

На правах рукописи

ЧУЙКОВА ЮЛИЯ СЕРГЕЕВНА

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ
ЗАПАСОВ ТОРГОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОГО СПРОСА
НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ**

Специальность

08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Самара-2010

Работа выполнена на кафедре математических методов в экономике государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева» (СГАУ).

- Научный руководитель: заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор
Горлач Борис Алексеевич
- Официальные оппоненты: доктор экономических наук, профессор
Ладошкин Альберт Иванович
- кандидат экономических наук
Просвиркин Николай Юрьевич
- Ведущая организация: государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Самарская академия государственного
и муниципального управления».

Защита состоится 10 сентября 2010 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета ДМ 212.215.01 при государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева» по адресу: 443086, г. Самара, Московское шоссе, 34.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке СГАУ.

Автореферат разослан 4 августа 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор экономических наук

Сорокина М.Г

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Товарные запасы (ТЗ) торговых предприятий составляют значительную часть в стоимости активов этих предприятий и являются одним из основных источников пополнения собственных средств в виде прибыли от реализации. Вместе с тем, ТЗ требуют от организации ежедневного контроля за их содержанием.

Несмотря на вековую историю развития, управление запасами по-прежнему представляет собой проблемную зону менеджмента. Трудности заключаются в том, что увеличение уровня запасов ради снижения риска отказа потребляющему звену в поставке требуемых товарно-материальных ценностей чревато ростом объема замороженного капитала, потерей гибкости системы управления и торможением развития качества обслуживания.

Проблема организации материальных потоков при их движении от источника возникновения до конечного потребителя в условиях нестационарного спроса в настоящее время является недостаточно изученной. Характер спроса - наиболее значимый фактор, определяющий выбор стратегии управления запасами на предприятии. Многие торговые предприятия с многономенклатурным ассортиментом в условиях нестационарного спроса сталкиваются со следующими проблемами: расчет показателей запаса требует больших затрат на сбор и обработку статистической базы, определение основных показателей динамики запаса ведется на основе данных предшествующих периодов, необходимы механизмы принятия решений с учетом динамики показателей запаса, сезонный характер спроса должен учитываться при формировании программы поступления товарно-материальных ценностей.

Таким образом, вопросы диссертационного исследования в современных экономических условиях являются актуальными.

Степень научной разработанности темы исследования

Управление запасами – традиционная сфера практической работы, которая стала развиваться как самостоятельное направление в начале 20 годов прошлого века (Ф. Харрис, Е. Тафт). В 1917 году Ф. Раймонд выпускает первую монографию, посвященную управлению запасами.

В 30-40 гг. прошлого века активно разрабатываются алгоритмы решения задач линейного программирования для управления запасами (Л.В. Канторович, Дж. Данциг, М. Вуд).

Классический аппарат оптимизации уровня запасов был разработан в 50-60-е годы XX века в рамках раздела математической экономики, получившего название «Теория управления запасами» и ориентированного на оптимизацию уровня запасов в организации. Разрабатываются основные классификации показателей величины запасов и описываются модели их определения и оценки (С. Хольт, П. Винтерс, Р. Феттер, Э. Смайкей, Д. Бауэрсокс, Ф. Моссман).

Изданная на русском языке литература по управлению производством, а позднее по производственному и операционному менеджменту (В.А. Щетина, Б.К. Федорчук, А.С. Хрящев, Е.А. Мельников) помогла к 80-90-м годам создать инструментарий теории управления запасами, доступный для практического применения. При этом акцент делался исключительно на расчетную составляющую запаса. В связи с процессами перестройки и развития рыночной экономики в России проблемы непосредственного управления запасами, казалось, ушли на второй план, стали рассматриваться только на уровне исполнителей и низового звена управления.

Изучению теоретических аспектов и проблем управления запасом посвящены многие работы зарубежных и отечественных авторов. Среди них следует отметить фундаментальные исследования проблем управления товарным запасом предприятия (Д.С. Джоносон, И.А. Кеншин, М.Р. Линдерс), анализ составляющих запаса (В.С. Лукинский, А.Н. Стерлигова, В. Дж. Стивенсон, Р. Чейз).

Проблема оптимизации материального потока рассмотрена у Д. Бауэрсокса и Д. Клосса, М. Линдерса и Е. Харольда, Н.К. Моисеевой, В. Стивенсона. Рассмотрены модификации задач оптимизации (М. Кристофер, Ю.М. Неруш, А.М. Гаджинский, Ю.И. Рыжиков, С.Л. Vodenstab). Из известных подходов к управлению запасами оптимизация является самым популярным в России.

Между тем, зарубежная наука и практика управления (прежде всего, управления логистического, связанного с управлением материальными потоками) за последние 20 лет сделала значительный шаг от совершенствования методов и моделей расчета уровней к совершенствованию процесса управления запасами, основанного на анализе результатов расчета уровней запасов (Е.Ф. Харольд, П.Ф. Друкер, J.L. Gattona).

Однако проблема управления динамикой изменения показателей запаса предприятия с многономенклатурным ассортиментом в условиях нестационарного спроса на продукцию в отечественной и зарубежной литературе исследована недостаточно, что и определило тему диссертационной работы.

Целью диссертационной работы является повышение эффективности работы предприятий за счет разработки моделей оптимизации уровня запаса путем сокращения затрат на содержание запаса и сокращения дефицита спроса на продукцию.

