложенный в отчетном году в материальные

запасы, возмещался предприятию при реализации его продукции.

Коэффициент оборачиваемости не имеет рекомендуемых значений. Закономерность одна: чем он выше, тем меньше времени товары находятся на складе, тем быстрее они превращаются в деньги. Однако на практике компании могут устанавливать собственные нормы оборачиваемости.

Норма оборачиваемости – это количество дней (или оборотов), за которые, по мнению руководства фирмы, должен быть реализован запас товара, чтобы торговлю можно было считать успешной. Примеры норм оборачиваемости: в одном из сетевых супермаркетов норма оборачиваемости по непродовольственной группе делится на основе ABC-анализа: для товаров А – 10 дней, для товаров группы В – 20 дней, для С – 30. В этой розничной сети закладывают в показатель товарного запаса месячную оборачиваемость, а товарный остаток по магазину складывается из нормы оборачиваемости плюс страховой запас [7]. Генри Ассэль в книге «Маркетинг: принципы и стратегия» пишет: «Для того чтобы предприятия работали с прибылью, их запасы должны оборачиваться 25–30 раз в год» [4].

Материалоотдача определяется делением стоимости произведенной продукции на сумму материальных затрат (затрат на запасы). Этот показатель характеризует отдачу материалов, то есть количество произведенной продукции с каждого рубля потребленных материальных ресурсов (сырья, материалов, топлива, энергии и т.д.).

Запасоемкость характеризует удельный вес затрат на запасы в себестоимости. Она рассчитывается как отношение суммы затрат на запасы к полной себестоимости произведенной продукции.

Коэффициент материальных затрат представляет собой отношение фактической суммы материальных затрат к плановой, пересчитанной на фактический объем выпущенной продукции. Он показывает, насколько экономно используются материалы в процессе производства, нет ли их перерасхода по сравнению с установленными нормами. Если коэффициент больше 1, то это свидетельствует о перерасходе материальных ресурсов на производство продукции, и наоборот, если меньше 1, то материальные ресурсы использовались более экономно.

Показатели отклонений от нормативных величин использования запасов. Отклонения от нормативных величин по материальным запасам в итоге влияют на общее отклонение по себестоимости продукции, что приводит в числе прочих факторов к отклонению от планируемого уровня прибыли [35]. Причиной отклонений от норм может стать и нерациональное управление запасами, вызывающее необходимость срочных закупок, дополнительных затрат на транспортировку, погрузо-разгрузочные работы и др.

К этой группе относят следующие показатели:

1. Показатель отклонений по цене материальных запасов:

$$O_p = (P_n - P_\phi) \cdot Q, \quad (15.8)$$

где P_n – нормативная цена единицы МЦ;

P_ϕ – фактическая цена приобретения единицы МЦ;

Q – объем МЦ, приобретенных для пополнения запасов

2. Показатель отклонений по количеству материальных запасов:

$$O_Q = (Q_n - Q_\phi) \cdot P_n, \quad (15.9)$$

где Q_n – нормативный объем МЦ;

Q_ϕ – фактический объем МЦ;

P_n – нормативная цена единицы МЦ;

3. Показатель отклонений по суммарным затратам, связанным с материальными запасами:

$$O_{C\Sigma} = (C_{\Sigma n} - C_{\Sigma \phi}) \cdot Q_\phi, \quad (15.10)$$

где $C_{\Sigma n}$ – суммарные нормативные затраты на пополнение запасов из расчета на единицу МЦ;

$C_{\Sigma \phi}$ – суммарные фактические затраты на пополнение запасов из расчета на единицу МЦ;

Q_ϕ – фактический объем приобретенных МЦ;

Основными источниками информации для расчета этих показателей являются результаты инвентаризации, данные бухгалтерского учета и стандарты (если речь идет об отклонениях от нормативов расхода запасов).

Рентабельность запасов. Уровень рентабельности запасов определяется как процентное отношение чистой прибыли от продаж материальных ценностей к затратам на формирование запасов этих материальных ценностей:

$$R_{M3} = \frac{ЧП_{M3}}{C_{M3}} \times 100\%, \quad (15.11)$$

где $ЧП_{M3}$ - чистая прибыль от реализации запасов, которая определяется по данным бухгалтерской отчетности как валовая прибыль за минусом налога на прибыль (заработной платы и процентных платежей).

C_{M3} – себестоимость запасов или затраты на формирование запасов (включая стоимость самих МЦ в запасах и затраты на обслуживание запаса).

