

Гостищев Юрий Викторович
ЛОГИСТИКА СИСТЕМЫ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ В
РЫНОЧНЫХ УСЛОВИЯХ

ВВЕДЕНИЕ

Перевод экономики страны от командно-административной к рыночной модели требует разработки хорошо продуманной концепции, а также обоснования принципов, методов и средств управления, адекватных новым экономическим отношениям.

Новые экономические условия существенны и влияют на процессы в обеспечении предприятий и требуют принципиально нового, с экономической точки зрения подхода к процессу обеспечения предприятий.

Проблема обеспечения предприятий обостряется жесткими финансовыми условиями, в которых осуществляется планирование поставок продукции, низким уровнем надежности предприятий-поставщиков, большим временным интервалом между началом планирования поставок и их реальным осуществлением и, следовательно, низким уровнем обеспеченности предприятий.

Наращение трудностей в обеспечении предприятий заставляет экономистов и специалистов в области логистики более внимательно подходить к организации обеспечения с позиции минимизации затрат, своевременности обеспечения и находить новые методы решения.

Таким образом, на сегодняшний день существует явное противоречие между необходимостью полного, своевременного обеспечения предприятия продукцией при минимальных затратах и выделяемыми ресурсами.

Данное противоречие можно разрешить, используя логистический подход к процессу обеспечения.

Качественно новый подход к организации рациональной деятельности системы обеспечения предприятий предлагает логистика. Это понятие подразумевает интеграцию таких областей как коммерческая деятельность, управление материальными, информационными, финансовыми потоками и, соответственно, запасами, складским хозяйством, транспортом, кадрами и т.д. в единую материалопроводящую систему.

Логистика как наука создается трудами таких отечественных ученых как В.П. Алферьев, Н.В. Афанасьева, А.М. Гаджинский, Ю.Н. Голубев, М.П. Гордон, М.Ш. Доветов, М.Е. Залманов, К.В. Инютина, Д.Д. Костоглодов, О.А. Кролли, О.А. Новиков, Б.К. Плоткин, О.Д. Проценко, В.М. Пурлик, А.Н. Родников, А.И. Семененко, А.А. Смехов, Р.Г. Соколов, С.А. Уваров, В.В. Щербаков и других.

Проведенный библиографический поиск показал, что научные исследования процесса обеспечения предприятий с использованием методов логистики до сих пор не проводились. Недостаточное внимание к теории и практики логистики неизбежно приводит к снижению уровня обеспеченности, излишним затратам участников деятельности по продвижению продукции от предприятий-поставщиков до конечных потребителей.

В диссертационной работе автор предлагает модель и методы управления запасами продукции, разработанную применительно к логистической системе обеспечения предприятий.

Целью диссертационного исследования является повышение эффективности функционирования логистической системы предприятий.

Для достижения поставленной цели в диссертации необходимо было решить следующие задачи:

- проведение анализа обеспечения в условиях проведения экономической реформы;
- исследование общей характеристики предприятия как субъекта логистической системы;
- рассмотрение классификации продукции как объекта логистической системы обеспечения предприятия;
- теоретическое обоснование входящих, исходящих и внутренних потоков как субъектов

логистической системы обеспечения предприятий;

- анализ основных экономических показателей логистического обслуживания;
- формулировка практических рекомендаций по размещению заказов и организации закупок продукции;
- разработка методов повышения экономической эффективности логистической модели движения запасов продукции;
- оценка эффективности функционирования логистической системы логистического обслуживания.

Необходимость анализа существующей системы и оценки эффективности ее функционирования предопределила выбор в качестве объекта исследования систему логистического обслуживания предприятия.

В качестве предмета исследования приняты методы повышения эффективности логистического обслуживания предприятия.

Теоретической и методологической базой диссертационного исследования послужили труды российских и зарубежных ученых по управлению запасами и логистике. В диссертационной работе использованы Законы Российской Федерации, Указы Президента Российской Федерации и Постановления Правительства Российской Федерации, материалы Госкомстата России, результаты научных исследований, выполненных учеными НИИ и вузов Российской Федерации, а также материалы исследований, проведенных лично автором.

Научная новизна результатов исследования заключается в разработке:

- метода построения оптимального плана поставок продукции;
- оперативного управления запасами;
- метода прогнозирования динамики спроса;
- метода оптимального распределения сроков поставок между предприятиями поставщиками.

Достоверность научных результатов обеспечена применением в ходе исследования апробированных научных методов, использованием реальных исходных данных, экспериментальной проверкой разработанных теоретических положений на конференциях, подтверждена в публикациях и реализации научных результатов исследования в практике.

Практическая значимость выводов и рекомендаций, полученных в исследовании заключается в том, что применение экономико-математической модели оперативного управления запасами позволит более точно прогнозировать сезонные колебания спроса, оптимальным образом планировать распределение поставок между поставщиками, оперативно реагировать на сезонные изменения основных параметров логистической системы при принятии решений о размерах и моментах заказов и, таким образом, при наименьших издержках гарантировать заданный уровень качества логистического обслуживания потребителей.

Научные результаты исследования опубликованы в восьми печатных трудах общим объемом __ п.л.

Внедрение научных результатов подтверждается справками о применении результатов исследования в практику (Госстандартом Казахстана, Академии управления качеством РФ, МАДИ-ТУ, ОАО «ТК Вимм-Биль-Дамм», ...).

Диссертация состоит из введения, __ глав, заключения, списка использованной литературы и приложений.

Научные результаты, выводы и рекомендации могут быть использованы в практической деятельности специалистов по логистике компаний, в научно-исследовательских работах ИТКОР, в учебном процессе экономических и технических ВУЗов.

Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

1.1. Основные положения логистики как науки

В последние годы в отечественной экономической литературе все чаще встречается термин «логистика» [10г, 27г, 29г, 43г, 45-48г, 59г, 61г, 75-77г, 83г, 84г, 96г].

Логистика происходит от греческого слова *logistike*, что означает искусство вычислять, рассуждать. Этот термин, однако, имеет многовековую историю.

Древние греки понимали под логистикой искусство выполнения расчетов. Специальных государственных контролеров называли логистами. Согласно свидетельству Архимеда, в IV веке до н.э. - время наивысшего могущества Афин, в Древней Греции имелись логисты.

В другой крупнейшей державе Средиземноморья в Древнем Риме в период Римской империи существовали служители, которые носили титул «логисты» или «логистики»; они занимались распределением продуктов питания.

В первом тысячелетии нашей эры в военном лексиконе ряда стран с логистикой связывали деятельность по обеспечению вооруженных сил материальными ресурсами и содержанию их запасов. Царь Византии Леон VI (865-912 г.), живший в IX-X веке н.э., использовал термин «логистика» в учебнике по военному делу в значении «тыл, снабжение войск». Считалось, что задачами логистики является вооружение армии, снабжение военным имуществом, своевременная и в полной мере забота о ее потребностях и соответственно подготовка каждого военного похода [85г].

Логистика выросла в науку благодаря военному делу. Создателем первых научных трудов по логистике принято считать французского военного специалиста начала XIX века Джомини, который дал такое определение логистики: «практическое искусство маневра войсками». Он утверждал, что в понятие логистики входит широкий круг вопросов, таких, как планирование, управление и снабжение, определение места дислокации войск, а также строительство мостов, дорог и т.д.

Считается, что некоторые принципы логистики использовались армией Наполеона.

В России в середине прошлого века, согласно «Военному энциклопедическому лексикону», изданному в Санкт-Петербурге в 1850 году, под логистикой понималось искусство управления перемещением войск как вдали, так и вблизи от неприятеля и организации их тылового обеспечения.

На рубеже столетия термин «логистика» в России широкого применения не имел; «...слово «логистика» в новейших военных сочинениях более не встречается и может считаться окончательно вышедшим из употребления», отмечалось в энциклопедическом словаре Брокгауза и Ефрона.

Логистика стала активно применяться в период второй мировой войны, и прежде всего в материально-техническом снабжении армии США на европейском театре военных действий [100г]. Использование теоретических положений логистики во взаимодействии военной промышленности, тыловых и фронтовых снабженческих баз и транспорта позволило своевременно обеспечивать американскую армию вооружением, горюче-смазочными материалами, вещевым имуществом и продовольствием.

Вот почему во многих западных странах логистику поставили на службу эффективности управления материальными потоками в экономике.

Отечественные разработчики народнохозяйственных - межотраслевых, отраслевых и производственных планов и государственных программ, используя методологию и прикладные методы построения сложных экономических и, в том числе, материалопроводящих систем, развивая концептуальный и

математический аппараты, термин «логистика» не употребляли. Использовались термины «планирование производственно-хозяйственной деятельности», «управления запасами». Разрабатываемые задачи решались для потоков продукции производственно-технического назначения. Так как в условиях социалистического хозяйствования, деятельность каждого элемента системы народного хозяйства носило плановый характер, реальная связь между общим народнохозяйственным планом и планами отдельных подсистем обеспечивалась как назначением плановых показателей и целенаправленным выделением ресурсов, так и стимулированием деятельности отдельных подсистем.

В советский период термин логистика впервые употребляется в англо-русском военном словаре 1956 года: logistic - тыл и снабжение, материально-техническое обеспечение, работа тыла; планирование, организация и осуществление материально-технического обеспечения; logistic - относящийся к работе служб тыла [9г].

С 80-х годов, с совершенствованием методов управления промышленным производством, обусловленных, в том числе, развитием вычислительной техники, с одной стороны, и развертыванием перестроечных процессов в обществе и экономике, с другой стороны, понимание логистики расширилось, и из научного термина он стал общеупотребительным. Совершенствуется и понятийное содержание термина. Либерализация экономики, развитие рыночных отношений заставило отечественных ученых и хозяйственников обратиться к зарубежному опыту организации и управления производством. Однако судьба термина «логистика» оказалась сложнее, чем у известных ранее терминов «маркетинг», «менеджмент»; в научный и прикладной оборот он вошел несколько позже.

Органы управления тылом в вооруженных силах США и стран НАТО носят название логистических. Так, например, аппарат управления НАТО с 50-х годов включает отделение логистики (Logistics Division).

Использование системного анализа и математических методов при планировании мероприятий по материально-техническому и транспортному обеспечению предприятий в сочетании с логистическим подходом привело к блестящим результатам в управлении материальными потоками.

В терминологическом словаре по логистике дается следующее определение: «Логистика (logistics)-наука о планировании, контроле и управлении транспортированием, складированием и другими материальными и нематериальными операциями, совершаемыми в процессе доведения сырья и материалов до производственного предприятия, внутривозвратной переработки сырья, материалов и полуфабрикатов, доведения готовой продукции до потребителя в соответствии с интересами и требованиями последнего, а также передачи, хранения и обработки соответствующей информации» [88г].

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

Положения логистики как концептуального аппарата, так и комплекса методик по управлению материальными потоками используются в планировании производственных процессов, менеджменте, маркетинге и т.д.

Применительно к бизнес деятельности предприятий понятие логистики трактуется как управление процессом движением и хранением сырья, компонентов и готовой продукции в сфере обращения. Или, в общем, как хозяйственная деятельность по управлению товарными потоками в сфере обращения.

Логистическая (то есть расчетно-аналитическая, распределительная, оптимизационная) деятельность при этом является неременной и важной стороной эффективности логистического обслуживания.

Таким образом, максимальная мобилизация резервов и прежде всего использование организационных факторов как наименее затратоемких, составляет одно из важнейших оперативных направлений в решении

задач логистики.

В настоящее время имеет место многообразие определений понятия логистики.

Анализ зарубежной и отечественной экономической литературы показал, что сегодня под логистикой понимается [12г, 30г, 65г, 72г, 74г, 82г, 86г]:

1. Новое направление в организации движения грузов.
2. Теория планирования различных потоков в человеко-машинных системах.
3. Совокупность различных видов деятельности с целью получения необходимого количества груза в нужном месте в нужное время с наименьшими затратами.
4. Интеграция перевозочного и производственного процессов.
5. Процесс планирования затрат по перемещению и хранению грузов от производства до потребления.
6. Анализ инфраструктуры экономики.
7. Форма управления физическим распределением продукта.
8. Эффективное движение готовой продукции от места производства до места потребления.
9. Новое научное направление, связанное с разработкой рациональных методов управления материальными и информационными потоками.
10. Наука о рациональной организации производства и распределения.

Несмотря на определенные различия, перечисленные понятия логистики содержат один общий элемент - рациональность и точный расчет. Поэтому всю совокупность определений логистики можно разделить на две группы.

Определения первой группы сводятся к пониманию логистики как хозяйственной деятельности, заключающейся в управлении материальными потоками в сферах производства и обращения.

Другая группа определяет логистику как междисциплинарное научное направление, непосредственно связанное с поисками новых возможностей повышения эффективности материальных потоков [71г, 101г, 102г].

Одно из наиболее емких определений понятия логистики дано в учебном пособии под ред. профессора Б.А. Аникина: «Логистика - наука о планировании, организации, управлении, контроле и регулировании движения материальных, информационных и финансовых потоков в пространстве и во времени от их первичного источника до конечного потребителя» [62г].

Принципиальное отличие логистического подхода к управлению материальными потоками от традиционного состоит в интеграции отдельных материалопроводящих элементов в единую систему, способную адекватно реагировать на изменения факторов внешней экономической среды, в интеграций техники, технологии, экономики, методов планирования и управления потоками. Логистический подход предполагает комплексное решение задачи и включает в себя элементы экономики, технологии, техники и математики.

Таким образом, материальной составляющей системы логистического обслуживания потребителей являются инфраструктура логистики.

Объект исследования представляет собой сложную систему, которая может быть изучена и смоделирована методами общей теории систем.

Система логистического обслуживания предприятия является динамической и целенаправленной. А следовательно, в ней актуализируется проблема управления, связанная с анализом и синтезом управляемых и управляющих систем.

В этой связи возникают задачи принятия решений, а также проблема выбора оптимальных *форм* и методов оценки эффективности функционирования самой системы управления. Как известно, решение таких

задач обеспечивается методами исследования операций. И, наконец, динамика поставок продукция должна быть предсказуема, что является прерогативой прогностики.

Таким образом, логистическая парадигма состоит в использовании методов современных научных дисциплин при анализе, построении (синтезе), качественной и количественной оценке и оптимизации функционирования систем логистического обслуживания. Логистический подход к процессу функционирования системы логистического обслуживания в современных условиях определяет следующие этапы исследования:

1. Определение специфики логистической системы и границ ее функционирования.
2. Выявление факторов материального, информационного и финансового характера, оказывающих воздействия и являющихся основами функционирования и движущими силами развития логистической системы (повышение эффективности, оптимизация структуры и экономических процессов, их совершенствование и развитие).
3. Анализ процессов логистического взаимодействия, выявление закономерностей, их обуславливающих.
4. Выявление энтропии экономической среды и ее влияние на использование экономических принципов управления системы логистического обслуживания.

В системе логистического обслуживания выделяет следующие элементы:

1. Поставка - подсистема, обеспечивающая поступление потока продукции в логистическую систему.
2. Склады - здания, сооружения, устройства и т.п., где временно размещается и хранится продукция, преобразуются потоки.
3. Запасы – продукция, позволяющая системе быстро реагировать на потребность внутренних и внешних потребителей, обеспечивать равномерность работы транспорта, а так же решать ряд других задач.
4. Транспорт - сложная система, включающая в себя материально-техническую базу системы логистического обслуживания, с помощью которой перемещаются грузы, и инфраструктуру, обеспечивающую ее функционирование.
5. Информационная подсистема, обеспечивающая связь между элементами логистической системы, контролирующая выполнение ее операций и выполняющая ряд других задач.
6. Кадры - организованный персонал, занятый выполнением логистических операций.
7. Обеспечение - подсистема, регулирующая выходной поток имущества из логистической системы.
8. Денежные потоки, позволяющие производить сделки и закупать продукцию.

Многочисленные связи между элементами системы логистического обслуживания определяют интегративные качества системы.

Эти связи определенным образом упорядочены и определяют структуру системы.

Система логистического обслуживания обладает определенными свойствами, не свойственными ни одному из элементов в отдельности. Такими свойствами являются способность поставлять продукцию в требуемых объемах в определенное время, в определенное место и с минимальными затратами. Кроме того система логистического обслуживания обладает способностью приспосабливаться к изменяющимся условиям внешней экономической среды.

Интегративные свойства системы логистического обслуживания предприятия позволяют ей получать имущество, пропускать его через свои распределительные мощности и выдавать потребителям, достигая при этом заранее намеченной цели.

Система логистического обслуживания предприятия характеризуется инфраструктурой,

материальными, финансовыми и информационными потоками, циркулирующими в системе и экономическим потенциалом по обеспечению потребителей.