Для достижения сформулированной цели в работе были поставлены и решены следующие задачи:

- провести анализ структуры активов торгового предприятия и определить роль влияния уровня ТЗ на финансовое состояние предприятия;
- осуществить постановку задачи управления динамикой ТЗ и выявить совокупность взаимосвязанных факторов, определяющих его оптимальный уровень;
- разработать модель процесса пополнения уровня ТЗ в условиях нестационарного спроса для многономенклатурного ассортимента;

- сформулировать критерии оценки эффективного управления динамикой ТЗ и на их основе разработать модель принятия оптимальных решений;
- разработать алгоритм принятия решения о величине и частоте партии поставки, ориентированного на достижение оптимального уровня ТЗ в условиях нестационарного спроса;
- осуществить реализацию разработанных моделей и алгоритмов на примере ООО «Алютех-Поволжье».

Объектом исследования является процессы материального снабжения торговых компаний в условиях нестационарного спроса.

Предметом исследования выступают модели и алгоритмы управления динамикой ТЗ предприятий на основе оптимизации совокупных затрат на его содержание.

Теоретической и методологической базой исследования служат достижения отечественных и зарубежных ученых в области оптимизации ТЗ предприятия, прикладные исследования по данной проблеме; программы, концепции и другие материалы по вопросу управления активами компании.

Область исследования: 1.4. Разработка и исследование моделей и математических методов анализа микроэкономических процессов и систем: отраслей народного хозяйства, фирм и предприятий, домашних хозяйств, рынков, механизмов формирования спроса и потребления, способов количественной оценки предпринимательских рисков и обоснования инвестиционных решений. 1.8. Математическое моделирование экономической конъюнктуры, деловой активности, определения трендов, циклов и тенденций развития.

Методы исследования: методы математической статистики, анализ временных рядов, динамическое программирование, методы оценки экономической эффективности модели, теория принятия решений в задачах управления логистическими процессами.

Научная новизна исследования:

- разработана модель пополнения ТЗ с учетом страхового запаса и прогнозируемого спроса с применением закономерностей одного временного ряда для экстраполяции его значений на другой временной ряд, описывающий аналогичный экономический процесс (46-56), позволяющая определить уровень выполнения заказов (стр.57-67);
- разработана модель определения оптимальной партии поставки в условиях нестационарного спроса на основе динамического программирования, позволяющая разработать программу пополнения запаса, минимизирующую совокупные затраты предприятия на поддержание запаса (стр.68-72);
- разработан алгоритм принятия решений о величине заказа поставщику, учитывающий динамику уровня запаса и позволяющий корректировать функциональный цикл поставки при заданных ограничениях (стр. 73-76).

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в том, что предлагаемые автором модели, алгоритмы и практические рекомендации позволяют разрабатывать оптимальную стратегию торгового предприятия в условиях нестационарного спроса. В результате

внедрения алгоритма принятия решений о величине заказа поставщику в отделе закупок ООО «Алютех-Поволжье» получен существенный экономический эффект, выражающийся в снижении совокупных затрат, увеличении оборачиваемости активов и увеличении выручки предприятия.

Материалы диссертационной работы использованы при подготовке учебных курсов «Математические методы и модели исследования операций», «Экономико-математическое моделирование».

Апробация результатов работы

Основные положения диссертационного исследования прошли обсуждения на научно-практических конференциях:

1. Международная научная конференция «XVI Туполевские чтения», КГТУ имени А.Н. Туполева (КАИ), 2008 г.
2. IV Всероссийская школа-семинар молодых ученых. «Проблемы управления и информационные технологии», 2008 г.
3. 10-й научный семинар студентов и аспирантов факультета экономики и управления «Управление организационно-экономическими системами», СГАУ, 2009 г.

Публикации

По теме исследования автором опубликовано 6 работ, в том числе 3 статьи - в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией.

Структура работы

Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения, библиографического списка из 101 наименования, словаря определений и использованных сокращений. Работа содержит 48 таблиц и 30 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, проанализирована степень разработанности проблемы, изложены цели и задачи диссертационной работы, определены объект и предмет исследования, сформулирована научная новизна и показана практическая значимость полученных результатов.

В первой главе проведен анализ теоретических подходов к управлению ТЗ. Ретроспективный анализ принципов экономико-математического моделирования управлением запасом позволил выделить три основных этапа развития подходов к управлению запасом: максимизация запаса, оптимизация запаса и минимизация запаса. В рамках этих подходов выделяются следующие системы управления товарно-материальным запасом: система пополнения запаса, система расшивки узких мест, тянущая и толкающая системы, система «точно в срок».

Проведя обзор современных подходов к организации движения товарно-материальных ценностей, сделан вывод, что наиболее приемлемым подходом для торговых компаний, обладающих широким ассортиментом в условиях нестационарного спроса, является система пополнения запаса, которая реализуется на основе оптимизации уровня запаса по всей цепи товарно-материальных ценностей.

Проведен анализ существующих методов и алгоритмов построения аналитических моделей показателей товарных запасов, способы их формирования и оценки. Запас по цели его формирования можно разделить на две основные группы: базовый запас и страховой (резервный).

Отмечены наиболее популярные методы прогнозирования спроса для формирования базового запаса, оценены их преимущества и недостатки. Для анализа данных характеризующихся сезонной динамикой отмечены итерационный метод сглаживания уровней ряда и метод асинхронного гармонического анализа.

Рассмотрены основные подходы к расчету страхового запаса, необходимого для компенсации неточности прогноза продаж или задержки поставки товара. Расчеты страховых запасов по существующим методам достаточно трудоемки и требуют большой репрезентативной статистической базы наблюдений и оценки функционального цикла.

