СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ....3
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ....9
1.1. Основные понятия логистики....9
1.2. История и этапы развития логистических систем....18
1.3. Факторы и тенденции развития логистики....23
1.4. Развитие логистики как науки и ее практическая реализация....28
1.5. Основные принципы эффективного использования логистики....32
1.6 Виды логистических систем....43
1.7. Системный подход в логистике....45
1.7.1. Виды моделей логистических систем....49
1.7.2. Принципы системного подхода....51
1.8. Постановка задачи....54
ГЛАВА 2.МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЛОГИСТИКЕ....56
2.1. Основные понятия об экономико-математических методах и моделях в логистике....56
2.2. Транспортная задача....65
2.3. Теория сетевого планирования и управления....79
2.3.1. Использование сетевых моделей в логистике....81
ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЛОГИСТИКЕ....112
3.1 Обоснование выбора среды для разработки информационной системы в логистике....112
3.2 Описание программного обеспечения системы....114
3.3 Описание программного обеспечения....122
3.3.1 Общие сведения....122
3.3.2 Функциональное назначение и используемые технические средства....122
3.3.3 Описание логической структуры, вызов и загрузка программы....122
ЗАКЛЮЧЕНИЕ....126
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК....127

ВВЕДЕНИЕ

Логистика как практическая деятельность стала неразрывной частью и инструментом современной экономики. По своей сущности эта практическая деятельность носит универсальный характер, потому что все субъекты интегрированного рынка занимаются логистикой, в свой черед используют логистические методы управления торговлей и производством.

В целом, логистика определяется как управление потоками в экономике. Отсюда возникает необходимость логистизации производственно-коммерческой деятельности. Под логистизацией понимается представление процессов экономики в виде, постоянно циркулирующих потоков – финансовых, материальных, информационных, которые в той или иной форме образуют логистические системы.

В настоящее время логистика активно развивается в конкретных отраслях экономики. Универсальность логистики выражается еще и в том, что логистическая система есть субъект интегрированного рынка, который порождает или через который проходят экономические потоки. Таким образом, любое предприятие – будь то производственное, сферы обслуживания или торговое – представляет собой логистическую систему.

В этом случае логистика составляет инструментарий управления производственно-коммерческой деятельностью, в котором используются специальные концепции логистики и экономико-математические методы. Применение математики в экономике является одним из важнейших направлений в развитии экономической теории и коммерческой деятельности, в том числе и логистики. Как в теории, так и в практике логистика достигла такого уровня, когда применение математических методов стало не только возможным, но и необходимым [1].

Будучи прикладной экономической наукой, логистика базируется на положениях экономической теории, которые в большинстве случаев представлены в математической форме. Необходимость применения математики в

логистике обусловлена тем, что одним из принципов логистики является усиление расчетного начала в организации процессов товародвижения. Тем самым логистика отражает количественную сторону потоковых экономических процессов.

В современных условиях логистические процессы могут быть также выражены с помощью массива цифр при использовании компьютерных технологий. Цифровые компьютерные модели также входят в разряд математических моделей, поскольку отражают количественную сторону логистических процессов.

Актуальность темы исследования заключается в том, что на практике возникает необходимость поиска кратчайшего пути в задачах таких, как составление расписание движения транспортных средств, планирование производства, а также снижения издержек на транспортную логистику которая должна учитывать особенность конкретного предприятия. Умение решать эти задачи позволяет оптимизировать деятельность в разных сферах, и в том числе в сфере логистики.

Современная экономика представляет собой чрезвычайно сложную непрерывную развивающуюся систему гигантского масштаба, состоящую из множества звеньев, выполняющих различные функции. Управление всей экономикой и отдельными ее звеньями делается все более затруднительным из-за колоссального многообразия возможных производственных решений, принимаемых на различных уровнях. Особую важность в связи с этим приобретают вопросы научно обоснованного поиска оптимальных решений в различных экономических ситуациях – решений, повышающих эффективность производства [2].

Известно, что в вопросах экономики играют большую роль проблемы транспортировки продукции. Различные условия производства в разных местах, связанные с расположением и качеством источников сырья, наличием резервов оборудования и другими обстоятельствами, заставляют или делают целесообразными произведенную в одном месте продукцию перевозить в другое.

При этом правильное решение вопросов, связанных с использованием транспорта, делает логистических систем еще более востребованными [3].

Степень теоретической разработанности темы

Значительное количество работ, посвящено теоретическим исследованиям проблем, связанные с логистической системой и методами принятия решений в логистике. Рассмотрены работы российских и зарубежных авторов: труды Тахо Х., Вентцель Е.С., Фалкерсон Д.Р., Гигли Х., Форд Р.Л., Стерлигова А.Н., Однако, особенности формирования оптимального маршрута в логистических системах, по мнению автора, изучены недостаточно полно и, прежде всего, это касается выводов, имеющих практическое значение в современных условиях.

Целью исследования является разработка информационной системы для поддержки принятия решений логистических задач сетевого планирования транспортного хозяйства и разработка программного пакета для исследования вариантов построения логистической системы и выбора лучших из них.

Основные задачи исследования:

- сбор и анализ материала о деятельности транспортного хозяйства;

- исследование предметной области;

- использование математических методов и моделей в логистических дисциплинах;

- обоснование метода и применение его для решения логистической задачи;

- разработка моделей и методов сетевого планирования, применяемых для качественного планирования маршрутов для транспортировки продукции, снижение расходов на транспортную логистику;

- обоснование выбора моделей и методов транспортной задачи для формирования оптимального маршрута в логистических системах;

- разработка структуры базы данных и ее организация для хранения входных и выходных данных системы логистики;

- разработка универсального программного пакета по моделированию параметров и процессов логистической системы.

Объектом исследования является информационная система поддержки принятия решений логистических задач.

Предметом исследования является процесс разработки информационной системы для поддержки принятия решений в логистических системах.

Методы исследования. В диссертации используются модели и методы логистики, методы исследования операций, теория принятия решений, теория графов и сетей, алгоритм Форда-Фалкерсона и транспортная задача.

Теоретическая и методологическая основа исследования составляют работы российских и зарубежных авторов таких как: Первозванская Т.Н., Лукинский В.С., Дыбская В.В, Яновской Е.Б., Воробьева Н.Н., Бондаревой О.Н. и др. по применению математических методов и методов принятия решений в логистике, управления запасами и систем материального снабжения.

Информационная база исследования. Использованы научные труды зарубежных и российских ученных. Существенная часть информации получена путем исследования моделей и методов принятия решений в логистических системах.

Научная новизна исследования определение логистических потребностей предприятия, обоснование выбора методов и моделей для решения логистических задач.

Практическая значимость исследования. Применение полученных результатов увеличивает экономическую эффективность логистической составляющей деятельности предприятия, помогут минимизировать затраты, максимизировать прибыль и снизить логистические риски. Теоретические положения диссертационной работы могут быть использованы в учебном процессе при проведении семинарских и лабораторных занятий по дисциплинам «Теория принятия решения», «Основы исследования операций», «Модели и методы оптимизации» и «Модели и методы управления».

Апробация основных положений и результатов диссертационной работы

Результаты представлены на международных конференциях, которые проходили в городах РФ. В городе Уфе международная научно-практическая конференция «Роль науки в развитии общества» и в Москве международная научно-практическая конференция «Развитие науки и образования в современном мире». Имеется ряд сертификатов.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 5 работ общим объемом около 3 печатных листов.

Основное содержание диссертации отражено в следующих опубликованных работах:

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и содержит 19 рисунков и 4 таблиц.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

1.1. Основные понятия логистики

Объектом изучения достаточно новой дисциплины «Логистика» являются материальные и связанные с ними информационные и финансовые потоки. Деятельность в области логистики многогранна. Она включает в себя управление транспортом, складским хозяйством, запасами, кадрами, организацию информационных систем, коммерческую деятельность. Новизна логистического подхода – органичная взаимная связь, интеграция перечисленных выше областей в единую материальную систему. Цель логистического подхода – сквозное управление материальными потоками.

Логистика определяет принципы управления организацией совместной деятельности всех функциональных подразделений предприятия по прохождению товарных потоков от поставщиков сырья через производственное предприятие к конечным потребителям. Это процесс управления движением и хранением сырья, компонентов и готовой продукции в хозяйственном обороте с момента уплаты денег поставщикам до момента получения денег за доставку конечной продукции потребителю.

Если рассмотреть в совокупности проблемы, которые затрагивает логистика, то общим для них будут вопросы управления материальными и соответствующими им информационными потоками.

В отечественной и зарубежной экономической литературе можно встретить более широкую трактовку понятия логистики, в которой объект управления не ограничивается материальным потоком. Сегодня к логистике относят управление людскими, энергетическими, финансовыми и иными потоками в экономических системах. Появились такие термины, как «банковская логистика», «информационная логистика» и др. Термин «логистика» начинает использоваться

в ситуациях, связанных с четким планированием согласованной последовательности действий.

Основными вопросами, которыми занимается логистика, являются [4]:

1) управление снабжением предприятия сырьем и расходными материалами (сюда входит решение таких задач, как выбор поставщика, расчет оптимального объема, структуры и ритмичности поставки, оценка эффективности работы поставщика);

2) планирование, контроль, управление транспортировкой и складированием (на этом этапе решаются задачи выбора перевозчика, формы собственности складских помещений, организации приемки товара и проверки его качества);

3) внутризаводская переработка сырья, материалов и полуфабрикатов;

4) доведение готовой продукции до потребителя в соответствии с интересами и требованиями последнего (поддержание необходимого ассортиментного перечня товаров, своевременная обработка заказов покупателей, поиск новых форм и методов сбыта, анализ торговой деятельности);

5) передача, хранение и обработка соответствующей информации.

Наука координирует такие функциональные сферы предприятия, как снабжение, производство и сбыт.

Управление материальным потоком, как и любым другим объектом, складывается из следующих двух частей:

- принятие решения;

- реализация принятого решения.

Для того чтобы принимать обоснованные решения по управлению материальными потоками, необходимы определенные знания. Деятельность по выработке этих знаний относят к логистике. Большая группа определений трактует логистику как науку или научное направление: логистика – междисциплинарное научное направление, непосредственно связанное с поиском новых возможностей повышения эффективности материальных потоков.

Кроме того, логистика ставит и решает следующие задачи:

- прогноз спроса и планирование запасов на его основе;

- определение необходимой мощности производства и транспорта;

- разработка научных принципов распределения готовой продукции;

- построение различных вариантов математических моделей функционирования логистических систем.

Выработанные наукой знания позволяют принимать обоснованные решения в сфере управления материальными потоками. Для практической реализации принятых решений нужны конкретные действия, поэтому другая группа определений рассматривает логистику следующим образом: логистика – направление хозяйственной деятельности, которое заключается в управлении материальными потоками в сферах производства и обращения.

В ходе логистической деятельности материальный поток доводится до предприятия, затем организуется его рациональное продвижение через цепь складских и производственных участков, после чего готовая продукция доводится до потребителя в соответствии с заказом последнего.

Логистика – наука о планировании, контроле и управлении транспортированием, складированием и другими материальными и нематериальными операциями, совершаемыми в процессе доведения сырья и материалов до производственного предприятия, внутризаводской переработки сырья, материалов и полуфабрикатов, доведения готовой продукции до потребителя в соответствии с интересами и требованиями последнего, а также передаче, хранении и обработке соответствующей информации. Настоящее определение, как следует из его содержания, трактует логистику как науку.

Как хозяйственная деятельность логистика представлена в следующем определении: логистика – процесс управления движением и хранением сырья, компонентов и готовой продукции в хозяйственном обороте с момента уплаты денег за доставку готовой продукции потребителю (принцип уплаты – получения денег). Настоящая трактовка чаще встречается в зарубежной литературе [4].

Ключевым понятием логистики является понятие материального потока. Материальные потоки образуются в результате транспортировки, складирования

и выполнения других материальных операций с сырьем, полуфабрикатами и готовыми изделиями – начиная от первичного источника сырья и заканчивая конечным потребителем. Материальные потоки связывают также различные предприятия.

Прежде чем формулировать определение материального потока, разберем конкретный пример, происходящий внутри склада предприятия оптовой торговли. Поступающий в рабочее время товар после выгрузки может быть направлен непосредственно на хранение, а может попасть на участок хранения, предварительно пройдя приемку. В выходные дни прибывший груз размещают в приемочной экспедиции, откуда в первый же рабочий день передают на склад. Весь поступивший товар в конце сосредоточивается на участке хранения.

Пути движения из зоны хранения на участок погрузки также могут быть различными:

- участок хранения – участок погрузки;

- участок хранения – отправочная экспедиция – участок погрузки;

- участок хранения – участок комплектации – отправочная экспедиция – участок погрузки;

- участок хранения – участок комплектации – участок погрузки.

По пути движения груза с ним осуществляются разнообразные действия: разгрузка, укладка на поддоны, перемещение, распаковка, укладка на хранение и т. д. Это так называемые логистические операции. Объем работ по отдельной операции, рассчитанный за определенный промежуток времени (например, за месяц, год), представляет собой материальный поток соответствующей операции.

Предположим, что стоимость выполнения той или иной операции на складе точно известна и общие складские издержки можно представить в виде суммы затрат на выполнение отдельных операций. Тогда, меняя маршрут движения материального потока внутри склада, можно их минимизировать, что и является основной задачей логистики.

Таким образом, материальный поток – это грузы, детали и товарно-материальные ценности, рассматриваемые в процессе приложения к ним различных логистических операций и отнесенные к определенному интервалу.

Выделение этапов операций на пути продвижения грузов, деталей, товарно-материальных ценностей через транспортные, производственные, складские звенья позволяет:

- увидеть общий процесс продвижения изменяющегося продукта к конечному потребителю;

- проектировать этот процесс с учетом потребностей рынка.

Выделение материального потока в качестве основного объекта управления несколько упрощает видение экономических процессов. Однако такое упрощение позволяет ставить и решать задачи сквозного мониторинга движения грузов, начиная от первичного источника сырья через все промежуточные процессы вплоть до поступления к конечному потребителю. Абстрагирование от ряда факторов и выделение материального потока в качестве основного объекта исследования и управления позволяет проектировать сквозные логистические цепи, изучать и прогнозировать их поведение, существенно сокращая при этом размерность задач моделирования, а также открывает новые возможности формализованного исследования процессов экономики [11].

На объект логистики можно смотреть с разных точек зрения: с позиции финансиста, менеджера по планированию и управлению производством, ученого. Этим объясняется многообразие определений логистики. Анализ зарубежной и отечественной литературы показал, что сегодня под логистикой понимается:

- новое направление в организации движения грузов;

- теория планирования различных потоков в человеко-машинных системах;

- совокупность различных видов деятельности для получения необходимого количества грузов в нужном месте, в нужное время с минимальными затратами;

- интеграция перевозочного и производственного процесса;

- процесс планирования затрат по перемещению и хранению грузов от производства до потребления;

- форма управления физическим распределением продукта;

- эффективное движение готовой продукции от места производства до места потребления;

- новое научное направление, связанное с разработкой рациональных методов управления материальными и информационными потоками;

- наука о рациональной организации производства и потребления.

На каждом предприятии разрабатывается концепция логистики –система взглядов на повышение эффективности функционирования предприятия. Она опирается на долгосрочные цели предприятия и обеспечивает согласованность действий всех подразделений. Сотрудники функциональных подразделений предприятия должны принимать активное участие в разработке концепции. Это не только усиливает степень их мотивации к согласованной работе, но также благодаря внедрению новых идей может улучшить содержание самой концепции. Выработка такой концепции опирается на анализ логистических систем, созданных на предприятии.

Таким образом, мы видим, логистика – это теория и практика управления материальными потоками. Поэтому остановимся на специфике логистического подхода к управлению материальными потоками как на макроуровне, так и на микроуровне.

На макроуровне цепь, через которую последовательно проходит некоторый материальный поток, состоит из нескольких самостоятельных предприятий. Традиционно управление каждым из них осуществляется собственником обособленно. При этом задача управления сквозным материальным потоком не ставится и не решается. В результате показатели этого потока, такие как себестоимость, надежность поступления, качество и др., на выходе из цепи складываются в достаточной степени случайно и, как правило, далеки от оптимальных решений.

При логистическом подходе объектом управления выступает сквозной материальный поток. При этом обособленность предприятий – звеньев материалопроводящей цепи – в значительной степени преодолевается для

согласованного управления сквозным материальным потоком. Нужный груз начинает поступать в нужное время, в нужное место, в нужном количестве, необходимого качества. Продвижение материального потока по всей цепи в этом случае начинает осуществляться с минимальными затратами.

На микроуровне цепь, через которую проходит последовательно некий материальный поток, чаще всего состоит из различных служб одного предприятия. При традиционном подходе задача совершенствования сквозного материального потока внутри предприятия, как правило, не является приоритетной ни для одного подразделения. Показатели материального потока на выходе из предприятия имеют случайное значение и далеки от оптимальных решений.

При логистическом подходе на предприятии выделяется и получает существенные права служба, приоритетной задачей которой является управление сквозным материальным потоком, т. е. потоком, который поступает извне, проходит службы снабжения, производственного цеха, склады готовой продукции и затем уходит к потребителю. В результате показатели материального потока на выходе из предприятия становятся управляемыми.

Логистика тесно связана со многими другими направлениями работы предприятия [14].

Логистика и маркетинг. Наиболее существенная взаимосвязь у логистики с маркетингом. Маркетинг представляет собой систему управления, позволяющую приспосабливать производство к требованиям рынка для обеспечения выгодной продажи товаров.

Маркетинг был востребован практикой в связи с возникшими трудностями со сбытом товаров исторически в более ранний период, чем логистика. В середине XX века производства на выпуск нужного на рынке товара и применение маркетинговых методов изучения спроса и воздействия на спрос оказались решающим фактором повышения конкурентоспособности. Задача создания систем, обеспечивающих сквозное управление материальными потоками, актуальности тогда не имела, во-первых, ввиду отсутствия технических

возможностей построения таких систем в экономике, а во-вторых, из-за того, что применение новых для того времени маркетинговых приемов позволило предприятию «резко уйти вперед». В сегодняшних условиях «уйти вперед» только на базе применения маркетинга уже нельзя. Выявленный маркетингом спрос должен своевременно удовлетворяться посредством быстрой и точной поставки («технология быстрого ответа»). Этот «быстрый ответ» на возникший спрос возможен лишь при налаженной системе логистики.

Выйдя на экономическую арену в более поздний период, логистика дополняет и развивает маркетинг, увязывая потребителя, транспорт и поставщика в мобильную систему.

Маркетинг отслеживает и определяет возникший спрос, т. е. отвечает на вопросы о том, какой товар нужен, где, когда и в каком количестве. Логистика обеспечивает физическое продвижение востребованной товарной массы к потребителю. Логистическая интеграция позволяет обеспечить поставку требуемого товара в нужное место, в нужное время с минимальными затратами [4].

Маркетинг исследует рынок, рекламу, психологическое воздействие на покупателя и т. д. Логистика же в первую очередь нацелена на создание технико-технологической системы проведения товаров по товаропроводящим цепям, а также системы контроля над их прохождением. Поясним взаимодействие этих двух направлений на примере.

Выделим следующие задачи, решаемые на предприятии службой маркетинга:

1) анализ окружающей среды и рыночные исследования;

2) анализ потребителей;

3) планирование товара, определение ассортиментной специализации производства;

4) планирование услуг, оптимизация рыночного поведения по выгодному сбыту услуг.

Если первые две задачи могут решаться службой маркетинга без участия службы логистики, то третья и четвертая должны решаться совместно.

Допустим, служба маркетинга обосновала необходимость выпуска нового вида продукции. Тогда задачей службы логистики будет обеспечение производства сырьем, управление запасами, транспортировка, причем все в разрезе нового вида продукции.

Решая четвертую задачу, маркетинг определяет для физического распределения строгие рамки требований логистического сервиса. Выполняются эти требования системами логистики.

В общем случае деятельность служб логистики и маркетинга тесно переплетается. Покажем их взаимосвязь на примере напитков, разлитых в тетрапакеты. Оформление пакетов – функция маркетинга; прочностные параметры пакетов – логистики; объем пакета – и маркетинга, и логистики. За геометрические параметры пакетов в большей степени отвечает логистика. Нанесение штрихового кода, позволяющее отслеживать движение каждой товарной единицы, также задача логистики. Однако, учитывая, что нанесение штрихового кода на упаковке является одним из факторов, побуждающих к покупке, его нанесение может быть рекомендовано и службой маркетинга.

Логистика и планирование производства. Служба логистики на предприятии тесно взаимодействует с планированием производства. Это обусловлено тем, что производство зависит от своевременной поставки сырья, материалов, комплектующих частей в определенном количестве и определенного качества. Соответственно, служба логистики предприятия, обеспечивающая прохождение сквозного материального потока (следовательно, организующая снабжение предприятий), должна участвовать в принятии решения о запуске продукции в производство, так как обеспечивать производство ресурсами придется ей [4].

С другой стороны, логистика взаимодействует с производством в процессе организации сбыта готовых изделий. Управляя материальными потоками в процессе реализации и имея исчерпывающую информацию о рынке сбыта,

служба логистики, естественно, должна участвовать в формировании графика выпуска готовой продукции.

Существенной задачей службы логистики является доставка сырья и комплектующих в цеха непосредственно к рабочим местам и перемещение готовой продукции к местам хранения. Слабая взаимосвязь производства с логистикой при реализации этой функции приводит к увеличению запасов на разных участках, созданию дополнительной нагрузки на производство.

Одним из основных показателей, характеризующих поставщика и влияющих на организацию всего логистического процесса, является качество продукции. Определение оптимального уровня качества, а также контроль над его соблюдением – совместная задача служб логистики и планирования производства.

Логистика и финансы. Деятельность по управлению материальными потоками на предприятии, как правило, сопряжена с большими расходами. Соответственно деятельность службы логистики тесно связана с деятельностью службы финансов. Например, определяя оптимальные объемы запасов, служба логистики будет исходить не только из экономических расчетов, но и из реальных финансовых возможностей предприятия. Совместные решения служб логистики и финансов принимаются также при закупках оборудования для обеспечения логистических процессов. Совместно осуществляются контроль и управление транспортными, а также складскими затратами [14].

1.2. История и этапы развития логистических систем

С момента возникновения рыночных отношений система движения товаров прошла несколько стадий.

Мможно обозначить три периода развития систем товародвижения материальной продукции [5]:

1) дологистический период;

2) период классической логистики;

3) период неологистики.

Дологистический период, до 1950-х годов:

- фрагментарный характер системы управления распределением материальных ресурсов;

- отсутствие связей между транспортом и материально-техническим обеспечением;

- недооценка роли транспорта в обеспечении эффективной работы компании.

Критерий эффективности: минимальные транспортные затраты на перевозку собственным подвижным составом.

Период классической логистики, 1950-80-е годы:

- создание логистических систем вместо организации оптимальных перевозок на фирмах;

- минимизации затрат на материальное распределение;

- использование внутрифункциональных компромиссов.

Критерий эффективности: максимальная прибыль от логистических операций для всех предпритий, находящихся в одной логистической цепи.

Период неологистики, после 1980-х годов:

- применение «комплексного» подхода («подход на основе всего предприятия») при формировании логистических систем;

- создание логистической системы на основе общей цели предприятия;

- достижение межфункциональных компромиссов в компании;

- выход логистической системы за пределы экономической среды и учет социальных, экологических и политических аспектов;

- разработка методических основ калькуляции издержек.

Критерий эффективности: минимизация общих издержек товародвижения и производства всего предприятия.

Этапы развития логистических систем

Анализ ведущих промышленных компаний различных капиталистических стран позволил выявить четыре последовательные стадии развития логистических систем на предприятии по состоянию на конец 1980-х – начало 1990-х гг [5].

Для первой стадии развития логистики характерен ряд следующих моментов. Компании работают на основе выполнения сменно-суточных плановых заданий, форма управления логистикой наименее совершенна. Область действий логистической системы обычно охватывает организацию хранения готовой продукции, отправляемой с предприятия, и ее транспортировку [13].