Индекс доходности запасов [44] позволяет уравновесить показатели оборачиваемости и прибыльности запасов. Он рассчитывается как произведение показателя оборачиваемости на валовую прибыльность:

$$k_{обM3} \cdot k_{ВПM3} = \frac{C_{реализM3}}{\bar{C}_{M3}} \times \left(\frac{П_{реализM3}}{B_{реализM3}} \times 100\% \right), \quad (15.12)$$

где $k_{обM3}$ – коэффициент оборачиваемости материальных запасов, раз;

$k_{ВПM3}$ – прибыльность реализации материальных запасов или рентабельность материальных запасов, в %;

$C_{реализ M3}$ – себестоимость реализованных за рассматриваемый период запасов, ден. ед.

\bar{C}_{M3} - средняя себестоимость запасов, хранимых на складе за рассматриваемый период времени, ден. ед.

$П_{реализM3}$ – прибыль от реализации запасов за рассматриваемый период, ден. ед.

Индекс доходности позволяет учесть случаи, когда высокая

рентабельность компенсирует низкую оборачиваемость запасов. Индекс доходности может использоваться в качестве критерия ABC-анализа. Чем больше индекс доходности, тем более значима для нас рассматриваемая товарная позиция.

Валовая рентабельность инвестиций в запасы [44] характеризует рентабельность вложений в запасы и рассчитывается как отношение валовой прибыли за год к средней стоимости запасов в тот же период:

$$R_{МЗ}^B = \left(\frac{B_{реализМЗ} - C_{реализМЗ}}{\bar{C}_{МЗ}} \right) \times 100\%, \quad (15.13)$$

где $B_{реализ МЗ}$ – выручка от реализации запасов, ден. ед.

$C_{реализ МЗ}$ – себестоимость реализованных за рассматриваемый период запасов, ден. ед.

$\bar{C}_{МЗ}$ - средняя себестоимость запасов, хранимых на складе за рассматриваемый период времени, ден. ед.

Пример 15.2:

Пусть годовая выручка от реализации материальных ценностей составила 100000 у.е.; себестоимость реализованных материальных ценностей (суммарные затраты на запасы) составили 90000 у.е.; средняя себестоимость хранимых на складе запасов составила 50000 у.е. Рассчитаем основные показатели эффективности использования капитала, вложенного в запасы.

Во-первых, определим валовую рентабельность запасов. Для этого воспользуемся формулой (15.13):

$$R_{МЗ}^B = \left(\frac{100000 - 90000}{50000} \right) \times 100\% = 20\%$$

Поскольку нормативных значений для показателей рентабельности нет, то руководство компании должно самостоятельно, исходя из своей ситуации, определить, достаточно ли значение валовой рентабельности 20%, или нет. Вообще рекомендуется оценивать динамику рентабельности от одного планового периода к другому. Исследование динамики рентабельности позволит сделать более точный вывод об эффективности работы компании и, в частности, деятельности в сфере управления запасами.

Теперь рассчитаем индекс доходности. Для расчета этого показателя воспользуемся формулой (15.12):

$$k_{обМЗ} \cdot k_{ВПМЗ} = \frac{90000}{50000} \times \left(\frac{(100000 - 90000)}{100000} \times 100\% \right) = 18\%$$

Индекс доходности имеет ценность в сравнении его значения для данной позиции номенклатуры со значениями для других позиций. Только так можно определить относительную ценность данного вида запасов по сравнению с остальными.

Для расчета рентабельности запасов необходимы дополнительные данные по заработной плате, налогам и процентным платежам, поскольку без них нельзя рассчитать чистую прибыль (ЧП).

Уровень обслуживания клиентов может быть рассчитан как доля неудовлетворенных заказов по рассматриваемой позиции номенклатуры к общему количеству заказов:

$$У_{д} = \frac{K_{нз}}{K_{общ}}, \quad (15.14)$$

где $K_{нз}$ – количество неудовлетворенных заказов за рассматри-

ваемый период;

$K_{общ}$ – общее количество заказов за рассматриваемый период.

Уровень обслуживания 95% означает, что в 95 случаях из 100 потребности клиентов в материальных ресурсах могут быть удовлетворены за счет имеющихся запасов.

15.2. Вопросы и задания для самостоятельной работы

1. Для чего проводится экономическая оценка и анализ запасов?
2. Какие показатели могут быть использованы для экономической оценки и анализа запасов?
3. Как рассчитывается показатель обеспеченности запасами в днях?
4. Как рассчитывается оборачиваемость запасов? Какую информацию показатель «оборотность запасов» может дать менеджеру, отвечающему за управление запасами?
5. Что такое «норма оборачиваемости»?
6. Что означают показатели: «материалоотдача», «запасоемкость», «коэффициент материальных затрат»?
7. С какой целью рассчитываются показатели отклонения от нормативной величины использования запасов?
8. Что показывает «рентабельность запасов»?
9. Что означает уровень обслуживания клиентов 99%?