Проведен анализ классических методов определения оптимальной партии поставки (ОПП) Q_{opt} , базирующихся на формуле Вилсона, предложенной в 1915 году:

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2gY}{h}}, \quad (1)$$

где g - затраты на обработку и доставку одной партии заказа, Y - потребность в продукте за рассматриваемый период; h – затраты на хранение единицы продукции.

Обсуждаются различные модификации формулы, основанные, как и сама формула Вилсона, на ряде допущений, которые зачастую неприемлемы к практической деятельности предприятий. Критерием оптимизации является, как правило, минимум совокупных затрат, связанных с запасом: затраты на размещение заказа, погрузочно-разгрузочные работы, транспортировку, затраты на хранение.

Вопрос оптимизации запаса компании, обладающей широким ассортиментом, характеризующимся нестационарным спросом слабо изучен.

Во второй главе предлагаются алгоритмы и модели управления динамикой показателей ТЗ в условиях нестационарного спроса и многономенклатурного ассортимента.

Проведен анализ данных двух компаний, занимающихся оптовой торговлей аналогичного продукта в схожих климатических регионах. Анализ показал, что динамика продаж обеих компаний характеризуется нестационарным спросом, сезонностью. Под сезонными волнами будем понимать изменения с достаточно стабильной структурой, имеющие годовую цикличность и повторяющиеся из года в год. Сезонные изменения являются следствиями влияния различных факторов: времен года; повторения календарно-зависимых событий, таких как: школьные каникулы или национальные праздники.

Предложен подход, основанный на использовании закономерностей изменения показателей компании ООО «Алютех МСК» для описания

аналогичного процесса компании ООО «Алютех-Поволжье». Такой подход продиктован отсутствием у ООО «Алютех-Поволжье» достаточно репрезентативной выборки статистических данных для выделения сезонной волны для прогнозирования спроса по всей многономенклатурной линейки и оправдан близостью экономических показателей двух предприятий.

В работе использована аддитивная модель представления закономерности изменения показателей деятельности компании. При этом все составляющие отнесены к величине базисного тренда $Y_0(t)$.

Предположим, что рассматриваемый временной (t) ряд $Y=Y(t)$

$$y(t) = 1 + s(t) + e(t),$$

$$y(t) = \frac{Y(t)}{Y_0(t)}, \quad s(t) = \frac{S(t)}{Y_0(t)}, \quad e(t) = \frac{E(t)}{Y_0(t)}, \quad (2)$$

где $Y_0 = Y_0(t)$ – основная тенденция (тренд); $S=S(t)$ – сезонная компонента (волна); $E=E(t)$ – случайная компонента.

Выравнен временной ряд компании ООО «Алютех-МСК» с выделением его составляющих. Выравнивание осуществлено итерационным методом фильтрации временного ряда и методом асинхронного анализа. При переходе к относительным (нормализованным) величинам сезонной волны $y(t)$ оба метода дали сопоставимые значения (табл.1).

Таблица 1

Относительная величина $y(t_i)$

Месяц Метод	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
итерационный	0,55	0,71	0,84	0,98	0,95	1,10	1,04	1,22	1,23	1,22	1,10	1,06
асинхронного анализа	0,54	0,74	0,81	0,93	0,96	1,10	1,08	1,27	1,25	1,22	1,10	1,00

Полученные значения нормализованных величин отражают сезонные изменения спроса относительно величины тренда с годовой периодичностью. Данные для относительной величины сезонной волны указывают на ее стабильность.

Используя закономерность изменения тренда ряда компании ООО «Алютех-Поволжье» и относительные величины сезонной компоненты ООО «Алютех МСК» (2) можно построить прогноз продаж $Y^*(t)$ для ООО «Алютех-Поволжье» на последующие периоды $Y^*(t) = Y_0(t)y(t)$.

В ряде случаев данный подход позволяет также осуществлять прогнозирование продаж для новых ассортиментных позиций, только выходящих на рынок, используя значения сезонных относительных величин товарной группы, к которой они относятся.

Разработана модель пополнения ТЗ с учетом страхового запаса и прогнозируемого спроса, позволяющая определить уровень выполнения заказов. Модель основывается на расчете точки заказа P_t для каждого месяца t :

$$\left\{ \begin{array}{l} P_t = \sum_{t=1}^m \frac{Y_t^*}{l_t} (T + L) + \lambda M_{t-1} (a + b(T + L)) \\ Y_t^* = ((1 - \alpha)\bar{Y}_{t-2} + \frac{\alpha Y_{t-1}}{y_{t-1}}) y_t \\ M_t = (1 - \beta)M_{t-1} + \beta E_t \\ \varphi_t^+ = Y_t^* + \mu M_{t-1}, \quad \varphi_t^- = Y_t^* - \mu M_{t-1} \\ \sum_{t=1}^{12} y_t = 12, \quad 0 \leq \alpha \leq 1, \quad 0 \leq \beta \leq 1, \quad \varphi_t^- \leq Y_t \leq \varphi_t^+ \end{array} \right. \quad (3)$$

где \bar{Y}_{t-2} - значения экспоненциального среднего на предшествующий месяц; Y_t - объем продаж t -го месяца; y_{t-1} - относительная величина сезонной волны; α, β - параметры сглаживания, определяющий значение веса, которое имеет самое последнее наблюдение при вычислении прогноза на один шаг; L - время выполнения заказа в неделях; T - интервал между поставками в неделях; Y_t^* - прогноз продаж на период; l_t - количество недель t -го месяца; M_t, M_{t-1} - среднее абсолютное отклонение (САО) на текущий и предшествующий месяц; μ - количество САО; m - количество месяцев; E_t - отклонение фактических данных от прогноза $E_t = |Y_t - Y_t^*|$, λ - страховой коэффициент.