Управление логистическими процессами основываются на решении следующих задач:

1. Выделение в системе перемещающихся объектов в качестве отдельной управляемой подсистемы и применение по отношению к ней системного подхода (формирование потока).
2. Четкое определение конечного результата как цели формирования потока в соответствии с экономическими, технологическими, техническими и другими требованиями.
3. Усиление расчетного начала на всех стадиях управления потоками от планирования до анализа, выполнение подробных расчетов всех параметров траектории потока.
4. Диспетчеризация потока - непрерывное отслеживание перемещения и изменения каждого объекта потока и оперативная корректировка его движения.
5. Обеспечение надежности и безопасности потока, резервирование коммуникаций и технических средств.
6. Формирование всех видов обеспечения, то есть развитой инфраструктуры для осуществления движения потоков в условиях реальной деятельности.
7. Широкое использование современных технических средств перемещения и управления движением.
8. Координация действий непосредственных и опосредованных участников потока.
9. Осуществление потока с наименьшими издержками всех видов ресурсов.
10. Сохранение окружающей среды.

Основным путем достижения заданной эффективности функционирования системы логистического обслуживания является формирование рынка снабжения, формой - логистическое партнерство в звене «поставщик-заказчик», а методом - моделирование логистической деятельности предприятия.

Таким образом, логистика, как система управления материальными ресурсами, предусматривает постоянное формирование транспортных потоков продукции, обеспечивающее минимум затрат и максимум выгоды.

1.2. Теоретико-логистические аспекты организации и планирования логистического обслуживания

Как было уже определено объектом диссертационного исследования является процесс логистического обслуживания заключающееся в логистической деятельности предприятия (процесс выработки и осуществления управленческих решений, направленных на оптимизацию потока продукции от поставщиков к потребителям, включая функции: определение потребителей, планирование снабжения и закупок, оперативное регулирование процесса обеспечения, управление запасами, учет и отчетность, развитие материально-технической базы, оценка эффективности функционирования системы логистического обслуживания).

Потоки образуются из материальных средств, приобретенных для нужд потребителей и трансформирующихся в процессе транспортировки, хранения и выполнения других операций - начиная с момента поступления продукции от первичного источника вплоть до его получения конечным потребителем.

Информационный поток в системе логистического обслуживания – это совокупность циркулирующих в ней, между ею и внешней экономической средой сообщений, необходимых для управления и контроля логистических операций.

Следовательно, логистическое обслуживание понимается как совокупность потоков, осуществляемой и управляемой системой.

Под логистической операцией понимается совокупность действий, направленных на преобразование

потока. К логистическим операциям в системе логистического обслуживания относят погрузку, транспортировку, разгрузку, комплектацию, хранение, упаковку и другие операции.

В основе процесса управления потоками продукции лежит обработка информации, циркулирующей в логистических системах.

Планирование логистического обслуживания потребителей строится на основе прогноза, а управление - на обратной связи, действительном положении состояния объекта (системы) или логистического процесса.

Под логистическим процессом логистического обслуживания понимается процесс интегрированного движения продукции от источников их приобретения до конечных потребителей, включающий процедуры: приобретения, распределения и обеспечение потребителей.

Материальные, информационные, денежные потоки и связанные с ними логистические операции образуют логистическую систему - адаптивную систему с обратными связями, выполняющую те или иные логистические функции.

Логистическая функция представляет собой укрупненную группу логистических операций, направленных на реализацию целей логистической системы.

Каждая логистическая функция представляет собой достаточно однородную (с точки зрения цели) совокупность действий. Например, конечной целью мероприятий по формированию хозяйственных связей является установление отношений делового партнерства между различными участниками логистического процесса, т.е. формирование связей между элементами логистических систем.

Отметим две характерные особенности приведенного комплекса логистических функций:

- все перечисленные функции взаимообусловлены, неразделимы и подчинены единой цели - управления потоком продукции;
- носителями данных функций выступают субъекты, участвующие в логистическом процессе.

Следовательно, рассмотренные логистические категории интегрируются в логистическую систему, цель которой - доставка продукции в заданное время, в заданное место, в нужном ассортименте и количестве при заданном уровне затрат.

Поскольку приобретающая и обеспечивающая функции осуществляются на начальном и завершающем этапах процесса обеспечения войск, то оказывается плодотворной идея их преобразования в сквозную горизонтальную функцию регулирования всего потока, продукции начиная от стадии заготовки и кончая его доставкой конечным потребителям.

В целях достижения наилучшего соотношения расходов и результатов осуществляется поиск экономических компромиссов между интересами всех участников процесса обслуживания потребителей.

Поиск идет на стратегическом, организационном и оперативном уровнях. На стратегическом уровне происходит решение задач фундаментального характера: поиск и выбор поставщика. На следующем уровне организуется осуществление закупок продукции их доставка, прием, хранение и распределение. Компетенцией оперативного звена является конкретизация и детализация организационных мероприятий: выбор маршрута и вида транспортного средства в зависимости от размера партий груза, то есть решение транспортных (оптимизационных) задач, что является лишь одним из элементов в системы логистического обслуживания. Таким образом, логистический подход охватывает все звенья, начиная от поиска и выбора поставщика и заканчивая рациональной организацией обеспечения потребителей. На каждом из указанных уровней специалисты в области логистики должны определить и удерживать заданный уровень затрат, запасов и качества обслуживания. Такая организационная и аналитическая оптимизация в экономической логистике минимизирует совокупные затраты и, следовательно, повышает эффективность обслуживания.

Одной из основных задач логистики является минимизация затрат по доведению материального потока от первичного источника до конечного потребителя, определяющая важный критерий выбора оптимального варианта логистической системы - минимум совокупных затрат.

Следовательно, система логистического обслуживания состоит из функционально связанных элементов - материальных, финансовых и информационных потоков, центральных и региональных складов и баз, а также территориальных (региональных) и местных организационных структур, средств для сбора, обработки информации и оказания информационных услуг показанных на рис. 1.1.

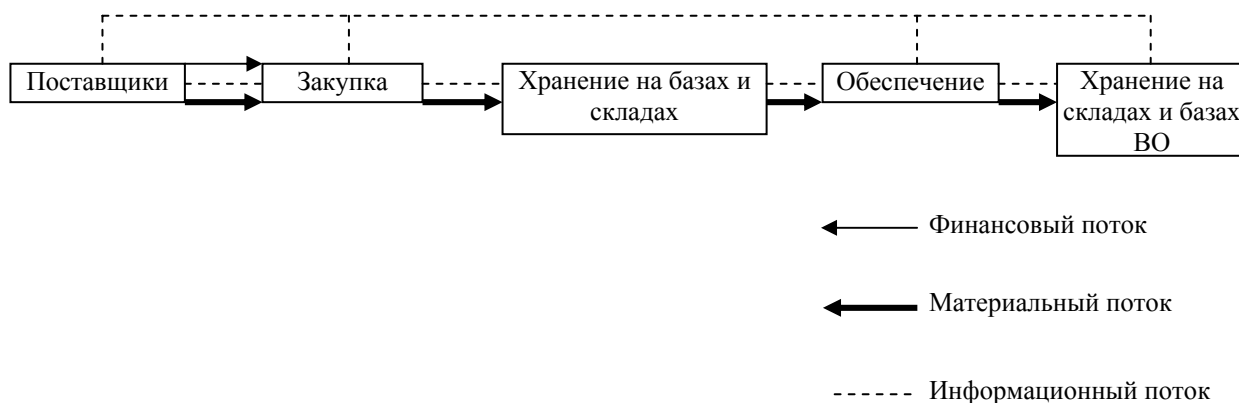


Рис. 1.1. Схема движения потоков в логистической системе логистического обслуживания

В организационном плане было бы целесообразно определить протекционистское участие государства в построении и организации систем логистического обслуживания, обеспеченное соответствующим законодательством и активной государственной политикой, направленной на содействие и стимулирование этой тенденции. Цель логистического обслуживания достигается решением комплекса задач, основными из которых являются:

- установление связей между партнерами рынка: производителями и потребителями, определение необходимости посредничества для реализации этих связей;
- создание запасов продукции и управление ими;
- накопление опыта для выработки обновленной стратегии и управления потоками продукции в системе логистического обслуживания.

Решение этих задач обеспечивается, в свою очередь, выполнением функций управления всего логистического процесса: планированием, оперативным регулированием, учетом, контролем и анализом бизнес деятельности.

Указанные функции системы логистического обслуживания заключаются в формировании логистических связей, определении потребности в перевозках продукции, объемов, направлений последовательности и звенности передвижения его через места складирования, координации оперативного управления поставками и перевозками внутри системы, формировании и регулировании запасов, развитии, размещении и организации складского хозяйства, выполнении операций непосредственно предшествующих и завершающих перевозку.

2.3. Субъекты системы движения логистического обслуживания: входящие, исходящие и внутренние потоки

После того, как в диссертационном исследовании рассмотрена классификация логистического обслуживания возникает необходимость рассмотреть и исследовать систему логистического обслуживания. Процесс логистического обслуживания характеризуется набором соответствующих параметров, определяющих

многообразии вариантов функционирования системы.

Для рассмотрения системы логистического обслуживания представим ее в виде двух систем: управляемой, представляющей процесс движения потоков продукции и управляющей с ее органом управления. Смоделируем эти системы с позиции процессов и процедур управления и определим конкретное содержание соответствующих моделей применительно к логистическому обслуживанию.

Согласно этому подходу первым и основным элементом логистической системы (ее модели) выступает процесс логистического обслуживания, в котором преобразуются потоки.

Вторым элементом является вход, который представляет собой поток закупаемой продукции у предприятий-изготовителей.

Третий элемент - выход, т.е. поток приобретенной продукции, предназначенной для передачи потребителям.

Четвертый элемент - обратная связь, это связь между входом какого-нибудь элемента и выходом предшествующего ему в той же системе элемента.

Пятый элемент - ограничения, состоящие из целей системы и принуждающих связей.

Таким образом, в процессе решения задачи оптимизации логистического обслуживания должны быть учтены все пять элементов. Общая блок-схема алгоритма, используемого для оптимизации системы, представлена на рис.2.1.

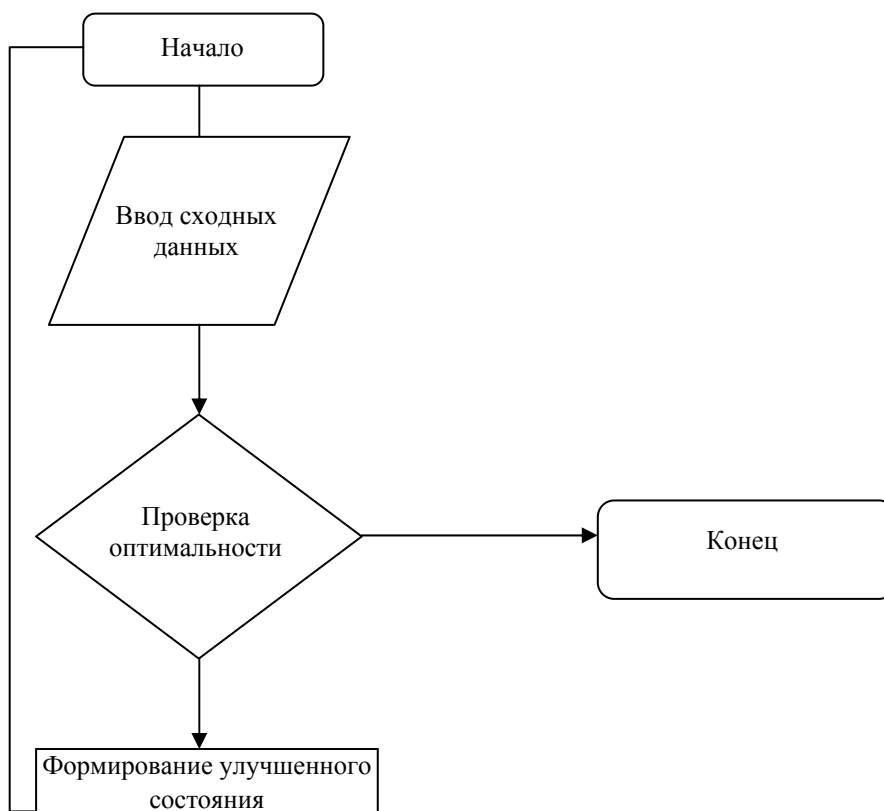


Рис. 2.1. Блок-схема алгоритма оптимизации логистической системы логистического обслуживания

Движение потоков порождает значительный объем информации, связанный с определением количества поставщиков, потребителей, складов, на которые будет поставляться продукция, остатков продукции у потребителей и на своих складах.

Поэтому система управления логистическим обслуживанием является информационноемкой, и эффективно функционировать может только с использованием компьютеров.

Система управления потоками продукции носит комплексный характер, т.е. в ней реализуется

системный подход к управлению логистическим обслуживанием.

Предметом изучения становится «вход» и «выход» системы их состояния, цель функционирования, задачи, ограничения, влияния внешней среды, внутренние, внешние и обратные связи, а также виды обеспечения функционирования системы логистического обслуживания.

Цель функционирования управляемой системы является надежное, устойчивое и гибкое обслуживание, т.е. удовлетворение потребностей каждого потребителя.

Цель управляемой системы совпадает с целью функционирования всей системы в целом.

Управляемую систему образуют потоки продукции, поступающие в сферу обращения. Поток представляет собой систему перемещаемого множества, воспринимаемого как единое целое. Так, управляемая система характеризуется следующими параметрами: начальная и конечная точки, скорость, время, траектория, длина пути, интенсивность.

Формой существования потока могут быть различные виды продукции. Поток, поступающий в данную систему из внешней среды, является входным материальным потоком, а выходящий из системы во внешнюю среду - выходным материальным потоком.

Начальной точкой потока продукции является склад готовой продукции предприятия-поставщика, конечной точкой - склад потребителя. Этот поток направляется непосредственно от поставщика к потребителю или через окружной склад.

Управление потоками с точки зрения логистики, предусматривает перечень мероприятий по определению потоков, а именно:

- определение наименования продукции;
- количество продукции, поступающей в логистическую систему, т.е. интенсивность поступления;
- начальная точка - от какого поставщика направляется поток;
- конечная точка - к какому потребителю направляется поток;
- время - к какому сроку должна быть поставлена продукция.

Каждому потоку соответствует информационный поток - совокупность циркулирующих в логистической системе, между ней и внешней средой сообщений, необходимых для управления логистическими операциями и контроля над ними. Управление информационным потоком заключается в согласовании скорости передачи и приема информации, объема информации и величины пропускной способности отдельного склада или пути следования потока.

Вход системы зависит от периодической потребности в продукции. Удовлетворение потребности предполагает выдачу требуемого количества продукции, с последующим пополнением запаса за счет поставки. Это характеризует систему логистического обслуживания, как систему потоковую и определяет ее внутреннюю структуру, состав и содержание процесса логистического обслуживания [40г].

Изменения в определенных пределах входных величин влечет за собой изменение и выходных параметров системы. При этом изменения последних не осуществляются мгновенно: существует определенное временное запаздывание. Входные переменные являются причиной, выходные - следствием, поэтому последние никогда не могут предшествовать первым.

Для управляемой системы «входом» будет являться продукция, идущая от поставщиков для соответствующего распределения внутри логистической системы, а «выходом» - то же имущество, направляемое потребителям. Иначе говоря на «вход» системы поступает продукция децентрализованно от поставщиков и через «выход» оно направляется потребителям.

Выход системы логистического обслуживания характеризует результат ее деятельности,

предполагающий наличие цели, ради достижения которой она функционирует. Целенаправленный характер этого функционирования предопределяет необходимость взаимосогласованного использования сил и средств системы.

Управляющей системой логистического обслуживания является логистическое подразделение предприятия.

Деятельность управляющей системы направлена на достижение цели управляемой системы, т.е. всей логистической системы в целом, что достигается своевременной обработкой информации, принятием управленческих решений и их реализацией в форме целенаправленных управляющих воздействий на процесс обслуживания.

К управляющим воздействиям относятся следующие мероприятия:

- ускорение продвижения потоков от поставщиков к потребителям;
- изменение траектории материальных потоков;
- использование резервов - страхование поставок за счет имеющихся запасов;
- управление совокупными запасами на основе оперативного маневрирования ресурсами посредством межскладских перевозок;
- дробление потока продукции на более мелкие партии поставки;
- изменение частоты поставок по принципу «точно в срок»;
- проведение гибкой ценовой политики при закупках продукции.

В логистической системе управления материальными ресурсами все управляющие воздействия в конечном счете трансформируются в ценовую форму в виде платы за услуги или путем изменения цены поставляемой продукции.

Выработка управляющих воздействий сопровождается расчетом коммерческой выгоды как для предприятий-поставщиков, так и для потребителей, т.е. достигается баланс интересов обеих сторон.

Эффективное управление, т.е. управление по схеме способствует тому, что логистическая система управления материальными ресурсами становится адаптированной не только к требованиям предприятий-потребителей, но и к различным влияниям внешней среды. Из множества внешних воздействий, факторов представляют интерес лишь те, которые в условиях решаемой задачи существенно влияют на состояние системы. На логистическую систему существенно воздействуют такие факторы, как спрос и предложение. Эти внешние воздействия называют входными величинами, а элементы системы, к которым они приложены - «входами» системы. Они рассматриваются как входные воздействия логистической системы.