ГЛОССАРИЙ

Алгоритм Сильвера-Мила – это эвристический подход к определению объемов заказа на пополнение запасов в MRP-системах, который позволяет определить число последующих этапов, потребности которых можно удовлетворить за счет размещения заказа в текущем периоде. Критерием принятия решения здесь являются суммарные затраты на размещение заказа и хранение, приведенные к одному периоду.

Анализ ABC – это в теории управления запасами способ формирования и контроля за состоянием запасов, заключающийся в разбиении номенклатуры N реализуемых товарно-материальных ценностей на три неравномоощных подмножества А, В и С на основании некоторого формального алгоритма.

Анализ XYZ – это классификация ассортимента товаров (номенклатуры ресурсов) на три группы в зависимости от степени равномерности спроса или возможной степени точности прогнозирования.

Аутсорсинг (от англ. outsourcing: внешний источник) - передача организацией определённых бизнес-процессов или производственных функций на обслуживание другой компании, специализирующейся в соответствующей области.

Время выполнения заказа – это период времени между моментом подачи заказа и моментом поступления продукции на склад.

Главный каталог запасов (IMF) - это информационный ресурс MRP-систем, содержащий полную информацию о состоянии запасов по всему перечню номенклатуры, используемой в производстве; в IMF отражаются данные о наличных запасах на складе, запасах в пути, времени выполнения заказов (lead times).

Готовая продукция (*finished goods*) – конечная продукция для данного предприятия, предназначенная для реализации.

График заказов на закупку / производство материалов и комплектующих (Planned Order Schedule) – это документ, расписывающий какое количество сырья, материалов, комплектующих должно быть заказано в каждый плановый период в течение всего горизонта планирования.

Дефицит - это недостаток запасов или нехватка материальных ресурсов для изготовления продукции или товаров для удовлетворения спроса».

Дефицитная ситуация – это период времени, в каждый момент которого, величина предъявленного внутреннего или внешнего спроса превышает наличный запас.

Дискретная случайная величина - это случайная величина, которая принимает конечное или счетное число значений, которые можно пронумеровать натуральными числами).

Дифференциальные скидки – скидки, которые для каждой партии товара учитываются отдельно в каждом ценовом диапазоне.

Детерминированный спрос – это спрос, параметры которого (интенсивность потребления и периодичность) известны заранее или могут быть спрогнозированы на рассматриваемый период времени с достаточной степенью точности.

Жесткие издержки дефицита – это издержки, непосредственно связанные с появлением дефицита и мероприятиями, направленными на его ликвидацию, например, затраты на подготовку и размещение дополнительных заказов, затраты на перевозку дополнительных партий груза, затраты на ускорение доставки, штрафные санкции за нарушение обязательств по заключенным договорам и проч.

Зависимый спрос - это спрос на изделие или услугу, вызванный спросом на другие изделия или услуги, например, спрос на готовую продукцию и ее компоненты.

Запасоемкость – это отношение суммы затрат на запасы к полной себестоимости произведенной продукции.

Звено логистической системы (ЗЛС) – некоторый экономический и (или) функционально обособленный объект (подразделение компании или юридически самостоятельное предприятие), выполняющий свою локальную цель, связанную с реализацией одного или нескольких видов логистической деятельности. Звенья одной логистической системы объединены единым управлением логистическим процессом. Звеньями логистической системы являются поставщики, производители, потребители и логистические посредники. Промышленные или торговые предпри-

ятия часто называют центральной компанией, по отношению к которой первой и второй сторонами являются поставщики и потребители, а третьей стороной (Third Party Logistics, 3 PL) – логистические посредники.

Имитационное моделирование – процесс конструирования модели реальной системы и постановки экспериментов на этой модели с целью либо понять поведение системы, либо оценить в рамках ограничений различные стратегии, обеспечивающие функционирование этой системы.

Интервал поставки (цикл поставки) – это период времени между двумя смежными поставками.

Коэффициент материальных затрат – это отношение фактической суммы материальных затрат к плановой, пересчитанной на фактический объем выпущенной продукции.

Логистика – это наука об управлении материальными и связанными с ними информационными, финансовыми и сервисными потоками в экономической системе от места их зарождения до места потребления для достижения целей системы и с оптимальными затратами ресурсов.

Логистические посредники – посредники, обеспечивающие продвижение материальных и информационных потоков между другими субъектами (звеньями) логистической системы. Основная деятельность этих посредников связана с выполнением логистических функций и направлена на предоставление своим клиентам логистического сервиса.