Точка заказа определяет верхнюю границу запаса - количество, необходимое в период выполнения заказа $T+L$ для удовлетворения спроса и сглаживания неточности прогноза.

Обновление прогноза продаж осуществляется на основе экспоненциального сглаживания с учетом сезонности и отклонения фактических продаж от прогнозируемых значений. Значение фактических продаж фильтруется по верхней φ_t^+ и нижней φ_t^- границам отклонения спроса от прогноза (μ - количество САО).

В работе предложена модель формирования страхового запаса, обновляющегося для каждого месяца t с учетом страхового коэффициента λ , определяющегося уровнем выполнения заказов:

$$\delta_t = \lambda M_{t-1} (a + b(T + L)), \quad (4)$$

где a, b - коэффициенты, определяющие зависимость изменения функционального цикла.

Уровень выполнения заказа устанавливается для ассортимента компании по методу ABC-анализа и определяет страховой коэффициент (табл.2) и, соответственно, величину страхового запаса.

Таблица 2

Соотношение уровня выполнения заказов и страхового коэффициента

Уровень выполнения заказов	98%	97%	95%	90%	85%	80%
Страховой коэффициент λ	2,6	2,4	2	1,6	1,3	1,1

Модель пополнения ТЗ позволяет фильтровать пиковые значения продаж, выходящие за диапазон отклонений фактических продаж от прогноза и ежемесячно обновлять прогнозные значения спроса с учетом новых данных о продажах и относительных величин сезонной волны.

Преимуществом предложенной модели определения уровня страхового запаса является то, что величина страхового запаса не постоянна, зависит от величины отклонения прогноза от фактических продаж, функционального цикла и определяется на каждый момент формирования заявки поставщику с учетом заданного уровня выполнения заказов для компании.

Формула расчета не требует большой обработки статистических данных. Подходит для предприятий с широкой ассортиментной линейкой, характеризующейся нестационарным спросом. Так как постоянное изменение спроса требует регулярной корректировки показателей, влияющих на динамику запаса, что в первую очередь затрудняется наличием многономенклатурного ассортимента.

Точка заказа сопоставляется с количеством имеющейся в наличии продукции z_n и с количеством продукции «в пути» z_p , следовательно, заказ поставщику Q_t формируется следующим образом:

$$Q_t = \sum_{\tau=1}^m \frac{Y_{\tau}^*}{I_{\tau}} (T + L) + \lambda M_{t-1} (a + b(T + L)) - z_n - z_p. \quad (5)$$

Уровень запаса напрямую зависит от величины функционального цикла. Чтобы определить приемлемый период поставки, решена задача оптимизации материального потока на основе оптимизации совокупных затрат на поддержание товарного запаса.

Разработана модель определения оптимальной партии поставки в условиях нестационарного спроса на основе динамического программирования, позволяющая разработать программу пополнения запаса, минимизирующую совокупные затраты предприятия на поддержание запаса. Задача оптимизации материального потока решена с использованием прогнозных значений спроса через определение минимума функции затрат с учетом заданных ограничений.

В приведенных ниже формулах введены обозначения (все переменные измеряются в штуках за период t):

q_t – объем партии поставки; z_t – уровень запаса; d_t – спрос на изделия; $w_t(q_t, z_t)$ – затраты на формирование и поддержание запаса.

Количество поставок n_t зависит от уровня запаса и определяется соотношением:

$$n_t = \frac{1}{q_t} (d_t - z_{t-1} + \delta_t).$$

По смыслу решаемой задачи n_t – переменная целочисленна и неотрицательна. Значение n округляется до ближайшего большего целочисленного значения.

Рекуррентная зависимость для определения уровня запаса:

$$z_t = z_{t-1} + q_t n_t - d_t, (t = 1, \dots, m).$$

Требуется составить такой план поступлений товара $Q = (q_1, \dots, q_m)$ и хранения запасов $Z = (z_1, \dots, z_m)$, при котором совокупные затраты предприятия W на формирование и поддержание запаса примут минимальное значение:

$$W = \sum_{t=1}^m w_t(q_t, z_t) = \sum_{t=1}^m (g_t n_t + c_t q_t n_t + h_t z_t) \rightarrow \min,$$

где g_t – затраты на формирование и доставку одной партии заказа, c_t – цена единицы продукции, h_t – затраты на хранение единицы продукции. Все затраты исчисляются в денежных единицах.

Для решения поставленной задачи введем ограничения на переменные q_t и z_t :

$$z_t \geq \delta_t, q_t \leq R. \quad (6)$$

Партия поставки q_t не должна превышать величину R – максимального разового заказа на производство. Для оговоренных условий поставки количество продукции, выпускаемой производителем, будет ограниченным.

Для определения δ_t используется формула (4) страхового запаса. Задача оптимизации запаса решена методом динамического программирования. В качестве параметра состояния принята партия поставки t -го месяца:

$$q_t = \{1, \dots, R\}.$$

Используя зависимость принципа Беллмана запишем рекуррентное соотношение динамического программирования в модели управления запасами для произвольного t .

$$W_t(q_t) = \min \left[w_t(q_t, z_{t-1} + q_t n_t - d_t) + \sum_{t=1}^{m-1} w_{t-1}(q_{t-1}, z_{t-1}) \right],$$

или

$$W_t(q_t) = \min [w_t(q_t, z_t) + w_{t-1}(q_{t-1})]. \quad (7)$$

Порядок формирования графика поступлений товара с указанием номеров недель k^f можно представить следующим образом ($i = \{1, n_t\}$):

для $t=1$, $k^t(i) = 1 + L + (i - 1)T$;

для $t > 1$, $k^t(i) = 4t - 3 + (i - 1)T$.