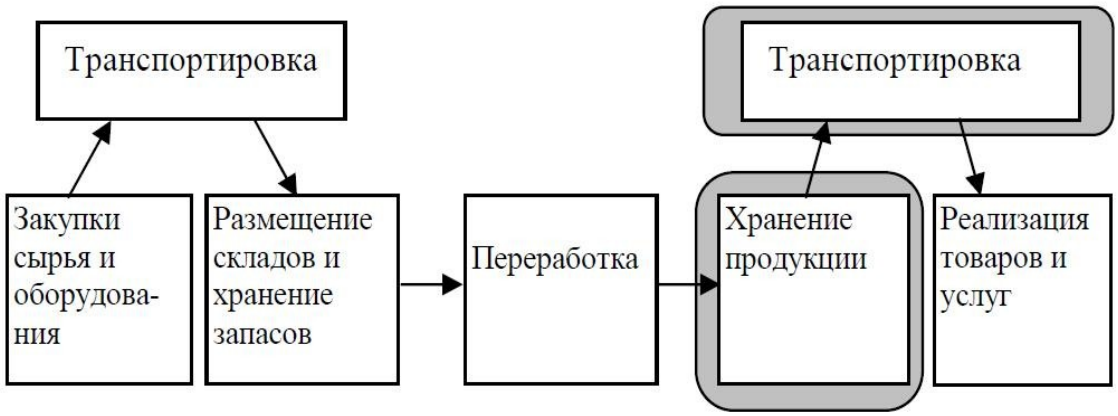


Рис.1.1. Схема работы компании при первой стадии развития логистики

Система действует по принципу непосредственного реагирования на ежедневные колебания спроса и сбои в процессе распределения продукции. Работу системы логистики на данной стадии ее развития в компании обычно оценивают величиной доли затрат на транспортировку и другие операции по распределению продукции в общей сумме выручки от продажи (рис.1.1).

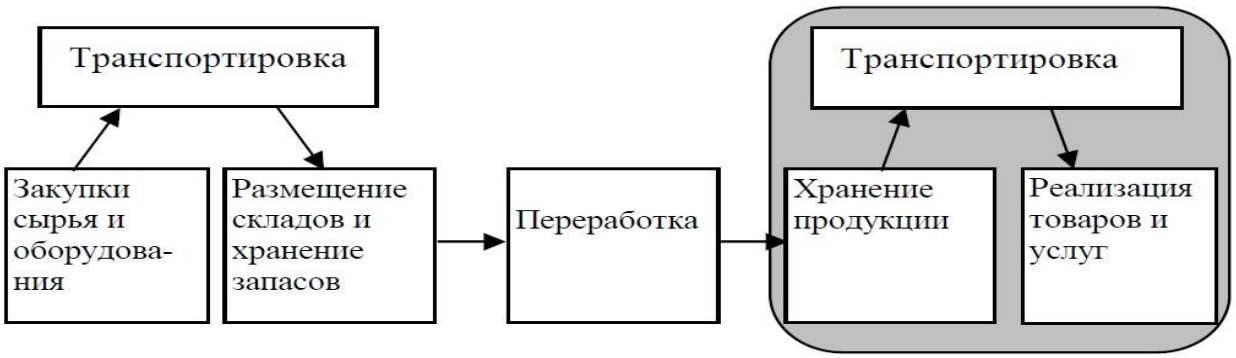


Рис.1.2 Схема работы компании при второй стадии развития логистики

Для компаний, имеющих системы логистики второго уровня развития, характерно управление потоком производимых предприятиями товаров от последнего пункта производственной линии до конечного потребителя.

Работа логистической системы оценивается исходя из сопоставления данных сметы расходов и реальных затрат (рис.1.2).

Системы логистики третьего уровня контролируют логистические операции от закупки сырья до обслуживания конечного потребителя продукции. Единственная сфера, которая не контролируется менеджером по логистике, — это повседневное управление предприятием.

Работа системы оценивается не сравнением затрат прошлого года или сметы расходов, а сравнением со стандартом качества обслуживания. При этом компании стремятся повысить производительность системы, а не сократить затраты, как это характерно для систем второго уровня. Управление осуществляется не по принципу непосредственного реагирования, оно основано на планировании упреждающих воздействий (рис.1.3).

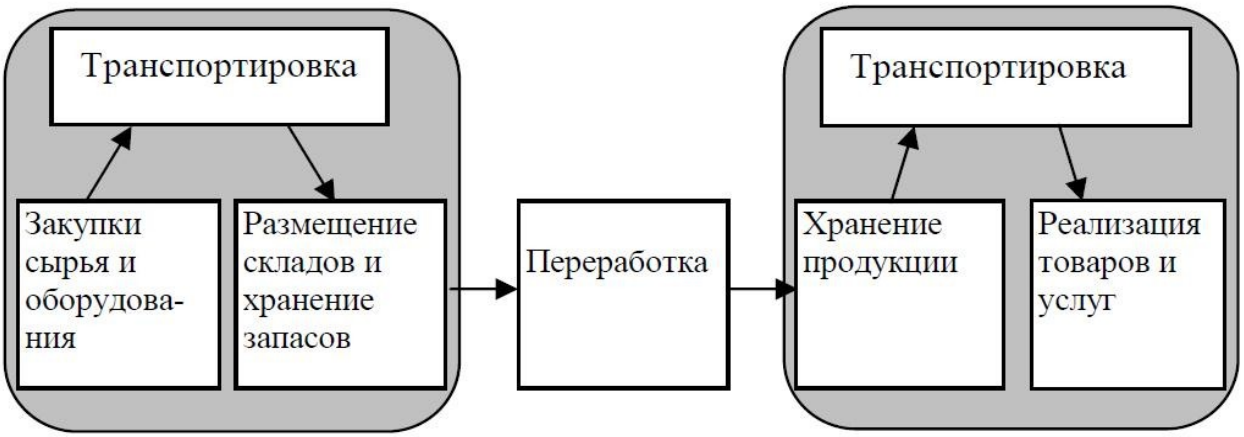
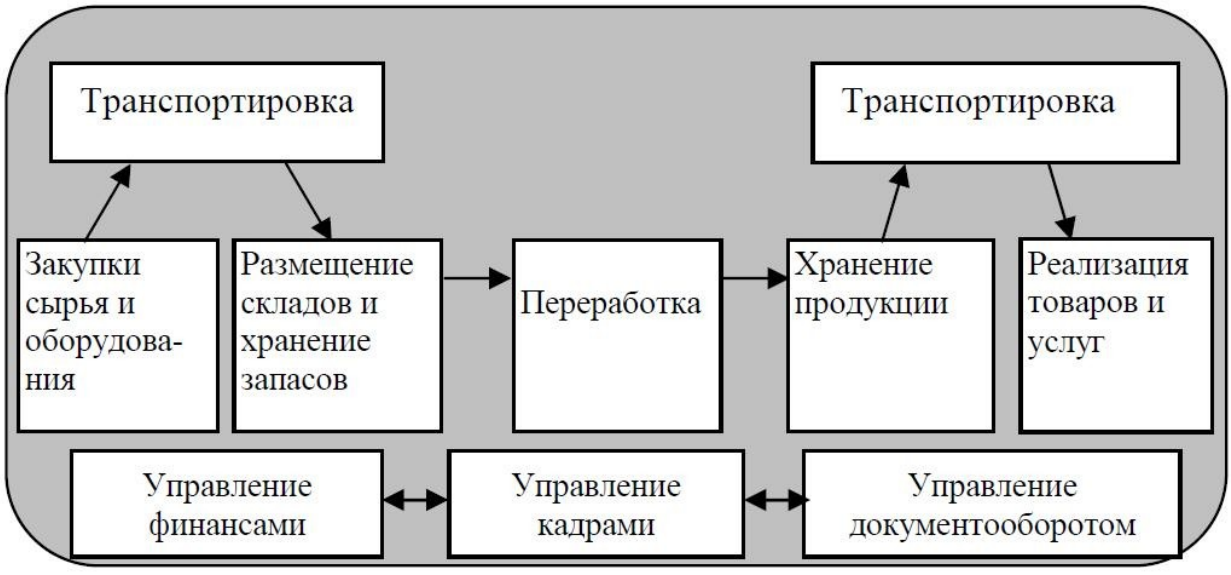


Рис.1.3 Схема работы компании при третьей стадии развития логистики

Число компаний, использующих логистические системы четвертого уровня развития, пока еще невелико. Такие компании интегрируют процессы планирования и контроля операций логистики с операциями маркетинга, сбыта, производства и финансов. Интеграция способствует увязке часто противоречивых



целей различных подразделений компании. Управление системой осуществляется на основе долговременного планирования (рис.1.4).

Рис.1.4 Схема работы компании при четвертой стадии развития логистики

Практический опыт работы фирм в разных странах мира показал, что восхождение от низшей стадии развития систем логистики к более высоким стадиям происходит как постепенно, так и (при возникновении благоприятных условий) скачкообразно.

Такими условиями могут быть слияние предприятий, новый режим управления, политические инициативы (например, принятие закона о свободной торговле).

Переход на более высокий уровень в лучшем случае обычно длится от шести месяцев до двух лет, а переход от первой стадии развития к четвертой занимает около 20 лет. Однако ожидается его сокращение до 10 лет в связи с возросшим давлением международной конкуренции и возможностью использования опыта фирм, уже проделавших этот путь [5].

1.3. Факторы и тенденции развития логистики

Ррассмотрим, чем вызвана необходимость и обусловлена возможность широкого применения логистики в современной экономике [15].

Ннеобходимость применения логистики объясняется множеством причин, среди которых выделим две основные.

Первая причина – развитие конкуренции, вызванное переходом от рынка продавца к рынку покупателя. До начала 1960-х гг. в странах с развитой рыночной экономикой производители и потребители продукции не придавали серьезного значения созданию специальных систем, позволяющих

оптимизировать управление материальными потоками. Системы распределения, как правило, не планировались. Производство, оптовая и розничная торговля работали без тесной увязки друг с другом. Впущенные товары так или иначе попадали в конечное потребление. Ссистема управления процессами товародвижения была слабой. Рреальных связей между различными взаимосвязанными функциями логистики не было. Такое невнимание к сфере управления материальными потоками объяснялось тем, что основной потенциал конкурентоспособности создавался в этот период за счет расширения совершенствования производства.

Однако к началу 1960-х гг. резервы повышения этого потенциала непосредственно в производстве были существенно исчерпаны. Это вызвало необходимость поиска нетрадиционных путей создания конкурентных преимуществ. Предприниматели стали уделять все больше внимания не самому товару, а качеству его поставки. Улучшение работы в сфере распределения, не требуя таких дополнительных капитальных вложений, как, например, освоение выпуска нового товара, тем не менее, оказалось в состоянии обеспечить высокую конкурентоспособность поставщика за счет снижения себестоимости и одновременно повышения надежности поставок. Денежные средства, вложенные в сферу распределения, стали влиять на положение поставщика на рынке гораздо сильнее, чем те же средства, вложенные в сферу производства. В логистически организованных материалопроводящих цепях себестоимость товара, доставляемого конечному потребителю, оказалась ниже себестоимости того же товара, прошедшего по традиционному пути. Появляющаяся разница обеспечивает участникам конкурентные преимущества, зависящие не от величины капитальных вложений, а от умения правильно организовать логистический процесс [15].

Кроме того, использующие логистику поставщики могут гарантировать поставку точно в срок нужного количества товара необходимого качества и представляют для потребителя гораздо большую ценность, чем поставщики, которые подобных гарантий надежности не обеспечивают.

Таким образом, конкурентоспособность применяющих логистику субъектов обеспечивается за счет:

- резкого снижения себестоимости товара;

- повышения надежности и качества поставок (гарантированные сроки, отсутствие брака, возможность поставки мелкими партиями и т. п.).

Вторая причина, объясняющая необходимость применения логистики в экономике, – энергетический кризис 1970-х гг.

Повышение стоимости энергоносителей вынудило предпринимателей искать методы повышения экономичности перевозок. Причем эффективно решить эту задачу лишь за счет рационализации работы транспорта невозможно. Здесь необходимы согласованные действия всех участников совокупного логистического процесса.

Возможность применения логистики в экономике обусловлена современными достижениями научно-технического прогресса (НТП). В результате НТП создаются и начинают широко применяться разнообразные средства труда для работы с материальными и информационными потоками. Появляется возможность использовать оборудование, соответствующее конкретным условиям логистических процессов. При этом ключевое значение для развития логистики имеет компьютеризация управления логистическими процессами.

Создание и массовое использование средств вычислительной техники, появление стандартов для передачи информации обеспечило мощное развитие информационных систем как на уровне отдельных предприятий, так и на уровне экономики отраслей, охватывающих большие территории. Стало возможным осуществление мониторинга всех фаз движения продукта – от первичного источника сырья через все промежуточные производственные, складские и транспортные процессы вплоть до конечного потребителя.

Главные причины, по которым, начиная с середины 1960-х гг. в экономически развитых странах наблюдается резкое возрастание интереса к логистической идее, заключаются в следующем:

- превращение рынка продавца в рынок покупателя;

-обеспечение конкурентных преимуществ логистически организованных материалопроводящих систем за счет снижения себестоимости продукции и улучшения качества поставок;

- энергетический кризис;

- НТП и в первую очередь компьютеризация управления.

Необходимым условием для развития отечественной логистики является ликвидация экономических предпосылок для воспроизводства монополистических тенденций и НТП в сферах производства и обращения.

В современной экономике выделяют три этапа совершенствования логистики.

Первый этап – 1960-е гг. характеризуются использованием логистического подхода для управления материальными потоками в сфере обращения. В этот период начинается осознание двух ключевых положений:

1) существующие как бы отдельно потоки материалов в производстве, хранении и транспортировании могут быть взаимоувязаны единой системой управления;

2) интеграция отдельных функций физического распределения материалов может дать существенный экономический эффект.

Оптимизация физического распределения материалов проводилась и прежде. Например: управление частотой и размерами доставляемых партий, системой размещения товаров и функционирования складов; планирование транспортных маршрутов, графиков и т. п. Традиционно эти задачи решались обособленно, что в принципе не могло обеспечить системного эффекта. Специфика логистического подхода заключается в совместном решении задач по управлению материальными потоками, например совместное решение задач организации работы складского хозяйства и связанного с ним транспорта.

На первом этапе развития логистики транспорт и склад, прежде связанные лишь операцией погрузки или разгрузки, приобретают тесные взаимные связи. Они начинают работать на один экономический результат по единому графику и

единой согласованной технологии. Тара, в которой отгружается груз, выбирается с учетом применяемого транспорта; в свою очередь характеристики перевозимого груза определяют выбор транспорта. Совместно решаются и другие задачи по организации транспортно-складского процесса.

Следует отметить, что совместное решение отдельных задач по управлению материальными потоками намного сложнее их обособленного решения. Здесь зачастую требуются другие методы, а также иная подготовка специалистов.

Второй этап в развитии логистики приходится на 1980-е гг. В этот период интеграционная основа логистики расширилась и стала охватывать производственный процесс.

С точки зрения развития логистики 1980-е гг. характеризуются следующим:

- рост стоимости физического распределения;

- рост профессионализма менеджеров, осуществляющих управление логистическими процессами;

- долгосрочное планирование в области логистики;

- широкое использование компьютеров для сбора информации и контроля над логистическими процессами;

- централизация физического распределения;

- резкое сокращение запасов в материалопроводящих цепях;

- четкое определение действительных издержек распределения;

- определение и осуществление мер по уменьшению стоимости продвижения материального потока до конечного потребителя.

Здесь к взаимодействию складирования и транспортирования начинает подключаться планирование производства. Это позволило сократить запасы, повысить качество обслуживания покупателей за счет своевременного выполнения заказов, улучшить использование оборудования.

Третий этап относится к настоящему времени и характеризуется следующим:

- появляются фундаментальные изменения в организации и управлении рыночными процессами во всей мировой экономике;

- современные коммуникационные технологии, обеспечивающие быстрое прохождение материальных и информационных потоков, позволяют осуществлять мониторинг всех фаз движения продукта – от первичного источника сырья вплоть до конечного потребителя;

- развиваются отрасли, занятые оказанием услуг в сфере логистики;

- концепция логистики, ключевым положением которой является необходимость интеграции, начинает признаваться большинством участников цепей снабжения, производства и распределения [16].

1.4. Развитие логистики как науки и ее практическая реализация

Логистика как наука и как сфера практических знаний вызывает в последнее время всё более возрастающий интерес. Менеджеры по логистике являются одной из наиболее востребованных позиций на рынке труда и являются целью для любой компании [6].

Логистика хотя и имеет глубокие исторические корни, тем не менее, сравнительно молодая наука. Бурное развитие она получила в период второй мировой войны, когда была применена для решения стратегических задач и чёткого взаимодействия оборонной промышленности, тыловых снабженческих баз и транспорта с целью своевременного обеспечения армии вооружением, горюче-смазочными материалами и продовольствием.

Расширение сферы применения логистики, которое наблюдается в 80-е особенно в 90-е гг, объясняется в первую очередь, развитием оптимальных методов управления материальными потоками. Логистика позволяет существенно сократить временной интервал между приобретением сырья и полуфабрикатов и поставкой готового продукта потребителю, способствует резкому сокращению материальных запасов, ускоряет процесс получения информации, повышает уровень сервиса.

Деятельность в области логистики многогранна. Она включает управление транспортом, складским хозяйством, запасами, кадрами, организацию информационных систем, коммерческую деятельность и многое другое.

Принципиальная новизна логистического подхода – органичная взаимная связь, интеграция выше перечисленных областей в единую материалопроводящую систему. Иными словами, цель логистического подхода – сквозное управление материальными потоками. Опыт промышленно развитых стран и передовых компаний показывает, что логистике принадлежит стратегически важная роль и в современном бизнесе. Внедрение методов логистического менеджмента в практику бизнеса позволяли фирмам значительно сократить товарные запасы, ускорить оборачиваемость оборотного капитала, снизить себестоимость продукции, обеспечивать наиболее полное удовлетворение потребностей покупателей в отношении качества товара и сопутствующего сервиса.

Термин «логистика» происходит от греческого слова «logistike» – искусство вычислять, рассуждать. В период Римской империи существовали служители, которые носили титул «логисты» или «логистики»; они занимались распределением продуктов питания [11].

По мнению ряда западных учёных, логистика выросла в науку благодаря военному делу. Создателем первых научных трудов по логистике принято считать французского военного специалиста начала XIX в. Джомини, который утверждал, что логистика включает такой широкий круг вопросов, как планирование, управление, снабжение, определение места дислокации войск, а также строительство мостов, дорог и т.д. Приоритетное значение вопросам логистики придавалось в армии Наполеона.

Существует также математическое направление в логистике. Так в 1904 г. на философской конференции в Женеве термин «логистика» был закреплен за математической логикой. Логистика развивалась и в России. Ещё в начале XX в. петербургские профессора путей сообщения издали труд «Транспортная

логистика». На его основе были построены модели перевозки войск, их обеспечения и снабжения.

Эти модели получили практическое применение при планировании и проведении ряда компаний русской армии в ходе первый мировой войны. В 60 гг. XX века начинает развиваться экономическое на правление логистики [6].

Факторы, определяющие развитие логистики как экономической науки

Необходимость применения логистики в экономике определяется рядом причин, среди которых можно выделить следующие:

– усложнение системы рыночных отношений и повышение требований к качественным характеристикам процесса распределения;

– создание гибких производственных систем;

Оно связано с заменой традиционных конвейеров роботами, что привело к значительной экономии живого труда и созданию гибких производственных структур, сделавших работу по изготовлению небольших партий рентабельной.

В свою очередь, работа по принципу «малыми партиями» повлекла соответствующие изменения в процессе обеспечения производства материальными ресурсами и сбыта готовой продукции. Во многих случаях поставки больших объёмов сырья и конечной продукции стали не только не экономичными, но и не нужными. В связи с этим отпала необходимость иметь большие склады, ёмкости на предприятиях и возникла потребность в транспортировке грузов небольшими партиями, но в более жёсткие сроки. При этом возросшие расходы на перевозку покрывались за счёт сокращения складских издержек.

При этом ряд факторов способствовал созданию возможностей для развития логистики. К ним, прежде всего, относятся [17]:

– использование теории систем и компромиссов для решения экономических задач;

– ускорение научно-технического процесса в коммуникациях, внедрение в хозяйственную практику фирм ЭВМ последних поколений, используемых в сфере товародвижения;

– унификация правил и норм по поставке товаров во внешнеэкономической деятельности, устранение различного рода импортных и экспертных ограничений, стандартизация технических параметров путей сообщения, подвижного состава и погрузочно-разгрузочных средств.

Большинство определений трактуют логистику как науку и практику управления материальными потоками [26]. Однако это деятельность осуществлялась человечеством с давних времен. В настоящее время в России за практической деятельностью по управлению материальными потоками закрепилось название «логистика» вне зависимости от того, насколько эта деятельность соответствует логистической идее.

Основными объектами изучения логистики являются [6]:

– логистические издержки;

– информационный поток;

– материальный поток;

– логистическая система;

– логистическая функция;

– логистическая цепь;

– логистические операции.

В целом логистическая оптимизация материального потока — это комплекс математических задач, в результате решения которых может быть создана интегрированная система которая проводит материальных потоков, обеспечивающая экономический выигрыш только за счёт качественного изменения управления материальным потоком. Логистический подход предполагает необходимость решение задач в области техники, технологии, экономики и математики, т.е. логистика, представляет единство элементов, представленных на рисунке. Результатом функционирования логистической системы является наличие нужного изделия в нужном количестве в нужное время в нужном месте с минимальными затратами.

1.5. Основные принципы эффективного использования логистики

К основным принципам логистики относятся [4]:

1) принцип рациональности – выбираются такие управленческие решения, которые являются лучшими (оптимальными) по комплексу показателей для заданных условий. Решение принимается всегда таким образом, чтобы благодаря выбранному варианту, т. е. выбранному соотношению затрат и достигнутого результата, осуществлялось рациональное достижение поставленных целей логистической системы предприятия;

2) принцип целостности – свойство логистической системы выполнять заданную целевую функцию, реализуемую только системой в целом, а не отдельными ее элементами.

3) принцип системности – предполагает исследование логистического объекта, с одной стороны, как единого целого, а с другой стороны, как части более крупной системы, в которой анализируемый объект находится в определенных отношениях с остальными системами. Таким образом, этот принцип охватывает все стороны объекта и предмета в пространстве и во времени;

4) принцип иерархии – иерархическое построение логистических систем обусловливается тем, что управление в них связано с использованием и обработкой значительных массивов данных. На нижележащих уровнях используется более детальная и конкретная информация, охватывающая лишь отдельные аспекты функционирования логистической системы. На более высокие уровни поступает обобщенная информация, характеризующая условия функционирования всей логистической системы; на этих уровнях принимаются решения относительно логистической системы в целом;

5) принцип интеграции. Интеграция означает объединение в целое каких-либо частей или свойств. Принцип интеграции направлен на изучение интегративных свойств и закономерностей в логистических системах. Интегративные свойства проявляются в результате совмещения элементов до целого, совмещения функций во времени и в пространстве. Логистическая

система как упорядоченная совокупность элементов с определенными связями обладает особыми системными свойствами, не присущими отдельным элементам и позволяющими получить эффект.

Синергическая связь – связь, которая при совместных действиях независимых элементов логистической системы обеспечивает общий эффект, превышающий сумму эффектов этих же элементов, действующих независимо, т. е. усиливающаяся связь элементов системы;

6) принцип формализации. Формализация предполагает получение количественных и качественных характеристик функционирования логистической системы предприятия. Рассмотрим подробнее некоторые из них.

Методологической основой сквозного управления материальным потоком является системный подход, принцип реализации которого в логистике поставлен на первое место. А понятие логистической системы – одно из ключевых в логистике.

Логистическая система – это упорядоченное множество (совокупность) элементов, находящихся в определенных связях друг с другом, образующих определенную целостность и выполняющих те или иные функции логистики.

Она обладает следующими свойствами:

1) целостность и членимость – логистическая система представляет собой совокупность элементов, воздействующих между собой;

2) сложность – большое число элементов, обусловливаемое воздействием на логистическую систему значительного числа факторов внутренней и внешней среды;

3) подвижность – изменчивость параметров элементов логистической системы под влиянием внешней среды, а также решений, принимаемых участниками цепи поставок;

4) уникальность, неопределенность поведения в конкретных условиях и под влиянием внешней среды;

5) адаптивность – способность изменять свою структуру и выбирать варианты поведения сообразно с новыми целями и под воздействием внешней среды.

Логистические системы делят на макрологистические и микрологистические.

Макрологистическая система – это крупная система управления материальными потоками, охватывающая предприятия и организации промышленности, посреднические, торговые и транспортные организации различных ведомств, расположенные в разных регионах страны.

Микрологистические системы являются подсистемами, структурными составляющими макрологистических подсистем. К ним относят различные производственные и торговые предприятия, территориально-производственные комплексы. Микрологистические системы представляют собой класс внутрипроизводственных логистических систем, в состав которых входят технологически связанные производства, объединенные единой инфраструктурой.

Выделяют три вида логистических систем: логистические системы с прямыми связями, эшелонированные и гибкие.