Через «выход» производится передача продукции потребителям. Совокупность выходных величин и их изменения определяют поведение системы, позволяют логистическому подразделению оценивать соответствие конкретных действий стратегическим целям. В нашем случае к таким показателям относятся объём, качество, стоимость закупленной продукции, обеспеченность, формирование каналов сбыта продукции и др.

Для управляющей системы - на ее «вход» поступает информация о процессе логистического обслуживания, а на «выход» - информация, преобразованная в управляющие воздействия.

На «входе» и «выходе» управляющей системы имеется информация о потоках продукции или о ее наличии на центральных базах и складах, а также на региональных складах и базах, его потребности, которая сосредотачивается в логистических подразделениях, с помощью которой реализуется обратная связь. К логистическим операциям с информационным потоком относятся сбор, обработка и передача информации, соответствующей потоку продукции. Необходимым условием эффективного управления является наличие адекватной модели потоков продукции и оперативного получения достоверной и полной информации об их

движении в реальных условиях.

Ограничения представляют собой:

- число поставок в заданном интервале времени;
- максимальный объем (по весу или стоимости) поставки;
- по доле требований, удовлетворяющих только после прибытия очередной поставки;
- по вместимости складов;
- по моментам выдачи заявок.

Начальной точкой «вектора» материального потока является склад поставщика, конечной - склад потребителей.

Каждый поток может быть направлен либо от поставщика к потребителю (транзитная форма обеспечения), либо через «узлы» (центральные базы и склады), от которых потоки отходят ко многим потребителям (складская форма снабжения).

В любой момент времени на данном предприятии происходит изменение уровней наличия продукции, обусловленное производством и поступлением материальных ресурсов, предназначенных для изготовления имущества. Это определяет большое разнообразие состояний, в которых находится система. Необходимым условием эффективного управления потоками является знание состояния системы, позволяющее принимать оптимальные решения.

Таким образом, в каждый момент времени t в управляющую систему поступает информация о ходе процесса логистического обслуживания, характеризуемая векторами \bar{U} , \bar{S} , \bar{X} , \bar{F} . В нее одновременно вводятся задания \bar{Y} логистического подразделения, критерий эффективности функционирования системы логистического обслуживания и ограничения \bar{L} которые изображены на рис.2.2.

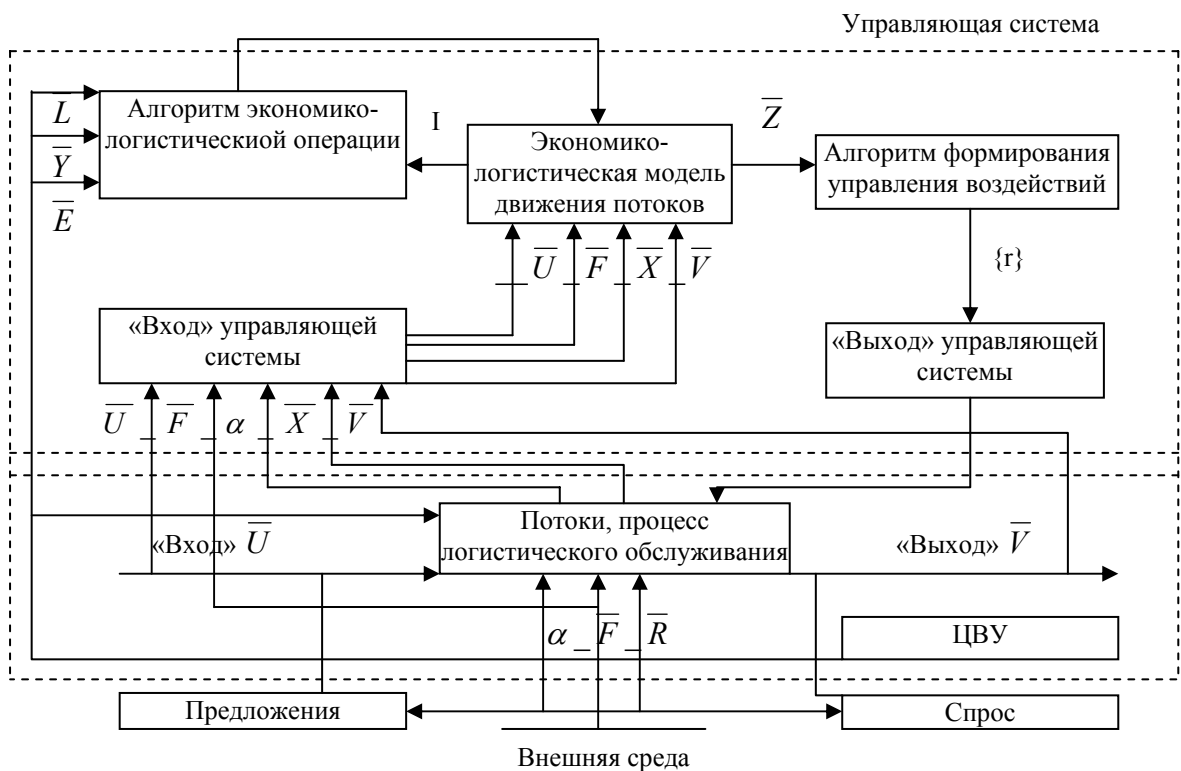


Рис. 2.2. Общая логистическая модель системы логистического обслуживания

где: \bar{U} - вектор, содержащий данные «входа» системы логистического обслуживания;

\bar{V} - вектор, содержащий данные «выхода», показывающий достижение цели функционирования системы логистического обслуживания;

α - соотношение предложения и спроса характеризует «вход» и «выход»;

\bar{F} - вектор влияния внешней среды;

\bar{E} - информация о критериях эффективности функционирования системы;

\bar{L} - ограничения;

\bar{Z} - управленческие решения;

$\{r\}$ - управляющие воздействия;

\bar{R} - вектор механизма самоуправления;

\bar{Y} - вектор задания;

I - интегральный результат управления;

\bar{X} - вектор внутреннего состояния управляемой системы.

Используя эту информацию с помощью предлагаемой модели можно построить вектор управления $Z=Z(t)$, который преобразуется в последовательность управляющих воздействий $\{r\}$ в форме планов, графиков, указаний, распоряжений логистическим подразделениям предприятия, осуществляющих процесс логистического обслуживания.

В общем виде задача управления процессом логистического обслуживания описывается логистическим алгоритмом управления (пятью аналитическими зависимостями).

1. Уравнением логистической связи, характеризующим процесс логистического обслуживания или отражающим зависимость между параметрами управляемой СВО ВС (S)

$$S(\bar{U}, \bar{S}, \bar{X}, \bar{F}, \bar{Z}, t) = 0$$

2. Уравнением, характеризующим эффективность логистического процесса ВС (E) целевая функция.

$$E(\bar{U}, \bar{S}, \bar{X}, \bar{F}, \bar{Z}, t) = extr$$

3. Ограничениями, определяющими допустимые пределы изменения управляемых параметров, а также характеризующими требованиями к выходным параметрам системы логистического обслуживания (\bar{L})

$$|\bar{U}_{\min}| \leq |\bar{U}| \leq |\bar{U}_{\max}|$$

$$|\bar{S}_{\min}| \leq |\bar{S}| \leq |\bar{S}_{\max}|$$

$$|\bar{X}_{\min}| \leq |\bar{X}| \leq |\bar{X}_{\max}|$$

$$|\bar{F}_{\min}| \leq |\bar{F}| \leq |\bar{F}_{\max}|$$

4. Уравнением управления, представляющим решение уравнений эффективности (2.2) и связи (2.1) при заданных ограничениях (2.3)

$$\bar{Z}(t) = Z(\bar{U}, \bar{S}, \bar{X}, \bar{F}, \bar{Z}, t)$$

5. Алгоритм преобразований решения уравнения в управляющем воздействии $\bar{Z}(t) \rightarrow r(t)$

Таким образом, задача управления процессом логистического обслуживания в интерпретации

логистического алгоритма управления формулируется следующим образом: при заданных уравнениях связи и ограничениях найти и реализовать алгоритм управления, обеспечивающий значение показателей эффективности процесса не ниже не выше допустимых значений. Уравнения (2.1, 2.2, 2.3) представляют собой экономико-математическую модель процесса логистического обслуживания. Следует отметить, что возможны различные композиции этих уравнений, например, объединение уравнений (2.1) и (2.2) в одно выражение. Иначе говоря, конкретный вид представляемых уравнений определяется существом описываемого процесса и выбранным математическим аппаратом.

На основании имеющейся информации построим схему движения потоков.

Управляемая система логистического обслуживания имеет «входы» и «выходы». Количество «входов» определяется наименованиями продукции K и количеством поставщиков n ; количество «выходов» - наименованиями продукции K и количеством потребителей m . Обозначим информацию, содержащую данные, характеризующие «вход» и «выход» логистической системы управления потоками через \bar{U} и \bar{S} . Векторы \bar{U} и \bar{S} описывают все параметры, характеризующие «вход» и «выход» системы логистического обслуживания, т.е. все характеристики, поступающие в сферу обращения и соответствующие выходные характеристики, и контролируются управляющей системой. Реакция системы на входные переменные и ее воздействие на внешнюю среду характеризуется значениями её выходных переменных величин. Количество «входов» и «выходов» определяется количеством поставщиков, потребителей и номенклатурой продукции.

Особое внимание должно уделяться входному и выходному векторам, т.е. таким характеристикам, как определение поставщиков, их качества и количества, а так же какая продукция, каким потребителем поставляется, в каком количестве и в какое время и т.д. Кроме того, в управляющую систему поступает информация о критериях эффективности функционирования системы \bar{E} , и \bar{L} , а также возможные ограничения или условия.

Управляющий орган системы при помощи действий, составляющих алгоритм оптимизации, проверяет, является ли состояние оптимальным, указывает способ перехода в другое состояние, которое будет в некотором смысле лучшим и вырабатывает соответствующее управляющее воздействие.

Логистическая система изменяет свое состояние, а управляющий орган вновь рассматривает полученное состояние с точки зрения его оптимальности, т.е. снова осуществляется второй этап.

Таким образом, управляющая система контролирует векторы \bar{U} и \bar{S} т.е. все характеристики ресурсов продукции наименование предприятий поставщиков, наименование продукции и др. Особое внимание управляющая система уделяет выходному вектору \bar{S} который показывает достижение цели функционирования всей системы - поступления необходимых ресурсов каждому конкретному потребителю в точно назначенный срок, надежное логистическое обслуживание.

«Вход» и «выход» определяются состоянием предложением и спросом и характеризуется параметром α .

Состояние и движение запасов описывается вектором \bar{X} , характеризующим состояние управляемой системы.

Влияние внешней экономической среды, параметры которой представлены в виде вектора \bar{F} , учитывается, как правило, в виде ограничений. Кроме того, управляющая система отражает конкретные задания \bar{Y} логистическое обслуживание. Все это вместе взятое позволяет управляющей системе принимать

соответствующие решения в виде вектора \bar{Z} . Однако, для принятия решений необходимо представлять сам процесс логистического обслуживания, т.е. иметь его отображение, модель и ориентироваться на достижение основной цели на максимально возможное обеспечение при минимуме затрат.

Полученное решение необходимо довести до управляемой системы, а для этого результат \bar{Z} должен принять форму управляющего воздействия $\{r\}$.

При организации управления процессом логистического обслуживания так же необходимо учесть объективный характер закона «необходимого разнообразия»: для достижения цели процесса необходимо, чтобы число управляющих воздействий было не меньше числа состояний управляемой системы.

Таким образом значения результатов \bar{U} и \bar{S} процесса логистического обслуживания будут достигнуты в том случае, если число управляющих воздействий $\{r\}$ не меньше возможных состояний процесса логистического обслуживания - \bar{X} . В противном случае система может оказаться полностью или частично неуправляемой, что приведет к нарушению обеспечения потребителей.

Управленческие решения \bar{Z} , принимаемые с помощью имеющейся модели на основании имеющейся в момент принятия решения информации преобразуются в целенаправленные управляющие воздействия $\{r\}$; кроме того, управляемая система находится под влиянием механизма саморегулирования, характеризуемого вектором \bar{R} .

Если логистическая система находится в исходном состоянии \bar{X} , и этому состоянию соответствует выходной вектор \bar{S} , то должно соблюдаться условие: $\{r\} \bar{X}$; при этом показатель организации системы будет определяться равенством $K = \frac{\{r\}}{\bar{X}}$.

На практике положение осложняется тем, что дополнительное воздействие оказывают факторы экономической среды \bar{F} , а это значительно повышает разнообразие управляемой системы. Такое положение вызывает многообразие результатов \bar{S} , часть которых оказывается нежелательной или даже недопустимой вследствие влияния входящего потока \bar{U} , который зависит от конкретной рыночной ситуации.

Поэтому, необходимо увеличение разнообразия управляющих воздействий. Управляющая система должна реагировать на все изменения состояния управляемой системы. Для этого выполняются функции оперативного регулирования процесса обеспечения некоторым вектором механизма саморегулирования \bar{R} , обеспечивающим увеличение разнообразия управляющих воздействий.

Таким образом, управляемая система логистического обслуживания, как совокупность материальных потоков оказывается весьма сложной и имеет большое количество состояний.

Такой же сложной является и система управления процессом логистического обслуживания. Поэтому совершенствование системы логистического обслуживания связано с увеличением числа возможных управляющих воздействий.

Для уменьшения разнообразия управляемой системы служат правовые нормы, регламентирующие процесс логистического обслуживания (особые условия поставки и др.).

Тот же результат достигается логистическим агрегированием поставщиков и особенно потребителей путем создания их объединений.

В целом все множество управляющих воздействий может быть представлено в виде следующих групп:

ускорение потоков от поставщиков к потребителям; замена одних поставщиков на другие; графика потоков продукции; использование ресурсов; управление совокупными запасами на основе их оперативного перераспределения; дробление материального потока на более мелкие партии поставок; изменение частоты поставок; контроль над расходом и регламентация использования ресурсов.

Далее, разработанную общую модель системы логистического обслуживания исследуем на предмет логистической оптимизации потоков методами управления запасами.

2.4. Анализ основных экономических показателей логистического обслуживания

Оценим динамику входного и выходного потоков. Их содержательный анализ необходимо проводить в контексте экономических изменений, которые произошли в стране в течении этих лет и отразились также на работе округа. До 1990 года поставки имущества в условиях жесткого фондирования осуществлялись приблизительно равномерно по кварталам года с учетом сезонности некоторых предметов, а колебания в объемах поставок были очень незначительными.

С переходом к рыночным отношениям свободным ценам с начала 1992 года равномерность получения и выдачи была нарушена.

Согласно данным таблиц общая тенденция выражается в снижении интенсивности обоих потоков, как в годовом, так и средне-квартальном исчислении. Однако эта тенденция практически не отразилась на других моментах.

Сравним абсолютные поквартальные изменения запасов и динамику среднего уровня запасов показанных в табл. 2,8; 2.9.

Эффективное ведение работ требует, чтобы готовая продукция не залеживалась на складах, а как можно быстрее оборачивалась, т.е. вступали в процесс конечного потребления. Ускорение оборачиваемости запасов непосредственно влияет на объемы материальных ресурсов, «омертвляемые» в форме запасов. Чем быстрее оборачиваются запасы, тем меньше требуется их в абсолютном выражении.

Для характеристики скорости оборачиваемости запасов будем использовать два основных показателя: число оборотов (или коэффициент оборачиваемости запасов) и время одного оборота запаса в днях [103г].

Число оборотов исчисляется путем деления объема оборотов на среднюю величину запаса за отчетный период. При этом под объемом оборотов понимается объем реализованной или отгруженной продукции в натуральном или стоимостном выражении:

$$K_{об} = \frac{Q}{\bar{З}}$$

где $K_{об}$ - коэффициент оборачиваемости запасов;

Q - объем выдачи имущества за период;

$\bar{З}$ - средний размер запаса за тот же период и в тех же единицах измерения.

Время одного оборота запаса характеризует продолжительность одного оборота запаса в днях и показывает, сколько дней в среднем находился данный вид имущества от момента его поступления на склад до момента выдачи.

Если обозначить время одного оборота $B_{об}$, а число дней в отчетном периоде T (на практике принимается месяц - 30, квартал - 90, год - 360 дней), то формула исчисления показателя времени оборота запаса примет вид:

$$B_{об} = \frac{T}{K_{об}}, \text{ или } B_{об} = \frac{\bar{З}}{Q}$$

Оборачиваемость связана и с другими показателями запаса. Например, коэффициент оборачиваемости запасов находится в обратной зависимости с показателем относительного запаса, что видно из формулы:

$$Y_3 = \frac{\bar{Z}}{Q}$$

где Y_3 - относительный уровень запаса.

Из сравнения формул (2.9-2.10) следует, что

$$K_{об} = \frac{1}{Y_3} \text{ или } Y_3 = \frac{1}{K_{об}}$$

Показатели оборачиваемости запасов вычисленные по формулам (2.9-2.12), представлены в табл. 2.11.