Изложенный подход позволил учесть параметры, которые не рассматривались стандартными формулами расчета оптимальной партии поставки, в частности:

- в модели динамического программирования учитывается нестационарный спрос каждой ассортиментной позиции, что позволяет спрогнозировать индивидуальный план поступления товара с учетом оптимизации совокупных затрат;
- удельные затраты на поддержание запаса относятся к плановой реализации, а не предшествующему периоду;
- оптимальная партия поставки изменяется для каждого t на исследуемом отрезке времени $t=[1,m]$ (m - количество месяцев), что позволяет поставить меньше товара в период с меньшей плановой реализацией и наоборот;
- средний уровень запаса z определяется с учетом величины страхового запаса;
- интервал поставки индивидуален для каждого периода t ;
- уровень запаса не опускается ниже уровня страхового запаса, что увеличивает вероятность выполнения заказа и уровень обслуживания клиентов; в то же время страховой запас не ведет к увеличению среднего уровня запаса, так как оптимизируется план поступлений товара.

Алгоритм принятия управленческого решения о величине заказа поставщику схематически показан на рисунке 1.

Для каждой ассортиментной позиции определяются основные показатели динамики запаса в следующем порядке:

1. На первом этапе определяются прогнозные значения спроса с учетом относительных величин сезонной волны и отклонения фактических данных о продажах.

2. На втором этапе на основе модели определения оптимальной партии поставки в условиях нестационарного спроса на основе динамического программирования (7) формируется программа пополнения запаса, минимизирующая совокупные затраты предприятия на поддержание запаса с учетом полученных значений прогноза продаж. На этом этапе задаются значения затрат на хранение запаса и формирование заказа. Здесь же оценивается начальный (текущий уровень запаса) и дополнительные ограничения (6) внешних контрагентов (поставщиков). Формируется график поступлений оптимальными партиями q_t с указанием номеров недель поступления k^t .

3. На основе полученного плана поступлений определяется точка заказа (3) на каждый месяц планируемого периода. На основе (5) определяется

величина заказа Q_t , необходимая для покрытия спроса и компенсации его дефицита на период поставки $T+L$.

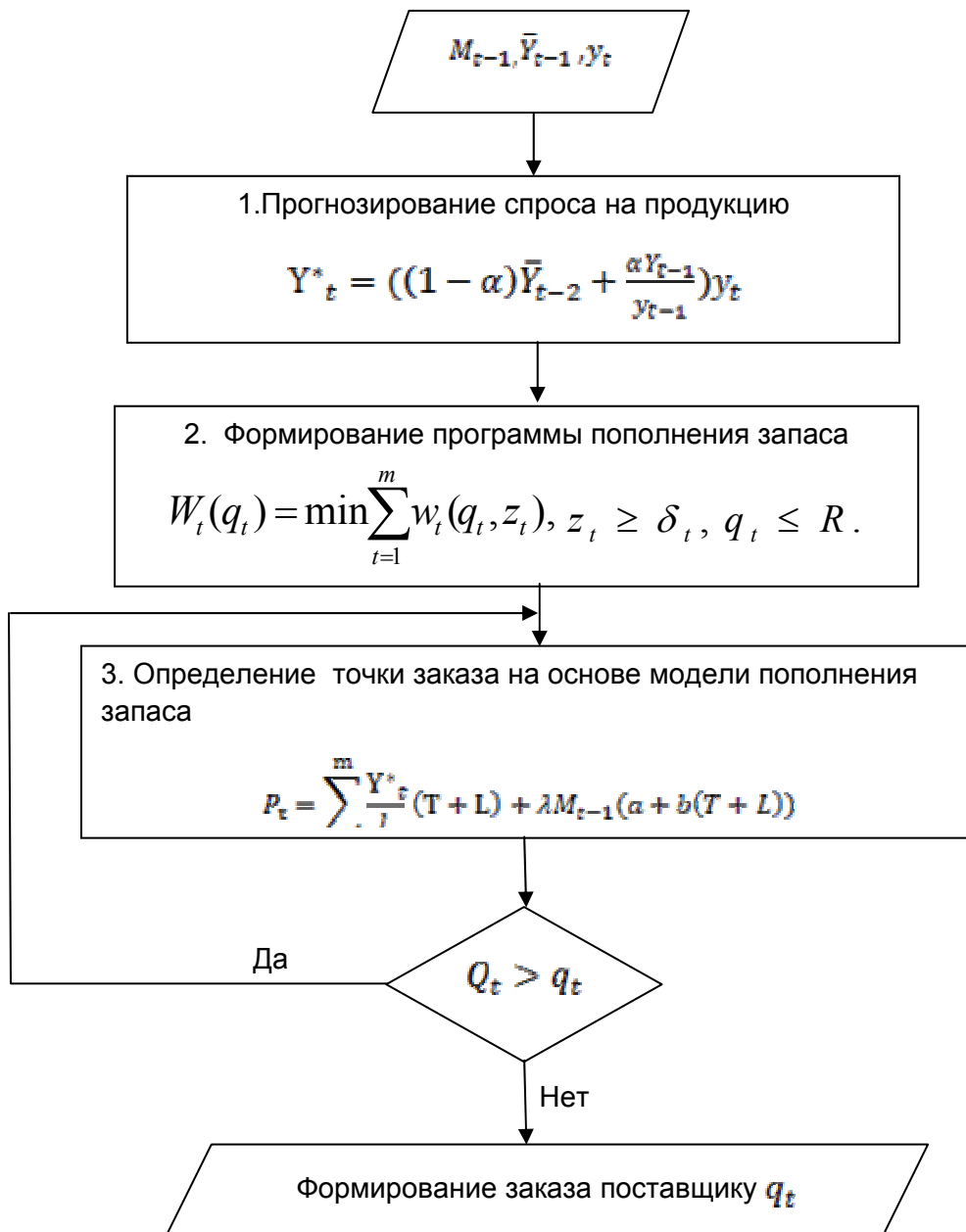


Рис. 1 – Блок-схема алгоритма принятия решения в модели управления запасом

4. Последний этап заключается в выборе максимального значения из возможных Q_t и q_t :