В логистических системах с прямыми связями материальный поток проходит непосредственно от производителя продукции к ее потребителю, минуя посредников. В эшелонированных логистических системах есть хотя бы один посредник. Движение материального потока от производителя продукции к ее потребителю в гибких логистических системах может осуществляться как напрямую, так и через посредников [15].

Системный подход – это направление методологии научного познания, в основе которого лежит рассмотрение объектов как систем, что позволяет исследовать трудно наблюдаемые свойства и отношения в объектах. Этот подход означает, что каждая система является интегрированным целым даже в том случае, когда она состоит из отдельных, разобщенных подсистем. Он позволяет увидеть изучаемый объект как комплекс взаимосвязанных подсистем,

объединенных общей целью, раскрыть его интегративные свойства, внутренние и внешние связи [7].

Функционирование реальных логистических систем характеризуется наличием сложных стохастических связей как внутри этих систем, так и в их отношениях с окружающей средой. В этих условиях принятие частных решений без учета общей цели функционирования системы и предъявляемых к ней требований может оказаться недостаточным, а возможно, и ошибочным. Системный подход не существует в виде строгой методологической концепции. Это своего рода совокупность познавательных принципов, соблюдение которых позволяет определенным образом сориентировать конкретные исследования.

Системный подход, в свою очередь, опирается на следующие принципы:

- принцип последовательности продвижения по этапам создания системы. Соблюдение этого принципа означает, что система сначала должна исследоваться на макроуровне, т. е. во взаимоотношении с окружающей средой, а затем на микроуровне, т. е. внутри своей структуры;

- принцип согласованности информационных, надежных, ресурсных и других характеристик проектируемых систем;

- принцип отсутствия конфликтов между целями отдельных подсистем и целями всей системы [14].

Деятельность по управлению материальными потоками, так же как и производственная, торговая и другие виды деятельности, осуществлялась человеком, начиная с самых ранних времен его экономического развития. Новизна логистики заключается, прежде всего, в смене приоритетов между различными видами хозяйственной деятельности в пользу усиления значимости деятельности по управлению материальными потоками. Предприниматель лишь сравнительно недавно осознали, каким потенциалом повышения эффективности обладает сквозной мониторинг всех этапов движения сырья, деталей и готовой продукции в экономике [14].

Система взглядов на совершенствование хозяйственной деятельности путем рационализации материальных потоков является концепцией логистики. При этом

основным конструктивным принципом, на котором строится управление материальным потоком, является принцип системности, означающий организацию и осуществление закупок, хранение, производство, сбыт и транспортировку как единый процесс.

Материальные потоки в экономике складываются в результате действий многих участников, каждый из которых преследует свою собственную цель. Если участники смогут согласовать свою деятельность для рационализации совместного объекта управления – сквозного материального потока, то все вместе они получат существенный экономический выигрыш.

Рационализация материального потока возможна в пределах одного предприятия или даже его подразделения. Однако максимальный эффект можно получить, лишь оптимизируя совокупный материальный поток на всем протяжении от первичного источника сырья вплоть до конечного потребителя либо отдельные значительные его участки. При этом все звенья, которые проводят материалы цепи, т.е. все элементы макрологистических и микрологистических систем, должны работать как единый слаженный механизм. Для решения этой задачи необходимо подходить с системных позиций к выбору техники, проектированию взаимоувязанных технологических процессов на различных участках движения материалов, вопросам согласования зачастую противоречивых экономических интересов и другим вопросам, касающимся организации материальных потоков.

Природа материального потока: на своем пути к потреблению он проходит производственные, складские, транспортные звенья. Организуют и направляют материальный поток разнообразные участки логистического процесса.

Наряду с рассмотренными к исходным положениям (принципам) логистики относят также комплексность, научность, конкретность, конструктивность, надежность и вариантность. Кратко охарактеризуем каждый из перечисленных принципов логистики [15].

Комплексность:

- формирование всех видов обеспечения (развитой инфраструктуры) для осуществления движения потоков в конкретных условиях;

- координация действий непосредственных и опосредствованных участников движения ресурсов и продуктов;

- осуществление централизованного контроля выполнения задач, стоящих перед логистическими структурами фирм;

- стремление фирм к тесному сотрудничеству с внешними партнерами по товарной цепочке и установлению прочных связей между различными подразделениями фирм в рамках внутренней деятельности.

Научность:

- усиление расчетного начала на всех стадиях управления потоком от планирования до анализа, выполнение подробных расчетов всех параметров траектории движения потока;

- признание за квалифицированными кадрами статуса самого важного ресурса логистических структур фирмы.

Конкретность:

- четкое определение конкретного результата как цели перемещения потока в соответствии с техническими, экономическими и другими требованиями;

- осуществление движения с наименьшими издержками всех видов ресурсов;

- руководство логистикой со стороны учетно-калькуляционных подразделений или структурных органов, результаты, работы которых измеряются полученной прибылью.

Конструктивность:

- диспетчеризация потока, непрерывное отслеживание перемещения и изменения каждого объекта потока и оперативная корректировка его движения.

Выявление деталей всех операций материально-технического обеспечения и транспортировки товаров. Надежность:

- обеспечение безотказности и безопасности движения, резервирование коммуникаций, технических средств изменения траектории движения потока;

- широкое использование современных технических средств перемещения и управления движением; высокие скорости и качество поступления информации и технологии ее обработки.

Вариативность:

- возможность гибкого реагирования фирмы на колебания спроса и другие возмущающие воздействия внешней среды;

- целенаправленное создание резервных мощностей, загрузка которых осуществляется в соответствии с предварительно разработанными резервными планами фирмы.

Наряду с перечисленными принципами концепция логистики раскрывается также следующими положениями:

- учет логистических издержек на протяжении всей логистической цепи;

- гуманизация технологических процессов, создание современных условий труда;

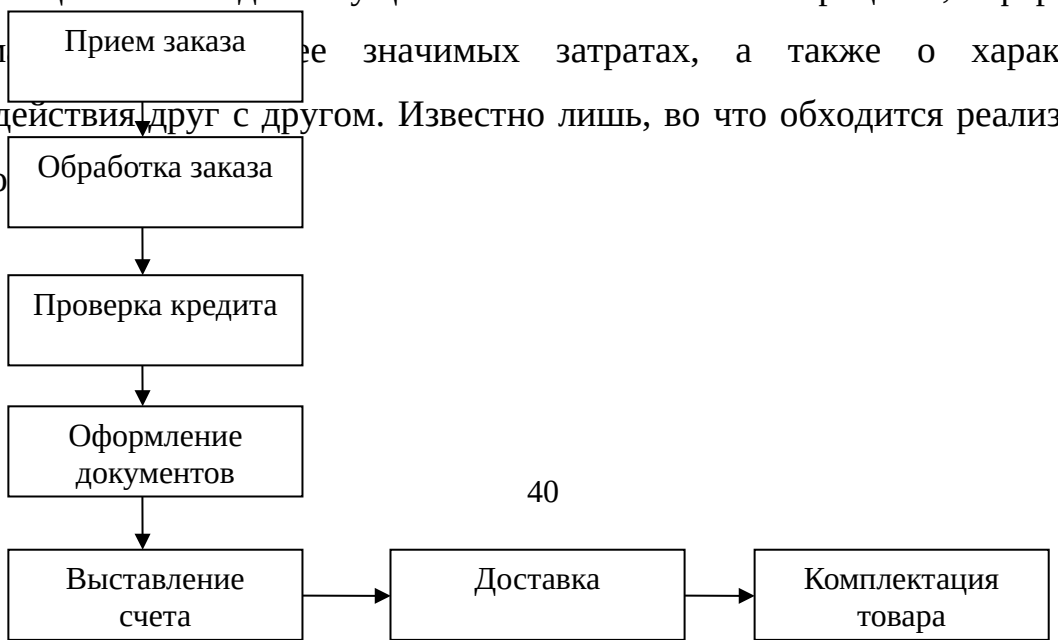
- развитие логистического сервиса.

Одна из основных задач логистики – управление затратами по доведению материального потока от первичного источника сырья до конечного потребителя. Однако управлять затратами возможно лишь в том случае, если их можно точно измерять. Поэтому системы учета издержек производства и обращения участников логистических процессов должны выделять затраты, возникающие в процессе реализации функций логистики, формировать информацию о наиболее значимых затратах, а также о характере их взаимодействия друг с другом. При соблюдении названного условия появляется возможность использовать важный критерий оптимального варианта логистической системы – минимум совокупных издержек на протяжении всей логистической цепи. Такие методы учета зачастую не обеспечивают возможности идентификации всей цепочки затрат, связанных с тем или иным процессом. Основная причина заключается в том, что калькуляция расходов осуществляется по отдельным функциональным областям, тогда как материальные потоки проходят «сквозь» организацию, взаимодействуя с множеством подразделений.

Традиционные методы учета объединяют издержки в крупные агрегаты, что не позволяет провести детальный анализ различных по происхождению затрат, учесть все последствия принятых управленческих решений, а также их воздействие на корпоративную организацию. В результате решения, принятые в одной функциональной области, приводят к непредвиденным результатам в других, смежных с ней.

Проблемы, связанные с определением суммарного воздействия системы движения материальных потоков на общую систему предприятия, чрезвычайно разнообразны. Логистика по своей природе «пронизывает» предприятие, оказывая существенное воздействие на множество его подсистем. Традиционные системы учета не позволяют определять это воздействие, агрегируя логистические издержки в другие группы корпоративных затрат. «Например, расходы, связанные с процессом продвижения заказа, складываются из множества специфических издержек, возникающих в самых разных сферах как показано на рис.1.5, и интегрировать их в единую статью расходов в рамках функционального учета весьма сложно».

Введем понятие бизнес-процесса, под которым будем понимать совокупность последовательных действий для решения какой-либо предпринимательской задачи. Бизнес-процессы пронизывают основные подразделения предприятия (закупка, производство, сбыт и пр.) по горизонтали. Традиционные методы учета, направленные на определение затрат по функциональным областям (по вертикали), не позволяют выделять затраты, возникающие в ходе осуществления сквозного процесса, формировать информ[illegible]ее значимых затратах, а также о характере их взаимодействия друг с другом. Известно лишь, во что обходится реализация той или ино



40

Рис.1.5. Декомпозиция процесса продвижения заказа

Учет издержек по бизнес-процессам дает наглядную картину того, как формируются затраты, связанные с обслуживанием клиента, какова доля в них каждого из подразделений. Суммируя все расходы по горизонтали, можно определить затраты, связанные с отдельным процессом. Таким образом, оказываются детерминированными как показатели сквозного материального потока (в данном случае бизнес-процесса), так и отдельные специфические издержки, возникающие в различных подразделениях.

Практическое применение концепции учета издержек по бизнес-процессам предполагает выявление всех вовлеченных в бизнес-процесс подразделений и определение изменения затрат, вызванного отказом от данного бизнес-процесса.

Другими словами, должны быть определены расходы, которые могут быть предотвращены, если данный товар не будет изготовлен и доведен до клиента.

Одним из значимых элементов логистических систем являются кадры, т. е. специально обученный персонал, способный с необходимой степенью ответственности выполнять свои функции. Однако работа в сфере управления материальными потоками не актуально, что объясняет наличие здесь вечной проблемы кадров. Логистический подход, усиливая общественную значимость деятельности в этой сфере, создает объективные предпосылки для привлечения в отрасль кадров, обладающих более высоким трудовым потенциалом. При этом должны адекватно совершенствоваться условия труда. Иначе говоря, если нет

современных условий труда и перспектив карьеры, то нет и дисциплинированного, дееспособного, квалифицированного персонала, а значит, элемент «кадры» в логистической системе будет так называемым «узким местом».

Рассмотрим последнюю составляющую логистической концепции – развитие логистического сервиса.

Нишу на рынке можно занять:

- повышая качество товара;

- выпуская новый товар;

- повышая уровень логистического сервиса.

Применение первых двух стратегий объективно ограничено необходимостью больших капитальных вложений. Третий путь гораздо дешевле, поэтому все большее число предпринимателей обращается к логистическому сервису как к средству повышения конкурентоспособности [4].

1.6 Виды логистических систем

Микрологистическая система – подсистема, структурная составляющая макрологистической системы, класс внутрипроизводственных логистических систем, в состав которых входят технологически связанные производства, объединенные единой инфраструктурой. Например: производственные и торговые предприятия, территориально-производственные комплексы.

Макрологистическая система – это крупная система управления материальными потоками, охватывающая предприятия и организации промышленности, посреднические, торговые и транспортные организации различных ведомств, расположенных в разных регионах страны или в разных странах. Макрологистическая система представляет собой определенную инфраструктуру экономики региона, страны или группы стран.

На уровне макрологистики выделяют три вида систем [5, 16].

1. Логистические системы с прямыми связями: материальный поток проходит непосредственно от производителя продукции к ее потребителю, минуя посредников (рис.1.6).

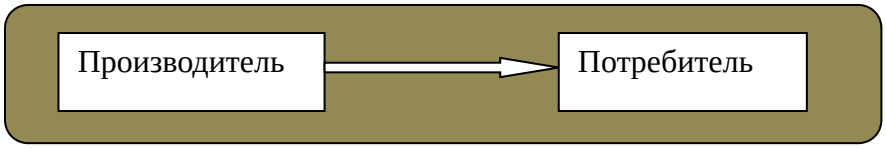


Рис.1.6. Логистические системы с прямыми связями

1 Эшелонированные **логистические** системы: на пути материального потока есть хотя бы один посредник (рис.1.7).

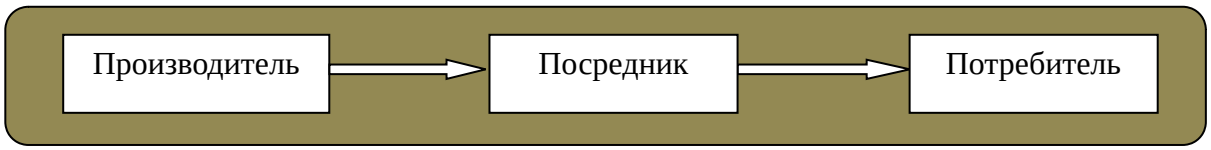


Рис.1.7 Эшелонированные логистические системы

2 Гибкие логистические системы. Здесь движение материального потока от производителя продукции к ее потребителю может осуществляться как напрямую, так и через посредников (рис.1.8).

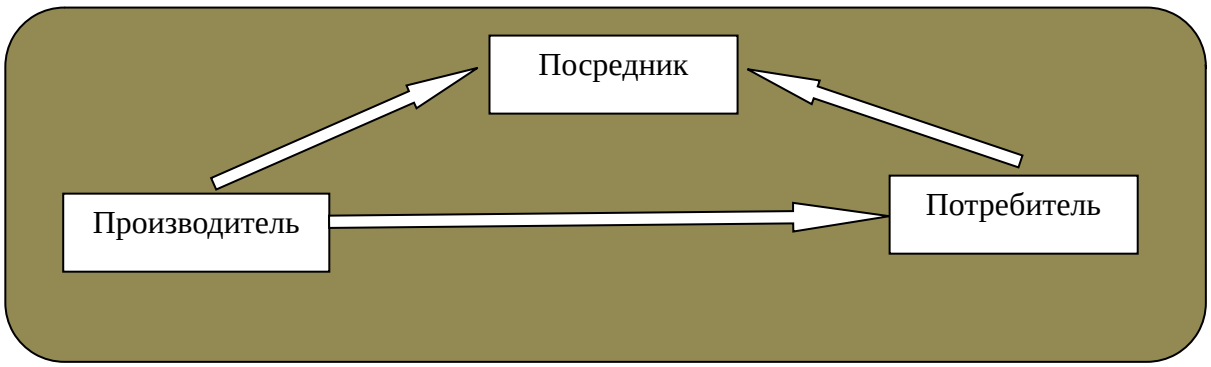


Рис.1.8 Гибкие логистические системы

Логистические система имеет определенные границы (рис.1.9), которые задаются циклом обращения средств производства. Вначале закупаются средства производства. Они, в виде материального потока, поступают в логистическую логи систему и затем уходят из логистической системы в потребление в обмен на поступающие в логистическую систему финансовые ресурсы.

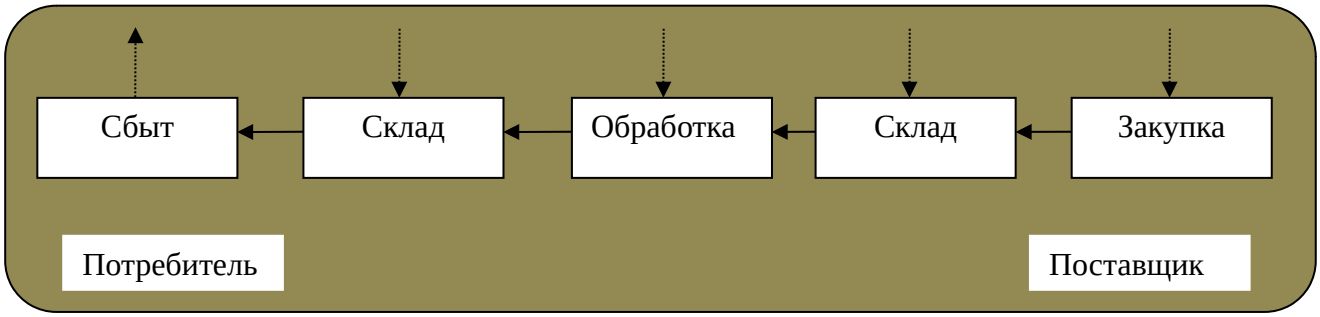


Рис.1.9 Границы логистической системы

1.7. Системный подход в логистике

Создание исправно работающей логистической системы требует четкого представления о функционировании сложных систем. Предметом логистики является комплексное управление, которое предполагает использование системного подхода. Общая теория систем – это научное направление, вязанное с разработкой совокупности философских, методологических, конкретно-научных и прикладных проблем анализа и синтеза сложных систем производственной природы [5,17].

Основными инструментами общей теории систем являются системные исследования, системный подход, системный анализ.

Системные исследования – это совокупность научных, технических и экономических проблем, которые сходны в понимании и рассмотрении исследованных объектов с точки зрения систем и выступают как единое целое.

Системный подход – комплексное изучение объекта исследования как единого целого с позиции системного анализа.

Системный анализ – методология исследования любых объектов посредством представления их в качестве систем и анализа этих систем.

Системный подход нацеливает на понимание того, каким образом закономерности, наблюдаемые в пограничных областях, могут быть поняты как частные случаи общих закономерностей. Он предполагает выявление между составными частями изучаемого объекта связей, характеризующих его как единое целое, представление его, в конечном счете, как системы взаимосвязанных, взаимообусловленных компонентов.

Системный подход предусматривает интегральную целостность, единство, выделение установки на выявление интегративных проявлений. Первостепенное значение в методологии системного подхода придается категории «целое». Суть подхода выражена афоризмами: «целое больше суммы входящих в него частей» или «главное, что характеризует целое, отсутствует у его частей» в противовес элементарную подходу, цель которого любой сложный объект разложить на элементы, на части, выделив простейшие «кирпичики», и тем самым объяснить целое.

Принципиальным для системного подхода является понимание, прежде всего, того, что система – это не просто объединение частей, не конгломерат элементов, а строго упорядоченная их совокупность, взаимосвязь друг с другом, таким образом, что они образуют некоторое целое, интегральное, не сводимое к своим частям. Таким образом, одним из фундаментальных признаков системы является ее целостность, единство. Отсюда центральное место в системном подходе занимает установка на выявление интегративных факторов.

Все эти положения системного подхода нацеливают исследователя, прежде всего на то, чтобы в процессе изучения целого объекта постоянно фокусировать внимание именно на тех его признаках, которые характеризуют данный объект как целое. Части его рассматриваются при таком подходе не в отрыве друг от друга, и не как конечный пункт познания, а лишь как стороны целого, тесно

взаимосвязанные в рамках единой системы. Требуя целостного осмысления изучаемых объектов и их комплексов, системный подход вовсе не отвергает необходимости анализа их внутреннего состава и строения. Чем сложнее система, тем больше может быть в ней внутренних «уровней организации», представленных подсистемами различной степени сложности, которые важно учитывать для понимания основ системы.

Итак, сформулируем следующее определение.

Система – множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, образующих определенную целостность, единство.

Основными признаками системы являются следующие:

- Целостность и членимость. Система есть целостная совокупность элементов, взаимодействующих друг с другом (рис.1.10). Следует иметь в виду, что элементы существуют лишь в системе. Вне системы это лишь объекты, обладающие потенциальной способностью образования системы. Элементы системы могут быть разнокачественными, но одновременно совместимыми.

- Структура. Наличие системных факторов у элементов системы лишь предполагает возможность ее создания. Для появления системы необходимо сформировать упорядоченные связи,
т. е. определенную структуру, организацию системы.

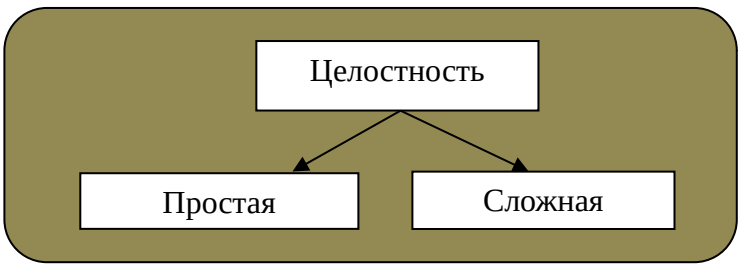


Рис.1.10. Признаки системы (целостность)

- Интегративные качества. Наличие у системы интегративных качеств, т. е. качеств, присущих системе в целом, но не свойственных ни одному из ее элементов в отдельности.

- **Внутренние** связи. Между элементами системы имеются существенные связи, которые с закономерной необходимостью определяют интегративные качества этой системы (рис.1.11).

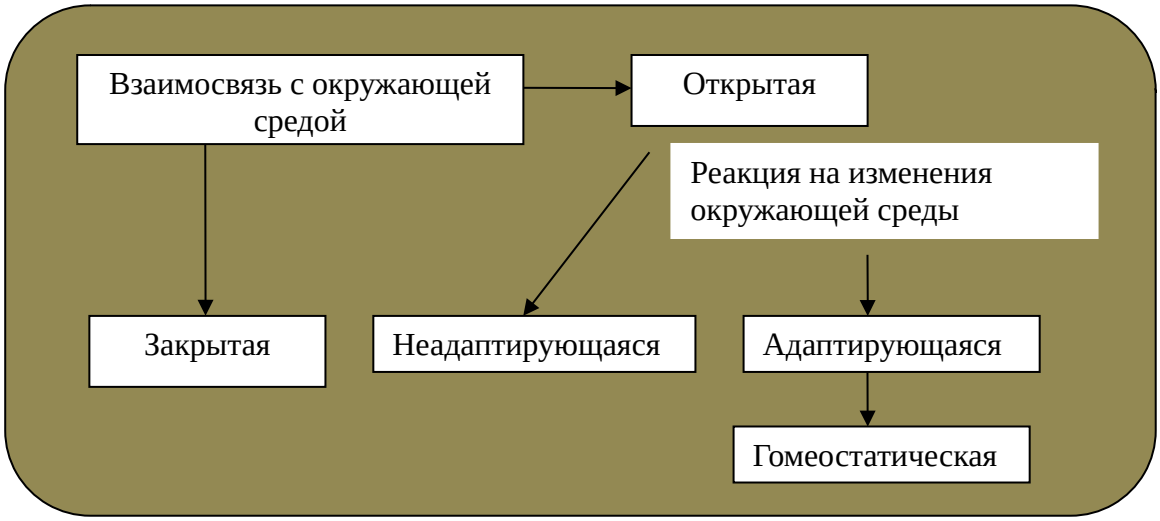


Рис1.11. Признаки системы (взаимосвязь с окружающей средой

Связи могут быть вещественные, информационные, прямые, обратные и т. д. Связи между элементами внутри системы должны быть более мощными, чем связи отдельных элементов с внешней средой, так как в противном случае система не сможет существовать. По отношению к окружающей среде система может быть открытой или закрытой.

Гомеостатическая система — открытая система, обладающая способностью к сохранению постоянства своего внутреннего состояния посредством скоординированных реакций, направленных на поддержание динамического равновесия.

Свойства гомеостатической системы:

- нестабильность – система сама тестирует, каким образом лучше приспособиться к изменяющимся условиям окружающей среды;

- стремление к равновесию – вся внутренняя, структурная и функциональная организация систем способствует сохранению баланса;

- непредсказуемость – результирующий эффект от определённого действия зачастую может отличаться от того, который ожидался [18].