Логистическая система (ЛС) – это сложная, структурированная экономическая система, состоящая из элементов – звеньев, взаимосвязанных в едином процессе управления материальными, сервисными и сопутствующими им потоками.

Логистическая операция – любое элементарное действие (совокупность действий), приводящее к трансформации параметров материальных и сопутствующим потоков, и не подлежащее дальнейшей декомпозиции в рамках поставленной задачи администрирования или проектирования логистической системы. Примером логистических операций являются: погрузка, разгрузка, перевозка, консолидация, хранение, разукрупнение, прием и передача заказа, расчеты с поставщиками, посредниками и потребителями и т.п.

Логистическая функция (ЛФ) – совокупность логистических операций, выделенная с целью повышения эффективности и степени управляемости логистики предприятия. Логистическими функциями являются управление процедурами заказов, транспортировка, управление запасами, закупка материальных ресурсов для производственной деятельности, поддержка производственных процедур, складирование, грузопереработка, поддержка возврата продукции и др.

Логистическая цепь (ЛЦ, цепь поставок) – линейно-упорядоченное множество физических и/или юридических лиц (поставщиков, посредников, перевозчиков и др.), непосредствен-

но участвовавших в доведении конкретной партии продукции до потребителя.

Логистический канал (ЛК) – упорядоченное множество звеньев логистической системы, включающей в себя все логистические цепи или их участки, проводящие материальные потоки от поставщиков до конечных потребителей, а также сопутствующий сервис.

Логистический цикл (цикл выполнения заказа или функциональный цикл), под которым понимается промежуток времени между подачей заказа и доставкой заказанной продукции или сервиса конечному потребителю. Логистический цикл, как правило, включает время передачи, обработки, размещения, производства и/или комплектования, транспортировки заказа и время приема товара потребителем.

Максимальный уровень запаса – это сумма страхового, подготовительного запасов и максимального уровня текущего запаса.

Материалоотдача – это отношение стоимости произведенной продукции к сумме материальных затрат (затрат на запасы).

Материальные запасы (*inventory, stock*) – 1) находящиеся на различных стадиях производства и обращения продукция производственно-технического назначения, предметы потребления и другие товарно-материальные ценности, ожидающие вступления в процесс производственного потребления, транспортировки (от-

грузки) или продажи (конечного потребления); 2) материальные ценности, ожидающие производственного или личного потребления.

Материальный поток – это находящиеся в состоянии движения материальные ресурсы, незавершенное производство, готовая продукция, к которым применяются логистические операции и логистические функции.

Метод Монте-Карло - численный статистический метод, предполагающий использование специального аналитического аппарата (генератор случайных чисел в сочетании с интегральной функцией распределения вероятностей) и ЭВМ для получения данных о реализации во времени некоторого исследуемого процесса (например, расхода определенного товара на складе или выхода из строя оборудования).

Метод наименьших общих затрат (Least Total Cost – LTC) – метод определения объемов заказа на пополнение запасов в MRP-системах, который предполагает определение размера партии по результатам сравнения расходов на хранение и затрат на пуско-наладочные работы (или затрат на размещение заказа).

Метод наименьших удельных затрат (Least Unit Cost – LUC) – многошаговый метод определения объемов заказа на пополнение запасов в MRP-системах, в котором критерием для определения оптимального размера партии поставки служит минимум удельных затрат, связанных с запасами.

Метод «партия за партией» (Lot-For-Lot – LFL) – метод определения объемов заказа на пополнение запасов в MRP-системах, который предполагает точное соответствие объемов заказов чистым производственным потребностям в каждом периоде. То есть для каждого периода заказывается ровно столько, сколько требуется, ни больше, ни меньше. Запасы не переходят на следующий плановый период.

Минимальный уровень запаса (гарантийный запас) - это сумма страхового и подготовительного запасов.

Мягкие издержки дефицита – это издержки, связанные с долгосрочными и отложенными последствиями дефицита, с потерей предполагаемого дохода, например, упущенные продажи (потеря предполагаемой прибыли), потеря постоянных клиентов, затраты на удержание клиентов (на рекламу, PR-мероприятия, скидки и пр.

Непрерывная случайная величина – это случайная величина, которая может принимать все значения из некоторого конечного или бесконечного интервала.

Норма – это правило, мера, которая может выражать минимальное, предельное или среднее количество чего-нибудь.

Норма запаса - количество МР, незавершенного производства (НП) и ГП, которое должно находиться у организаций для обеспечения бесперебойного снабжения производства или процесса сбыта.

Норма оборачиваемости запасов – это количество дней (или оборотов), за которые должен быть реализован запас товара.