4.1. Если $Q_t > q_t$ – текущая потребность больше величины заказа, соответствующей оптимальной партии поставки, которой на момент принятия решения о заказе не хватит для удовлетворения спроса на планируемый период поставки. В данном случае проводится работа по выявлению причин этих расхождений: резкое увеличение спроса, дефицит предшествующей поставки, высокие затраты на хранение, высокие закупочные цены. Если невозможно

принять значение Q_i из-за ограничений на максимальную партию поставки (ограничение поставщика), необходимо сократить время до следующей поставки T . После чего следует вернуться к расчету точки заказа (п.3).

4.2. Если $Q_t < q_t$ – текущая потребность меньше величины заказа, соответствующей оптимальной партии поставки, принимается максимальное значение q_t . Следующий заказ формируется в соответствии с графиком поступлений. В конце месяца необходимо обновить показатели формирования запаса и вернуться к п.1.

Предложенный алгоритм позволяет оперативно реагировать на изменения спроса путем корректировки функционального цикла и величины заказа поставщику с учетом динамики уровня запаса и заданных ограничений.

В третьей главе на основе предложенных в диссертационном исследовании алгоритмов и моделей разработана программа управления динамикой показателей запаса ООО «Алютех-Поволжье» с целью повышения прибыли предприятия.

Во-первых, оценена роль запаса в реализации стратегии и целей предприятия. Рассмотрены основные статьи затрат компании и их удельный вес. В результате анализа структуры запаса выявлено, что среднее количество ассортиментных позиций, присутствующих на складах компании, существенно меньше количества активных позиций при среднем уровне выполнения заказов менее 80%.

Для увеличения эффективности работы предприятия построены модели формирования запаса на примере пяти номенклатурных позиций различных товарных групп (группа профилей - «AR41N», «AR40N», «AR45N», «SP41»; группа комплектующих - «Привод WIL», «Привод SUMO»).

Методом асинхронного гармонического анализа получены математические модели, описывающие исходные временные ряды для 5 ассортиментных позиций, характеризующихся разной скоростью, частотой, равномерностью реализации и стоимостью продукции:

$$Y(t_i) = -0,06t_i^2 + 4,43t_i + 35,35 - 17,46 \sin\left(\frac{\pi}{6}t_i + 6\right) + 0,74 \sin\left(\frac{\pi}{6}t_i + 3\right) - \text{«AR41N»};$$

$$Y(t_i) = 1,01t_i + 21,95 - 30,44 \sin\left(\frac{\pi}{6}t_i + 6\right) + 4,95 \sin\left(\frac{\pi}{6}t_i + 4\right) -$$

«AR40N»;

$$Y(t_i) = 29,72t_i + 666,5 + 913,11 \sin\left(\frac{\pi}{6}t_i + 3\right) - 13,2 \sin\left(\frac{\pi}{6}t_i + 4\right) - \text{«AR45N»};$$

$$Y(t_i) = -0,02t_i^2 + 1,44t_i + 11,4 + 5,73 \sin\left(\frac{\pi}{6}t_i + 3\right) + 0,13 \sin\left(\frac{\pi}{6}t_i + 6\right) - \text{«SP41»};$$

$$Y(t_i) = 0,49t_i + 2,02 - 5,31 \sin\left(\frac{\pi}{13}t_i + 2\right) + 0,41 \sin\left(\frac{2\pi}{11}t_i + 3\right) - 0,9 \sin\left(\frac{\pi}{2}t_i + 6\right) -$$

«Привод WIL».

Метод асинхронного анализа заключается в последовательном исключении наиболее подходящих гармоник с индивидуальными фазами, частотами и амплитудами до тех пор, пока не исчезнет автокорреляция случайных остатков.

Используя полученные модели и соотношение (2), выделены относительные величины сезонной волны для двух товарных групп для планирования спроса на последующие месяцы, в том числе на новые продукты на основе (3). Несмотря на то, что временные ряды различных ассортиментных позиций описываются различными моделями, относительные величины их сезонных волн внутри одной товарной группы практически совпадают.

На рисунке 2 представлен пример определения спроса на новый продукт из группы профилей. В данной модели сглаживающий коэффициент $\alpha=\beta=0,6$ обеспечивает минимальное среднеквадратичное отклонение величины прогноза от фактических продаж. Фактические продажи декабря фильтруются по верхней границе диапазона отклонений φ_t^+ , исключая использование значений пиковых данных в дальнейших расчетах.