1.7.1. Виды моделей логистических систем

Популярными инструментами логистики являются различные методы моделирования.

Логистическая модель – любой образ, абстрактный или материальный, логистического процесса или логистической системы, используемый в качестве их заместителя. Основная цель моделирования – прогноз поведения системы.

С целью упорядочивания способов моделирования необходимо их классифицировать. Одним из распространенных признаков классификации является степень соответствия модели моделируемому объекту. По этому признаку все модели можно разделить: изоморфные и гомоморфные [5, 19].

Изоморфные модели – это модели, обладающие всеми характеристиками объекта-оригинала и способные заменить его. Модель данного вида дает точные знания об объекте и позволяет получить достоверный прогноз о будущем состоянии системы.

Гомоморфные модели **–** модели, являющиеся частичным подобием объекта, получение абсолютного подобия невозможно, не все стороны функционирования реального объекта подлежат моделированию.

Другим важным признаком классификации является материальность модели. В соответствии с этим признаком все модели можно разделить: материальные и абстрактные (рис.1.12).

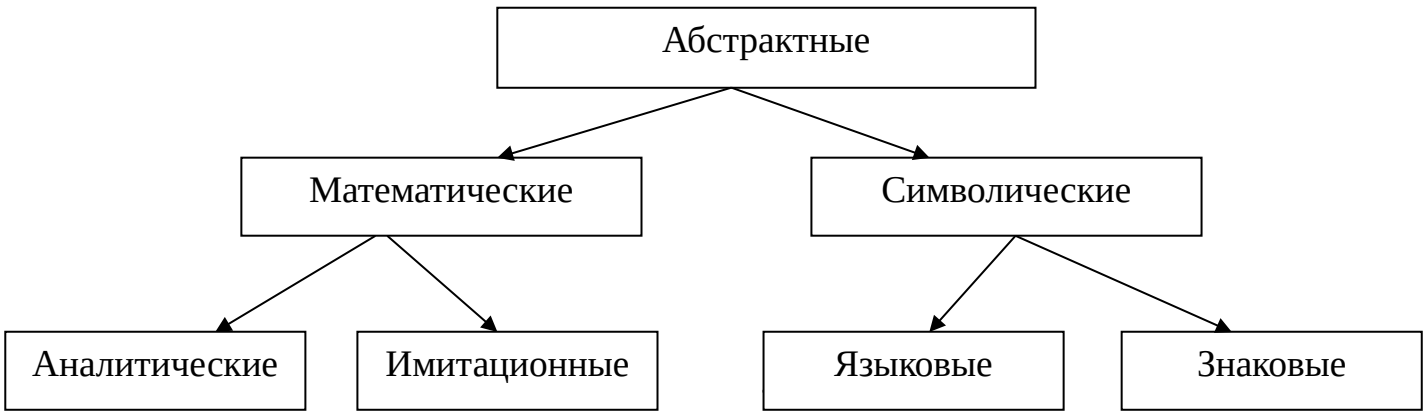


Рис.1.12. Абстрактные модели

Материальные модели – различные виды моделей, отображающие объект с помощью различных видов материи (обычно воспроизводят основные геометрические, физические, динамические и функциональные характеристики изучаемого явления или объекта).

Абстрактные модели – модели, позволяющие создавать подобие реального объекта с его параметрами и функциями, очень широко применяются в логистике. Их подразделяют: символические и математические.

К символическим моделям относят языковые и знаковые.

Языковые модели – это словесные модели, в основе которых лежит набор слов (словарь, «тезаурус»), очищенный от неоднозначности. В нем каждому слову может соответствовать лишь единственное понятие, в то время как в обычном словаре одному слову могут соответствовать несколько понятий.

Знаковые модели – это модели, использующие условные обозначения для отдельных понятий и операций.

Математическая модель – математический объект, поставленный в соответствие реальному объекту. В логистике широко применяются два вида математического моделирования: аналитическое и имитационное.

Аналитическое моделирование – это математический прием исследования логис[illegible]13).

Этап 1

Формулировка математических законов, связывающих объекты системы

Этап 2

Решение уравнений, получение теоретических результатов

Этап 3

Сопоставление полученных теоретических результатов с практикой

Рис.1.13. Последовательность этапов аналитического моделирования

Имитационное моделирование позволяет получать возможные результаты путем варьирования входящих параметров, при этом логистический процесс остается для экспериментатора «черным ящиком». Имитационное моделирование включает в себя два основных процесса: первый – конструирование модели реальной системы; второй – постановка экспериментов на этой модели [5, 20].

1.7.2. Принципы системного подхода

Логистическая система, моделирующая промышленное предприятие, безусловно, относится к классу сложных систем, причем не вполне детерминированных. Функционирование реальных логистических систем характеризуется наличием сложных стохастических связей как внутри этих систем, так и в их отношениях с окружающей средой. В этих условиях принятие частных решений, без учета общих целей функционирования системы и предъявляемых к ней требований, может оказаться недостаточным, а, возможно, и ошибочным. Именно поэтому методологической основой сквозного управления материальным потоком в логистике является системный подход. Его суть – рассмотрение объектов как систем, что позволяет исследовать трудно наблюдаемые свойства и отношения в объектах [5, 21].

Системный подход означает, что каждая система является интегрированным целым даже тогда, когда она состоит из отдельных, разобщенных подсистем. Системный подход позволяет увидеть изучаемый объект как комплекс

взаимосвязанных подсистем, объединенных общей целью, раскрыть его интегративные свойства, внутренние и внешние связи. Системный подход не существует в виде строгой методологической концепции.

Это своего рода совокупность познавательных принципов, соблюдение которых позволяет определенным образом сориентировать конкретные исследования. Обобщая вышесказанное, можно утверждать, что системный подход в логистике – это способ мышления по отношению к организации и управлению [5,22].

При формирование логистических систем должны учитываться следующие принципы системного подхода:

- единства (производится совместное рассмотрение системы как единого целого и как совокупности частей);

- развития (учитывается изменяемость системы, ее способность к развитию и накапливанию информации);

- глобальной цели (оптимальная цель каждой подсистемы может не являться главной стратегической целью системы в целом);

- функциональности (хотя структура системы рассматривается совместно с функциями, последние имеют больший приоритет);

- иерархии (учитывается соподчиненность и ранжирование частей системы);

- неопределенности (допускаются вероятностные события).

Существо системного подхода отчетливо проявляется при его сравнении с классическим индуктивным подходом к формированию систем. Классический подход означает переход от частного к общему (индукция). Формирование системы при классическом подходе к этому процессу происходит путем слияния ее компонентов, разрабатываемых отдельно. В отличие от классического, системный подход предполагает последовательный переход от общего к частному, когда в основе рассмотрения лежит конечная цель, ради которой создается система.

Этапы индуктивного формирования системы:

- определяются цели функционирования отдельных подсистем;

- анализируется информация, необходимая для формирования отдельных подсистем;

- формируются подсистемы, которые в совокупности образуют работоспособную систему.

Этапы формирования системы при системном подходе:

- определяются и формулируются цели функционирования системы;

- на основании анализа цели функционирования системы и ограничений внешней среды определяются требования, которым должна удовлетворять система;

- на базе этих требований формируются, ориентировочно, некоторые подсистемы;

- синтез системы – анализ различных вариантов и выбор подсистем, организация их в единую систему.

Используются критерии выбора. В логистике один из основных методов синтеза систем – моделирование [5,23].

1.8. Постановка задачи

В логистике требуется обеспечить прохождение материального потока от начальной до конечной точки его траектории с наименьшими затратами живого и овеществленного труда. Для этого нужно исследовать особенности системы, выбрать метод, построить алгоритм и математическую модель. Математические модели отображают процесс или объект с помощью математической символики. Такие модели, как правило, имеют иллюстративный характер.

Целью данной диссертационной работы является разработка информационной системы для поддержки принятия решений логистических задач, а также разработка инструментальных программных средств исследования вариантов построения логистической системы и выбора лучших из них.

Для достижения данной цели следует решить задачи:

- разработка моделей и методов логистической системы транспортного хозяйства;

- создание на основе результатов исследование, метода сетевого планирования, применение транспортной задачи;

- разработка программного пакета для исследования логистической системы доставки груза.

Основные задачи:

- сбор и анализ материала о деятельности транспортного хозяйства;

- исследование предметной области;

- использование математических методов и моделей в логистических задачах;

- выбор метода и применение его для решения логистической задачи;

- разработка моделей и методов сетевого планирования, применяемых для качественного планирования маршрутов при транспортировке продукции, снижение расходов на транспортную логистику;

- разработка моделей и методов транспортной задачи для формирования оптимального маршрута в логистических системах.

- разработка универсального программного пакета по моделированию параметров и процессов логистической системы.

ГЛАВА 2.МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЛОГИСТИКЕ

2.1. Основные понятия об экономико-математических методах и моделях в логистике

Логистические потоковые процессы в форме системы товародвижения на практике образуют следующие блоки [1, 27]:

1) закупки (снабжение);

2) сбыт (продажи);

3) перемещение (транспортировка);

4) складирование (запасы).

Каждое предприятие в силу универсальности логистики – в той или иной мере выполняет указанные блоки в своей производительно - коммерческой деятельности. Вследствие чего, эти блоки увязываются в единую систему с помощью управления как показано на рис.2.1.

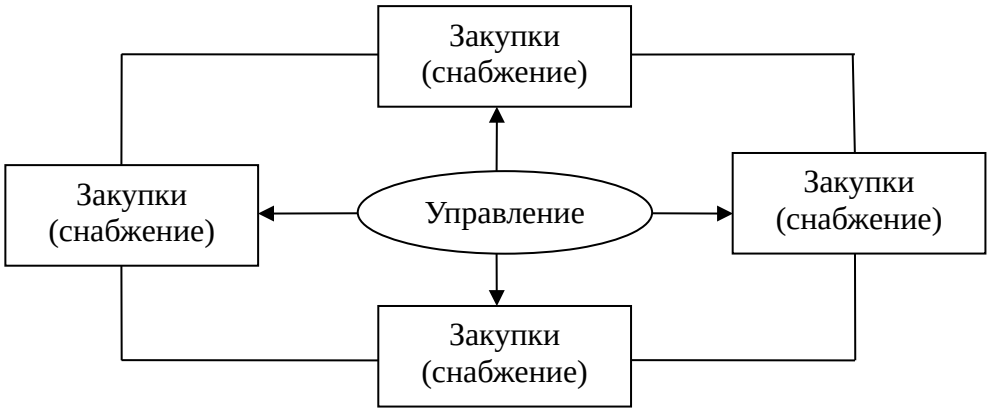


Рис.2.1 Логистический функциональный блок

Как следует из рисунка .2.1, управление есть тот инструмент, который обеспечивает системность процессов логистики и их результативность, а вместе с этим – результативность производственно-коммерческой деятельности. Результативность в логистике выражается количественно, а поэтому управление включает математические методы.

Таким образом, при рассмотрении математических методов и моделей в логистике исходным положением являются теория и практика управления. Следует иметь в виду, что в числе величин, которыми оперирует математика в логистике, важное место занимают стоимостные, т.е. экономические, параметры. Именно поэтому в логистике речь идет об экономико-математических методах и моделях. Так, в частности, в указанных моделях – в зависимости от моделируемых ситуаций – используются следующие стоимостные параметры:

1) стоимость выполнения заказа (поставки);

2) стоимость содержания единицы запаса за определенный период;

3) постоянные (условно-постоянные) расходы;

4) стоимость перевозки единицы груза;

5) убытки от отказа в обслуживании;

6) убытки от простоя транспортных или иных технических средств;

7) потери от дефицитов товаров.

Перечисленные параметры конкретизируются в зависимости от моделируемых ситуаций.

Кроме того, в ряде моделей, прежде всего динамических, присутствуют временные параметры (интервалы поставок, время хранения запаса, время транспортировки и т. п.), которые в свою очередь также определяют стоимостные характеристики логистических процессов.

Логистика предусматривает управление движением материальных и финансовых потоков в цепях поставок. Управление есть комплекс управляющих воздействий на потоковые процессы, т. е. на логистические процессы и операции (рис.2.1).

В логистике требуется обеспечить прохождение материального потока от начальной до конечной точки его траектории с наименьшими затратами живого и овеществленного труда. Однако для принятия управленческого решения требуется модель управляемого процесса. Таким образом, модель представляет собой отображение управляемого процесса или отображение процесса или объекта в целях управления или изучения. Любое отображение – есть модель.

Модели бывают абстрактные и физические. Физические модели строятся с помощью физических тел, например в виде макетов. Для построения абстрактных моделей требуется язык, так в частности словесные описания процесса или объекта будут его моделью. Такие модели называются вербальными. Вербальные модели недостаточно точно отображают моделируемый объект, что обусловлено объективными свойствами обычного живого языка.

Качество модели характеризуется ее адекватностью, т. е. степенью приближения к реальному процессу или объекту. Максимальной адекватностью обладают математические модели, т. е. модели, построенные с помощью математического языка. В данном случае математический язык объективно является точным и лаконичным.

Математические модели отображают процесс или объект с помощью математической символики**,** что дает основание говорить о математической орфографии. Такие модели, как правило, имеют иллюстративный характер.

В современных условиях логистические процессы могут быть также выражены с помощью массива цифр при использовании компьютерных технологий. Цифровые компьютерные модели также входят в разряд математических моделей, поскольку отражают количественную сторону логистических процессов. Классификация моделей представлена на рис.2.2.

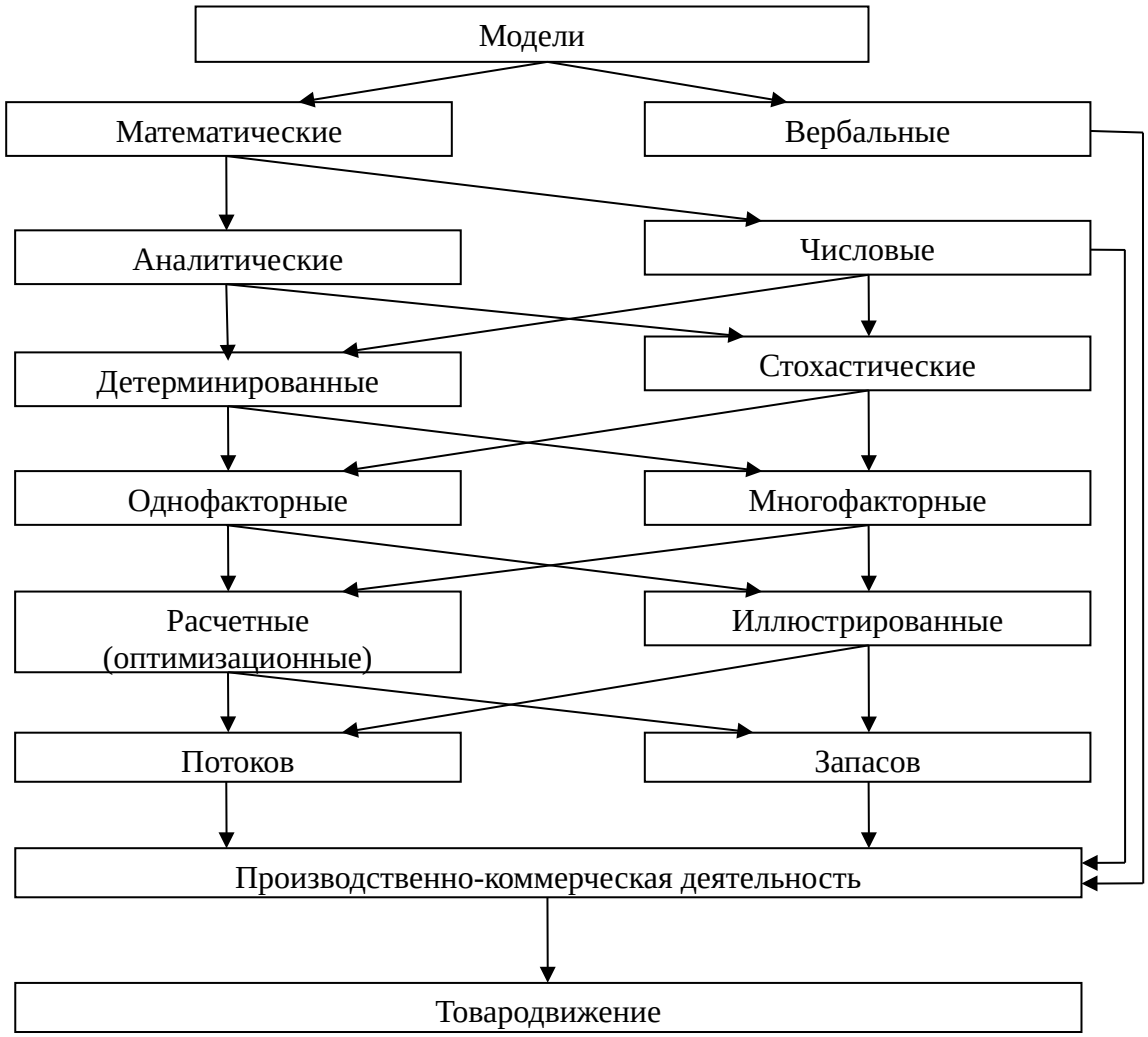


Рис.2.2 Классификация экономико-математических моделей в логистике

В приведенной классификации следует обратить внимание на группу расчетных моделей, которые по своей сущности являются оптимизационными. Данное утверждение обосновывается тем, что модели указанной группы имеют целью получения наилучшего, т. е. оптимального результата.

Математическая модель предопределяет и методы решения. Любая модель в той или иной форме содержит целевую функцию и ограничения. Поэтому модель может интерпретироваться как задача, в которой даны исходные данные и требуется определить значение искомых величин. Нахождение этих величин и определяет метод решения задачи для построенной модели. Методы могут интерпретироваться как модели, доведенные до численного результата. В логистике в ряде случаев методы и модели могут совпадать как показано на рис.2.3 [35].

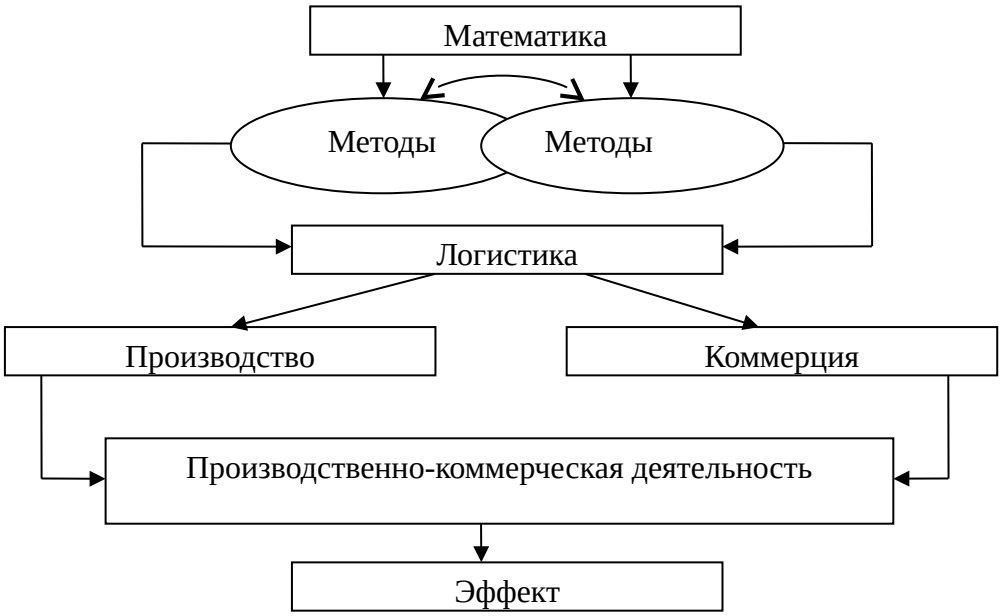


Рис.2.3 Взаимосвязь методов и моделей

Процесс построения модели именуется как процесс моделирования или просто моделирование той или иной логистической операции.

Таким образом, имеет место следующая последовательность [1, 24,35]:

1) наличие ситуации в том или ином логистическом процессе;

2) характеристика этой ситуации;

3) выявление проблемы - выявление той проблемы, которую ставит данная ситуация;

4) характеристика проблемы;

5) определение цели;

6) постановка задачи;

7) построение модели;

8) исследование модели и выявление метода;

9) разработка алгоритма - «правила - решения» задачи согласно модели;

10) процесс решения - осуществляется с помощью разработанного алгоритма;

11) принятия решений;

12) выполнение решения (полученное управленческое решение преобразовывается в управляющие воздействия, которые и доводятся до управляемого процесса логистической системы);

13) результат;

14) анализ результата.

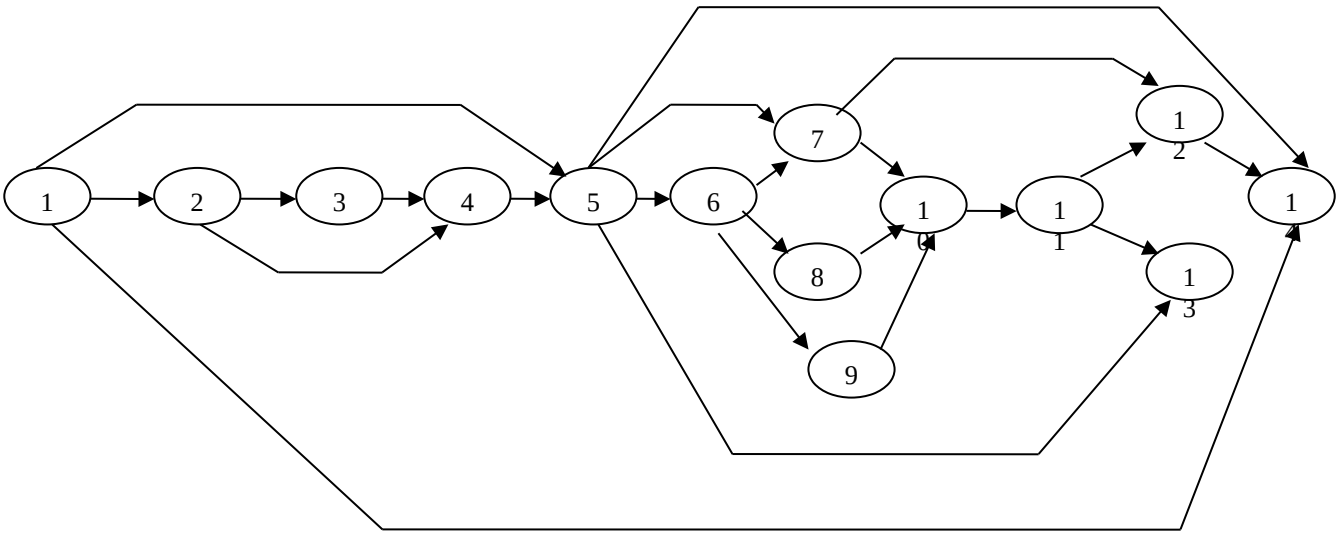


Рис. 2.4 Сетевой график моделирования ситуации в логистике

С помощью результатов анализа определяются степень адекватности модели и эффективность методов ее решения, на основании этого анализа в модель и в метод вносятся определенные коррективы. Представленная последовательность действий может быть изображена в виде сетевого графика (рис.2.4).

Как показывает график на рис.2.4, процесс моделирования логистических ситуаций является сложным, поскольку ряд действий выполняется параллельно, некоторые действия непосредственно и опосредованно связаны между собой. Так, в частности, при анализе результата внедрения управленческого решения (событие 14) учитывается исходная ситуация (событие 1) и поставленная цель решения проблемы (событие 5). При всей сложности моделирования прослеживаются этапы: «ситуация – модель – метод – результат». Из этого следует, что модель является первичной по отношению к методу.

В ситуациях, связанных с логистической деятельностью, присутствуют экономические, а точнее, коммерческие составляющие. Так, в частности, многие модели предусматривают минимизацию затрат на те или иные логистические процессы или операции. Однако к настоящему времени логистика под влиянием практики и накопленной научной информации подразделилась на отдельные, относительно самостоятельные логистические научные дисциплины – функциональные и отраслевые (предметные). С точки зрения применения экономико-математических методов и моделей логистика включает следующие логистические научные дисциплины:

1. Коммерческая логистика, в том числе логистика закупочная (снабжения) и распределительная (сбытовая).

2. Производственная (внутрипроизводственная) логистика.

3. Транспортная логистика.

4. Складская логистика.

Перечисленные логистики являются наиболее распространенными, но при этом функционируют такие логистики, как услуг, недвижимости и др. Основные

логистические дисциплины как объекты экономико-математических методов и моделей представлены в таблице 2.1 [36].