Нормирование оборотных средств – процесс установления норм и нормативов по нормируемой группе оборотных средств.

Норма оборотных средств – относительная величина, соответствующая минимальному, экономически обоснованному запасу товарно-материальных ценностей устанавливаемая в днях.

Норматив оборотных средств – минимально необходимая сумма денежных средств, обеспечивающих хозяйственную деятельность предприятия.

Нормативы - расчетные экономические или технические показатели, характеризующие количество производимых или потребляемых материалов или средств, приходящихся на какую-либо единицу.

Оборотные средства – это денежные средства, авансированные в оборотные производственные фонды и фонды обращения для обеспечения непрерывного процесса производства и реализации продукции

Оборотные фонды – это та часть производственных фондов, которая полностью потребляется в каждом производственном цикле, переносит всю свою стоимость на вновь созданную продукцию. К оборотным фондам относят предметы труда, которые находятся в производственных запасах и предметы труда, ко-

торые вступили в процесс производства (незаконченная продукция, полуфабрикаты и т.п.)

Объемно-календарный план производства (MPS) – это информационный ресурс MRP-систем, содержащий информацию об объемах производства готовой продукции и входящих в ее состав комплектующих с разбивкой по периодам планирования.

Подготовительные запасы (*buffer stock; incoming stock*) – запасы, основная задача которых состоит в обеспечении непрерывности, равномерности и ритмичности производственных процессов. Подготовительные запасы включают запасы при подготовке продукции к хранению (обычные и специальные) и запасы, создаваемые по окончании хранения в процессе подготовки продукции к отгрузке покупателю или к отпуску в производство.

Полуфабрикаты – промежуточные единицы или узлы, временно отправляемые на хранение для последующего использования в производственном процессе.

Посредник, посредническая фирма (Middleman; Mediator; Intermediary) - лицо, фирма или организация, стоящая между производителем и потребителем товара и содействующая его товарообороту; лицо, фирма или организация содействующие продавцу и покупателю в заключении и исполнении контракта.

Поток - это совокупность объектов, воспринимаемая как единое целое, существующая как процесс на некотором интервале времени, измеряемая в абсолютных единицах за определенный промежуток времени.

Производственные запасы (*manufacturing inventory*) – запасы, предназначенные для производственного потребления и включающие в себя подготовительную, страховую и текущую составляющие.

Промежуточный продукт или незавершенное производство (*work-in-process, WIP*) – сырье в процессе трансформации и обработки.

Простая логистическая цепь - часть логистической цепи (канала), включающая не менее двух основных звеньев логистической системы (ЗЛС) – «поставщика» и «потребителя», связанных между собой несколькими логистическими операциями: оформления заказа, транспортировки, хранения продукции и др.

Рекламные запасы (запасы продвижения) – это запасы, создаваемые и поддерживаемые в каналах распределения для быстрой реакции на повышение потребления в результате осуществления рекламных, PR (public relations) и различных маркетинговых мероприятий.

Рентабельность запасов – это процентное отношение чистой прибыли от продаж материальных ценностей к затратам на формирование запасов этих материальных ценностей.

Сверхнормативные запасы (*excess inventory, surplus stock*) – это запасы, уровень которых превышает установленные нормы запаса.

Сезонные запасы (*seasonal inventory*) – это запасы, которые формируются для обеспечения нормальной работы организаций

во время сезонных перерывов в производстве, потреблении и транспортировке (например, сельскохозяйственная продукция или доставка товаров в районы Крайнего Севера).

Спекулятивные запасы (*speculative stock*) – это запасы, которые создаются в целях защиты от возможного повышения цен или введения протекционистских квот или тарифов, а также для использования рыночной конъюнктуры для получения дополнительной (спекулятивной) прибыли.

Спецификация состава изделия (BOM) – в MRP – системах описание структуры конечного продукта и технологии его производства (сборки); содержит полный перечень сырья, материалов и комплектующих с указанием нормативов по их использованию.

Средний уровень запаса – это сумма страховых, подготовительных запасов и половины текущих запасов.

Статистическое имитационное моделирование – имитационное моделирование, при котором с помощью случайных чисел, формируемых ЭВМ, воспроизводятся случайные явления. В основе статистического имитационного моделирования лежит метод Монте-Карло.

Стохастический спрос - это спрос, параметры которого (интенсивность потребления и периодичность) не определены заранее, но подчиняются определенному закону распределения с известными параметрами.

Стратегия «минимум-максимум» (минимаксная) – это стратегия управления запасами, которая предполагает, что заявка на пополнение запаса размещается каждый раз по достижении определенного минимального уровня запаса, при этом объем заказа переменный и рассчитывается таким образом, чтобы уровень запаса после поставки достиг «максимально желаемого уровня»; стратегия предполагает непрерывный или периодический контроль уровня запаса.