Таблица 2.11

ПОКАЗАТЕЛИ ОБОРАЧИВАЕМОСТИ ЗАПАСОВ НА ОКРУЖНОМ СКЛАДЕ (тыс. компл.)

Показатели	Года							
	1994		1995		1996		1997	
	Костюм летний	Куртка и брюки зимн.	Костюм летний	Куртка и брюки зимн.	Костюм летний	Куртка и брюки зимн.	Костюм летний	Куртка и брюки зимн.
Объем продаж	265	114,8	290,7	133,4	238,8	116,7	265	145,4
Средний размер запаса, \bar{Z}	132,7	57,4	145,7	66,7	155,9	71,7	103,3	61,8
Коэффициент оборачиваемости запасов, $K_{об}$	2,0	2,0	2,0	2,0	1,53	1,63	2,57	2,35
Время одного оборота запаса, $B_{об}$ (дни)	180,3	180,0	180,4	180,0	140,3	153,0	140,3	153,0
Относительный уровень запаса, %	50	50	50	50	65	61	39	43

Таким образом, за рассматриваемый период величина показателя оборачиваемости запасов колебалась в довольно значительных пределах. Сложившиеся значения показателя оборачиваемости свидетельствуют о наличии резервов повышения эффективности работы системы логистического обслуживания за счет совершенствования управления запасами.

Увеличивая оборачиваемость запасов, при поддержании высокого уровня обеспеченности, снижаются затраты обращения.

3.2. Логистическая модель движения запасов продукции

В диссертационной работе автор предлагает метод определения оптимальной стратегии осуществления поставок продукции обеспечивающей заданный уровень обслуживания и минимизирующей суммарные затраты, связанные с оформлением договора, транспортировкой и хранением запасов.

На основе оптимального плана поставок реализуется, в соответствии с принципом оптимальности Р. Беллмана, адаптивная модель управления запасами, позволяющая оперативно реагировать на случайные колебания спроса и на возможные изменения основных характеристик функционирования системы логистического обслуживания потребителей (общих объемов потребности, длительности периодов относительно стабильного спроса, стоимостных характеристик и т.д.) [94г].

При построении оптимального плана поставок автор исходит из следующих положений:

1) обеспечение потребителей, составляющих более низкий уровень пирамидальной иерархической системы логистического обслуживания, осуществляется с учетом динамики спроса: общие объемы поставок в

течение определенных промежутков времени планируются заранее и считаются фиксированными. В то же время предлагаемая модель позволяет, в значительной степени, оперативно реагировать как на возможные непредвиденные изменения общих объемов потребности, так и на текущие колебания спроса;

2) колебания спроса существенно сглаживаются благодаря наличию у потребителей, составляющих промежуточный уровень системы обеспечения, собственной складской системы [93г];

3) исследование потоков продукции, а также имеющаяся статистика в течении нескольких предшествующих лет позволяет достаточно точно прогнозировать его сезонную динамику спроса и выделить периоды относительно стабильного спроса;

4) объемы поставок кратны некоторому целому V - емкости транспортного средства (железнодорожного вагона, контейнера или автомобиля, нормы погрузки продукции показаны в прил. 4; [78г];

5) поставки из центральных складов и непосредственно от промышленности осуществляется комплектами (например, китель и брюки летние хлопчатобумажные и т.д.), или поштучно (например, фуражка летняя хлопчатобумажная и т.д.) - от предприятий - поставщиков. В этом случае (отклонения θ от среднего $E\theta$ было бы соизмеримы с $E\theta$, т.е. случайные колебания θ были бы столь же малы), поэтому стохастичностью θ можно также пренебречь и считать θ фиксированным для всех поставщиков.

3.2.1. Метод построения оптимального плана поставок продукции

Стратегия управления запасами (в исследовании операций) - способ использования средств и ресурсов, направленных на достижение цели операции [63г] (или совокупность мероприятий по регулированию объема запасов, поддержанию их в определенных оптимальных размерах, по организации непрерывного контроля над поставками и по их оперативному планированию [69г]).

Основные условия, которым должна удовлетворять стратегия управления запасами: объем запаса должен обеспечивать непрерывное обеспечение и при этом оставаться минимальным в целях сокращения затрат на хранение продукции, на строительство складских помещений и иммобилизацию материальных ресурсов [64г].

Принятые в стратегии управления переменные - размер и точка заказа при непрерывном контроле состояния запасов должны обеспечить текущий спрос.

Плановый период $T = [0, \tau_N]$ на который подразделение логистики производит планирование поставок составляет один год. В соответствии с положениями 1-6 период планирования ($T=1$ году) разбивается на N интервалов (подпериодов) $T_i = [\tau_{i-1}, \tau_i]$, $\tau_0 = 0, i = 1, \dots, N$, для которых:

1) общий объем потребности в продукции предприятия округа в течение каждого интервала T_i фиксирован и равен S_i^* ;

2) спрос потребителей при $t \in T_i$, аппроксимируются случайными стационарными процессом $\{s_i(t)\}$, где $s_i(t)$ - объем спроса в единицу времени $[t-1, t]$ (сутки);

3) случайные величины $s_i(t)$ одинаково распределены, причем математическое ожидание спроса в единицу времени (сутки)

$$Es_i(t) = \frac{S_i^*}{T_i}, S_i^* = \sum_{t \in T_i} s_i(t).$$

Моменты реализации поставок t_j и $t_j \in T_i \Rightarrow n_{i-1} + 1 \leq j \leq n_i$.

Обозначим через $x(t_j)$ - текущий запас на складах предприятия в момент t_j сразу после получения

продукции размера $u(t_j)$. Тогда динамика процесса управления запасами будет описываться соотношением:

$$x(t_j) = x(t_{j-1}) - \sum_{t=1}^{t_j-t_{j-1}} s(t_{j-1} + t) + u(t_j),$$

при ограничениях $x(t_j) \leq W$

где W -общая емкость складов продукции предприятия.

Очевидно, что для систем с кусочно-стационарным спросом и фиксированными на каждый подпериод объемами поставок, стратегия поставок, оптимальная для периода планирования в целом, будет простой суммой оптимальных стратегий для всех подпериодов стабильного спроса:

$$\{(t_j, u(t_j))\}_{t_j \in T} = \bigcup_{i=1}^N \{(t_j, u(t_j))\}_{t_j \in T_i}$$

Таким образом, достаточно определить оптимальную стратегию управления запасами для произвольного периода T_i с учетом граничных условий, налагаемых оптимальным планом поставок для всего периода планирования на размеры текущего запаса в концах рассматриваемого интервала:

$$x(\tau_{i-1}) = a_{i-1}, x(\tau_i) = a_i.$$

Оптимальные параметры системы (моменты и размеры поставок, а также их общее число в течении каждого подпериода T_i) определяется путем минимизации целевой функции: суммарных затрат по оформлению контракта, транспортировке и хранению запасов.

Обозначим C_1 - затрат оформления одного заказа на поставку, C_2 - затраты аренды одной единицы транспортных средств (вагона, контейнера или автомобиля); C_3 - затраты хранения единицы запаса в течение суток; $Ex[u, v]$ - средний запас в интервале $[u, v]$.

Тогда общие затраты, приходящиеся на i -й период, будут иметь вид:

$$L_i = C_1(n_i - n_{i-1}) + C_2V \sum_{j=n_{i-1}+1}^{n_i} m_j + C_3(Ex[\tau_{i-1}, t_{n_{i-1}+1}] + \sum_{j=n_{i-1}+2}^{n_i} Ex[t_{j-1}, t_j] + Ex[t_{n_i}, \tau_i]),$$

где $m_jV = u_j$ - размер j -й поставки;

m_j - количество единиц транспортных средств;

$(n_i - n_{i-1})$ - количество контрактов в i -ом периоде;

V - емкость единицы транспортных средств;

Так как $V \sum_{j=n_{i-1}+1}^{n_i} m_j = S_i^* = const$, т.е. транспортные расходы для каждого периода фиксированы, то их

величина не влияет на определение оптимальной стратегии, и из выражения для целевой функции L_i их можно исключить. Затраты, связанные с заключением контрактов не зависят от величины заказываемой партии.

Обозначим через $S_j(t) = \sum_{k=1}^t s_i(t_{j-1} + k)$ объем спроса за t суток.

Тогда условие бездефицитности обеспечения продукцией для заданного коэффициента риска $\varepsilon \in (0,1)$ будет иметь вид:

$$\begin{aligned} & \forall j, n_{i-1} + 1 \leq j \leq n_i : P(x(t_{j-1}) \geq S(t_j - t_{j-1})) \geq 1 - \varepsilon, \\ & P(a_{i-1} \geq \sum_{k=1}^{t_{n_{i-1}} - \tau_{i-1}} s_i(\tau_{i-1} + k)) \geq 1 - \varepsilon, \\ & P\left(x(t_{n_i}) \geq \sum_{k=1}^{\tau_i - t_{n_i}} s_i(t_{n_i} + k)\right) \geq 1 - \varepsilon. \end{aligned}$$

В общем случае, когда модель управления запасами допускает существование дефицита (или когда неудовлетворенные требования не учитываются), коэффициент риска ε сам является оптимизируемым параметром и выбирается, исходя из условия минимума суммарных затрат на заключение договоров, хранения запасов, транспортных расходов а также издержек, связанных с дефицитом (и, возможно, некоторых дополнительных условий). Если же главным критерием оценки качества функционирования системы логистического обслуживания является максимально полное удовлетворение спроса потребителей в продукции, описываемое условием относительной бездефицитности, то значение $\varepsilon = \varepsilon_k$ будет естественным образом определяться коэффициентом недопоставок ω_k , характеризующим надежность k -го поставщика. Удовлетворительные результаты для таких коэффициентов дает метод, разработанный в диссертационной работе [109г]. Поскольку в этой работе оценка коэффициентов недопоставок задается доверительным интервалом $[\omega_{k \min}, \omega_{k \max}] \supset \omega_k$, то ориентируясь на самый пессимистический прогноз при оценивании надежности k -го поставщика, в качестве коэффициента риска следует взять верхнюю границу доверительного интервала $\varepsilon_k = \omega_{k \max}$.

Из (3.3) имеем уравнение баланса для периода T_i :

$$a_{i-1} - S_i^* + \sum_{j=n_{i-1}+1}^{n_i} u(t_j) = a_i.$$

При фиксированном $n_i - n_{i-1} = N_i$ и заданных моментах времени t_j реализации поставок продукции предприятию оптимальные значения текущего запаса $x(j)$, минимизирующие затраты и на хранение, определяются равенствами

$$\begin{aligned} x(t_{j-1}) &= \varphi_\varepsilon(\xi_j) = \min\{z : z \leq W, P(z \geq S_j(\xi_j)) \geq 1 - \varepsilon\}, \\ x(t_{n_i}) &= \varphi_\varepsilon(\tau_i - t_{n_i}) = \min\{z : z \leq W, P(z \geq S_{n_i+1}(\tau_i - t_{n_i})) \geq 1 - \varepsilon\}, \\ \xi_j &= t_j - t_{j-1}, S_j(\xi_j) = S_j(t_j), n_{i-1} + 2 \leq j \leq n_i; \\ x(t_{n_i}) &= \varphi_\varepsilon(\tau_i - t_{n_i}) = \min\{z : z \leq W, P(z \geq S_{n_i+1}(\tau_i - t_{n_i})) \geq 1 - \varepsilon\}. \end{aligned}$$

При этом момент первой поставки в i периоде $t_{n_{i-1}} + 1$ можно определить из (3.3) и условия бездефицитности

$$t_{n_{i-1}} + 1 = \tau_{i-1} + \max\left\{z : P\left(a_{i-1} \geq \sum_{k=1}^{z - \tau_{i-1}} s_i(\tau_{i-1} + k) \geq 1 - \varepsilon\right)\right\}$$

(Если $t_{n_{i-1}} + 1 \geq \tau_i$, то начального запаса a_{i-1} вполне достаточно для удовлетворения потребности S_i^* и тогда $N_i=0$, т.е. дополнительных поставках необходимости нет.

Так как $d_i = \sum_{j=n_{i-1}+2}^{n_i+1} \xi_j = t'_{n_i+1} - t_{n_{i-1}+1}$, то, используя выражение для среднего запаса $Ex[\tau_{i-1}, \tau_i]$

[см.прил.5] метод множителей Лагранжа для определения условного экстремума при заданном M , получим:

$$\min Ex[\tau_{i-1}, \tau_i] = \min_{\xi_j} \sum_{j=n_{i-1}+2}^{n_i+1} g(\xi_j) + b = N_i g\left(\frac{d_i}{N_i}\right) + b = d_i \varphi_\varepsilon\left(\frac{d_i}{N_i}\right) - \frac{S_i^* d_i^2}{2T_i N_i} - \frac{S_i^* d_i}{2T_i} + b.$$

(минимум достигается в точке $\xi_j = \frac{d_i}{N_i}$).

Таким образом, оптимальное число поставок N_i^* определяется условием

$$\min_{N_i} L'_i(N_i) = L'_i(N_i^*),$$

где целевая функция:

$$L'_i(N_i) = C_1 N_i + C_3 \left[d_i \varphi_\varepsilon\left(\frac{d_i}{N_i}\right) - \frac{S_i^* d_i^2}{2T_i N_i} \right].$$

Пусть $[a]$ - целая часть a , $u - q_i(z) = \begin{cases} [z], \text{если } L'_i([z]) \leq L'_i([z+1]), \\ [z+1], \text{если } L'_i([z]) \geq L'_i([z+1]) \end{cases}$

Тогда для детерминированного спроса $\varepsilon = 0$ средний запас имущества будет равен $\varphi_0\left(\frac{d_i}{N_i}\right) = \frac{S_i^* d_i}{T_i N_i} + \delta$, где $\delta = 0$, если $\left[\frac{S_i^* d_i}{VT_i N_i}\right] \approx \frac{S_i^* d_i}{VT_i N_i}$ (т.е. если размер поставки приблизительно кратен емкости единицы транспортных средств, и $\delta = V$ - если размер поставки не кратен емкости транспортных средств, в противном случае уравнение (3.11) примет вид

$$L'_i(N_i) = C_i N_i + C_3 \left(\frac{S_i^* d_i^2}{2T_i N_i} + d_i \delta \right).$$

Приравнивая производную $L'_i(N_i)$ по N_i нулю и учитывая (3.2), для оптимального количества поставок в i периоде получим:

$$N_i^* = \max \left\{ q_i \left(d_i \sqrt{\frac{C_3 S_i^*}{C_1 2T_i}} \right), \left[\frac{S_i^* d_i}{T_i (W - \delta)} \right] + 1 \right\}.$$

Зная N_i^* , можно найти оптимальный интервал между поставками $\xi_i^* = \left[d_i / N_i^* + 0,5 \right]$ (ближайшее к d_i / N_i^* целое число) и оптимальный размер заказываемой партии $u_i^* = \left[\frac{S_i^* d_i}{VT_i N_i^*} \right] V + \delta$.

Таким образом, в случае детерминированного спроса оптимальный план поставок на склады предприятия, включающий в себя время поставки и объем заказываемой партии, будет иметь следующий вид:

$$\left\| \begin{array}{l} \left[t_{n_{i-1}+1} - \theta + 0,5 \right] \\ \left[t_{n_{i-1}+1} - \theta + 0,5 \right] \\ \left[t_{n_{i-1}+1} - \theta + 0,5 \right] \\ \dots \\ \left[t_{n_{i-1}+1} - \theta + 0,5 \right] \end{array} \right. + \left[\begin{array}{l} d_i / N_i^* + 0,5 \\ 2d_i / N_i^* + 0,5 \\ \dots \\ (N_i^* - 1)d_i / N_i^* + 0,5 \end{array} \right] \left\| \begin{array}{l} \left[S_i^* d_i / VT_i N_i^* \right] V + \delta \\ \left[S_i^* d_i / VT_i N_i^* \right] V + \delta \\ \left[S_i^* d_i / VT_i N_i^* \right] V + \delta \\ \dots \\ \left[S_i^* d_i / VT_i N_i^* \right] V + \delta \end{array} \right\|$$

где $t_{n_{i-1}+1} = a_{i-1} \frac{T_i}{S_i^*}$

$d_i = \tau_i - \tau_{i-1} + \frac{T_i}{S_i^*} (a_i - a_{i-1})$, и $a_{i-1} \geq S_i^* + a_i \Rightarrow N_i^* = 0$ (заказы не производятся).

При необходимости содержания резервного запаса на предприятиях округа $r_0 = const$, и всех приведенных выше соотношениях заменяем W на $W - r_0$.