Рис. 2 - Расчет прогноза методом экспоненциального сглаживания с учетом сезонности и доверительного интервала для «AR41N-PD»

С учетом прогнозируемых значений спроса на продукцию решена задача оптимизации плана поступлений методом динамического программирования (7) с учетом и без ограничений (6) для некоторых ассортиментных позиций на 1 квартал 2010 года в сравнении с классическим подходом Вилсона (1). Для «Привод WIL» на период $t=3$ получено решение с помощью пакета «Поиск решений» в EXCEL (табл.3). Прогноз продаж на первый квартал составит 15, 18 и 28 штук ежемесячно, страховой коэффициент $\lambda = 2,6$, отклонение $M=6$ штук, цена продукции $c=600$ евро, затраты на хранение единицы продукции $h=42$ евро, затраты на формирование одного заказа $g=50$ евро, максимальная партия на производство $R=7$ штук.

Из таблицы 3 видно, что при решении методом динамического программирования план поступлений товара и величина партии поставки меняется в зависимости от периода и прогнозируемой величины спроса. В период с меньшей плановой реализацией поступает меньше товара. План поступлений строится таким образом, чтобы совокупные затраты на

поддержание товарного запаса на планируемый квартал были минимальны. Использование предложенной модели позволяет снизить средний уровень запаса и совокупные затраты на поддержание запаса до 9%.

Таблица 3

Формирование плана поступлений для «Привод WIL» на период $t=3$

<i>Решение с учетом ограничения R</i>							
Показатель	Методом динамического программирования			Методом Вилсона			Абсолютное отклонение
	5	6	7	7	7	7	
Оптимальная партия поставки, шт.	5	6	7	7	7	7	
Количество поставок, шт.	2	3	4	3	3	4	
Средний уровень запаса, шт.	4,5			14,3			-9,8
Затраты на поддержание запаса за квартал, евро	34502			36016			-1514
<i>Решение без ограничения R</i>							
Оптимальная партия поставки, шт.	3	9	7	12	12	12	
Количество поставок, шт.	3	2	4	1	2	2	
Средний уровень запаса, шт.	4,2			7,8			-3,6
Затраты на поддержание запаса за квартал, евро	34237			37216			-2979

Также в работе рассмотрено, как изменится решение задачи при новых значениях цены продукции c , величины отклонения фактических продаж от прогноза M .

Оценена экономическая эффективность использования предложенной модели управления динамикой показателей запаса для ООО «Алютех-Поволжье».

Для увеличения прибыли компании необходимо:

- сократить затраты;
- провести реструктуризацию запаса путем сокращения дефицита спроса и увеличения выручки от продаж.

На рисунках 3 – 4 по данным прошлых лет, представлены графики пополнения запаса по старой и предложенной моделям формирования запасов.

Одна кривая (■) отражает динамику формирования запасов в ООО «Алютех-Поволжье», а другая кривая (□) показывает, какое бы было состояние запасов, если бы заказы формировались на основе изложенной модели управления запасами.

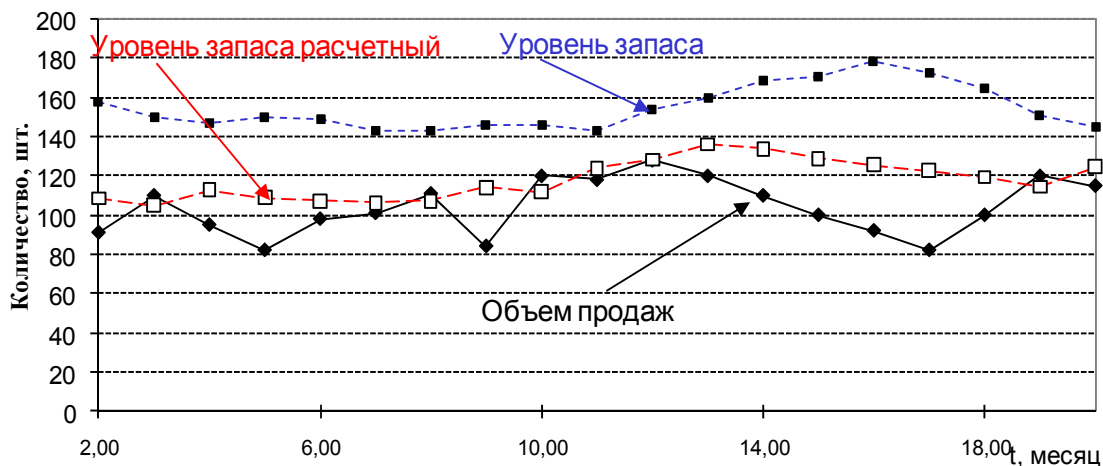


Рис. 3 – Динамика продаж и уровень запаса ассортиментных позиций, пользующихся большим спросом

Рисунки 3 и 4 показывают, что использование предложенной модели управления запасами позволяет ООО «Алутех-Поволжье» более точно прогнозировать спрос, учитывая его тенденции и оперативно реагировать на его изменения.