Стратегия «оперативного управления» – стратегия управления запасами, которая предполагает, что период между заказами постоянен, заказы на пополнение запаса делаются в строго определенные моменты времени, объем заказа переменный и рассчитывается таким образом, чтобы уровень запаса после поставки достиг «максимально желаемого уровня».

Стратегия «равномерной поставки» – стратегия управления запасами, которая предполагает, что период между заказами постоянен, объем заказа также постоянен.

Стратегия с фиксированным размером заказа – стратегия управления запасами, которая предполагает, что пополнение запаса делается по достижении определенного порогового уровня текущего запаса или «точки заказа», объем заказа постоянен; стратегия предполагает непрерывный или периодический контроль уровня запаса.

Страховые запасы (гарантийные, резервные; *safety stock, stabilization stock*) – это запасы, предназначенные для непрерыв-

ного снабжения потребителя в случае непредвиденных обстоятельств: отклонений в периодичности и объеме партии поставки от запланированных, резких изменений интенсивности потребления МР или ГП и др.

Сырье и материалы (*raw materials*) - любые исходные материальные составляющие, приобретаемые для их использования в производственном процессе.

Текущие запасы (циклические, регулярные; *base stock; cycle stock; lot-size stock*) – это запасы, предназначенные для обеспечения непрерывности процессов в снабжении и распределении материальных ресурсов и готовой продукции в период времени между двумя очередными поставками.

Торговые посредники – группа посредников, занимающихся торгово-посреднической деятельностью: оптовые торговцы, ритейлеры, дилеры, комиссионеры и др.

Точка заказа (точка перезаказа; *reorder point, ROP*) – уровень запаса в физических единицах или момент времени, по достижении которого необходимо размещать очередной заказ на пополнение запасов.

Транспортные запасы (запасы в пути, транзитные запасы; *in-transit inventory, transportation stock, pipeline stock*) – это часть товарных запасов, находящихся в процессе доставки от поставщика к грузополучателю.

Устаревшие запасы, неликвиды (*dead stock*) - длительно неиспользуемые запасы, образующиеся вследствие низкого каче-

ства продукции, ее морального устаревания, истечения гарантийного срока хранения.

Финансовые посредники - банки, кредитные, страховые и другие организации, предоставляющие предприятиям-производителям финансовые услуги и страхующие их от рисков, обусловленных куплей-продажей и движением товаров.

Фонды обращения – часть оборотных средств, которая состоит из остатков готовой продукции на складе предприятий, товаров отгруженных, но не оплаченных покупателями, остатков денежных средств предприятий на расчетном счете в банке, кассе, в расчетах и дебиторской задолженности, а также вложения в краткосрочные ценные бумаги.

CR (*Continuous Replenishment*) – логистическая технология «непрерывного пополнения запасов», предназначенная для устранения необходимости в заказах на готовую продукцию для пополнения запасов.

DRP (*Distribution Requirements Planning*) – система планирования отправок и запасов готовой продукции в дистрибутивных каналах, в том числе и у логистических посредников.

JIT (*Just-in-time*) – концепция (технология) построения логистической системы или организации логистического процесса в отдельной функциональной области, обеспечивающая доставку материальных ресурсов, незавершенного производства, готовой продукции в нужном количестве, в нужное место и точно к назначенному сроку.

LP (*Lean Production*) – «стройное/ плоское производство». Суть данной концепции состоит в соединении следующих компонентов: высокого качества, мелких размеров производственных партий, низкого уровня запасов, высококвалифицированного персонала и гибкого оборудования.

MRP I (*Material Requirement Planning*) – система планирования потребностей в материалах, основанная на производственных графиках, связывающих информацию о спросе и запасах.

MRP II (*Manufactory Resource Planning*) – система производственного планирования ресурсов, объединяющая производственное, маркетинговое, финансовое планирование и логистические операции.

QR (*Quick Response*) – концепция (метод, технология) «быстрого реагирования», суть которой состоит в оценке спроса в реальном масштабе времени и как можно ближе к конечному потребителю.

TQM (*Total Quality Management*) – всеобщее управление качеством – непрерывно развивающаяся во времени концепция, определяющая конкурентное качество при отсутствии пределов его совершенствования.