Система логистического обслуживания со случайным спросом

Пусть F_i - функция распределения случайной величины $s_i(t)$, f_i - плотность этого распределения. Тогда распределение суммарного спроса в течение n суток будет иметь вид

$$F_i(n, u) = P \left(\sum_1^n s_i(t) \leq u \mid \sum_1^n s_i(t) + \sum_1^{T_i-n} s_i(t) = S_i^* \right),$$
 а соответствующая плотность

$$f_i(n, u) = \frac{\oint_i^{n^*}(u) \oint_i^{(T_i-n)^*}(S_i^* - u)}{\oint_i^{T_i^*}(S_i^*)},$$

где $\oint_i^{k^*}$ означает k -кратную свертку \oint_i .

Из (3.8) и прил. 5 получаем момент первой поставки в периоде T_i :

$$t_{n_{i-1}+1} = \tau_{i-1} + \max \left\{ z : \int_0^{a_{i-1}} dF_i(z - \tau_{i-1}, u) \geq 1 - \varepsilon \right\},$$

и, момент первой поставки в периоде $\Gamma, +/$ при той же интенсивности потребности

$$\frac{S_i^*}{T_i} : t'_{n_{i-1}+1} = \tau_{i-1} + \max \left\{ z : \int_0^{a_i} dF_i(z - \tau_i, u) \geq 1 - \varepsilon \right\}.$$

Отсюда, зная $d_i = t'_{n_{i-1}+1} - t_{n_{i-1}}$, для фиксированного M находим оптимальный размер текущего запаса в начале каждого цикла:

$$\varphi_\varepsilon \left(\frac{d_i}{N_i} \right) = \min \left\{ z : z \leq W, \int_0^z dF_i \left(\frac{d_i}{N_i}, u \right) \geq 1 - \varepsilon \right\}.$$

Подставляя $\varphi_\varepsilon \left(\frac{d_i}{N_i} \right)$ в (3.28), определяем оптимальное количество заказов N_i в i периоде и

оптимальные значения всех остальных параметров.

Рассмотрим теперь типичные распределения, обычно используемые для описания спроса в теории управления запасами.

В случае распределение величины спроса по закону Пуассона, функция плотности распределения

вероятности при этом примет вид $\phi_i(k) = \frac{\alpha_i^k}{k!} e^{-\alpha_i}$,

где $\alpha_i = ES_i(t) = \frac{S_i^*}{T_i}$ - математическое ожидание пуассоновского распределения спроса;

e - основание натуральных логарифмов ($e = 2.718$);

! - знак факториала.

В этом случае суммарный спрос в течении n суток будет иметь биномиальное распределение.

$$\phi_i(n, k) = C_{S_i^*}^k \left(\frac{n}{T_i} \right)^k \left(1 - \frac{n}{T_i} \right)^{S_i^* - k} = b \left(k; S_i^*, \frac{n}{T_i} \right),$$

$$F_i(n, z) = \sum_{k=0}^z b \left(k; S_i^*, \frac{n}{T_i} \right) = B \left(z; S_i^*, \frac{n}{T_i} \right).$$

Продолжив функцию $F_i(n, z) = F(n, z)$ (так как рассматривается произвольный период T_i , то индекс i можно опустить) на вещественную ось ($n, z \in \mathfrak{R}$) и воспользовавшись ее выражением через неполную бета-функцию

$$F(n, z) = 1 - S^* C_{S^*-1}^z \int_0^{n/T} x^z (1-x)^{S^*-1-z} dx, \text{ получим:}$$

$$\frac{\partial F(n, z)}{\partial n} = -\frac{S^*}{T} C_{S^*-1}^z \left(\frac{n}{T} \right)^z \left(1 - \frac{n}{T} \right)^{S^*-1-z}.$$

При $z \gg 1$

$$\frac{\partial F(n, z)}{\partial z} \approx F(n, z) - F(n, z-1) = C_{S^*}^z \left(\frac{n}{T} \right)^z \left(1 - \frac{n}{T} \right)^{S^*-z},$$

то, при $z = \varphi_\varepsilon(n)$, из условия бездефицитности и $\forall n : F(n, z) = 1 - \varepsilon = const$ будем иметь

$$\frac{\partial z}{\partial n} = -\frac{\partial F}{\partial n} / \frac{\partial F}{\partial z} = \frac{S^* - z}{T - n},$$

откуда, учитывая, что $\varphi_\varepsilon(0) = 0$, получим минимальный запас, гарантирующий бездефицитное (с

вероятностью $1-\varepsilon$) обеспечение в течении n суток $\varphi_\varepsilon(n) = \frac{S^*}{T} n$.

Таким образом, в случае пуассоновского спроса целевая функция и, следовательно, оптимальный план поставок будут такими же, что и для детерминированного случая:

$$\text{оптимальное количество поставок в } i \text{ период } N_i^* = \max \left\{ q_i \left(d_i \sqrt{\frac{C_3 S_i^*}{C_1 2 T_i}} \right), \left[\frac{S_i^* d_i}{T_i (W - \delta)} \right] + 1 \right\};$$

$$\text{оптимальный интервал между поставками } \xi_i^* = \left[d_i / N_i^* + 0,5 \right]$$

$$\text{оптимальный размер заказываемой партии } u_i^* = \left[\frac{S_i^* d_i}{V T_i N_i} \right] V + \delta$$

Размер оптимального текущего запаса $\varphi_\varepsilon(n)$ не зависит явным образом от ε ; это объясняется тем, что

величина $\varphi_\varepsilon(n)$ получена путем усреднения спроса по всему периоду T_i с фиксированной потребностью S_i^* , так что возможный дефицит (или чрезмерный остаток на конец цикла) компенсируется в следующем цикле. Однако в процессе оперативного управления коэффициент риска ε будет непосредственно определять уровень страхового запаса и, следовательно, продолжительность цикла; таким образом, оптимальный текущий запас в начале цикла будет сложной функцией от ε :

$$\varphi_\varepsilon(n) = \varphi_\varepsilon(n(\varepsilon)).$$

В случае распределения величины спроса по **нормальному распределению**, функция плотности примет вид

$$\phi_i(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_i^2}} e^{-\frac{(u-\alpha_i)^2}{2\sigma_i^2}}, \alpha_i = \frac{S_i^*}{T_i}.$$

Спрос в течении n суток также описывается нормальным распределением:

$$\phi_i(n, u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_i^2 K_n}} e^{-\frac{(u-\alpha_i)^2}{2\sigma_i^2 K_n}},$$

Где $K_n = n(1 - n/T)$.

В теории управления запасами нормальным распределением обычно аппроксимируются некоторые дискретные распределения, когда интенсивность потока требований достаточно велика (в частности, пуассоновский спрос, где полагают $\sigma_i = \sqrt{\alpha_i}$).

Обозначим через $\xi_N = d/N$ интервал между соседними поставками. Если общее число поставок в течение периода T , равно $N_i=N$ (индекс i , как и в предыдущем случае, будем опускать). Тогда (3.11) примет вид:

$$L'(\xi_N) = \frac{C_1 d}{\xi_N} + C_3 \left[d\varphi_\varepsilon(\xi_N) - \frac{S^* d}{2T} \xi_N \right].$$

Целевая функция (3.22) является строго выпуклой функцией, т.е. ее минимум достигается в единственной точке. При переходе к целочисленным параметрам точками минимума могут быть два соседних целых числа. Действительно, так как при достаточно малом коэффициенте риска ε (в зависимости от величины дисперсии $\sigma^2 K_n$) текущий запас в начале каждого цикла, обеспечивающий соответствующий уровень надежности обеспечения, должен превышать средний объем спроса течение цикла, т.е.,

$$F(\xi_N, u) \geq 1 - \varepsilon \Rightarrow u \geq \xi_N \alpha_i,$$

а при таких значениях u функция распределения F является функцией, выпуклой вверх, то обратная функция $u = \varphi_\varepsilon(\xi_N)$ оказывается выпуклой вниз

$$\frac{d^2}{d\xi_N^2} \varphi_\varepsilon(\xi_N) \geq 0, \text{ вследствие этого}$$

$$\frac{d^2 L'}{d\xi_N^2}(\xi_N) = \frac{2C_1 d}{\xi_N^3} + (C_3 d) \frac{d^2}{d\xi_N^2} \varphi_\varepsilon(\xi_N) > 0.$$

Построение оптимального плана поставок производим в следующем порядке:

1) из (3.18) находим момент первой поставки в периоде T_i :

$$t_{n_{i-1}+1} = \tau_{i-1} + \max \left\{ z : \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_i^2 K_{d_i/N_i}}} \int_{-\infty}^{a_{i-1}} e^{-\frac{\left(x - \frac{d_i}{N_i}\alpha_i\right)^2}{2\sigma_i^2 K_{d_i/N_i}}} dx \geq 1 - \varepsilon \right\};$$

а из (3.19) моменты первой поставки в периоде T_{i+1} (при той же интенсивности S_i^*/T_i):

$$t'_{n_{i-1}+1} = \tau_{i-1} + \max \left\{ z : \int_0^{a_i} dF_i(z - \tau_i, u) \geq 1 - \varepsilon \right\}; \quad u - d_i = t'_{n_{i-1}+1} - t_{n_{i-1}+1};$$

2) начальное приближение для N_i - определяем из (3.13):

$$N = \max \left\{ q_i \left(d_i \sqrt{\frac{C_3 S_i^*}{C_1 2T_i}} \right), \left[\frac{S_i^* d_i}{T_i (W - \delta)} \right] + 1 \right\};$$

3) вычисляем приближенное значение продолжительности интервала между поставками $\xi_i = \left[d_i / N_i + 0,5 \right];$

4) из (3.20) находим размер текущего заказа

$$\begin{aligned} \varphi_\varepsilon \left(\frac{d_i}{N_i} \right) &= \min \left\{ z : z \leq W, \int_0^z dF_i \left(\frac{d_i}{N_i}, u \right) \geq 1 - \varepsilon \right\} = \\ &= \min \left\{ z : z \leq W, \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_i^2 K_{d_i/N_i}}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{\left(x - \frac{d_i}{N_i}\alpha_i\right)^2}{2\sigma_i^2 K_{d_i/N_i}}} dx \geq 1 - \varepsilon \right\}; \end{aligned}$$

5) вычисляем целевую функцию $L'_i(N_i)$ по формуле (3.11):

$$L'_i(N_i) = C_1 N_i + C_3 \left[d_i \varphi_\varepsilon \left(\frac{d_i}{N_i} \right) - \frac{S_i^* d_i^2}{2T_i N_i} \right];$$

б) следующее приближение N_i выбираем, следуя какому-либо стандартному алгоритму поиска экстремума (можно использовать, например, метод деления пополам), затем снова вычисляем $L'_i(N_i)$, сравниваем это значение с величиной целевой функции, найденной на предыдущем шаге и гл. в соответствии с выбранным вычислительным методом.

Сходимость алгоритма гарантирована выпуклостью целевой функции. Если окажется, что ее минимум реализуется в двух соседних целочисленных точках, то выбираем меньшую из них. Зная N_i^* , определяем

оптимальный интервал между поставками $\frac{d_i^*}{N_i^*}$ имущества и оптимальный размер текущего запаса

$\varphi_\varepsilon = \left(\frac{d_i^*}{N_i^*} \right)$ - в начале каждого цикла.

В случае распределение величины спроса по **показательному распределению**, функция плотности показательного распределения вероятности при этом примет вид $\phi_i(u) = \alpha_i e^{-\alpha_i u}$,

Где $\alpha_i = 1/Es_i(t) = \frac{T_i}{S_i^*} = 1/(Ds_i(t))^2$ - математическое ожидание показательного распределения

спроса.

Из (3.17) находим плотность и функцию распределения спроса в течение n суток (бета-распределение):

$$f_i(n, u) = \frac{1}{S_i^*} \frac{\Gamma(T_i)}{\Gamma(n)\Gamma(T_i - n)} \left(\frac{u}{S_i^*}\right)^{n-1} \left(1 - \frac{u}{S_i^*}\right)^{T_i-n-1},$$

$$F_i(n, u) = \frac{1}{S_i^*} \frac{\Gamma(T_i)}{\Gamma(n)\Gamma(T_i - n)} \int_0^u \left(\frac{x}{S_i^*}\right)^{n-1} \left(1 - \frac{x}{S_i^*}\right)^{T_i-n-1} dx.$$

Используя тот же прием, что и в случае пуассоновского спроса, снова приходим к результату (3.21).

В случае распределение величины спроса по **гамма-распределению**, функция плотности гамма-распределения вероятности при этом примет вид

$$f_i(u) = \frac{1}{\Gamma(v_i)} \alpha_i^{v_i} u^{v_i-1} e^{-\alpha_i u}, v_i / \alpha_i = S_i^* / T_i = Es_i(t),$$

$$v_i / \alpha_i^2 = Ds_i(t)$$

В этом случае плотность функции и функция спроса в течении n суток:

$$f_i(n, u) = \frac{1}{S_i^*} \frac{1}{B(nv_i, (T_i - n)v_i)} \left(\frac{u}{S_i^*}\right)^{nv_i-1} \left(1 - \frac{u}{S_i^*}\right)^{(T_i-n)v_i-1},$$

$$F_i(n, u) = \frac{B_{u/S_i^*}(nv_i, (T_i - n)v_i)}{B(nv_i, (T_i - n)v_i)},$$

причем математическое ожидание и дисперсия случайной величины, описывающей суммарный спрос в течение времени n , будут соответственно равны n/T_i и $n(T_i - n)v_i^2 / (T_i v_i)^2 (T_i v_i + 1)$. Если $v_i > 2 / T_i$ и $1/v_i \langle n \langle T_i - 1/v_i \rangle$, то функция распределения при $u > n/T_i$ будет выпуклой вверх, и можно воспользоваться результатами, полученными для нормального распределения. Если $v_i = 1$, то $s_i(t)$ описывается показательным распределением, а при $v_i = 2/T_i$ функция $f_i(n, u)$ определяет равномерное распределение, и в этих случаях оптимальный текущий запас в начале цикла будет выражаться соотношением (3.18).

В системах, когда стоимость оформления заказов не принимается в расчет, или когда ею можно пренебречь, единственным ограничением на частоту поставок (или, другими словами, на интервал между соседними поставками), служит объем минимальной возможной партии (емкость единицы транспортного средства):

$$P(S(\xi_j) \leq V) \geq 1 - \varepsilon,$$

откуда определяем оптимальное количество поставок в i -ом периоде и оптимальные значения всех остальных параметров. В частности, если спрос аппроксимируется пуассоновским или гамма-распределением, то оптимальный план поставок будет представляться матрицей

$$\left\| \begin{array}{l} [t_{n_{i-1}+1} - \theta + 0,5] \\ [t_{n_{i-1}+1} - \theta + 0,5] \\ [t_{n_{i-1}+1} - \theta + 0,5] \\ \dots \\ [t_{n_{i-1}+1} - \theta + 0,5] \end{array} \right. + \left\| \begin{array}{l} [T_i V / S_i^* + 0,5] \\ [2T_i V / S_i^* + 0,5] \\ \dots \\ [S_i^* d_i / T_i V] [T_i V / S_i^* + 0,5] \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} V \\ V \\ V \\ \dots \\ V \end{array} \right\|$$

3.2.2. Оперативное управление запасами

Так как в течение периода планирования T логистического обслуживания планируемые (или прогнозируемые) параметры S_i^*, T_i, C_1, C_2 могут, изменяться со временем (вследствие, например, изменения или невыполнения графика поставок, роста инфляции или каких-либо других непредвиденных обстоятельств), то предварительный оптимальный план поставок будет равен $P = \bigcup_{1 \leq j \leq N} \{(\xi_j, u(\xi_j))\}_{\xi_j \in T_i}$

где $\xi_j = t_j - \theta, t_{j-1} < \theta < t_j$, должен соответствующим образом оперативно корректироваться в моменты t_j принятия решения о заказе на очередную поставку.

Кроме того, корректировка оптимальной стратегии логистического обслуживания производится на основе накопленной к моменту принятия решения информации о реальном спросе потребителей.

Итак, пусть $S_i^*(\xi_j), T_i(\xi_j), C_1(\xi_j), C_2(\xi_j)$ – значение параметров S_i^*, T_i, C_1, C_2 известные к моменту ξ_j . Время поставки θ от поставщиков может изменяться, то для него естественно ввести аналогичный скорректированный параметр $\theta(\xi_j)$. Аналогичный смысл будут иметь обозначения $S_i^*(t_j)$ и т.д. для моментов реализации поставок продукции.

Процесс оперативного управления запасами проиллюстрируем на примере произвольного периода T_i . Чтобы не загромождать текст двухэтажными индексами, перенумеруем моменты подачи заказов в подразделение логистики и моменты реализации поставок, полагая, соответственно, $\xi_{n_{i-1}+j} = \xi_j$, и $t'_{n_{i-1}+j} = t_j$ (имея при этом в виду i -й период).