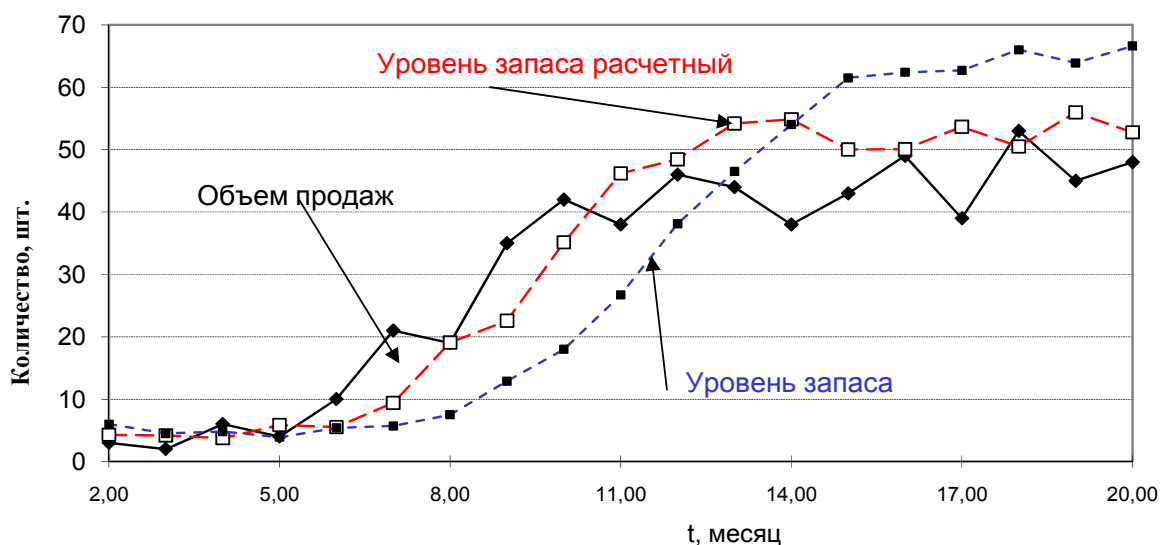


Рис. 4 – Динамика продаж и уровень запаса новой ассортиментной позиции

Например, в период с 13 по 17 период (рис. 4) при существующем на то время спаде продаж, компания увеличивала закупки. Результаты расчетов по предлагаемой модели указывают на возможность снижения запасов по мере снижения спроса. В то же время предложенная модель раньше отреагировала на увеличение спроса нового продукта в период с 8 по 12 недели, увеличив товарный запас.

Таким образом, предложенная модель управления ТЗ позволяет снизить затраты на поддержание запаса посредством формирования оптимального плана поступлений товара в условиях нестационарного спроса и осуществить

дифференциацию запаса – сокращение неликвидных ассортиментных позиций и увеличение запаса дефицитных товаров для повышения удовлетворенности прогнозируемого спроса.

Положительный эффект от внедрения предложенной модели оптимизации уровня запаса заключается в дифференциации структуры запаса, повышении уровня выполнения заказов до 98% и сокращении периода оборачиваемости денежных средств, связанных в запасах, до 33 дней при одновременном росте выручки на 17%. При этом рост прибыли составит до 16,6 тыс. евро в месяц.

ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Разработана модель на основе пополнения ТЗ до расчетного уровня для каждого t -го месяца планирования с учетом отклонения фактических продаж от прогнозируемой величины спроса и страхового запаса, учитывающего уровень выполнения заказов компании.
2. Предложена модель формирования плана поступлений товара оптимальными партиями поставки в условиях нестационарного спроса на основе минимизации совокупных затрат предприятия на поддержания запаса.
3. Разработан алгоритм формирования заказа поставщику, учитывающий динамику показателей запаса, принимающих оптимальные значения.
4. Исследование существующих моделей и алгоритмов управления динамикой показателей товарного запаса позволило сформулировать задачи совершенствования существующих и создание новых математических моделей и алгоритмов нацеленных на оптимизацию уровня товарных запасов в условиях нестационарного спроса и многономенклатурного ассортимента.
5. При исследовании закономерностей случайных процессов для анализа сезонных компонент целесообразно переходить к их величинам, отнесенным к значениям функции тренда. Несмотря на то, что временные ряды различных торговых компаний и товарных групп описываются различными моделями, относительные величины их сезонных волн ежемесячно совпадают.
6. Проведенный качественный и количественный анализ уровня запаса «Алютех-Поволжье» показал, что ключевым показателем, влияющим на величину прибыли предприятия является структура запаса, определяющая желаемый уровень обслуживания компании и величину дефицита спроса.
7. Широкое практическое применение разработанных моделей и алгоритмов для торговых компаний других типов возможно путем создания пакета прикладных программ с различными версиями, учитывающими особенности динамики их развития и потребности в товарных запасах.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ**

1. Чуйкова, Ю.С. Анализ тренд-сезонных процессов в модели прогнозирования спроса [Текст] /Ю.С. Чуйкова // Вестник Самарского государственного экономического университета. –2007. - № 11(37). – С. 129-133.
2. Чуйкова, Ю.С. Динамическая модель пополнения товарного запаса предприятия с учетом заданных ограничений [Текст] /Ю.С. Чуйкова // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2009.- № 11 (61). – С. 125-129.
3. Чуйкова, Ю.С. Выбор метода оптимизации товарного запаса предприятия [Текст] /Ю.С. Чуйкова // Вестник Самарского государственного экономического университета.-2009. – №12(62). – С. 121-125.

Прочие публикации

4. Чуйкова, Ю.С. Выбор метода прогнозирования в системе пополнения товарного запаса [Текст] /Ю.С. Чуйкова, Б.А. Горлач // XVI Туполевские чтения: Материалы молод. науч. конф. Т.VII. – Казань: КГТУ, 2006. – С. 212-214.
5. Чуйкова Ю.С. Прогнозирование объемов продаж в модели управления запасами [Текст] /Ю.С. Чуйкова // IV всероссийская школа семинар молодых ученых. Проблемы управления и информационные технологии (ПУИТ' 08): материалы конференции. - Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2008. – С. 349-352.
6. Чуйкова Ю.С. Оптимизация материального потока в задаче управления запасом [Текст] /Ю.С. Чуйкова // Управление организационно-экономическими системами: моделирование взаимодействий, принятие решений: сборник научных статей / Под общ. ред. Д.А. Новикова. - Выпуск 6. - Самара: СГАУ, 2009. - С. 82-88.