Таблица 2.1

Математические методы и модели в логистических дисциплинах

Методы	**Модели**	**Логистические дисциплины**
1. Классический математический анализ	Оптимальный размер партий поставок (формулы Уилсона)	Коммерческая логистика
	Расположение баз снабжения (Оптимизация модель). Прикрепление предприятий потребителей к базам снабжения (Гравитационная модель)	Складская логистика
	Межотраслевые потоки (Модель межотраслевого баланса)	Коммерческая логистика
2. Теория вероятностей	Законы распределения стохастических логистических величин	Логистики: коммерческая, производственная, транспортная, складская
	Модели приемки продукции	Коммерческая логистика
3. Математическая статистика	Корреляционно-регрессионные модели	Коммерческая логистика
4. Теория массового обслуживания	Модели работы логистических систем (складов, магазинов и др.)	транспортно - складская логистика
5. Линейное программирование	Транспортная задача	Транспортная логистика
	Задача на раскрой материалов	Производственная логистика
	Задача ассортиментной загрузки производства	Коммерческая логистика
6.Теория графов (теория сетевого планирования и управления)	Сетевые модели (сетевые графики)	Логистики: коммерческая, производственная
Теория игр	Максиминные и минимаксные стратегии	Логистический менеджмент
8.Гармонический анализ	Модели периодических колебаний логистических величин (спрос, продаж, расходования материалов)	Логистики: коммерческая, производственная

Сведения, приведенные в таблице 2.1, показывают, с одной стороны, соотношение понятий методов и моделей, а с другой стороны, охват разделами

математики совокупности основных логистических научных дисциплин. В этом смысле метод есть инструмент для построения модели.

С помощью результатов анализа определяются степень адекватности модели и эффективность методов ее решения, на основании этого анализа в модель и в метод вносятся определенные коррективы [1, 31].

2.2. Транспортная задача

Одной из важнейших задач линейного программирования является транспортная задача, т.е. задача такого наиболее рационального прикрепления пунктов отправления грузов к пунктам их назначения, чтобы общая стоимость перевозок была минимальной [8, 25].

Являясь одной из задач линейного программирования, транспортная задача, конечно, может быть принципиально решена алгоритмом симплекс-метода. Но непосредственное применение симплекс-метода к транспортной задаче обычно нецелесообразно, так как, являясь универсальным методом решения любой задачи линейного программирования, он не учитывает специфики условий транспортной задачи, и применение симплекс-метода к ее решению оказывается слишком громоздким.

Общая постановка транспортной задачи.

В данных m пунктах производится некоторый однородный продукт в количествах соответственно a_1, a_2, …, a_m единиц. Этот продукт следует доставить в n заданных пунктов назначения, потребляющих его соответственно в количествах b_1, b_2, …, b_n. Пусть стоимость перевозки единицы продукта из i-го пункта производства в j-й пункт назначения (потребления) равна c_{ij}, а соответствующее количество единиц перевозимого продукта равно x_{ij} (i = 1, …, m; j = 1, …, n). Условия задачи записываются компактно в виде следующей таблицы (двойной матрицы):

b_j	b_1	b_2	…	…	b_n

a_i					
a_1	c_{11} x_{11}	c_{12} x_{12}	…	…	c_{1n} x_{1n}
a_2	c_{21} x_{21}	c_{22} x_{22}	…	…	c_{2n} x_{2n}
…	…	…	…	…	…
a_m	c_{m1} x_{m1}	c_{m2} x_{m2}	…	…	c_{mn} x_{mn}

Совокупность m × n чисел x_{ij}, т.е. матрицу $\| x_{ij} \|$, называют планом перевозок, а матрицу $\| c_{ij} \|$ − матрицей транспортных издержек.

План называется допустимым, если числа x_{ij} удовлетворяют следующим естественным условиям:

$$\left.\begin{array}{l} x_{ij} \geq 0 \quad (i = 1, \ldots, m;\ j = 1, \ldots, n) \\ x_{i1} + x_{i2} + \ldots + x_{in} = a_i \quad (i = 1, \ldots, m) \\ x_{1j} + x_{2j} + \ldots + x_{mj} = b_j \quad (j = 1, \ldots, n) \end{array}\right\}, \qquad (2.1)$$

в которых первые m равенств означают, что из каждого пункта производства вывозится весь произведенный продукт, а последние n равенств означают, что каждый пункт потребления полностью удовлетворяется.

Транспортная задача заключается в отыскании среди допустимых планов оптимального, т.е. такого, по которому общая стоимость перевозок

$$z = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} x_{ij} \qquad (2.2)$$

минимальна.

Таким образом, транспортная задача относится к задачам линейного программирования и решается алгоритмом симплекс-метода. Однако ввиду исключительной практической важности этой задачи и специфики ограничений (18) [9]:

а) ограничения заданы в виде уравнений;

б) каждая неизвестная входит лишь в два уравнения;

в) коэффициенты при неизвестных – единицы,

для ее решения созданы специальные алгоритмы, значительно менее громоздкие, чем алгоритм симплекс-метода. Один из них – рассмотренный ниже метод потенциалов – представляет собой приспособление общего метода Л.В. Канторовича для решения транспортной задачи и предложен Л.В. Канторовичем и М.К. Гавуриным и несколько позже, независимо от них, Данцигом.

Необходимым и достаточным условием разрешимости транспортной задачи является равенство всех запасов груза в пунктах отправления потребностям в этих грузах в пунктах назначения:

$$\sum_{i=1}^{m} a_i = \sum_{j=1}^{n} b_j \qquad (2.3)$$

Иногда это равенство не выполняется, т.е. либо запасы груза превышают потребность в пунктах назначения:

$$\sum_{i=1}^{m} a_i > \sum_{j=1}^{n} b_j \qquad (2.4)$$

либо потребность в пунктах назначения превышает запас груза:

$$\sum_{i=1}^{m} a_i < \sum_{j=1}^{n} b_j \qquad (2.5)$$

Для этих случаев также может быть поставлена задача о построении плана перевозок с минимальными транспортными расходами.

Для отыскания оптимального плана перевозок в случае превышения запаса над потребностью:

$$\sum_{i=1}^{m} a_i > \sum_{j=1}^{n} b_j \qquad (2.6)$$

вводят фиктивный (n + 1)-й пункт назначения с потребностью:

$$b_{n+1} = \sum_{i=1}^{m} a_i - \sum_{j=1}^{n} b_j \qquad (2.7)$$

и полагают стоимости перевозок грузов в этот пункт равными нулю: $c_{i,n+1} = 0$ (i = 1, …, m). Полученная новая задача является уже обычной транспортной задачей, так как для нее выполняется равенство $\sum_{i=1}^{m} a_i = \sum_{j=1}^{n+1} b_j$.

Нетрудно показать, что план $\|x_{ij}\|_{m,n}$, полученный из оптимального плана $\|x_{ij}\|_{m,n+1}$ новой задачи, является оптимальным планом исходной задачи, так как наличие лучшего плана старой задачи привело бы к наличию лучшего (чем оптимальный) плана новой задачи, что невозможно.

Аналогично при:

$$\sum_{i=1}^{m} a_i < \sum_{j=1}^{n} b_j \qquad (2.8)$$

вводим фиктивный (m + 1)-й пункт отправления с запасом груза:

$$a_{m+1} = \sum_{j=1}^{n} b_j - \sum_{i=1}^{m} a_i \qquad (2.9)$$

и со стоимостями перевозок $c_{m+1,j} = 0$ (j = 1, …, n). Этим задача сводится к обычной транспортной задаче, из оптимального решения которой можно, как выше, получить оптимальное решение исходной задачи.

Метод потенциалов.

Далее воспользуемся для транспортной задачи следующей таблицей.

c_{11}	…	c_{1j}	…	c_{1n}	a_1

…	…	…	…	…	…
c_{i1}	…	c_{ij}	…	c_{in}	a_i
…	…	…	…	…	…
c_{m1}	…	c_{mj}	…	c_{mn}	a_m
b_1	…	b_j	…	b_n	a_i / b_j

Величины перевозок x_{ij} будут заноситься в левые нижние углы клеток (i, j) по мере построения плана.

Набором будем называть произвольную совокупность клеток, а цепью – наборы вида

$$(i_1, j_1),\ (i_1, j_2),\ (i_2, j_2),\ (i_2, j_3),\ldots$$

или

$$(i_1, j_1),\ (i_2, j_1),\ (i_2, j_2),\ (i_3, j_2),\ldots,$$

так что каждая пара соседних клеток цепи расположена либо в одной строке, либо в одном столбце таблицы 2, причем никакие три клетки цепи не лежат в одной строке (столбце).

Если последняя клетка лежит в одном столбце (строке) с первой, т.е. если цепь имеет вид

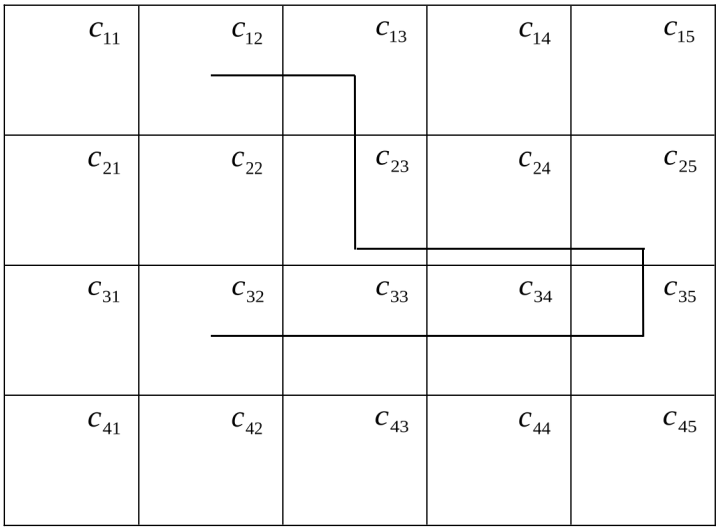
$$(i_1, j_1),\ (i_1, j_2),\ (i_2, j_2),\ (i_2, j_3),\ \ldots,\ (i_k, j_1)$$

или

$$(i_1, j_1),\ (i_2, j_1),\ (i_2, j_2),\ (i_3, j_2),\ \ldots,\ (i_1, j_k),$$

то такую замкнутую цепь назовем циклом.

В нижеприведенной таблице изображен цикл (1, 2), (1, 3), (3, 3), (3, 5), (4, 5), (4, 2).



Ациклическим будем называть любой допустимый план перевозок $X = \|x_{ij}\|_{m,n}$, если набор клеток с отличными от нуля элементами x_{ij} этого плана не содержит ни одного цикла. Как будет впоследствии показано, оптимальный план перевозок достаточно искать среди ациклических и число N элементов $x_{ij} > 0$ любого ациклического плана удовлетворяет неравенствам $\max\{m, n\} \le N \le m + n - 1$.

Если в ациклическом плане $X = \|x_{ij}\|_{m,n}$ имеет место равенство $N = m + n - 1$, то элементы c_{ij} из набора $m + n - 1$ клеток (i, j) с $x_{ij} > 0$ называются X-выбранными.

Пусть теперь $N < m + n - 1$. Тогда дополним полученный набор клеток (i, j) с $x_{ij} > 0$ еще $m + n - 1 - N$ клетками с $x_{ij} = 0$ такими, чтобы весь новый набор из $m + n - 1$ клеток не содержал циклов, и элементы c_{ij} из этого нового набора будем считать X-выбранными.

Для того чтобы некоторый допустимый план $X' = \|x'_{ij}\|_{m,n}$ транспортной задачи был оптимальным, необходимо и достаточно, чтобы ему соответствовала система из m + n чисел $u'_1, u'_2, ..., u'_m$; $v'_1, v'_2, ..., v'_n$, удовлетворяющая условиям

$v_j - u_i \le c_{ij}$ (i = 1, …, m; j = 1, …, n) (2.10)

и

$v_j - u_i = c_{ij}$ для всех $x'_{ij} > 0$ $(x'_{ij} \in X')$. (2.11)

Числа u'_i, v'_j называются потенциалами соответственно пунктов отправления и назначения, вся их система – потенциальной, а условия (2.10)-(2.11) – условиями потенциальности системы $\{u'_i, v'_j\}$; каждое в отдельности неравенство (равенство) называется условием потенциальности для соответствующей клетки (i, j).

Если план X, для которого существует потенциальная система $\{u'_i, v'_j\}$ также называть потенциальным, то теорема коротко формулируется так: для оптимальности плана транспортной задачи необходимо и достаточно, чтобы он был потенциальным [8].

Алгоритм метода потенциалов состоит из предварительного шага и повторяющегося общего шага.

Предварительный шаг:

1) Составляется первоначальный ациклический план X.

2) Для полученного плана строится система m + n чисел $u_1, \ldots, u_m; v_1, \ldots, v_n$ таких, чтобы выполнялись условия $v_j - u_i = c_{ij}$ для всех X-выбранных c_{ij}.

3) Построенная система $u_1, \ldots, u_m; v_1, \ldots, v_n$ исследуется на потенциальность (т.е. план X исследуется на оптимальность).

Общий шаг (применяется, если план X, построенный в предыдущем шаге, не оптимален, т.е. система $u_1, \ldots, u_m; v_1, \ldots, v_n$ не потенциальна) состоит из следующих трех операций:

1) улучшения плана, т.е. замены плана X новым планом X' со стоимостью перевозок, не превышающей стоимости перевозок по плану X;

2) построения для плана X' (путем исправления системы $u_1, \ldots, u_m; \quad v_1, \ldots, v_n$) новой системы $u_1',\ldots,u_m'; \quad v_1',\ldots,v_n'$, удовлетворяющей условию $v_j' - u_i' = c_{ij}$ для всех X-выбранных c_{ij};

3) исследования построенной системы $u_1',\ldots,u_m'; \quad v_1',\ldots,v_n'$ на потенциальность.

Пример.

Пусть производство продукции осуществляется на трех предприятиях A_1, A_2, A_3, а затем развозится в четырех пунктов потребления этой продукции B_1, B_2, B_3, B_4. На предприятиях A_i (i=1,2,3) продукция находится соответственно в количествах a_i (условных единиц). В пункты B_j (j=1,2,3,4) требуется доставить b_j единиц продукции. Стоимость перевозки единицы груза (с учетом расстояний) из A_i в B_j определена матрицей $C=(c_{ij})$.

Предприятия могут выпускать в день $a_1 = 25$, $a_2 = 55$, $a_3 = 20$ единиц продукции. Пункты потребления готовы принимать ежедневно $b_1 = 45$, $b_2 = 15$, $b_3 = 20$, $b_4 = 20$ единиц продукции.

$$c = \begin{pmatrix} 9 & 5 & 3 & 10 \\ 6 & 3 & 8 & 2 \\ 3 & 8 & 4 & 8 \end{pmatrix}.$$

Решение. Составляем следующую таблицу:

	b_j			
a_i	45 20 0	15 0	20 0	20 0
25 0	9 25	5 0	3 0	10 0
55 35 20	6 20	3 15	8 20	2 0
20	3	8	4	8

0	0	0	0	20

Предварительный шаг

1) Составление первоначального (опорного) плана. По правилу северо-западного угла находим

$x_{11} = \min\{a_1, b_1\} = \min\{25, 45\} = 25$, $x_{12} = x_{13} = x_{14} = 0$.

Вносим изменения в столбец запасов и строку потребления.

Теперь $x_{21} = \min\{55, 20\} = 20$, $x_{31} = 0$.

При этом потребность первого пункта назначения полностью удовлетворена и обращается в нуль, а запас второго пункта отправления составляет 55 – 20 = 35.

Далее имеем: $x_{22} = \min\{35, 15\} = 15$, $x_{32} = 0$.

Аналогично $x_{23} = \min\{20, 20\} = 20$, $x_{33} = x_{24} = 0$.

Наконец, $x_{34} = \min\{20, 20\} = 20$.

Найдем для полученного опорного плана величину транспортных расходов

$z_{оп} = 25*9 + 20*6 + 15*3 + 20*8 + 20*8 = 225 + 120 + 45 + 160 + 160 = 710$.

2) Построение системы u_i, v_j для всех X-выбранных c_{ij}. Числа u_i и v_j определим из системы линейных уравнений

$v_1 – u_1 = 9$,

$v_1 – u_2 = 6$,

$v_2 – u_2 = 3$,

$v_3 – u_2 = 8$,

$v_4 – u_3 = 8$.

Полагая $u_1 = 0$, найдем $v_1 = 9$, $u_2 = 3$, $v_2 = 6$, $v_3 = 11$, $v_4 = 8$, $u_3 = 0$.

Введем их в таблицу

	v_j			
u_i	9	6	11	8
0	9 25 –	5	3 +	10

3	6 20 +	3 15	8 20 –	2
0	3	8	4	8 20

3) Исследование построенной системы u_i, v_j на потенциальность

Если для всех c_{ij}, не являющихся X-выбранными, выполняются неравенства $v_j - u_i \le c_{ij}$, то система u_i, v_j потенциальна. Таким образом, имеем

$v_2 - u_1 = 6 - 0 = 6 > 5$, $\alpha_{12} = 6 - 5 = 1$,

$v_3 - u_1 = 11 - 0 = 11 > 3$, $\alpha_{13} = 11 - 3 = 8$,

$v_4 - u_1 = 8 - 0 = 8 < 10$,

$v_4 - u_2 = 8 - 3 = 5 > 2$, $\alpha_{24} = 5 - 2 = 3$,

$v_1 - u_3 = 9 - 0 = 9 > 3$, $\alpha_{31} = 9 - 3 = 6$,

$v_2 - u_3 = 6 - 0 = 6 < 8$,

$v_3 - u_3 = 11 - 0 = 11 > 4$, $\alpha_{33} = 11 - 4 = 7$.

Следовательно, данная система не потенциальна.

Для всех неравенств, где не выполняются условия, вычисляются $\alpha_{ij} = v_j - u_i - c_{ij}$.

Среди всех α_{ij} выбираем наибольшее значение, т.е. $\alpha_{i_0 j_0} = \max(\alpha_{ij}) = \max(1, 8, 3, 6, 7) = 8$.

Цикл начинается с клетки с наибольшим значением $\alpha_{i_0 j_0}$, т.е. с клетки (1, 3), проходит по X-выбранными клеткам и заканчивается в клетке (2, 3). Переходим к общему шагу.

Общий шаг:

1) Улучшение плана. Далее находим $\theta = \min(X_{ij}^-) = \min(25, 20) = 20$. В клетках отрицательной полуцепи значение x_{ij} уменьшается на θ, а в клетках положительной полуцепи значение x_{ij} увеличивается на θ.

2) Построение новой системы u_i, v_j для всех X-выбранных c_{ij}. Числа u_i и v_j определим из системы линейных уравнений

$v_1 - u_1 = 9$,

$v_3 - u_1 = 3$,

$v_1 - u_2 = 6$,

$v_2 - u_2 = 3$,

$v_4 - u_3 = 8$,

Полагая $u_1 = u_3 = 0$, найдем $v_1 = 9$, $v_3 = 3$, $u_2 = 3$, $v_2 = 6$, $v_4 = 8$.

	v_j			
u_i	9	6	3	8
0	9 5	5	3 20	10
3	6 40 –	3 15	8	2 +
0	3 +	8	4	8 – 20

3) Исследование построенной системы u_i, v_j на потенциальность. Таким образом, имеем

$v_2 - u_1 = 6 - 0 = 6 > 5$, $\alpha_{12} = 6 - 5 = 1$,

$v_4 - u_1 = 8 - 0 = 8 < 10$,

$v_3 - u_2 = 3 - 3 = 0 < 8$,

$v_4 - u_2 = 8 - 3 = 5 > 2$, $\alpha_{24} = 5 - 2 = 3$,

$v_1 - u_3 = 9 - 0 = 9 > 3$, $\alpha_{31} = 9 - 3 = 6$,

$v_2 - u_3 = 6 - 0 = 6 < 8$,

$v_3 - u_3 = 3 - 0 = 3 < 4$.

Так как система не потенциальна, находим наибольшее значение α, т.е.

$$\alpha_{i_0 j_0} = \max(\alpha_{ij}) = \max(1, 3, 6) = 6$$

и строим цикл, начиная с клетки (3,1), проходя по X-выбранными клеткам и заканчивая в клетке (2,1).

Далее находим $\theta = \min(X_{ij}^{-}) = \min(5, 20) = 5$.

В клетках отрицательной полуцепи значение x_{ij} уменьшается на θ, а в клетках положительной полуцепи значение x_{ij} увеличивается на θ.

В результате получим следующий улучшенный план:

	v_j			
u_i	5	2	3	10
0	9	5	3 20	10 5
–1	6 40 –	3 15	8	2 +
2	3 5 +	8	4	8 – 15

Строим новую систему потенциалов,

$v_3 - u_1 = 3$,

$v_4 - u_1 = 10$,

$v_1 - u_2 = 6$,

$v_2 - u_2 = 3$,

$v_1 - u_3 = 3$,

$v_4 - u_3 = 8$.

Полагая $u_1 = 0$, найдем $v_3 = 3$, $v_4 = 10$, $u_3 = 2$, $v_1 = 5$, $u_2 = -1$, $v_2 = 2$.

3) Исследование построенной системы u_i, v_j на потенциальность. Таким образом, имеем

$v_1 - u_1 = 5 - 0 = 5 < 9$,

$v_2 - u_1 = 2 - 0 = 2 < 5$,

$v_3 - u_2 = 3 + 1 = 4 < 8$,

$v_4 - u_2 = 10 + 1 = 11 > 2$, $\alpha_{24} = 11 - 2 = 9$,

$v_2 - u_3 = 2 - 2 = 0 < 8$,

$v_3 - u_3 = 3 - 2 = 1 < 4$.

Цикл, начинается с клетки (2, 4). Получим следующий улучшенный план:

	v_j			
u_i	14	11	3	10
0	9	5 +	3 20	10 – 5
8	6 25	3 15 –	8	2 + 15
11	3 20	8	4	8

Получаем следующую систему потенциалов:

$v_3 - u_1 = 3$,

$v_4 - u_1 = 10$,

$v_1 - u_2 = 6$,

$v_2 - u_2 = 3$,

$v_4 - u_2 = 2$.

$v_1 - u_3 = 3$,

Полагая $u_1 = 0$, найдем $v_3 = 3$, $v_4 = 10$, $u_2 = 8$, $v_1 = 14$, $v_2 = 11$, $u_3 = 11$, исследуем ее на потенциальность

$v_1 - u_1 = 14 - 0 = 14 > 9$, $\alpha_{11} = 14 - 9 = 5$,

$v_2 - u_1 = 11 - 0 = 11 > 5$, $\alpha_{12} = 11 - 5 = 6$,

$v_3 - u_2 = 3 - 8 = -5 < 8$,

$v_2 - u_3 = 11 - 11 = 0 < 8$,

$v_3 - u_3 = 3 - 11 = -8 < 4$,

$v_4 - u_3 = 10 - 11 = -1 < 8$.

Начинаем цикл с клетки (1, 2), проходим по X-выбранными клеткам и заканчиваем в клетке (1,4).

Далее находим $\theta = \min(X_{ij}^{-}) = \min(5,15) = 5$. В клетках отрицательной полуцепи значение x_{ij} уменьшается на θ, а в клетках положительной полуцепи значение x_{ij} увеличивается на θ.

Получаем следующий план:

	v_j			
u_i	8	5	3	4
0	[9]	[5] 5	[3] 20	[10]
2	[6] 25	[3] 10	[8]	[2] 20
5	[3] 20	[8]	[4]	[8]

Строим систему потенциалов

$v_2 - u_1 = 5$,

$v_3 - u_1 = 3$,

$v_1 - u_2 = 6$,

$v_2 - u_2 = 3$,

$v_4 - u_2 = 2$,

$v_1 - u_3 = 3$.

Полагая $u_1 = 0$, найдем $v_2 = 5$, $v_3 = 3$, $u_2 = 2$, $v_1 = 8$, $v_4 = 4$, $u_3 = 3$ и исследуем ее на потенциальность

$v_1 - u_1 = 8 - 0 = 8 < 9$,

$v_4 - u_1 = 4 - 0 = 4 < 10$,

$v_3 - u_2 = 3 - 2 = 1 < 8$,

$v_2 - u_3 = 5 - 5 = 0 < 8$,

$v_3 - u_3 = 3 - 5 = -2 < 4$,

$v_4 - u_3 = 4 - 5 = -1 < 8$.

Так как полученная система является потенциальной, то получен оптимальный план

$$X^* = \begin{pmatrix} 0 & 5 & 20 & 0 \\ 25 & 10 & 0 & 20 \\ 20 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

и величина транспортных расходов равна

$z_{опт} = 5*5 + 20*3 + 25*6 + 10*3 + 20*2 + 20* 3 = 25 + 60 + 150 + 30 + 40+ + 60 = 365$.