Зная параметры $S_i^*(\tau_{i-1}), u, T_i(\tau_{i-1})$ (общий объем потребности в продукции на период T_i и продолжительность этого периода), задаем функцию распределения $F_i(\alpha(\tau_{i-1}); n, u)$ случайного спроса с математическим ожиданием $\alpha(\tau_{i-1}) = S_i^*(\tau_{i-1}) / T_i(\tau_{i-1})$. Тип распределения выбираем, основываясь на качественном анализе функционирования системы логистического обслуживания и, возможно, накопленной за предыдущие годы информации о динамике спроса (после соответствующей статистической обработки). Страховой запас $r_{i,l}$ продукции определяем из условия бездефицитности

$$F_i(\alpha(\tau_{i-1}); \theta(\tau_{i-1}), u) = 1 - \varepsilon \Rightarrow r_{i,l} = u$$

Если начальный запас $a_{i,l}$ оказывается ниже уровня $r_{i,l}$, то немедленно подается заказ на поставку объема

$$u(t_1) = u(\tau_{i-1} + \theta(\tau_{i-1})) = \varphi_\varepsilon(d_i(\tau_{i-1}) / N_i^*(\tau_{i-1})),$$

$$z \partial e - d_i(\tau_{i-1}) = t'_{n_{i-1}+1}(\tau_{i-1}) - \tau_{i-1},$$

$$t'_{n_{i-1}+1}(\tau_{i-1}) = \tau_i(\tau_{i-1}) + [z],$$

z определяем из соотношения:

$$F_i(\alpha(\tau_{i-1}); z - \tau_i(\tau_{i-1}), a(\tau_{i-1})) = 1 - \varepsilon;$$

$N_i^*(\tau_{i-1})u\varphi_\varepsilon(d_i(\tau_{i-1})/N_i^*(\tau_{i-1}))$ находим, минимизируя целевую функцию (3.11) при $C_1 = C_1(\tau_{i-1}), C_3 = C_3(\tau_{i-1})$.

(Если поток требований аппроксимируется пуассоновским или гамма-распределением, то эти параметры определяются соответствующими выражениями, аналогичными формулам для детерминированного спроса).

Если $a_{i-1} > r_{i,1}$, то для момента подачи заказа будем иметь:

$$a_{i-1}(\tau_{i-1}) - S_1(t) = r_{i,1} \Rightarrow \xi_1 = \tau_{i-1} + t,$$

$$\text{где } S_1(t) = \sum_{k=0}^{t-\tau_{i-1}} s(\tau_{i-1} + k).$$

К моменту ξ_1 суммарный объем потребности на период T_i сократится на величину реального спроса потребителей за время $\xi_1 - \tau_{i-1}$ и составит $S_i^*(\xi_1) = S_i^*(\tau_{i-1}) + \beta(\xi_1) - S_1(\xi_1)$,

где $\beta(\xi_1)$ - поправка к $S_i^*(\tau_{i-1})$, обусловленная возможной переоценкой этого параметра к моменту подачи заказа.

Таким образом, теперь спрос будет описываться функцией распределения $F_i(\alpha(\xi_1); n, u)$ с математическим ожиданием $\alpha(\xi_1) = S_i^*(\xi_1)/T_i(\xi_1)$

Где $T_i(\xi_1) = T_i(\tau_{i-1}) - \xi_1 + \gamma(\xi_1)$, а $\gamma(\xi_1)$ - аналогичная поправка для $T_i(\tau_{i-1})$.

Если $\xi_1 > \tau_i$, то начального запаса a_{i-1} достаточно для удовлетворения потребности на период T_i , и необходимость в дополнительных заказах на поставку продукции отпадает.

Если $\xi_1 \leq \tau_i$, но $\xi_1 + \theta > \tau_i$, то заказанная партия продукции переходит на следующий период T_{i+1} .

Рассмотрим теперь случай, когда $\xi_1 + \theta < \tau_i$.

Размер заказа, подаваемого в момент ξ_1 , равен:

$$u(t_1) = u(\xi_1 + \theta(\xi_1)) = \varphi(d_i(\xi_1)/N_i^*(\xi_1)),$$

где $d_i(\xi_1) = t'_{n+1}(\xi_1) - \tau_{i-1}$, $t'_{n+1}(\xi_1) = \tau_i(\xi_1) + [z]$,

z задается соотношением $F_i(\alpha(\xi_1); z - \tau_i(\xi_1), a_i(\xi_1)) = 1 - \varepsilon$;

$N_i^*(\xi_1), \varphi_\varepsilon(d_i(\xi_1)/N_i^*(\xi_1))$ минимизируют суммарные затраты при $C_1 = C_1(\xi_1), C_3 = C_3(\xi_1)$.

$$\text{Положим } z_+ = \frac{z + |z|}{2}.$$

Тогда текущий запас на продукции округа в момент $t_1 = \xi_1 + \theta$ сразу после реализации поставки составит:

$$x(t_1) = u(t_1) + (a_{i-1} - S_1(t_1))_+;$$

суммарный объем потребности в продукции на период T_i сократится за время $t_1 = \xi_1 + \theta$ на величину

удовлетворенного спроса потребителей (реальный спрос минус дефицит)

где $\beta(t_1)$ - текущая корректировка объема потребности округа на момент t_1 .

Распределение спроса будет теперь задаваться функцией $F_i(\alpha(t_1); n, u)$, где математическое ожидание $\alpha(t_1) = S_i^*(t_1)/T_i(t_1)$, $T_i(t_1) = T_i(\tau_{i-1}) - t_1 + \gamma(t_1)$.

Определив страховой запас для второго цикла из соотношения $F_i(\alpha(t_1); \theta(t_1), r_{i,2}) = 1 - \varepsilon$, найдем момент подачи очередного заказа: $x(t_1) - S_2(t) = r_{i,2} \Rightarrow \xi = t_1 + t_u - m.d.$

Необходимо скорректировать оптимальный план поставок в виду того, что на сроки поставки имеются ограничения.

Затраты хранения запасов выражаются в процентах к средней годовой стоимости запасов и составляют от 5 до 15% их стоимости [79г].

Поэтому при заключении договоров необходимо выбирать предприятия-поставщики по надежности обеспечения, стоимости заказываемой продукции и минимальным транспортным расходам. При этом сроки поставок на склады могут значительно опережать реальный спрос со стороны конечных потребителей. Чтобы минимизировать стоимость хранения избыточных запасов, которые могут образоваться между входным и выходным потоками, в предлагаемую модель следует внести незначительное дополнение.

Момент отправки ξ_j поставщиком очередной партии поставки в соответствии с определенным оптимальным планом поставки будет определяться, причем $t_i = \xi_j + \theta \in T_i$. Согласно договору, предприятие отправляет партию поставки в течении некоторого промежутка времени $\mathcal{F}_j = [\xi_{j-1}, \xi_j]$, то при $\xi_j \cap T_i - \theta = \phi$ (т.е. при условии, что поставляемая партия продукции будет получена складом заведомо раньше оптимального, с точки зрения минимизации затрат на хранение, момента) заказ на поставку следует подавать в момент $\xi_j^* \in \mathcal{F}_j$, ближайшие к рассчитанному выше оптимальному моменту ξ_j . Таким образом, оптимальный план поставок теперь будет иметь вид

$$\{\xi_j^*, u(\xi_j^*)\}$$

$$\text{где } \xi_j^* = \begin{cases} \xi_j, & \text{если } \xi_j - \theta \neq \phi \\ \xi_j - \text{в противном случае} \end{cases}$$

Построенный таким образом алгоритм оптимизации поставок в дальнейшем используется на каждом шаге оперативного управления запасами с учетом объема удовлетворенной к моменту принятия решения потребности и возможных изменений принятия решения потребности и возможных изменений внешних факторов (времени поставки, стоимостных характеристик и т.д.). Тем самым обеспечивается гибкое реагирование логистической системы как на текущие колебания спроса, так и на воздействия «внешней среды».

3.2.3. Особенности и сравнительные характеристики моделируемой системы

В диссертационном исследовании на примере движения потоков рассматривается система логистического обслуживания, сочетающая в себе плановое начало (например, периоды выдачи продукции), а также элементы стохастичности (случайные колебания спроса и другие случайные факторы, обусловленные организационными изменениями, нарушениями дисциплины графиков, недофинансированием и т.д.)

рассмотрены различные типы распределения и предложен оптимальный план поставок.

Затраты определяемые параметром C_1 , непосредственно не включаются в бюджет предприятия, и при выработке оптимальной стратегии управления запасами продукции роль этого параметра фактически сводится к регулированию длительности интервалов между поставками.

Таким образом, в качестве «полноценного» стоимостного параметра, определяющего оптимальный режим управления, коэффициент C_1 может рассматриваться лишь в контексте функционирования системы логистического обслуживания в целом. Более того, если иметь в виду, что основной целью управления в рамках предприятия является обеспечение бесперебойного и максимально возможного удовлетворения потребителей в имуществе, а издержки на хранение, как и стоимость заключения договоров, играют условную роль, то на частоту поставок продукции будут влиять лишь ограничения на сроки этих поставок, предварительно оговоренные в контрактах с поставщиками, и временные ограничения, связанные с доставкой транспортных средств.

Следовательно, целевая функция логистического обслуживания будет включать в себя параметры C_1 и C_3 лишь тогда, когда оптимизация производится для всей системы обслуживания в целом. В противном случае оптимальная стратегия будет определяться рамками тех условий, которые устанавливаются логистическим подразделением, и выбор такой стратегии будет диктоваться ограничениями.

Модели, где спрос потребителей в продукции предполагается детерминированным, так же, как и модели с бесконечным горизонтом планирования, где поток требований потребителей описывается стационарным или кусочно-стационарным процессом, не могут быть использованы в нашем случае.

Адаптивные вероятностные модели [13г], строятся на основе стохастической аппроксимации случайного спроса.

3.2.5. Метод оптимального распределения сроков поставок между предприятиями-поставщиками

Список предприятий-поставщиков и реальный график поставок, осуществленных в течение 1999 года приведены в прил. 11 и 12. Некоторые из указанных поставщиков были готовы на изменение сроков поставок, таким образом, чтобы эти сроки были оптимальными для предприятия. В результате имелась реальная возможность организовать бесперебойные поставки продукции минимальными партиями (при достаточно малой стоимости оформления одного заказа при заключении контракта, которой можно пренебречь) по мере поступления требований со стороны конечных потребителей в зависимости от средней интенсивности спроса, прогнозируемой для каждого подпериода T_i . В случае, когда производственные возможности поставщиков не позволяли им выполнить очередной заказ в оптимальные для предприятия сроки, возникновение дефицита можно было предупредить поставками из дистрибьюторского центра.

Рассмотрим распределение предприятий-поставщиков по срокам поставок подробнее. Поскольку общие объемы поставок заранее оговариваются в контрактах и, с согласия поставщиков, варьируются лишь сроки поставок то, с точки зрения затрат на транспортировку, все возможные варианты такого распределения оказываются равноценными.

Целью предлагаемого ниже метода является минимизация избыточных запасов, образующихся вследствие чрезмерно ранних, хотя и заранее запланированных, в соответствии договорами, сроков поставок, на которые предприятие вынуждено соглашаться в тех случаях, когда предприятия, по тем или иным причинам, не могут пойти на условия, оптимальные для заказчика. При этом достаточно рассмотреть по одному наименованию задачу. Так как, если от одного и того же поставщика в одни и те же сроки запланированы поставки по нескольким наименованиям, то соответствующие объемы поставок можно естественным

образом объединить.

Назовем предприятия, готовые обеспечить предприятие продукцией в любые удобные для него и предварительно обусловленные контрактами сроки, предприятиями типа 1.

К типу 2 будем относить тех поставщиков, сроки поставок от которых фиксированы и не всегда являются оптимальными для заказчика с точки зрения минимизации затрат на хранение запасов (поставки могут значительно опережать прогнозируемый спрос и приводить к накоплению избыточных запасов).

Для того, чтобы минимизировать издержки на хранение избыточных запасов, оптимальный план поставок составляется таким образом, что в случае, когда объемы поставок от предприятий типа 2 превышают прогнозируемую текущую потребность, моменты подачи заказов на очередные партии продукции переносятся на возможно более позднее время в пределах сроков, установленных в контрактах [см. 3]. Удовлетворение оставшейся части потребности осуществляется поставщиками типа 1 (включая центральные склады).

При заключения контрактов с m поставщиками 2 типа и с n поставщиками 1 типа и условия $U_1^{(k)}, \dots, U_{m_k}^{(k)}$ - количество продукции, которое k -ое предприятие 2 типа обязуется поставлять в сроки, задаваемые промежутками времени $[a_1^{(k)}, b_1^{(k)}], \dots, [a_{m_k}^{(k)}, b_{m_k}^{(k)}], 1 \leq k \leq m$. Распределение поставок в пределах указанных сроков задается интенсивностью поставок $V_j^{(k)} = V_j^{(k)}(t), \forall 1 \leq j \leq m_k, t \in [a_j^{(k)}, b_j^{(k)}]$ и,

$$\text{по определению, } \int_{a_j^{(k)}}^{b_j^{(k)}} V_j^{(k)}(t) dt = U_j^{(k)}.$$

Для средней интенсивности прогнозируемого спроса имеем:

$$S(t) = \sum_{i=1}^N \frac{S_i^*}{T_i} I_t(T_i),$$

где $I_t(A)$ - индикатор множества A :

$$I_t(A) = \begin{cases} 1, & \text{если } t \in A, \\ 0, & \text{если } t \notin A. \end{cases}$$

Отсюда стоимость хранения избыточных запасов в течение года

$$Q = C_3 \int_0^T \left(\sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^{m_k} V_j^{(k)}(t) - S(t) \right)_+ dt.$$

где C_3 - стоимость хранения единицы запаса в единицу времени $x_+ = \frac{x + |x|}{2}$ - положительная часть

числа.

Предлагаемый метод дает решение задачи минимизации Q и сводится к отысканию функций V_j^k , минимизирующих функционал (3.28) и удовлетворяющих соотношениями (3.26) ($1 < j < m_k, 1 < k < m$). Из (3.27) можно получить выражение для величины прогнозируемой потребности в течение промежутка времени $[\alpha, \beta]$:

$$S^*[\alpha, \beta] = \begin{cases} \frac{S_i^*}{T_i}(\beta - \alpha), \text{ если } \alpha, \beta \in T_i & (3.29a) \\ \frac{S_i^*}{T_i}(\tau_i - \alpha) + \frac{S_{i+1}^*}{T_{i+1}}(\beta - \tau_i), \text{ если } \alpha \in T_i, \beta \in T_{i+1} & (3.29б) \\ \frac{S_i^*}{T_i}(\tau_i - \alpha) + \sum_{l=i+1}^{i+p-1} \frac{S_l^*}{T_l} + \frac{S_{i+p}^*}{T_{i+p}}(\beta - \tau_{i+p-1}), \text{ если } \alpha \in T_i, \beta \in T_{i+p} & (3.29в) \end{cases}$$

Определение оптимального режима поставок производится в следующей последовательности:

1. Упорядочение множества $\{a_j^{(k)}\}$ по возрастанию:

$$\bar{a}_1^{(k_1)} = \min_{k,j} \{a_j^{(k)}\}, \bar{a}_2^{(k_2)} = \min_{k,j} \{a_j^{(k)}\} / \{a_1^{(k_1)}\} \text{ — u. m. d.}$$

Верхние границы соответствующих интервалов обозначим через $\{\bar{b}_j^{(k_j)}\}$, а общие объемы поставок, запланированные на эти промежутки времени через $\bar{U}_j^{(k_j)}$.

2. Распределение поставок во времени в пределах j -го интервала $[a_j^{(k_j)}, \bar{b}_j^{(k_j)}]$ цикл по j , $1 \leq j \leq m_k m$.

Общее количество продукции, которое k_j -ое предприятие обязуется по договору поставить в течение промежутка времени $[a_j^{(k_j)}, \bar{b}_j^{(k_j)}]$, равно $\bar{U}_j^{(k_j)} = 1$.

Определяем $t_1^{(k_1)}$ из уравнения $S^* [a_1^{(k_1)}, t_1^{(k_1)}] = \bar{U}_1^{(k_1)}$. (В течение промежутка времени $[a_1^{(k_1)}, t_1^{(k_1)}]$ поставки в точности компенсируют плановую потребность). Если $t_1^{(k_1)} \leq \bar{b}_1^{(k_1)}$ т.е. если суммарный объем поставок от k -го предприятия, запланированный на время $a_1^{(k_1)} \leq t \leq \bar{b}_1^{(k_1)}$, не превышает прогнозируемого спроса в течение этого промежутка, то поставки осуществляются в пределах интервала $[a_1^{(k_1)}, t_1^{(k_1)}]$.

Если $t_1^{(k_1)} \leq \bar{b}_1^{(k_1)}$, то в промежутке $[a_1^{(k_1)}, \bar{b}_1^{(k_1)}]$ осуществляются поставки, компенсирующие прогнозируемый спрос $S^* [a_1^{(k_1)}, \bar{b}_1^{(k_1)}]$;

кроме того, в момент $\bar{b}_1^{(k_1)}$, реализуется дополнительная поставка объема

$$H_1^{(k_1)} = \bar{U}_1^{(k_1)} - S^* [a_1^{(k_1)}, \bar{b}_1^{(k_1)}]$$

промежуток потребность. (Откладывая избыточную поставку до конца контракта, тем самым, минимизируем затраты на хранение). Образовавшийся избыточный запас должен быть полностью востребован, в соответствии с прогнозируемым спросом, к моменту $t_1^{(k_1)}$, определяемому равенством $S^* [a_1^{(k_1)}, \bar{b}_1^{(k_1)}] = H_1^{(k_1)}$. Полагаем $\bar{t}_1 = t_1^{(k_1)}$.