VMI (*Vendor Managed Inventory*) – концепция управления запасами, согласно которой поставщик или посредник берет на себя обязательство пополнять запасы потребителя и поддерживать их на необходимом уровне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексинская Т.В. Основы логистики. Общие вопросы логистического управления: Учеб. пос. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005 г.
2. Амосова В.В., Гукасян Г.М., Маховикова Г.А. Экономическая теория: Учебник -СПб.: Питер, 2002.
3. Аристов. С.А. Имитационное моделирование экономических систем: Учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал.гос.экон.ун-та. 2004. 121 с.
4. Ассэль Генри. Маркетинг: принципы и стратегия: учеб. для вузов /пер. с англ. Штернгарца М.З. - 2-е изд. - М. : ИНФРА-М, 2001. - 803 с.
5. Балахонова И.В., Волчков С.А., Капитуров В.А. Логистика: интеграция процессов с помощью ERP-системы. Н.Новгород: ООО СМЦ «Приоритет», 2006 – 464 с.
6. Бродецкий. Г.Л. Управление запасами: Учеб. пособие. – М.: Эксмо, 2007. – 398 с.
7. Бузукова Е. Оборачиваемость товарных запасов // «Sales business / Продажи», 2006.- № 5
8. Букан Дж., Кенингсберг Э. Научное управление запасами. – М.: «Наука», 1967.- 423 с.
9. Быков Р., Толмачев Д. Источник долгосрочного процветания // Эксперт-Урал. – 2008. – № 14 (323).

10. Владимирова И.Г. Исследование уровня транснационализации компаний // Менеджмент в России и за рубежом. – 2001. – № 6.
11. Гаврилов Д.А. Управление производством на базе стандарта MRP II. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2008. – 416 с.
12. Гаджинский А.М. Управление запасами в логистике // Справочник экономиста. – 2008. – № 2.
13. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие для вузов. – 9-е изд., стер.-М.: Высш.шк., 2003 – 479 с.
14. Григорьев М.Н., Долгов А.П., Уваров С.А. Управление запасами в логистике: методы, модели, информационные технологии: Учебное пособие. – СПб.: Изд. дом «Бизнес-пресса», 2006.-368 с.
15. Зайцев Н.Л. Экономика и организации: Учебник для вузов. 2-е изд., переработанное и дополненное. М.: Издательство "Экзамен", 2005. 624 с
16. Качалов И. Новые формы торговых взаимоотношений: производитель – сеть. Исследование компании «Качалов и коллеги» // Маркетинг журнал www.4p.ru
17. Колобов А.А., Омельченко И.Н., Орлов А.И. Менеджмент высоких технологий: учебник для вузов. – М.: Экзамен, 2008. – 624 с.

18. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов./ Под общ. и науч. редакцией проф. В.И. Сергеева. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 976с.

19. Крум Э.В. Экономика предприятия: Учеб.-метод. пособие для повышения квалификации и переподготовки преподавателей и специалистов системы образования. Мн.: РИВШ, 2005. 152 с

20. Кузьмин Б., Юрьев В., Шахдинаров Г. Методы и модели управления фирмой. СПб.: Питер, 2001. 432 с.

21. Кузьмичов А.И., Медведев М.Г. Математичне програмування в Excel: Навч. посіб. – К.: Вид-во Європ. Ун-ту, 2005. – 320 с

22. Лагутин М.Б. Наглядная математическая статистика.- М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007 – 472 с.

23. Ладутько Н.И. Учет контроль и анализ материальных ресурсов. – Минск: Беларуская наука, 1997. – 215 с.

24. Логистика. Учебное пособие/ Под ред. Б.А. Аникина, Т.А. Родкиной. М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2005. 408 с.

25. Логистика: тренинг и практикум: учеб. Пособие / Б.А. Аникин, В.М. Вайн, В.В. Водянова и др. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2007 – 448 с.

26. Логистика: Учебник / Под ред. Б.А. Аникина: 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 368 с.

27. Лукинский В.В. Актуальные проблемы формирования теории управления запасами: монография. – СПб: СПбГИЭУ, 2008.-213 с.
28. Лукинский В.В. Управление запасами в цепях поставок: оптимальный размер заказа. Монография. Ставрополь: Сев.Кав.ГТУ, 2007. 118 с.
29. Лукинский В.С. и др. Логистика в примерах и задачах: Учеб. Пособие.- М.: Финансы и статистика, 2007. – 288 с.
30. Лукинский В.С., Бережной В.И. , Бережная Е.В. и др. Логистика автомобильного транспорта: Учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 368 с.
31. Лукинский В.С., Зайцев Е.И. Прогнозирование надежности автомобилей. – Л.: Политехника, 1991. – 224 с.
32. Модели и методы теории логистики: Учебное пособие 2-ое изд. /Под ред. В.С. Лукинского. – СПб.: Питер, 2007.- 448 с.
33. Основы логистики: Учеб. пос. / под ред. Л.Б. Миротина и В.И. Сергеева. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 200 с.
34. Плетнева Н.Г., Лукинский В.В., Пластуняк И.А. Моделирование производственных процессов на транспорте: учеб. пособие 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: СПбГИЭУ, 2009. – 127 с.
35. Попова Л.В., Маслова И.А., Ханенко М.Е. Аналитическая система материальных запасов на предприятиях промышленности // Финансовый менеджмент, 2003.- № 3
36. Резер С.М., Родников А.Н. Логистика. Словарь терминов. – М.: ВИНТИ РАН, 2007.