2.3. Теория сетевого планирования и управления

Очень часто при решении логистических задач используют сетевую модель. Сетевая модель отображает процесс выполнения комплекса работ, направленных на достижение конечной цели. Конечной целью логистического процесса на складе, рассматриваемого от момента поступления до момента отпуска груза, является погрузка товаров на транспортное средство для доставки его грузополучателю.

Сетевая модель представляет собой графическое изображение процессов, выполнение которых необходимо для достижения одной или нескольких целей, с указанием взаимосвязей между этими процессами. Она может иметь вид сетевого графика, т. е, графика производства определенных работ с указанием установленных сроков их выполнения. За основу графиков берется логическая последовательность складской обработки грузов. Таким образом, сетевая модель устанавливает логическую взаимообусловленность и технологическую взаимосвязь всех складских операций.

Представление логистического процесса на складе в виде сетевой модели позволяет четко показать структуру процесса, состав технологических участков и подразделений, их функции, трудоемкость выполняемых работ, определить место выполнения отдельных работ, установить взаимосвязь всех комплексов работ,

провести общий анализ логистического процесса, что создает возможность эффективного управления отдельными операциями. Сетевая модель дает возможность применить математический аппарат для оптимизации складского процесса.

Сетевая модель логистического процесса на складе составляется с детерминированной структурой и с использованием вероятностных методов оценки параметров работ. Работы оцениваются по времени, выражаются в человеко-часах и рассчитываются либо по нормам выработки, либо хронометражным путем.

Исходное событие в сетевых моделях технологических процессов - это принятие решения о начале комплекса работ.

Завершающее событие - это конечный результат всего комплекса работ [28,29].

2.3.1. Использование сетевых моделей в логистике

Накопленный опыт управления производством показывает, что традиционные возможности и способы повышения эффективности и совершенствования управления с целью оптимизации движения материальных и денежных потоков в значительной степени себя исчерпали и нужны новые формы и методы. Проведенные исследования показали, что в стоимости продукта, попавшего к конечному потребителю, более 70% составляют расходы на логистику, то есть на транспортировку, хранение, упаковку и прочее [30, 38].

Логистическая наука и практика включает в себя закупочную (снабженческую) логистику, производственную логистику, маркетинговую (сбытовую, распределительную) логистику, транспортную логистику, логистику запасов, информационную (компьютерную) логистику и т.д. Отдельные составляющие логистики хорошо известны; новизна логистического подхода заключается в интеграции всех областей деятельности с целью минимизации

затрат времени и ресурсов путем оптимального сквозного управления материальными, информационными потоками.

Значительная часть логистической операции на пути движения материальных потоков от первичного источника сырья до конечного потребителя осуществляется с применением различных транспортных средств. Затраты на выполнение этих логистических операций составляют до 50% от суммы общих затрат на логистику.

Транспортировка является частью логистического процесса и относится к сфере производства материальных услуг. Управление материальным потоком в процессе транспортировки и организация транспортирования грузов является сферой транспортной логистики.

В области транспортной логистики ставятся и решаются следующие задачи: определение оптимального плана перевозок однородной продукции, задачи размещения с учетом транспортных и производственных затрат, определение рациональных маршрутов и транзитная перевозка продукции.

Задачи транспортной логистики решаются во взаимной связи с другими задачами логистики, такими, как производственная логистика, складская логистика, логистика запасов, сбытовая логистика, информационная логистика, что отражает объективный процесс срастания транспорта с обслуживаемым производством и распределением, превращение его в звено единой логистической системы – производство – транспорт – распределение.

При решении задач, возникающих в транспортной логистики часто используются сетевые и графовые модели [24, 38].

В сетевых и графовых моделях объектом исследования является сеть, состоящая из узлов и линий связи. Предполагается, что в сети имеется два особых узла: вход в сеть (исток) и выход из сети (сток). В качестве аппарата формализации используется теория графов и специально разработанный алгоритм решения таких задач. Наиболее часто решаются следующие типы задач:

- нахождение максимального потока грузов через транспортную сеть;

- нахождение кратчайшего или самого дешевого пути между произвольными узлами сети;

- построение самой дешевой сети дорог, линий передач, трубопроводов;

- поиск узких мест в транспортной сети;

- оптимальное назначение исполнителей по работам.

Технология решения этих задач основывается на следующих понятиях и обозначениях. Каждая дуга графа, соединяющая два узла x_i и x_j, характеризуется длиной $l(x_i, x_j)$. Каждый из узлов сети (x_i) называют вершиной графа G, представляющего собой всю сеть. Дуги могут быть как ориентированными, обозначаемыми на графе G в виде стрелок, так и неориентированными. Общее число вершин графа G равно n, и индексы вершин x_i, меняются от i=1 до i=n.

Введем понятие транспортная сеть – связанный ориентированный мультиграф без петель, в котором:

- существует одна и только одна вершина x_0, называемая входом сети (истоком);

- существует одна и только одна вершина x_n, называемая выходом сети (стоком);

- каждой дуге $g_{ij}(x_i, x_j)$ отнесено целое число $C(x_i, x_j)\geq 0$, называемое пропускной способностью.

Для произвольной вершины x_i множество дуг, входящих в нее, обозначим через $U^-_{x_i}$, а множество дуг, входящих из x_i обозначим через $U^+_{x_i}$. Тогда потоком $\varphi(g_{ij})$ транспортной сети назовем целочисленную функцию, определенную на множестве дуг графа G(x) которая удовлетворяет следующим свойствам:

1) $\varphi(g_{ij}) \geq 0, g \in \{x_i,\ G(x_i), i = \overline{1,n}\};$

2) $\sum_{g_{ij}\in U_x^-} \varphi(g_{ij}) - \sum_{g_{ij}\in U_x^+} \varphi(g_{ij}) = 0,\ \text{для}\ x \neq x_0, x \neq x_n;$ (2.12)

3) $\varphi(g_{ij}) \leq C(g), g \in U.$

Свойство 2 означает известное условие сохранения вещества в промежуточных узлах x_i. Оно показывает, что в любой промежуточной вершине транспортной сети вещество не создается и не исчезает.

Свойство 3 показывает, что в единицу времени реальное количество вещества (грузов) не может быть больше пропускной способности дуги.

Приток вещества в вершине x_n представляет собой величину транспортного потока в сети и определяется по формуле

$$\varphi_{x_n} = \sum_{g_{ij} \in U^-_{x_n}} \varphi(g_{ij}) = \sum_{g_{ij} \in U^+_{x_0}} \varphi(g_{ij}) \qquad (2.13)$$

Если сделать разрез графа G через множество вершин $\{x_i\} = A,$ то множество дуг, заходящих в множество вершине, назовем разрезом сети. Пропускная способность разреза равна сумме пропускных способностей дуг, входящих во множество А:

$$C(U^-_A) = \sum_{g \in U_A} C(g). \qquad (2.14)$$

Любой элемент вещества (груз), движущийся от x_0 к x_n пройдет хотя бы один раз по некоторой дуге разреза U^-_A. Тогда каковы бы ни были поток $\varphi(g_{ij})$ и разрез сети U^-_A, всегда имеет место неравенство:

$$\varphi_{x_n} \leq C(U_A^-) \tag{2.15}$$

Существует лемма, которую примем без доказательства.

Если для какого-либо разреза U_A^- имеет место равенство $\varphi_{x_n} = C(U_A^-)$, то:

1) поток имеет наибольшую величину;

2) разрез U_A^- обладает наименьшей пропускной способностью, равной сумме пропускных способностей дуг.

Задача о наибольшем потоке в сети

Пусть сеть представлена графом G(x) с множеством ребер U, n вершинами x_i, у которого x_0 и x_n – соответственно вход и выход сети. Для каждого: ребра сети (x_i, x_j) или дуги задана пропускная способность

$$c_{ij} = \begin{cases} 0 \text{ при } (x_i, x_j) \in U, \\ C(x_i, x_j), \text{ когда } (x_i, x_j) \in U \end{cases} \tag{2.16}$$

Надо найти такую систему чисел $\varphi(x_i, x_j)$, представляющих фактические значения потоков в дугах графа G, для которой справедливо неравенство

$$0 \leq \varphi(x_i, x_j) \leq c_{ij}. \tag{2.17}$$

Это неравенство означает тот очевидный факт, что поток по ребру (x_i, x_j) не может быть больше пропускной способности дуги. Исходя из третьего условия определения потока, следует, что любой поток, входящий в x_i, равен потоку, выходящему из вершины x_i:

$$\sum_{k=0}^{n} \varphi(x_k, x_i) = \sum_{j=1}^{n} \varphi(x_i, x_j) = \varphi(U_{x_i}^{-}) = \varphi(U_{x_i}^{+}). \qquad (2.18)$$

Условие максимальности потока на выходе транспортной сети будет иметь вид:

$$\varphi_{max} = max \sum_{i=1}^{n} \varphi(x_i, x_n). \qquad (2.19)$$

Это классическая задача линейного программирования, но обычно трудно решаемая из-за плохой сходимости алгоритма симплекс-метода, требующая много итераций (жордановых исключений). Поэтому американские ученые Форд и Фалкерсон предложили более простой алгоритм ее решения. Идея этого алгоритма состоит в постепенном увеличении потока до тех пор, пока он не станет максимальным. Единственное ограничение на применение алгоритма Форда-Фалкерсона состоит в том, что $C^{(x_i, x_j)}$ должны быть целыми числами. Поэтому и величина потока представляет целочисленную функцию.

Введем еще несколько определений. Дуга g называется насыщенной, если $\varphi(g) = C(g)$. Поток называется полным, если любой путь из x_0 в x_n содержит хотя бы одну насыщенную дугу. Если некоторый начальный поток является

неполным, то можно найти путь S, который соединяет x_0 с x_n и не содержит насыщенной дуги.

Алгоритм основывается на теореме Форда-Фалкерсона [38]: в любой транспортной сети максимальный поток равен минимальной пропускной способности. Если поток максимален, то найдется такое сечение, пропускная способность которого равна мощности потока. Доказывается эта теорема применением алгоритма Форда-Фалкерсона.

Согласно этому алгоритму, начиная с некоторого начального неполного потока, по итеративному алгоритму можно получить полный поток, если прибавлять к различным значениям потоков l(g) пути S_i минимальное из чисел [c(g)-l(g)], которые вычислены по этому пути S_i. После такой операции путь S_i содержит хотя бы одну насыщенную дугу. Если таким же образом поступить с другими путями S_j, то в конце концов получим полный поток. Поэтому алгоритм определения максимального потока состоит из следующих шагов:

1. Строим начальный поток X^0.

2. Проверяем, попал ли узел x_n в множество узлов S, которые достижимы по ненасыщенным ребрам из x_0. Если узел x_n не попал, то считают, что построенный поток максимален, и алгоритм расчета останавливается.

3. Если узел x_n попал в множество S, то выделяют путь S_j, состоящий из ненасыщенных ребер и ведущий грузы из x_0 в x_n.

4. Увеличивают поток через каждое ребро этого пути на величину

$$\min\left(c_{ij} - \varphi_{ij}\right).$$

5. Строят новый поток X и переходят к шагу 2.

Обычно сеть задается матрицей пропускных способностей $\Sigma = \|c_{ij}\|$ всех ребер сети U. Задавшись $k = 0$, затем вычисляют на -м шаге матрицу значений потоков на дугах: $X^k = \|\varphi_{ij}^k\|$,

построим матрицу разностей: $\Sigma - X^k = \|c_{ij} - \varphi_{ij}^k\|$.

В этой матрице насыщенным ребрам при потоке X^k будут соответствовать нулевые элементы, а ненасыщенным – ненулевые элементы. Поэтому вычисление матрицы $\|\Sigma - X^k\|$ достаточно как для построения множества узлов, по которым вещество из x_0 достигает по ненасыщенным ребрам до x_n так и для построения последовательности ненасыщенных ребер S_l, позволяющих достигать x_n из x_0.

Технология составления этих списков следующая:

- сначала составляют список узлов, в каждый из которых ведет ненасыщенное ребро из вершины i;

- далее для каждого i-го узла составляют свой список узлов, в каждый из которых из i-го узла ведет ненасыщенное ребро (за исключением тех узлов, которые уже вошли в ранее составленные списки), и так далее. Этот процесс выписывания списков заканчивается в двух случаях. Либо появился узел x_n, что означает продолжение работы алгоритма, либо в список выписанных узлов не попал узел x_n, что означает конец расчетов. В связи с этим с вычислительной точки зрения алгоритм Форда-Фалкерсона реализует следующую последовательность действий:

1. Вычисление матрицы $\|\Sigma - X^k\|$.

2. Построение список вершин.

3. Нахождение последовательности ненасыщенных ребер, соединяющих x_0 с x_n.

4. Нахождение величины дополнительного потока $\Delta\varphi = min\{c_{ij} - \varphi_{ij}\}$.

5. Построение нового потока X^{k+1}.

6. Если в списке отсутствует x_n, то поток X^k – максимален.

Реализация данной последовательности действий определяет максимальный поток [9, 38].

Пример.

Найти максимальный поток в сети, заданной графом G, который представлен на рисунке 2.5. Задана матрица пропускных способностей $\Sigma = \|c_{ij}\|$, которая имеет вид:

J I	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_N
x_0	0	1	4	0	0	5	0	0	0
x_1	0	0	0	1	1	0	2	0	0
x_2	0	0	0	2	0	0	0	3	0
x_3	0	0	0	0	0	0	3	0	0
x_4	0	1	0	0	0	3	1	0	0
x_5	4	0	0	0	3	0	0	0	2
x_6	0	2	0	3	1	0	0	2	6
x_7	0	0	2	0	0	0	2	0	2
x_N	0	0	0	0	0	2	2	2	0

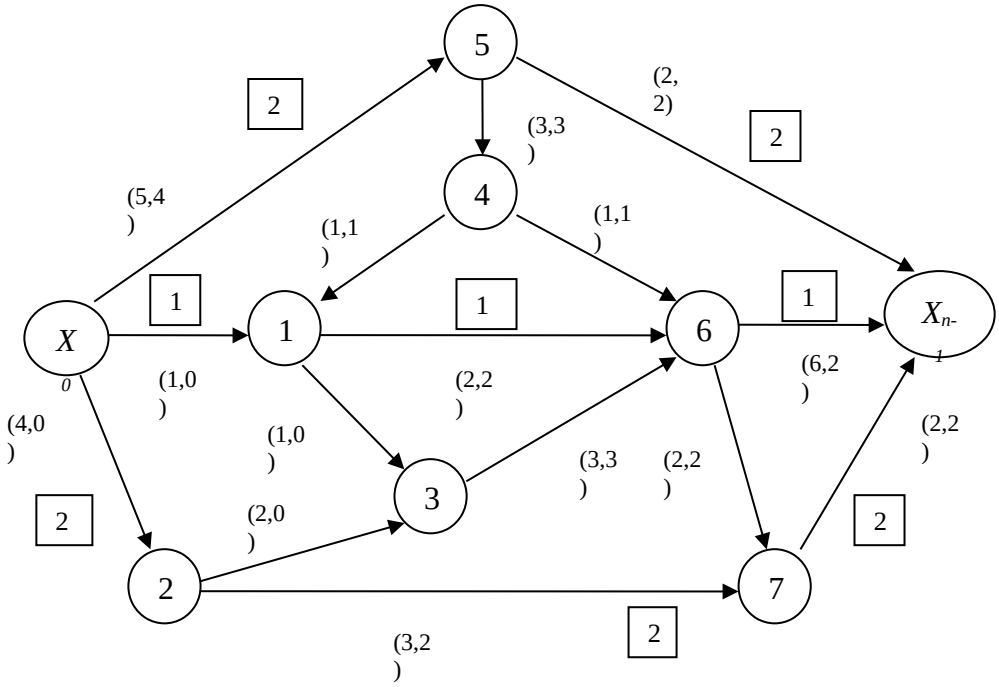


Рис.2.5 Граф сети, заданной матрицей пропускных способностей дуг

На рисунке 2.5 указаны на ребрах g_{ij} значения пропускных способностей в виде вектора $(c_{ij},\ c_{ji})$, компонентами которого являются пропускные способности соответственно в прямом и обратном направлениях.

Выбираем в качестве начального потока X^0 распределение пяти единиц вещества, движущихся по ненасыщенным дугам согласно матрице.

J I	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_N	Итого
x_0	0	1	2	0	0	2	0	0	0	5
x_1	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
x_2	-2	0	0	0	0	0	0	2	0	0
x_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
x_4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
x_5	-2	0	0	0	0	0	0	0	2	0

x_6	0	-1	0	0	0	0	0	0	1	0
x_7	0	0	-2	0	0	0	0	0	2	0
x_N	0	0	0	0	0	-2	-1	-2	0	-5

На рисунке 2.5 значения начального потока показаны квадратными скобками. Уход вещества из узла x_i обозначаем со знаком «+», а приход вещества в узел x_j задается со знаком «-» в матрицах X^k.

Первый шаг алгоритма. Составим матрицу $\|\sum -X^k\|$:

$\sum -X^0$	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_N
x_0	0	0	**2**	0	0	3	0	0	0
x_1	1	0	0	1	1	0	1	0	0
x_2	2	0	0	**2**	0	0	0	1	0
x_3	0	0	0	0	0	0	**3**	0	0
x_4	0	1	0	0	0	3	1	0	0
x_5	6	0	0	0	3	0	0	0	0
x_6	0	3	0	3	1	0	0	2	**5**
x_7	0	0	4	0	0	0	2	0	0
x_N	0	0	0	0	0	4	3	4	0

Составим списки узлов: $(x_0 \to x_2, x_5)$; $(x_2 \to x_3, x_7)$; $(x_5 \to x_4)$; $(x_3 \to x_6)$; $(x_7 \to ?)$; $(x_4 \to x_1)$; $(x_6 \to x_n)$.

Здесь «?» означает, что после x_7 нет продолжения в графе G. Поскольку узел x_n встретился, то алгоритм вычисления продолжается. Последовательность ненасыщенных ребер имеет вид (x_0, x_2); (x_2, x_3); (x_3, x_6); (x_6, x_n).

Приращение дополнительного потока равно: $min\{2,2,3,5\} = 2.$ Добавим величину 2 в матрице X^0 в местах, где в матрице $\|\sum - X^0\|$ элементы выделены и подчеркнуты. Матрица нового потока X^1 будет иметь вид:

J I	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_N	Итого
x_0	0	1	4	0	0	2	0	0	0	7
x_1	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
x_2	-4	0	0	2	0	0	0	2	0	0
x_3	0	0	-2	0	0	0	2	0	0	0
x_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
x_5	-2	0	0	0	0	0	0	0	2	0
x_6	0	-1	0	-2	0	0	0	0	3	0
x_7	0	0	-2	0	0	0	0	0	2	0
x_N	0	0	0	0	0	-2	-3	-2	0	-7

Второй шаг алгоритма. Вычислим матрицу $\|\sum - X^1\|$:

$\sum - X^1$	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_N
x_0	0	0	0	0	0	**3**	0	0	0
x_1	1	0	0	1	1	0	1	0	0
x_2	4	0	0	0	0	0	1	0	0
x_3	0	0	2	0	0	0	0	1	0
x_4	0	1	0	0	0	3	**1**	0	0
x_5	6	0	0	0	**3**	0	0	0	0
x_6	0	3	0	5	1	0	0	2	**3**

x_7	0	0	4	0	0	0	2	0	0
x_N	0	0	0	0	0	4	4	5	0

Составим списки узлов: $(x_0 \rightarrow x_5)$; $(x_5 \rightarrow x_4)$; $(x_4 \rightarrow x_1, x_6)$; $(x_1 \rightarrow x_3)$; $(x_6 \rightarrow x_7, x_n)$. Поскольку узел x_n встретился в списке, алгоритм вычисления продолжается. Последовательность ненасыщенных ребер имеет вид (x_0, x_5); (x_5, x_4); (x_4, x_6); (x_6, x_n). Приращение дополнительного потока равно $min\{3,3,1,3\} = 1$. Добавим величину 1 в матрице X^1 соответственно в местах, где в матрице $\|\sum - X^1\|$ элементы выделены и подчеркнуты. Матрица нового потока X^2 имеет вид:

J / I	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_N	Итого
x_0	0	1	4	0	0	3	0	0	0	8
x_1	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
x_2	-4	0	0	2	0	0	0	2	0	0
x_3	0	0	-2	0	0	0	2	0	0	0
x_4	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0
x_5	-3	0	0	0	1	0	0	0	2	0
x_6	0	-1	0	-2	-1	0	0	0	4	0
x_7	0	0	-2	0	0	0	0	0	2	0
x_N	0	0	0	0	0	-2	-4	-2	0	-8

Третий шаг алгоритма. Вычислим матрицу $\|\sum - X^2\|$:

$\sum -X^2$	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_N
x_0	0	0	0	0	0	**2**	0	0	0
x_1	1	0	0	1	1	0	**1**	0	0
x_2	4	0	0	0	0	0	0	1	0
x_3	0	0	2	0	0	0	1	0	0
x_4	0	**1**	0	0	0	4	0	0	0
x_5	7	0	0	0	**2**	0	0	0	0
x_6	0	3	0	5	2	0	0	2	**2**
x_7	0	0	4	0	0	0	2	0	0
x_N	0	0	0	0	0	4	6	4	0

Составим списки узлов: $(x_0 \rightarrow x_5)$; $(x_5 \rightarrow x_4)$; $(x_4 \rightarrow x_1)$; $(x_1 \rightarrow x_3, x_6)$; $(x_3 \rightarrow x_2)$, $(x_6 \rightarrow x_7, x_n)$. Поскольку узел x_n встретился в списке, алгоритм вычисления продолжается. Последовательность ненасыщенных ребер имеет вид (x_0, x_5); (x_5, x_4); (x_4, x_1); (x_1, x_6); (x_6, x_n). Приращение дополнительного потока равно: $min\{2,2,1,1,2\} = 1$. Добавим величину 1 в матрице X^2 соответственно в местах, где в матрице $\|\Sigma - X^2\|$ элементы выделены и подчеркнуты. Матрица нового потока X^3 имеет вид:

J / I	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_N	Итого
x_0	0	1	4	0	0	4	0	0	0	9
x_1	-1	0	0	0	-1	0	2	0	0	0
x_2	-4	0	0	2	0	0	0	2	0	0
x_3	0	0	-2	0	0	0	2	0	0	0
x_4	0	1	0	0	0	-2	1	0	0	0

x_5	-4	0	0	0	2	0	0	0	2	0
x_6	0	-2	0	-2	-1	0	0	0	5	0
x_7	0	0	-2	0	0	0	0	0	2	0
x_N	0	0	0	0	0	-2	-5	-2	0	-9

Четвертый шаг алгоритма. Вычислим матрицу $\|\sum -X^3\|$:

$\sum -X^3$	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_N
x_0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
x_1	1	0	0	1	2	0	0	0	0
x_2	4	0	0	0	0	0	0	1	0
x_3	0	0	2	0	0	0	1	0	0
x_4	0	0	0	0	0	5	0	0	0
x_5	8	0	0	0	1	0	0	0	0
x_6	0	4	0	5	2	0	0	2	1
x_7	0	0	4	0	0	0	2	0	0
x_N	0	0	0	0	0	4	7	4	0

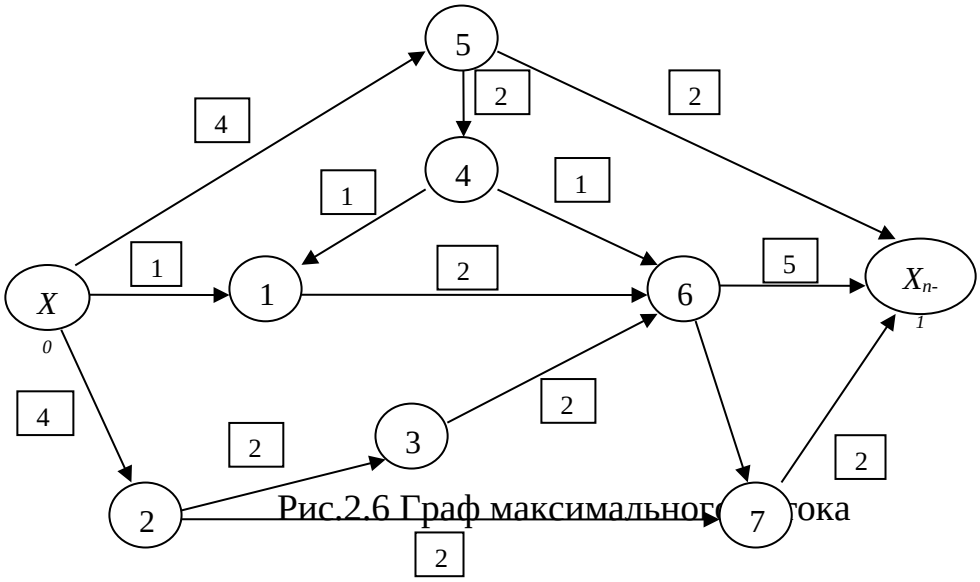


Рис.2.6 Граф максимального потока

Составим списки узлов: $(x_0 \rightarrow x_5)$; $(x_5 \rightarrow x_4)$; $(x_4 \rightarrow ?)$. Поскольку узел x_n не встретился в списке, алгоритм вычисления максимального потока, останавливается. Поток X^3, равный 9 единицам, является максимальным. Окончательный вид максимального значения транспортного потока представлен на рис.2.6 в виде ориентированного графа, на ребрах которого указаны, фактические значения потоков.