Переходим от шага j к шагу $j+1$.

Пусть запас, обеспеченный всеми предыдущими поставками от предприятий типа 2, заканчивается к моменту \bar{t}_i . Если $\bar{t}_i \leq a_j^{(k_j)}$ т.е. если к началу следующего интервала $[a_j^{(k_j)}, \bar{b}_j^{(k_j)}]$ поставки, запланированные на предшествующие промежутки времени, будут полностью компенсированы прогнозируемым спросом, то

$\bar{U}_j^{(k)}$ распределяется во времени точно таким же образом, как и при $j=1$. Определив $t_j^{(k_j)}$, полагаем $\bar{t}_j = t_j^{(k_j)}$.

Если $\bar{a}_j^{(k_j)} \leq \bar{t}_i \leq \bar{b}_j^{(k_j)}$, то поставки распределяются так же, как и при $j=1$ после замены $a_j^{(k_j)}$, на \bar{t}_j .

Определив $t_j^{(k_j)}$, полагаем $\bar{t}_j = t_j^{(k_j)}$.

Если $\bar{b}_j^{(k_j)} < \bar{t}_i$, то в момент времени $\bar{b}_j^{(k_j)}$ осуществляется поставка объемом $\bar{U}_j^{(k)}$ (все поставки от k_j -го предприятия, запланированные на промежуток времени $[\bar{a}_j^{(k_j)}, \bar{b}_j^{(k_j)}]$, объединяются в одну поставку). Из соотношения $S * [\bar{b}_j^{(k_j)}, \bar{t}_j^{(k_j)}] = \bar{U}_j^{(k)}$ определяем $t_j^{(k_j)}$ и полагаем $\bar{t}_j = \bar{t}_i + t_j^{(k_j)}$.

3. В оставшееся время $\left(T / \bigcup_{j=1}^{m_k m} [\bar{a}_j^{(k_j)}, \bar{t}_j] \right)$ поставки осуществляются предприятиями типа 1, причем

распределение поставщиков по срокам поставок производится произвольным образом; единственным ограничением является недопущение накопления избыточных запасов.

В случае, k_j -ое предприятие является поставщиком «смешанного» типа, т.е. часть поставок оно может реализовать лишь в фиксированные сроки, а другую часть в любое время, «удобное» для заказчика (заранее оговоренное в договоре), то при использовании алгоритма его следует условно разделить на два «предприятия» - типа 2 и типа 1 с соответствующими объемами и сроками поставок.

Рассмотрим данный метод на примере оптимального распределения поставок костюма полевого летнего.

В данном случае к поставщикам типа 1 относятся АО «Салют» и центральные склады, все остальные предприятия тип 2. Общие объемы поставок и соответствующие сроки, в течение которых предприятия 2 типа могут эти объемы реализовывать, приведены в прил. 13. Используя данные из этой таблицы (нумеруются только рабочие дни), получим

$$\begin{array}{lll} a_1^{(1)} = 22 & b_1^{(1)} = 46 & U_1^{(1)} = 9600 \\ a_2^{(1)} = 103 & b_2^{(1)} = 211 & U_2^{(1)} = 31000 \end{array} \text{АОО «Тверская швейная фабрика»}$$

$$a_1^{(2)} = 62 \quad b_1^{(2)} = 122 \quad U_1^{(2)} = 7200 \text{Егорьевская швейная фабрика инвалидов}$$

$$\begin{array}{lll} a_1^{(3)} = 91 & b_1^{(2)} = 111 & U_1^{(3)} = 21000 \\ a_2^{(3)} = 146 & b_2^{(3)} = 188 & U_2^{(3)} = 21000 \end{array} \text{ЗАО «Технический мед. центр»}$$

Перенумеруем $a_j^{(k)}$ в порядке возрастания и используем новые обозначения для соответствующих

$b_j^{(k)}$ и $U_j^{(k)}$:

$$\begin{array}{lll} \bar{a}_1^{(1)} = 22 & \bar{b}_1^{(1)} = 46 & \bar{U}_1^{(1)} = 9600 \\ \bar{a}_2^{(2)} = 62 & \bar{b}_2^{(2)} = 122 & \bar{U}_2^{(2)} = 7200 \\ \bar{a}_3^{(3)} = 91 & \bar{b}_3^{(3)} = 111 & \bar{U}_3^{(3)} = 21000 \\ \bar{a}_4^{(1)} = 103 & \bar{b}_4^{(1)} = 211 & \bar{U}_4^{(1)} = 31000 \\ \bar{a}_5^{(3)} = 146 & \bar{b}_5^{(3)} = 188 & \bar{U}_5^{(3)} = 21000 \end{array}$$

Ограничения на объемы и сроки поставок при заключении контрактов с поставщиками типа 2

графически представлены в прил. 14.

Границы подпериодов T_i (нумерация производится только по рабочим дням):

$$\tau_0 = 0, \tau_1 = 41, \tau_2 = 82, \tau_3 = 166, \tau_4 = 211, \tau_5 = 252; T_i = \tau_i - \tau_{i-1}$$

Плановая потребность на промежуток времени $\left[\bar{a}_1^{(1)}, \bar{b}_1^{(1)} \right]$ равна

$$S^* \left[\bar{a}_1^{(1)}, \bar{b}_1^{(1)} \right] = \frac{S_1^*}{T_1} (\tau_1 - \bar{a}_1^{(1)}) + \frac{S_2^*}{T_2} (\bar{b}_1^{(1)} - \tau_1) = \frac{1200}{41} \cdot (41 - 22) + \frac{110500}{42} \cdot (46 - 41) = 13770 (\text{компл.})$$

Так как $\frac{S_1^*}{T_1} (\tau_1 - \bar{a}_1^{(1)}) = 570 < \bar{U}_1^{(1)} < S^* \left[\bar{a}_1^{(1)}, \bar{b}_1^{(1)} \right]$ то для возрастающей функции $S^* \left[\bar{a}_1^{(1)}, t \right]$

корень уравнения $S^* \left[\bar{a}_1^{(1)}, t \right] = \bar{U}_1^{(1)}$ принадлежит промежутку $\left[\tau_1, \bar{b}_1^{(1)} \right]$ и определяется равенством

$$\frac{S_1^*}{T_1} (\tau_1 - \bar{a}_1^{(1)}) + \frac{S_2^*}{T_2} (t_1^{(1)} - \tau_1) = \bar{U}_1^{(1)}, \text{ т.е. } 570 + 2640 \cdot (t_1^{(1)} - 41) = 9600, \text{ откуда } t_1^{(1)} = 44.$$

Так как $\bar{t}_1 = \bar{b}_1^{(1)}$, то поставки, общий объем которых равен $\bar{U}_1^{(1)} = 9600$ реализуются в интервале $[22\Gamma, 44\Gamma]$ в соответствии с оптимальной стратегией поставок.

Далее, $\bar{t}_1 = t_1^{(1)} < \bar{a}_2^{(2)} = 62$, поэтому реализация поставок на следующем интервале $\left[\bar{a}_2^{(2)}, \bar{b}_2^{(2)} \right]$

начинается с момента $\bar{a}_2^{(2)}$.

Плановая потребность

$$S^* \left[\bar{a}_2^{(2)}, \bar{b}_2^{(2)} \right] = \frac{S_2^*}{T_2} (\tau_2 - \bar{a}_2^{(2)}) + \frac{S_3^*}{T_3} (\bar{b}_2^{(2)} - \tau_2) = \frac{110500}{42} \cdot (83 - 62) + \frac{14900}{83} \cdot (122 - 83) = 62460 (\text{компл.})$$

Так как $\bar{U}_2^{(2)} = 7200 < 55440 = \frac{S_2^*}{T_2} (\tau_2 - \bar{a}_2^{(2)})$, то корень уравнения $S^* \left[\bar{a}_2^{(2)}, t \right] = \bar{U}_2^{(2)}$

принадлежит промежутку $\left[\bar{a}_2^{(2)}, \tau_2 \right]$ и определяется равенством

$$\frac{S_2^*}{T_2} (t_2^{(2)} - \bar{a}_2^{(2)}) = \bar{U}_2^{(2)}, \text{ или } 2640(t_2^{(2)} - 62) = 7200, \text{ откуда } t_2^{(2)} = 65.$$

Так как $t_2^{(2)} < \bar{b}_2^{(2)}$, то поставки распределяются в промежутке $[62, 65]$ в соответствии с оптимальным планом поставок.

Из неравенства $\bar{t}_2 = t_2^{(2)} < \bar{a}_3^{(3)} = 91$, следует, что на следующем интервале $\left[\bar{a}_3^{(3)}, \bar{b}_3^{(3)} \right]$ поставки

можно осуществлять, начиная с момента $\bar{a}_3^{(3)}$.

$$\text{Далее } S^* \left[\bar{a}_3^{(3)}, \bar{b}_3^{(3)} \right] = \frac{S_3^*}{T_3} (\bar{b}_3^{(3)} - \bar{a}_3^{(3)}) = \frac{14900}{83} \cdot (111 - 91) = 3600 (\text{компл.}) < \bar{U}_3^{(3)}.$$

Таким образом, общий объем поставок в промежутке $\left[\bar{a}_3^{(3)}, \bar{b}_3^{(3)} \right]$ перекрывает потребность на это время на величину $H_3^{(3)} = \bar{U}_3^{(3)} - S^* \left[\bar{a}_3^{(3)}, \bar{b}_3^{(3)} \right] = 21000 - 3600 = 17400 (\text{компл.})$. Поэтому в интервале $\left[\bar{a}_3^{(3)}, \bar{b}_3^{(3)} \right] = [91, 111]$ 3600 комплектов поставляются в соответствии с оптимальным планом, а «излишек» $H_3^{(3)}$ реализуется в виде дополнительной поставки в момент $\bar{b}_3^{(3)} = 111$. Образовавшийся избыточный запас объема $H_3^{(3)}$ компенсируется прогнозируемым спросом к моменту $t_3^{(3)}$ определяемому уравнением $S^* \left[\bar{b}_3^{(3)}, t_3^{(3)} \right] = H_3^{(3)}$.

$$\text{Так как } S^* \left[\bar{b}_3^{(3)}, t_3^{(3)} \right] = \frac{S_3^*}{T_3} (t_3^{(3)} - \bar{b}_3^{(3)}) = 180(166 - 111) = 9900 < H_3^{(3)},$$

$S^* \left[\bar{b}_3^{(3)}, \tau_4 \right] = S^* (b_3^{(3)}, \tau_3) + S_4^* = 9900 + 137400 > H_3^{(3)}$, то $\tau_3 < t_3^{(3)} < \tau_4$, и это уравнение имеет вид $\frac{S_3^*}{T_3} (\tau_3 - \bar{b}_3^{(3)}) + \frac{S_4^*}{T_4} (t_3^{(3)} - \tau_3) = H_3^{(3)}$,

$$\text{или } 180(166 - 111) + 3053(t_3^{(3)} - 166) = 17400, \text{ откуда } t_3^{(3)} = 168.$$

Поскольку $\bar{a}_4^{(1)} < \bar{t}_3 = t_3^{(3)} < \bar{b}_4^{(1)}$, то поставки, сроки которых ограничены интервалом $\left[\bar{a}_4^{(1)}, \bar{b}_4^{(1)} \right]$, могут осуществляться только после наступления момента \bar{t}_3 .

Момент времени $t_4^{(1)}$, когда плановый объем $\bar{U}_4^{(1)}$ поставок на интервале $\left[\bar{a}_4^{(1)}, \bar{b}_4^{(1)} \right]$ будет полностью востребован конечным потребителем, определяется из уравнения $S^* \left[\bar{t}_3, t_4^{(1)} \right] = \bar{U}_4^{(1)}$. Так как $S^* \left[\bar{t}_3, \tau_4 \right] = \frac{S_4^*}{T_4} (\tau_4 - \bar{t}_3) = 3053(211 - 168) = 131279 > 31000 = \bar{U}_4^{(1)}$, то $t_4^{(1)} \in [\bar{t}_3, \tau_4] \subset T_4$, и

уравнение для $t_4^{(1)}$ имеет вид $\frac{S_4^*}{T_4} (t_4^{(1)} - \bar{t}_3) = \bar{U}_4^{(1)}$, или $3053(t_4^{(1)} - 168) = 31000$, откуда $t_4^{(1)} = 178$.

Так как $t_4^{(1)} < \bar{b}_4^{(1)} = 211$, заказанное количество $\bar{U}_4^{(1)}$ будет поставляться в течение промежутка времени $\left[\bar{t}_3, t_4^{(1)} \right] = [168, 178]$ в соответствии с оптимальным планом поставок.

Поскольку $\bar{a}_5^{(3)} < \bar{t}_4 = t_4^{(1)} < \bar{b}_5^{(3)}$, то сроки поставок, задаваемые интервалом $\left[\bar{a}_5^{(3)}, \bar{b}_5^{(3)} \right]$, сокращаются до интервала $\left[\bar{t}_4, \bar{b}_5^{(3)} \right] = [178, 188]$.

Соответствующая плановая потребность $S^* \left[\bar{t}_4, \bar{b}_5^{(3)} \right] = \frac{S_4^*}{T_4} (\bar{b}_4^{(3)} - \bar{t}_4) = 3053(188 - 178) = 30530 > 21000 = \bar{U}_5^{(3)}$, поэтому поставки

осуществляются по оптимальному плану в течении промежутка времени $\left[\bar{t}_4, t_5^{(3)} \right]$, где $t_5^{(3)}$ определяется

равенством $S^*[\bar{t}_4, t_5^{(3)}] = \bar{U}_5^{(3)}$, или $\frac{S_4^*}{T_4}(t_5^{(3)} - \bar{t}_4) = 3053(t_5^{(3)} - 178) = 21000$ _откуда_ $t_5^{(3)} = 185$.

Таблица 3.6

Оптимальное распределение объемов поставок костюма летнего от предприятий типа 2

Предприятие -поставщик	Количество (компл.)	Оптимальные сроки поставок
АООТ «Тверская швейная фабрика»	9600	3.02-5.03
	31000	2.09-16.09
Егорьевская швейная фабрика инвалидов	7200	1.04-4.04
ЗАО «Технический мед-центр»	3600	15.05-13.06
ЗАО «Технический мед-центр»	17400	13.06
ЗАО «Технический мед-центр»	21000	16.09-25.09

График оптимального режима поставок показан в прил. 15. Хотя все варианты распределения договоров по срокам поставок среди предприятий типа 1 равноценны с точки зрения транспортных расходов и могут выбираться произвольно, тем не менее на выбор оптимального (или близкого к оптимальному) варианта влияние может оказать множество разнообразных факторов: надежность поставщиков, оцениваемая коэффициентом недопоставок; суммарная стоимость оформления заказов, зависящая, в конечном счете, от производственных мощностей поставщиков; колебания интенсивности прогнозируемого спроса; географический фактор-удаленность предприятий от складов предприятия и т.д. Поскольку в диссертационном исследовании основным критерием является надежность обеспечения потребителей продукцией, а стоимостью оформления контрактов можно пренебречь, то на подпериоды с максимальной средней интенсивностью прогнозируемого спроса следует выбирать поставщиков, характеризуемых наименьшими коэффициентами риска и максимально приближенных к заказчику. Например, местные предприятия, если их прогнозируемая на плановый период финансовая устойчивость и производственные мощности достаточно велики.

Окончательный план распределения поставщиков костюма летнего полевого хлопчатобумажного по срокам поставок представлен в прил. 16. и в табл. 3.7. Коэффициенты недопоставок, принимаемые в качестве коэффициентов риска, взяты из диссертационного исследования, проведенного по изучению предприятий-поставщиков [109г].

Коэффициент риска ε для центральных складов рассчитывается по формуле

$$1 - \varepsilon = \frac{1}{3} \left(\frac{U_1}{X_1} + \frac{U_2}{X_2} + \frac{U_3}{X_3} \right),$$

где: X_1, X_2, X_3 - величины потребности округа за предыдущие годы,

U_1, U_2, U_3 - объем поставок, полученных от центральных складов за предыдущие годы.

Значения X_i, U_i помещены в прил. 13.