37. Родников А.Н. Логистика: Терминологический словарь. – М.: Экономика, 1995. – 251 с.
38. Рыжиков Ю.И. Теория очередей и управления запасами. - СПб.: Питер, 2001. 384 с.
39. Сток Дж. Р., Ламберт Д.М. Стратегическое управление логистикой. – М.: Инфра-М, 2005. – 797 с.
40. Управление цепями поставок: Справочник издательства Gower / под ред. Дж. Гатторны. Пер. с 5-го англ. изд. – М.: ИНФРА-М, 2008 .- 670 с.
41. Хэмди Таха А. Введение в исследование операций, 7-е изд., пер. с англ. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. – 912 с
42. Чернова Т.В. Экономическая статистика: Учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1999. 140 с.
43. Чейз Ричард Б., Эквилайн Николас. Производственный и операционный менеджмент, 8-е изд., пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 704 с.
44. Шрайбфедер Джон. Эффективное управление запасами. Пер. с англ. 2-е изд.-М.: Альпина Бизнес Букс, 2006 г.-304 с.
45. Журнал Freight.ru № 7-8 (22-23) июль-август 2007, стр. 8
46. Anderson E.T., Fitzsimons G.J., Simester D.I. Measuring and mitigating the cost of stockouts // Management Science. – 2006. –№ 52(11). – P. 1751-1763.

47. Atkinson Charles. Inventory holding costs quantified // Inventory Management Review. – September 15 2005, <http://www.inventorymanagementreview>.
48. Axsäter S. Inventory control. Second Edition: Springer, 2006. - 332 p.
49. Brooks B.L. Inventory management and control // AGR Business Management. – October 1972. P. – 7.
50. Diks E.B., de Kok A.G., Lagodimos A.G. Multi echelon systems: a service measure perspective // Memorandum COSOR 96-21, Eindhoven University of Technology , 1996
51. Dooley F. Logistics, inventory control, and supply chain management // CHOICES: The magazine of food, farm, and resource issues. – 2005. – № 20(4). – P. 287–291.
52. Gogos, P. (2003). Uncovering the missing component in dynamic forecasting: Store-level consumer demand visibility. Retrieved May 19, 2003, from <http://www.executivetechnology.com>
53. Gruen T.W., Corsten D. A comprehensive guide to retail out-of-stock reduction in the fast-moving consumer goods industry, 2007. – 69 p. <http://www.gmaonline.org>
54. Hai Che, Jack Chen, and Yuxin Chen. Investigating effects of out-of-stock on consumer SKU choice, <http://www.docstoc.com>
55. Hoppe Marc. Inventory Optimization with SAP// SAP Press America, 1 edition (August 22, 2006) - 480 pages

△

56. Houtum van G.J. Multi-echelon production / inventory systems: optimal policies, heuristics, and algorithms (to appear in: Tutorials in Operations Research 2006), <http://citeseerx.ist.psu.edu>

57. Mijeong Kim. Consumer response to stockouts in online apparel shopping: dissertation presented in partial fulfillment of the requirements for the degree Doctor of Philosophy in the Graduate School of The Ohio State University, 2004 – 255 p.

58. Simchi-Levi D., Yao Z. Three generic methods for evaluating stochastic multi-echelon inventory systems, 2006, <http://zhao.rutgers.edu>

59. Snyder L.V. Multi-echelon inventory management // Operations Research Roundtable, Air Products and Chemicals (Allentown, PA, June 2006), <http://coral.ie.lehigh.edu>

60. Vollmann T.E., Berry W.L., Whybark D.C., Jacobs F.R. Manufacturing planning and control systems for supply chain management, 5-th ed. – New-York: McGraw-Hill, 2005. – 598 p.

61. Wagner H., Whitin T. Dynamic version of the economic lot size model // Management Science. – 1958. Vol. 5. – P. 89 –96

62. Williams T. Could inventory optimization be the next big cost cutting move for the logistics industry? www.loginstitute.ca (дата обращения 15.10.2008).

63. www.abc-analysis.ru

64. www.remassoc.com