Как видно из рис.2.6, ребро (x_1, x_3) является лишним, поскольку через него нет потока вещества. Это позволяет достичь экономии материалов за счет его исключения.

2.3.2. Применение задачи о максимальном потоке в логистике

На сегодняшний день, логистика стала нерасторжимой частью и инструментом современной экономики. В общем виде логистика определяется как управление потоками. Отсюда возникает необходимость представление экономических процессов в виде постоянно циркулирующих потоков – товарных, финансовых, информационных которые в той или инойформе образуют логистические системы.

Рассмотрим применение в решении задач логистики метода линейного программирования на примере транспортной сети, представленной на рисунке. На рис.2.7 приведены этапы решения задачи поиска максимального поток в сети на основе алгоритма Форда-Фалкерсона. Решение проведем при заданных пропускных способностях дуг транспортной сети с истоком в вершине 1 и стоком в вершине 8.

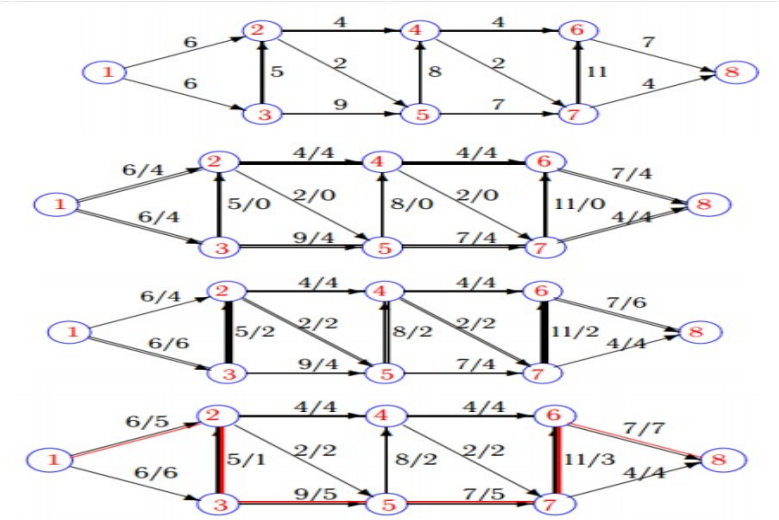


Рис. 2.7. Этапы поиска максимального поток в сети

Алгоритм состоит из двух частей – насыщения потока и его перерас-пределения. Рассмотрим путь 1-2-4-6-8. Пропустим через этотпуть поток, равный 4. При этом дуги [2,4] и [4,6] будут насыщенными.Аналогично, путь 1-3-5-7-8 насытим потоком 4. Распределение потока отметим на графе. В числителе ставим пропускную способность, в знаминателе – поток. Заметим, что из 1 в 8 есть еще ненасыщенный путь, 1-3-2-5-4-7-6-8,поток в котором можно увеличить на 2. При этом насытятся дуги [1,3], [2,5] и [4,7]. Из 1 в 8

больше нет ненасыщенных путей. По дуге [1,3] двигаться нельзя,так как она уже насыщена. А движение по дуге [1,2] заканчивается в вершине 2, так как обе выходящие из нее дуги насыщены. Разобрали первую часть алгоритма, теперь перейдем ко второй части. Найдем последовательность вершин от 1 к 8, такую что дуги соединяющие соседние вершины направленные из 1в 8, ненасыщены, а дуги, направленные в обратном направлении, не пусты. Ис-комая последовательность одна: 1-2-3-5-7-6-8. Перераспределяем поток. По-ток в дугах прямого направления увеличиваем на 1, а поток обратного направления уменьшаем на 1. Этот процесс продолжается до тех пор, пока одна из прямых дуг не будет насыщена или какая-то обратная дуга не будет пуста. Таким образом, для рассматриваемого примера максимальный поток равен 11. Описанная

методология решения задачи поиска максимального поток в сети может быть применена для нахождения оптимальных маршрутов в телекоммуникационной сети, в том числе с учетом влияния отказов на пропускную способность узлов и связей [37].

2.3.3 Использование алгоритма Форда - Фалкерсона для повышения интегрированности действий звеньев логистической сети поставок

Преимущества цепей поставок в логистических системах определяются потенциалом возможности приращения ценности реализуемого продукта для конечного потребителя. В этой связи стратегические приоритеты развития сети распределения играют чрезвычайно большое значение. Популярный пропорциональный метод распределения товара в сети, зачастую, не имеет возможности привести в соответствие располагаемые мощности поставщика, транспортной организации, центра распределения и ценностные стратегические приоритеты развития сети. Предлагаемый алгоритм может быть использован как инструмент интеграции усилия звеньев сети распределения, учитывающий названные современные особенности процесса управления логистическими системами [10].

Рассмотрим производителя, имеющего два филиала, располагающих складами. Форма собственности склада не имеет для данной задачи принципиального значения. Производитель обслуживает склады филиалов с помощью привлекаемого перевозчика. Региональные оптовые потребители имеют возможность получать товар со склада производителя или со склада филиала. Доставка товаров потребителям (оптовым и розничным) в регионы проводится как на основе самовывоза, так и при привлечении перевозчиков. На рисунке 2.8 представлена логистическая система распределения продукции производителя. В связи с наличие альтернативы транспортировки и для избежание повторов изложения методики планирования насыщения ветвей логистических каналов грузопотоками в цепях «Производитель» –«Дистрибьюторы», «Производитель» –

«Оптовые покупатели» и «Филиалы» – «Розничные точки» звеном «Перевозчик» пренебрежем.

На основе схемы логистической системы распределения продукции (рисунок 2.10) построен орграф движения грузопотоков (см. рисунок 2.11). Каждый из вершин орграфа получает буквенное обозначение (a, b, c, d, e, f, g, h, l, m). Качественное описание орграфа приведено в таблице 2.2, численные характеристики ветвей орграфа представлены в таблице 2.3. При описании орграфа в таблицах 2.2 и 2.3 введена вершина z, соответствующая конечному потреблению. Следует обратить внимание, что в предлагаемой методике пропускная способность вершин не рассматривается вне привязки к пропускной способности ребер. На основе проведенного описания орграфа можно построить орграф логистической системы, как графическую иллюстрацию проводимых далее расчетов (см. рисунок 2.12). Цифрами в скобках на рисунке 2.12 обозначена пропускная способность ребер [10].

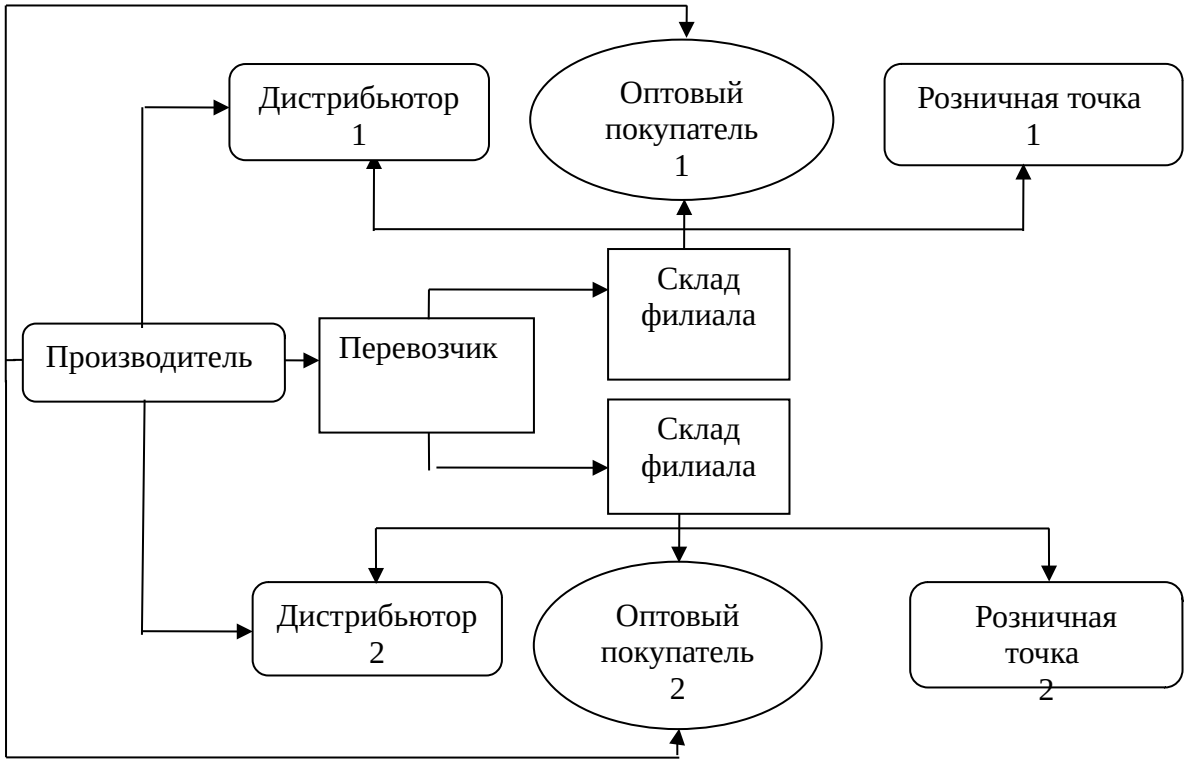


Рис.2.10 Логистическая система распределения продукции производителя

Для принятия решения о распределения грузопотока по возможным грузополучателям в условиях, когда пропускная способность потока выше

возможной его величины, необходимо определить приоритеты входа вершин орграфа в логистическую систему распределения товара. Формально, это решение можно отобразить в матрице предпочтения (см. таблицу 2.4).

Матрица предпочтения связывает пары вершин следующим образом.

Если вершина, записанная в столбце, имеет последующую вершину, записанную в строке, то на пересечении соответствующих строки и столбца проставляется число без знака. Если вершина, записанная в столбце, имеет предшествующую вершину, записанную в строке, то на пересечении соответствующих стоки и столбца проставляется «-1». Знак «-» показывает, что связь по строке противоположна движению потока. Если вершина по строке не связана с вершиной в столбце, на пересечении соответствующих строки и столбца ставится знак «-».

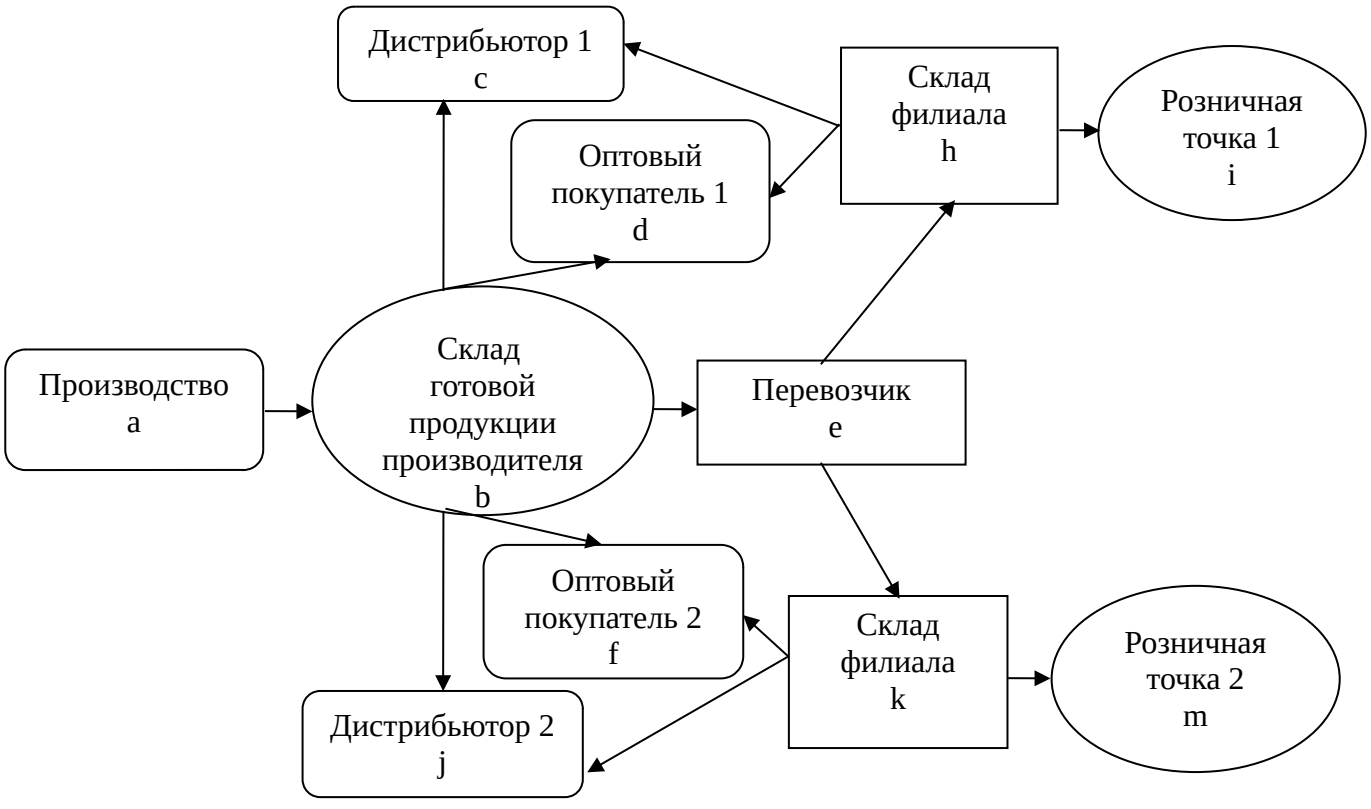


Рис.2.11 Орграф, соответствующий логистической системе распределения продукции производителя

Таблица 2.2

Описание орграфа распределения продукции за единичный плановый период

Вершина		**Входной**		**Выходной поток**	
обозначение	описание вершины	пропускная способность	ребро	пропускная способность	Ребро
A	Производство	-	-	Объем плановой производственной мощности	(a,b)
B	Склад готовой продукции	Объем плановой производственной мощности	(a,b)	Плановая потребность, заявленная дистрибьютором 1	(b,c)
				Плановая потребность, заявленная оптовым покупателем 1	(b,d)
				Плановая потребность складов филиалов	(b,e)
				Плановая потребность, заявленная оптовым покупателем 2	(b,f)
				Плановая потребность, заявленная	(b,g)

Вершина		**Входной**		**Выходной поток**	
				дистрибьютором 2	
C	Дистрибьютор1	Плановая потребность, заявленная дистрибьютором1	(b,c) (h,c)	Емкость рынка конечного потребления	(c,z)
D	Оптовый покупатель 1	Плановая потребность, заявленная оптовым покупателем 1	(b,d) (h,d)	Емкость рынка конечного потребления	(d,z)
E	Перевозчик	Плановая потребность складов филиалов	(b,e)	Плановая потребность склада филиала1	(e,h)
				Плановая потребность склада филиала2	(e,k)
F	Оптовый покупатель 2	Плановая потребность, заявленная оптовым покупателем 2	(b,f) (k,f)	Емкость рынка конечного потребления	(f,z)
G	Дистрибьютор2	Плановая потребность, заявленная дистрибьютором2	(b,g) (k,g)	Емкость рынка конечного потребления	(g,z)

Вершина		**Входной**		**Выходной поток**	
H	Склад филиала1	Плановая потребность склада филиала 1	(e,h)	Плановая потребность, заявленная дистрибьютором 1	(h,c)
				Плановая потребность, заявленная оптовым покупателем 1	(h,d)
				Плановая потребность, заявленная розничной точкой1	(h,l)
K	Склад филиала2	Плановая потребность склада филиала 2	(e,k)	Плановая потребность, заявленная дистрибьютором 2	(k,g)
				Плановая потребность, заявленная оптовым покупателем 2	(k,f)
				Плановая потребность, заявленная	(k,m)

Вершина		**Входной**		**Выходной поток**	
				розничной точкой2	
L	Розничная точка1	Плановая потребность, заявленная розничной точкой1	(h,l)	Емкость рынка конечного потребления	(l,z)
M	Розничная точка2	Плановая потребность, заявленная розничной точкой2	(k,m)	Емкость рынка конечного потребления	(m,z)
Z	Конечное потребление	Емкость рынка конечного потребления	(c,z)	-	-
		Емкость рынка конечного потребления	(d,z)		
		Емкость рынка конечного потребления	(f,z)		
		Емкость рынка конечного потребления	(g,z)		
		Емкость рынка конечного потребления	(l,z)		

Вершина		**Входной**		**Выходной поток**	
		Емкость рынка конечного потребления	(m,z)		

Таблица 2.3

Описание орграфа распределения продукции за единичный плановый период, условные единицы за единицу планового периода

Вершина	**Входной поток**		**Выходной поток**	
Обозначение	пропускная способность	Ребро	пропускная способность	Ребро
A	-	-	20	(a,b)
B	20	(a,b)	10	(b,c)
			2	(b,d)
			14	(b,e)
			3	(b,f)
			5	(b,g)
C	10	(b,c)	∞	(c,z)
D	2	(b,d)	∞	(d,z)
	3	(h,d)		
E	14	(b,e)	10	(e,h)
			7	(e,k)
F	3	(b,f)	∞	(f,z)
	2	(k,f)		
G	5	(b,g)	∞	(g,z)
	3	(k,g)		
H	10	(e,h)	7	(h,c)

Вершина	**Входной поток**		**Выходной поток**	
			3	(h,d)
			4	(h,l)
K	7	(e,k)	3	(k,g)
			2	(k,f)
			2	(k,m)
L	4	(h,l)	∞	(l,z)
M	2	(k,m)	∞	(m,z)
Z	∞	(c,z)	-	-
	∞	(d,z)		
	∞	(f,z)		
	∞	(g,z)		
	∞	(l,z)		
	∞	(m,z)		

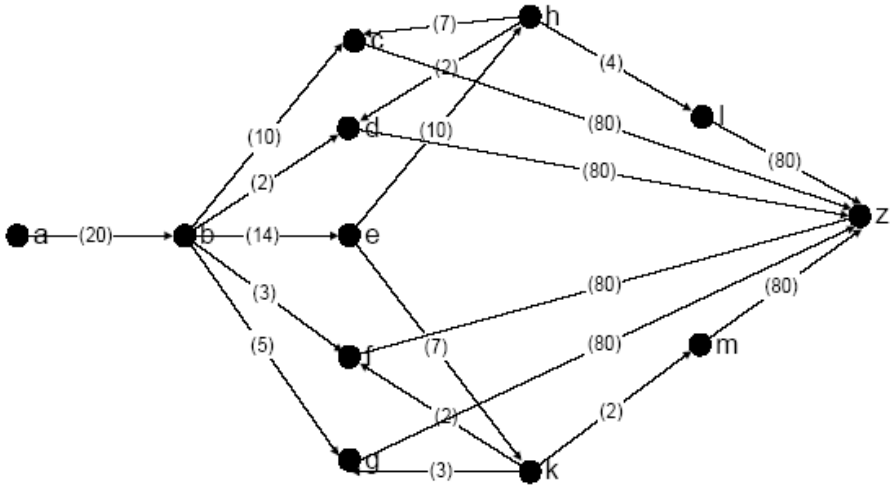


Рис.2.12 Орграф системы распределения продукции

Таблица 2.4

Матрица предпочтений

	a	**b**	**c**	**D**	**e**	**f**	**g**	**h**	**k**	**l**	**m**	**z**	**Количество**

													связанных по потоку вершин
A	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
B	-1	-	4	2	5	1	3	-	-	-	-	-	5
C	-	-1	-	-	-	-	-	-1	-	-	-	1	1
d	-	-1	-	-	-	-	-	-1	-	-	-	1	1
e	-	-1	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	2
f	-	-1	-	-	-	-	-	-	-1	-	-	1	1
g	-	-1	-	-	-	-	-	-	-1	-	-	1	1
h	-	-	2	1	-1	-	-	-	-	3	-	-	3
k	-	-	-	-	-1	1	2	-	-	-	3	-	3
l	-	-	-	-	-	-	-	-1	-	-	-	1	1
m	-	-	-	-	-	-	-	-	-1	-	-	1	1
z	-	-	-1	-1	-	-1	-1	-	-	-1	-1	-	-

Приоритет связи по строке проставляется положительными натуральными числами в значении от «1» и далее. Чем больше число, тем выше приоритет связи вершин. Количество связанных по потоку вершин равно количеству присутствующих в строке матрицы положительных чисел. Это количество равно

значению максимального приоритета связи в соответствующей строке. В случае если несколько вершин одного уровня имеют одинаковые приоритеты, требуется выделение дополнительных приоритетов, имеющих стратегическое, экономическое, организационное, техническое, технологическое и пр. обоснование. Для определения возможности удовлетворения потребностей возможных грузополучателей и для получения конкретных показателей плановых объемов перевозки воспользуемся идеей алгоритма Форда - Фалкерсона нахождения максимального потока в сети 1. В описании алгоритма методики планирования насыщения ветвей логистических каналов грузопотоками используются следующие понятия [10, 25].

Резерв вершины – величина, на которую можно увеличить каждый из выходных потоков, если ориентация ребра совпадает с направлением рассматриваемой цепи, или уменьшить поток, если ориентация ребра не совпадает с направлением рассматриваемой цепи.

Отмеченная вершина – вершина орграфа, которой поставлена в соответствие пара элементов. Первый элемент – обозначение предшествующей вершины, отличное от «-». Второй элемент – резерв вершины, отличный от «-».

Отметки вершин – пара элементов: первый элемент – обозначение предшествующей вершины. Второй элемент – резерв вершины.

Введем обозначения [38]:

a – начальная вершина орграфа;

z – конечная вершина орграфа;

v, w – вершины орграфа;

(v,w) – ребро орграфа;

f((v,w)) – величина потока, проходящего через ребро (v,w);

c((v,w)) – пропускная способность ребра (v,w);

S – множество вершин орграфа, подлежащих рассмотрению.

Rv – резерв вершины v орграфа;

Rw – резерв вершины v орграфа.

Предлагаемый алгоритм определения возможности насыщения ветвей логистических каналов грузопотоками состоит в следующем [38]:

1. Установить значения отметок всех вершин орграфа, за исключением a, равными «-».

2. Установить резерв вершины a равным ∞.

3. Включить a в S: S={a}.

4. Если S – пустое множество, идти к 28, иначе – идти к шагу 5.

5. Если S – не является пустым множеством, выбрать элемент множества S, имеющий максимальный приоритет в матрице предпочтений.

6. Обозначить выбранный элемент v.

7. Удалить выбранный элемент из множества S.

8. Если у вершины v есть не отмеченные последующие вершины, идти к шагу 9, иначе идти к шагу 17.

9. Выбрать последующую v неотмеченную вершину, имеющую максимальный приоритет в матрице предпочтений.

10. Обозначить выбранную вершину w.

11. Если f((v,w))< c((v,w)), идти к шагу это плюс 1, иначе идти к шагу 16.

12. Рассчитать резерв вершины w: Rw = min { c((v,w))-f((v,w)); Rv}.

13. Обозначить предшествующую w вершину.

14. Если w≠z, идти к шагу 15 , иначе идти к шагу 25.

15. Добавить w в S.

16. Все последующие v неотмеченные вершины рассмотрены? Если да, идти к 17, иначе идти к шагу 9.

17. Если у вершины v есть неотмеченные предшествующие вершины, идти к 18, иначе идти к шагу 4.

18. Выбрать предшествующую v неотмеченную и ранее не просмотренную вершину, имеющую максимальный приоритет в матрице предпочтений.

19. Обозначить выбранную вершину w.

20. Если f((v,w))> 0 идти к шагу 21, иначе идти к шагу 24.