Таблица 3.7

**Вариант предлагаемого распределения поставщиков по срокам поставок
костюма летнего на окружной склад**

Сроки поставок	Поставщик	Коэффициент-риска	Время доставки (сутки)	Количество (комол.)
2.01-31.01	Центральные склады	0,14	6	630
302-5.03	АООТ «Тверская швейная фабрика»	0,04	5	9600
16.03-31.03	Центральные склады			44880
1.04-4.04	Егорьевская швейная фабрика инвалидов	0,05	6	7200
7.04-14.05	Центральные склады			50650
15.05-13.06	ЗАО «Технический мед-центр»	0,11	7	3600
13.06	ЗАО «Технический мед-центр»			17400
2.09-16.09	АООТ «Тверская швейная фабрика»			31000
16.09-25.09	ЗАО «Технический мед-центр»			21000
26.09-6.10	АО «Салют»	0,10	1	22000
7.10-31.12	Центральные склады			57040

Рассмотрим данный метод на примере оптимального распределения поставок курток и брюк полевых зимних на окружной склад в течение 1997 года.

Сроки поставок ограничивало лишь одно предприятие-АО швейный завод № 3 «Полет», [прил. 13].

Таблица 3.8

**Вариант оптимального плана распределения поставщиков по срокам поставок
курток и брюк зимних на окружной склад**

Сроки поставок	Поставщик	Коэффициент-риска	Время доставки (сутки)	Количество (компл.)
2.01-28.02	АО «Радуга»	0,15	9	11500
1.09-18.09	Швейный завод № 3 АО «Полет»	0,10	7	28000
19.09-7.10	Центральные базы и склады	0,05	6	48850
8.10-31.12	АО «Радуга»	0,15	9	57050

В качестве средств доставки имущества от поставщика на склады округа используются различные транспортные средства (вагоны и контейнеры). Для расчетов применяется условный вагон (у.в.) по каждому наименованию. Для перевода в условные вагоны, необходимо количество продукции в вагоне разделить на вместимость условного вагона по каждому наименованию [108г].

Общая вместимость части складских помещений, отведенной под костюмы хлопчатобумажные полевые летние не превышает $W_1 = 60,0$ тыс. компл., а для курток и брюк полевых зимних максимальная вместимость составляет $W_2 = 52,5$ тыс. компл. Стоимость хранения одного комплекта продукции в течение суток рассчитывается по формуле:

$$C_3 = 0,1 \frac{y_k}{360},$$

где y_k - стоимость одного комплекта k -го наименования.

Коэффициенты риска для предприятий-поставщиков рассчитаны по методике [109г], а для центральных складов по формуле (3.48); соответствующие данные помещены в прил. 13.

Стоимость (y_1) костюма хлопчатобумажного полевого летнего на 1997 год составляет 157 тыс. руб., а стоимость (y_2) курток и брюк полевых зимних 505 тыс. руб. Оптимальное распределение сроков поставок

курток и брюк утепленных между предприятиями показано в прил. 17.

3.3. Оценка эффективности функционирования системы логистического обслуживания

Основным критерием качества функционирования системы логистического обслуживания является полное и своевременное удовлетворение спроса конечных потребителей по всем наименованиям. Целевой эффект, получаемый в результате применения экономико-математической модели управления запасами, определяется коэффициентом

$$K_{эфф} = \frac{S_{y0}}{S},$$

где $K_{эфф}$ - коэффициент целевого эффекта;

S_{y0} – своевременно удовлетворенная потребность в течении планового периода T ;

$S = S(T)$ - общий объем потребности.

Обозначим $S(t)$ кумулятивный спрос (суммарный спрос от начала планового периода $t=0$ до момента t);

$U(t)$ - кумулятивная функция поставок.

Тогда

$$S_{y0} = S(T) - \sum_{j=1}^N [S(t_j) - S(\zeta_j)],$$

где (i_j) - момент j -ой поставки;

N - количество поставок за год;

ζ_j - момент возникновения дефицита в j -ом цикле $[t_{j-1}, t_j]$

(когда остаток к концу j -го цикла неотрицателен, т.е. не имеет дефицита в этом случае $\zeta_j = t_j$).

Так как спрос $S(t_j) - S(\zeta_j)$ за время $t_j - \zeta_j$ определяет размер d_j дефицита к концу j -го цикла, то

$$S_{y0} = S(T) - \sum_{j=1}^N d_j, \text{ откуда } K_{эфф} = 1 - \frac{D}{S},$$

где $D = \sum_{j=1}^N d_j$ суммарный дефицит равен сумме отрицательных остатков по всем циклам.

Другим критерием, характеризующим качество функционирования системы, является суммарные затраты хранения запасов в течение планового периода:

$$Q = C_3 E[0, T].$$

В качестве комплексного показателя эффективности функционирования системы логистического обслуживания выбираем коэффициент эффективности

$$\eta_{эфф} = \frac{K_{эфф}}{Q}.$$

Коэффициент эффективности $\eta_{эфф}$ определяет удовлетворения потребности и по отношению к затратам на хранение.

Коэффициенту эффективности $\eta_{эфф}$ соответствуют затраты $C_{эфф} = \frac{1}{\eta_{эфф}}$ для предлагаемой модели

при $k=1$ $C_{эфф}^{np} = 7194$ тыс. руб. и $k=2$ $C_{эфф}^{np} = 9009$ тыс. руб.

Аналогично произведем расчеты по фактическим затратам при $k = 1$ $C_{эфф}^{факт} = 20411$ тыс. руб. и $k=2$ $C_{эфф}^{факт} = 22727$ тыс. руб.

Введем обозначения $D^{факт}, K^{факт}, Q^{факт}, \eta_{эфф}^{факт}$, характеризующие качество функционирования системы логистического обслуживания за 1997 год, а $D^{np}, K^{np}, Q^{np}, \eta_{эфф}^{np}$ обозначения предлагаемой модели управления запасами. Сравнительную эффективность модели можно определить отношением

$$E_{cp} = \frac{\eta_{эфф}^{np} - \eta_{эфф}^{факт}}{\eta_{эфф}^{факт}}$$

Если $E_{cp} < 0$, то отношение (3.36) ухудшит показатели системы логистического обслуживания; если $E_{cp} > 0$, улучшит. Подставляя (3.34) в (3.36) получаем

$$E_{cp} = \frac{Q^{факт} \cdot S - D^{np}}{Q^{np} \cdot S - D^{факт}} - 1.$$

Значения $Q^{факт}, Q^{np}, D^{факт}, D^{np}$, будем рассчитывать с помощью компьютерной программы помещенной в прил. 18 [11г, 16г, 22г, 44г, 54г, 58г, 60г, 73г, 106г, 115г].

Затраты хранения запасов в течении года определим по $Q = C_3 Ex[0, T]$,

где $Ex[0, T]$ - размер среднего запаса. Коэффициент C_3 (стоимость хранения единицы запаса в единицу времени) рассчитывается по формуле

$$C_3^{(k)} = 0,1 \frac{y_k}{360}$$

где y_k - цена одного комплекта k -го наименования ($y_1 = 157$ тыс. руб., $y_2 = 505$ тыс. руб.)

В качестве транспортных средств используются ж/д вагоны емкостью $V_1 = 17600$ и $V_2 = 1800$ компл., а также контейнера емкостью $VK_1 = 4500$ и $VK_2 = 620$ комплектов.

Таким образом, целесообразность практического применения предлагаемой адаптивной экономико-математической модели управления запасами следует из сравнения предлагаемых результатов полученных с её применением и фактических без применения.

Затраты на хранение запасов для костюмов полевых летних ($k=1$) в течении года в случае применения модели уменьшатся с 18033 тыс.руб. до 6891 тыс.руб. в год при 80% и 96% уровне обеспеченности, а затраты хранения на единицу эффекта уменьшатся с 20411 тыс.руб. до 7194 тыс. руб. в год при одинаковом уровне обеспеченности. Эффективность функционирования логистической системы логистического обслуживания возрастет в 2,6-2,8 раза.

В результате того, что распределение спроса является характерным для всей продукции, то полученные результаты могут быть с достаточной степенью достоверности распределены на остальные виды продукции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

4. Для рассмотрения системы логистического обслуживания автор представляет ее в виде двух систем: управляемой, представляющей процесс движения потоков продукции и управляющей с ее органом управления. Смоделируем эти системы с позиции процессов и процедур управления и определим конкретное содержание соответствующих моделей применительно к логистическому обслуживанию.

Согласно этому подходу первым и основным элементом логистической системы (ее модели) выступает процесс логистического обслуживания, в котором преобразуются потоки.

Вторым элементом является вход, который представляет собой поток закупаемой продукции у предприятий-изготовителей.

Третий элемент - выход, т.е. поток приобретенной продукции, предназначенной для потребителей.

Четвертый элемент - обратная связь, это связь между входом какого-нибудь элемента и выходом предшествующего ему в той же системе элемента.

Пятый элемент - ограничения, которые состоят из целей системы и принуждающих связей.

Цель функционирования управляемой системы является надежное, устойчивое и гибкое обеспечение, т.е. удовлетворение потребностей каждого потребителя.

Управляющей системой логистического обслуживания логистического подразделения.

Деятельность управляющей системы направлена на достижение цели управляемой системы, т.е. всей логистической системы в целом, что достигается своевременной обработкой информации, принятием управленческих решений и их реализацией в форме целенаправленных управляющих воздействий на процесс движения.

Эффективное управление, способствует тому, что система логистического обслуживания становится адаптированной не только к требованиям предприятий-потребителей, но и к различным влияниям внешней среды.

На «входе» и «выходе» управляющей системы имеется информация о финансовых, материальных и информационных потоках, или о их наличии на центральных складах, а также о их потребностях, которые сосредотачиваются в службах логистики, с помощью которой реализуется обратная связь. Необходимым условием эффективного управления является наличие адекватной модели потоков продукции и оперативного получения достоверной и полной информации об их движении в реальных условиях.

5. Применение логистики позволяет рассмотреть запасы, как видоизмененную форму материального потока по состоянию на данный момент времени и сделать вывод о том, что размеры запасов прямо зависят от отношениях входящих и выходящих потоков. Система логистического обслуживания функционирует так, что входящий поток продукции трансформируясь в выходящий поток, некоторое время пребывает в форме запаса в каждый период времени определяясь как разность интенсивности двух потоков. Стабильность входящих и выходящих потоков характеризуется коэффициентом вариации.

7. В диссертационной работе автор разработал:

- метод оптимального планирования поставок для системы логистического обслуживания с кусочно-стационарным случайным спросом и фиксированными объемами потребности;

- построена оригинальная адаптивная экономико-математическая модель оперативного управления запасами, обеспечивающая гибкое реагирование на случайные изменения основных параметров системы и позволяющая, таким образом, минимизировать суммарные затраты в условиях большой неопределенности;

- предложен метод прогнозирования сезонной динамики спроса, основанный на анализе статистических данных, характеризующих функционирование системы в течении базового периода, практическое применение которого обеспечит осуществление поставок в точном соответствии с сезонными изменениями потребности;

- разработан метод распределения сроков поставок между поставщиками, позволяющий минимизировать издержки на хранение избыточных запасов и риски, связанные с возникновением дефицита.

8. Целесообразность практического применения предлагаемой адаптивной экономико-математической модели управления запасами следует из сравнения предлагаемых результатов полученных с её применением и фактических - без применения.

В результате того, что распределение спроса является характерным для всей продукции, то полученные результаты могут быть с достаточной степенью достоверности распределены на остальные виды продукции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 9г. Англо-русский военный словарь терминов по тылу и снабжению. -М.: Военное издательство МО., 1958.
- 10г. Афанасьева Н.В. Логистические системы и российские реформы. -СПб.:СПБУЭФ, 1995.
- 11г. Ашанов С.А. Линейное программирование. -М.: Наука, 1981.
- 12г. Батьковских А., Харламов С., Кузнецов И. Бесплатных реформ не бывает//Красная звезда. -1997. -1 апреля.
- 13г. Беляев Ю.А. Дефицит, рынок и управление запасами. -М: Наука, 1997.
- 16г. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. - М.: Наука, 1986.
- 22г. Вентцель Е.С. Исследование операций. -М.: Наука, 1980.
- 27г. Гаджинский А.М. Основы логистики: Учебное пособие. -М.: ИВЦ «Маркетинг», 1995.
- 29г. Гордон М.П. Функции и развитие логистики в сфере товародвижения//РИСК.-1993,-№1.
- 30г. Гордон М.П., Тимкин Е.М., Усков Н.С. Как осуществить экономическую доставку товара отечественному и зарубежному покупателю: Справочное пособие для предпринимателя. -М.: Транспорт, 1993.
- 43г. Жаворонков Е.П. Логистика в строительстве: Учебное пособие. -Новосибирск: СГАПС, 1996.
- 44г. Зайченко Ю.П. Исследование операций. -Киев: Вища школа, 1979.
- 45г. Залманова М.Е. Закупочная и распределительная логистика: Учебное пособие. -Саратов: СПИ, 1992.
- 46г. Залманова М.Е. Логистика: Учебное пособие. -Саратов: СГТУ, 1995.
- 47г. Залманова М.Е. Сбытовая логистика: Учебное пособие. -Саратов: СГТУ, 1993.
- 48г.Залманова М.Е., Новиков О.А., Семененко А.И. Производственно -коммерческая логистика. - Саратов: СГТУ, 1995.
- 54г. Карманов В.Г. Математическое программирование. -М.: Наука, 1975.
- 58г. Кофман А. Методы и модели исследования операций. -М.: Мир, 1977.
- 59г. Лаврова О.В. Материальные потоки в логистике: Конспект лекций. Саратов: СГТУ, 1994.
- 60г. Линейное и нелинейное программирование. -Киев: Вища школа, 1975.
- 61г. Логистика как форма оптимизации рыночных связей. -М.: ИМЭ-МО, 1996.
- 62г. Логистика: Учебное пособие под ред. профессора Аникина Б.А. -М.: ИНФРА, 1997.
- 63г. Лопатников Л.И. Экономико-математический словарь. -М.: Наука, 1993.
- 64г. Лотоцкий В.А., Мандель А.С. Модели и методы управления запасами.-М: Наука, 1991.
- 65г. Лубочников В. Маркетинговая логистика // РИСК. -1996. -№ 4-7.
- 69г. Мельник М.М. Экономико-математические методы и модели в планировании и управлении материально-техническим снабжением. -М.: Высшая школа, 1990.
- 71г. Миротин Л.Б., Тамбоев Б.Э. Логистические системы и технологии перевозочного процесса на транспорте, основанные на логистике // Транспорт: наука, техника, управление. -1993, -№2.
- 72г. Мясникова Л.А. Логистика экономики среднего звена. -СПб.: СПБУЭФ, 1997. .
- 74г. Неруш Ю.М. Коммерческая логистика -М.: ЮНИТИ, 1997.
- 75г. Новиков О.А., Нос В.А., Рейфе М.Е., Уваров С.А. Логистика: Учебное пособие. -СПб.: СЗПИ, 1996.

- 76г. Новиков О.А., Семенов А.И. Производственно - коммерческая логистика: Учебное пособие. - СПб.: СПбУЭФ, 1993. -4.1., 4.2.
- 77г. Новиков О.А., Уваров С.А. Коммерческая логистика: Учебное пособие. -СПб.: СПбУЭФ, 1995.
- 78г. Нормы погрузки продукции в транспортные средства. - М.: Военное издательство, 1983.
- 79г. Обзор зарубежных экономико-математических методов управления. -М.,1968.
- 82г. Панаев Э. Некоторые проблемы предпринимательской логистики // Маркетинг. -1997. -№ 1.
- 83г. Плоткин Б.К. Введение в коммерцию и коммерческую логистику: Учебное пособие. -СПб.: СПбУЭФ, 1996.
- 84г. Плоткин Б.К. Основы логистики: Учебное пособие. -Л.: ЛФЭИ, 1991.
- 85г. Подъемно-транспортная техника и склады. -М.: 1989.
- 86г. Промыслов Б.Д., Жученко И.А. Логистические основы управления материальными и денежными потоками (проблемы, поиски, решения).- М.: Нефтегаз, 1994.
- 88г. Родников А.Н. Логистика: Терминологический словарь. -М. -Экономика, 1995.
- 93г. Рыжиков Ю.И. Управление запасами. -М.: Наука, 1969.
- 94г. Сакович В.А. Модели управления запасами. -Минск: Наука и техника, 1986.
- 96г. Семенов А.И. Предпринимательская логистика. -СПб.: СПбУЭФ, 1994.-4.1, 4.2.
- 101г. Смехов А.А. Логистика. -М.: Знание, 1990.
- 102г. Смехов А.А. Основы транспортной логистики: Учебник для вузов. -М.: Транспорт, 1995.
- 103г. Статистика материально-технического обеспечения: Учебник /Под ред. М.Р. Эйдельмана. -М.: Финансы и статистика, 1989.
- 106г. Талызин В.А. К задаче оптимального размещения заказов на комплектующие изделия // Известия вузов. Серия Авиационная техника, 1995, №3.
- 108г. Указания ЦВУ о порядке обеспечения войск в 1997 году.
- 109г. Федораев С.В. Методы контракций на поставку продукции для Вооруженных Сил. Дисс. ...канд.экон. наук. -С.- Пб.: ВАТТ, 1998.
- 115г. Чуев Ю.В. Исследование операций в военном деле. -М.: Воениз-дат, 1970.