21. Рассчитать резерв вершины w: Rw = min { f((v,w)); Rv}.

22. Обозначить предшествующую w вершину.

23. Добавить w в S.

24. Все предшествующие v неотмеченные вершины рассмотрены? Если да, идти к 4, иначе идти к шагу 18.

25. Используя отметки предшествующих вершин, построить цепь от z к a.

26. Для построенной цепи от z к a увеличить величину потока каждого ребра, ориентированного по направлению от a к z, на резерв вершины z и уменьшить величину потока каждого ребра, ориентированного по направлению от z к a, на резерв вершины z.

27. Идти к шагу 1.

28. Конец.

В результате применения предлагаемого алгоритма к рассматриваемому примеру получены параметры орграфа, отмеченные на рисунке 2.13. Пары цифр в скобках, показанные на ребрах орграфа, означают максимальную пропускную способность ребра и рекомендуемый объем грузоперевозок, увязанный с пропускной способностью и насыщением предыдущих ребер.

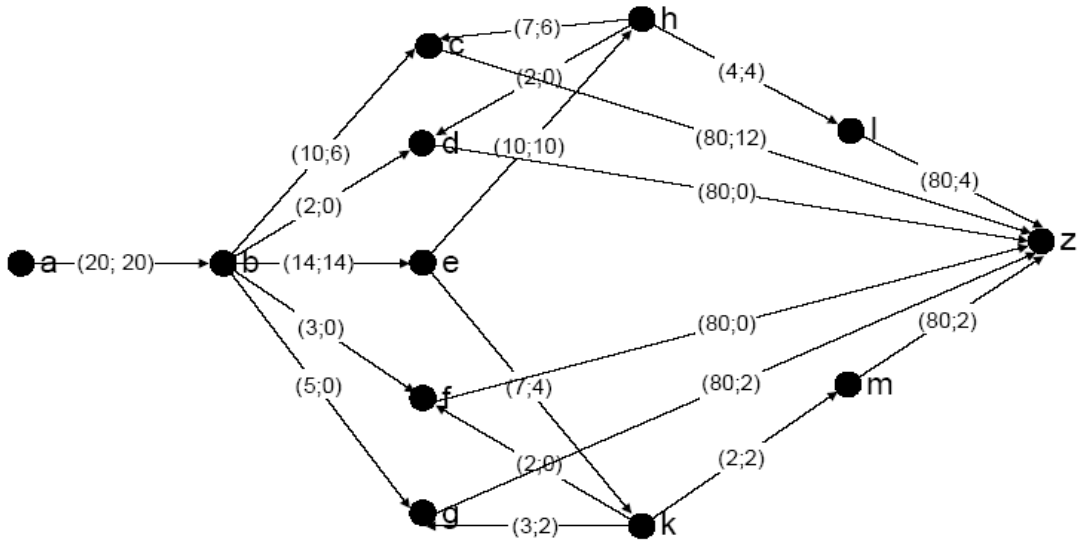


Рис.2.13. Результат расчета максимального потока при распределении продукции производителем

В результате расчетов выявлено, что в рассматриваемом примере при учете пропускной способности привлекаемого перевозчика и объемов заявленной потребности оптовых и розничных потребителей, а также значений приоритетов вершин (звеньев логистической цепи) при принятии решения об отгрузке, могут быть обеспечены не все потребности грузополучателей. При учете более высокого приоритета дистрибьюторов в работе как производителя, так и филиалов, приоритета розничных отгрузок над оптовыми, а так же приоритета развития первого филиала над вторым филиалом в рассматриваемом примере со склада производителя планируется отправка грузов только в адрес филиалов и Дистрибьютора 1 (см. ребра b-c и b-e). При этом полностью реализуются только заявки первого филиала (см. ребро e-h). Заявленный объем потребности второго филиала может быть реализован только на 57% (см. ребро e-k).

Первый филиал полностью покрывает потребность обслуживаемой розничной сети (см. ребро h-l) и потребность Дистрибьютора 1 на 86% (см. ребро h-c).

Обслуживание оптовых закупщиков при заданных пропускных способностях ребер не представляется возможным ни для Филиала 1, ни для Филиала 2 так же, как и со склада производителя (см. ребра (b-d, h-d, b-f, k-f). Второй филиал в полной мере удовлетворяет потребность своей розничной сети (см. ребро k-m) и потребность Дистрибьютора 2 на 67% (см. ребро k-g). Пропускная способность ребер, связанных с конечным потреблением достаточно велика, так что можно считать, что розничные торговые точки и дистрибьюторы полностью используют свои мощности (см. ребра c-z, l-z, g-z, m-z).

В результате расчета планового объема грузопотока в сети распределения рассматриваемого производителя можно сделать вывод о том, что требуется увеличение мощности производства и склада готовой продукции, привлечение дополнительного перевозчика или расширение пропускной способности используемого перевозчика для обслуживания работы филиалов, постепенное увеличение мощности складов филиалов для обслуживания дистрибьюторов и оптовых покупателей. Кроме того, получены данные для планирования движения

намеченных грузопотоков. В целом, представляемая методика позволяет получить результаты, которые в дальнейшем могут быть использованы при решении следующих задач управления системой распределения:

- Планирование требуемой стратегией развития предприятия мощности производства, складов готовой продукции производителя и региональной складской сети.

- Планирование мощности собственного транспортного парка, задействованного в движении грузопотоков в логистической сети.

- Обоснование необходимости привлечения перевозчика.

- Уточнение требуемой пропускной способности перевозчика.

- Планирование работы транспортной службы предприятия.

- Укрепление связей звеньев по цепи поставок в связи с наличие оценок возможностей взаимодействия по материальному потоку, в том числе обеспечение календарного планирования деятельности привлекаемой транспортной организации [10, 31].

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЛОГИСТИКЕ

3.1 Обоснование выбора среды для разработки информационной системы в логистике

Решение логистических задач, в том числе в инфокоммуникационных системах, сопряжено с оптимазацией маршрутов доставки информации, зачастую в условиях реального времени с учетом риска потери пакетов из-за отказов сбоев или отключений коммуникационных узлов.

Для решения указанного класса логистических задач предлагаются инструментальные программные средства поддержки принятия решений, разработанные с использованием объектно-ориентированной среды программирования Delphi 7.

В настоящее время программирование бурно развивается, как с точки зрения расширения круга решаемых им задач, так и сточки зрения существенного усложнения используемых в технологий программирований. Причем, особо необходимо отметить немалые размеры разрабатываемых программных продуктов. Все это требует максимального упрощения и ускорения процесса разработки приложений и использования ранее реализованных фрагментов. Такие требования к современному программированию привели к созданию многочисленных RAD-систем (от англ. RAD Application Development) – быстрая разработка приложений) представляющих собой интегрированные среды разработчика, включая в себя:

- средства быстрого и удобного построения программ, в том числе визуального;

- встроенные компиляторы и отладчики.

Один из таких RAD-систем является Delphi. Это объектно-ориентированная среда для визуального проектирования Windows приложений с развитыми механизмами повторного использования программного кода. Существенной чертой Delphi является компонентная модель разработки программных продуктов. Компоненты в Delphi просты для использования и развития, как результат сокрытия значительной части той структуры программы, которая близка к взаимодействию с операционной системой. Таким образом, для создания в Delphi несложных программных продуктов совершенно не обязательно понимать внутреннюю структуру Windows-приложения, получаемого после разработки в Delphi. Достаточно просто уметь работать с некоторыми компонентами, поставляемыми вместе со средой разработчика.

Объектно-ориентированная среда Delphi 7 представляет ряд принципиально новых возможностей которые базируются на серьезных изменениях языка программирования и ядра среды разработки позволяющие вывести разработку приложений с развитым графическим интерфейсом на новый уровень [32].

Преимущества Delphi по сравнению с аналогичными программными продуктами:

– быстрота разработки приложения;

– высокая производительность разработанного приложения;

– низкие требования разработанного приложения к ресурсам компьютера;

– наращиваемость за счет встраивания новых компонент и инструментов в среду Delphi;

– возможность разработки новых компонент и инструментов собственными средствами Delphi (существующие компоненты и инструменты доступны в исходных кодах);

– удачная проработка иерархии объектов.

Среда программирования Delphi рассчитана на программирование различных приложений и предоставляет большое количество компонентов для этого [32].

К тому же работодателей интересует прежде всего скорость и качество создания программ, а эти характеристики может обеспечить только среда визуального проектирования, способная взять на себя значительные объемы рутинной работы по подготовке приложений, а также согласовать деятельность группы постановщиков, кодировщиков, тестеров и технических писателей. Возможности Delphi полностью отвечают подобным требованиям и подходят для создания систем любой сложности [34].

Среда программирования Delphi расчитана на программирование различных приложений и для этого предоставляет большое количество компонентов.

3.2 Описание программного обеспечения системы

Разработанный программный продукт дает возможность выбрать метод поиска оптимальных решений в логистической системе между подсистемами «Поиск максимального потока в сети» и «Транспортная задача» (рисунок 3.1).

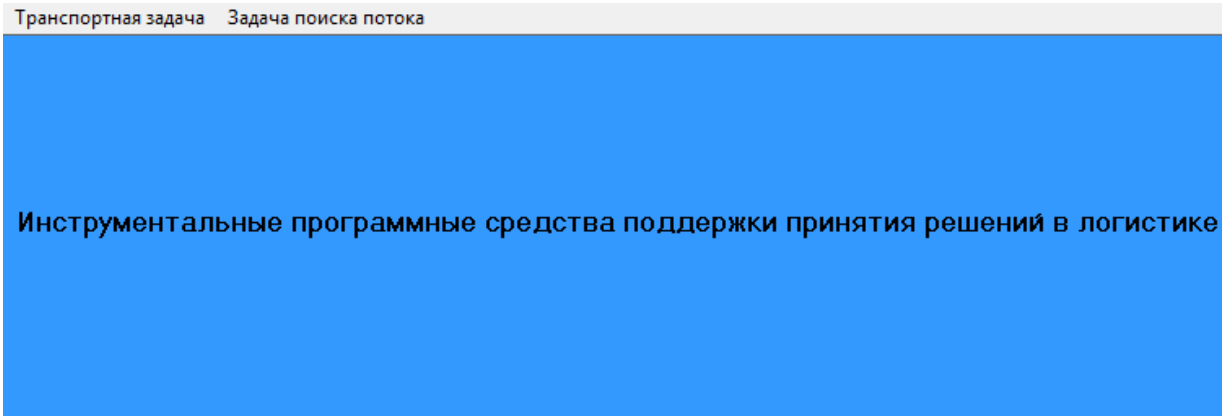


Рис.3.1. Главное меню

Пользователь при помомщи главного меню, как показано на рисунке 3.2 может выбрать требуемый метод.

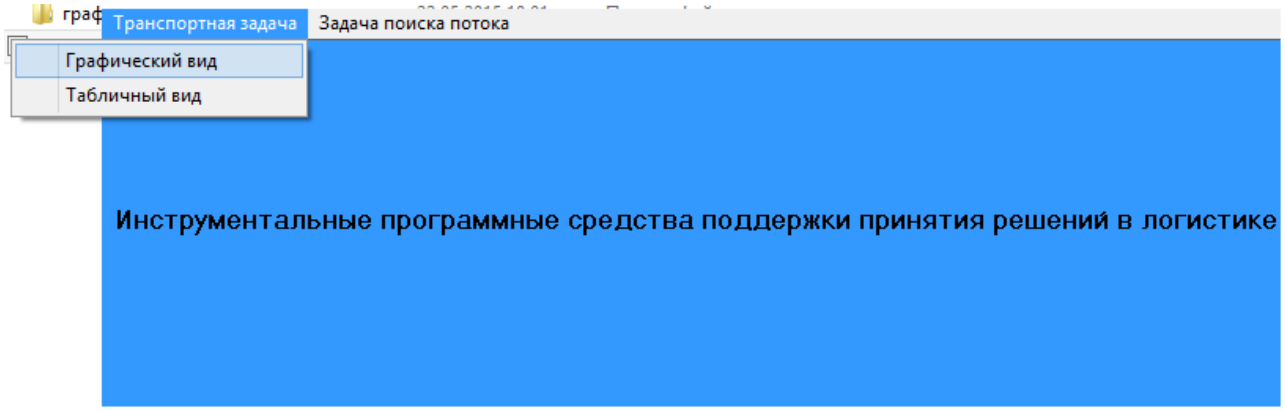


Рис.3.2. Выбор метода решения

При выборе команды меню «Транспортная задача» можно выбрать решение в табличном или графическом виде.

В зависисмости от выбора задача будет решена и представлена в запрашиваемом виде. Для удобства пользователей задачу можно проверить обоими способами.

Для ввода данных в левой части окна находится панель инструментов. После ввода вершин графа, названия указываются в дополнительном окне, открывающемся в правой части окна (рисунок 3.3).

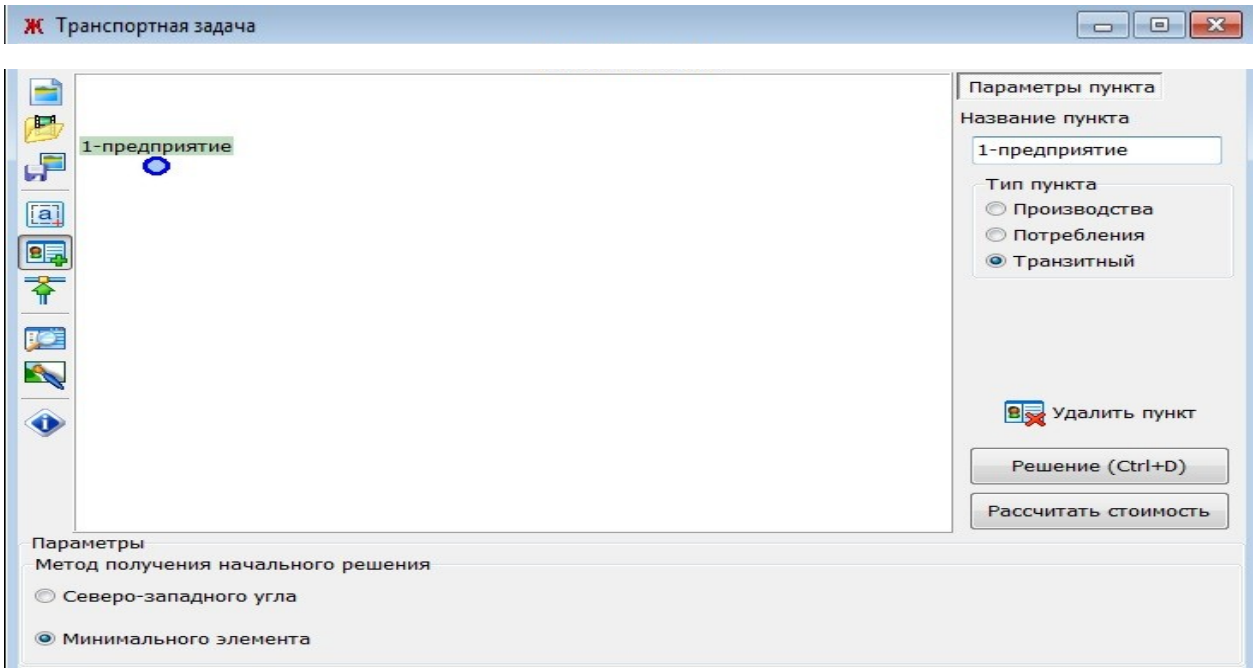


Рис.3.3. Окно ввода данных

Разработанная система поддерживает решение задачи «Поиск максимального потока в сети», для чего в интерфейсе системы выделены разделы: «Визуальный редактор», «Решение», «Граф».

При запуске системы открывается окно «Поиск максимального потока методом Форда-Фалкерсона». В системе поддерживаются команды команды – «Файл» и «Справка». Меню «Файл» состоит из разделов «Новый граф», «Открыть», «Сохранить» и «Выход», которые используются для создания нового графа, открытие уже существующего графа, сохранения построенного графа и выхода из программы.

Меню «Справка» состоит из разделов «О логистической системе» и «Используемый метод».

Раздел «Визуальной редактор» включает опции: « Рсзместить вершину», «Добавить ребро», «Удалить вершину». Данные функции предназначены для осуществления следующих действий: расместить вершину, добавить ребро, удалить вершину.

В разделе «Решение» поддерживается выполнение функции «Найти максимальный поток». Данная функция позволяет вычислить максимальный поток в заданной сети. Перед нажатием кнопку «Найти максимальный поток» нужно задать число вершин и заполнить матрицу смежности вешин. При этом задается направление потока. Панель управление «Решение» поддерживает опцию, которая позволяет задать число вершин. Система поддерживает дополнительные функции «Загрузить граф из файла» и «Сохранить граф в файл».

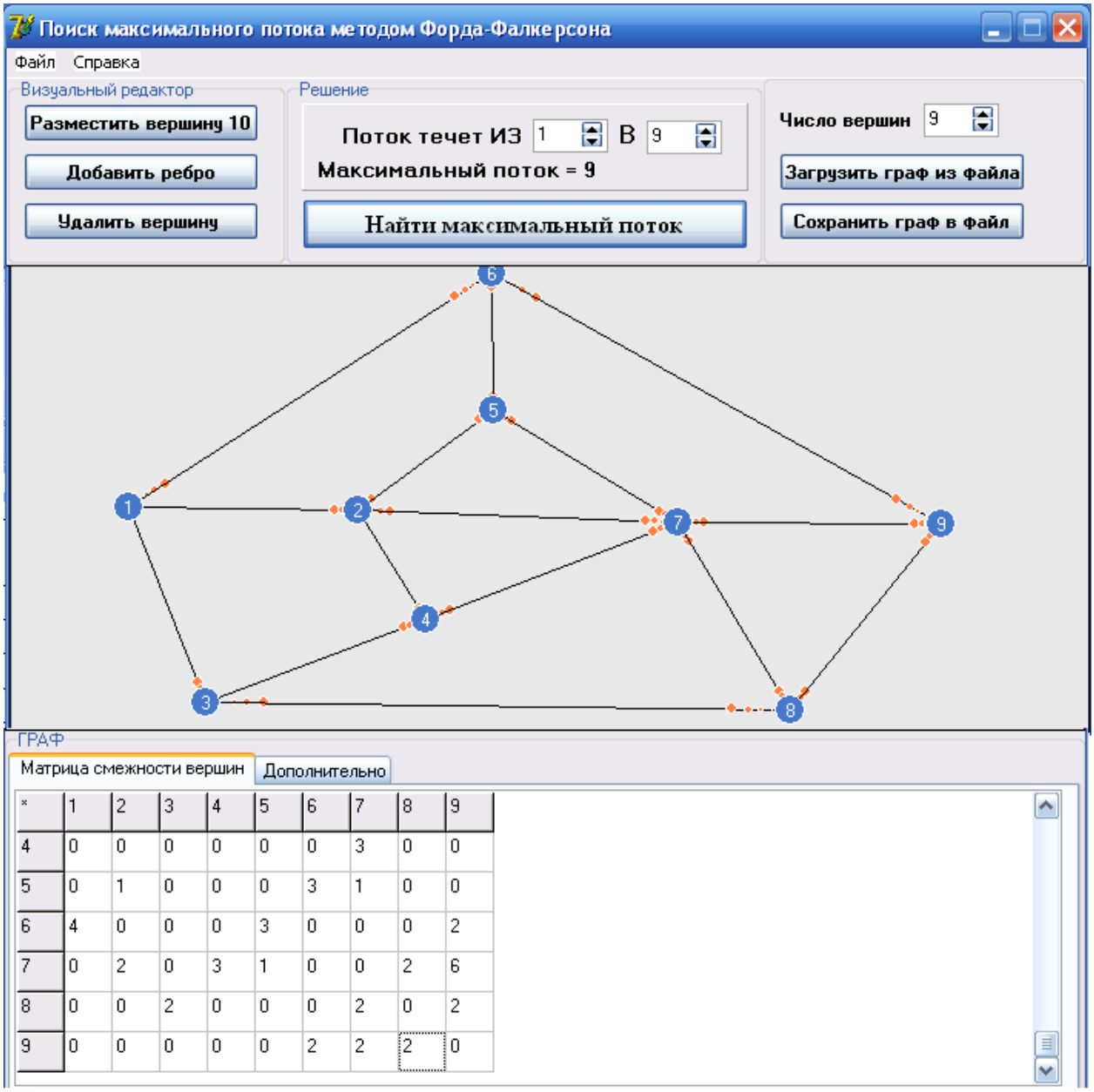
Интерфейс предлагаемой системы поддержки принятия решений предусматривает окно, в котором строятся графы. В данном окне можно построить, удалить вершины и ребра графа. Раздел «Граф» состоит из вкладок «Матрица смежности вершин», «Дополнительно». Во вкладке «Дополнительно» имеются кнопки «Удалить все ребра», «Обновить изображение», «Распределить равномерно», «Распределить без наложений». (Рисунок 3.1)



*	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	0	0	0	0	0	0	3	0	0
5	0	1	0	0	0	3	1	0	0
6	4	0	0	0	3	0	0	0	2
7	0	2	0	3	1	0	0	2	6
8	0	0	2	0	0	0	2	0	2
9	0	0	0	0	0	2	2	2	0

Рисунок 3.1 Вид раздела «Граф»

Результат расчета максимального потока формируется в разделе «Решение», в виде, представленном на рисунке 3.2.



*	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	0	0	0	0	0	0	3	0	0
5	0	1	0	0	0	3	1	0	0
6	4	0	0	0	3	0	0	0	2
7	0	2	0	3	1	0	0	2	6
8	0	0	2	0	0	0	2	0	2
9	0	0	0	0	0	2	2	2	0

Рис. 3.2. Результат расчета максимального потока

Ребра от графа к графу проводвятся вручную как показано на рисунке 3.3. Объемы грузов и коэфициенты задаются в дополнительном окне справа.

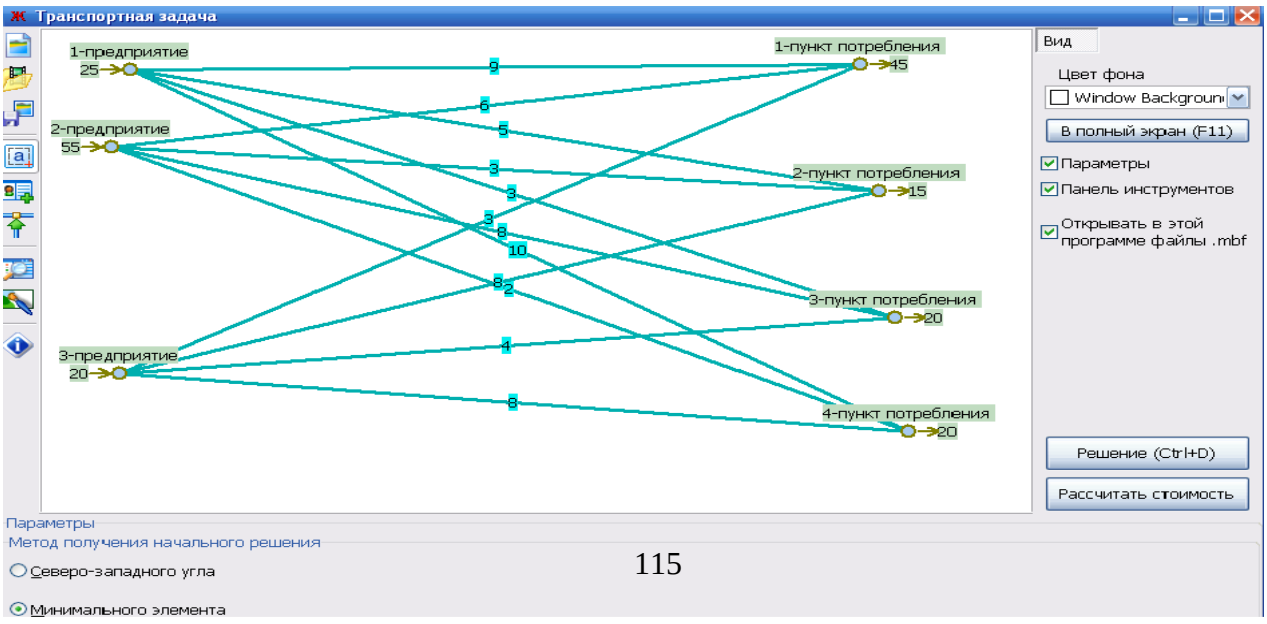


Рис.3.3. Графический вид решения транспортной задачи

Для уточнения следует выбрать метод получения предварительного решения, указанный ниже в этом окне. При нажатии кнопки «Решение» окно обновляется и на экране появляется готовое решение в виде графов как показано на рисунке 3.4.

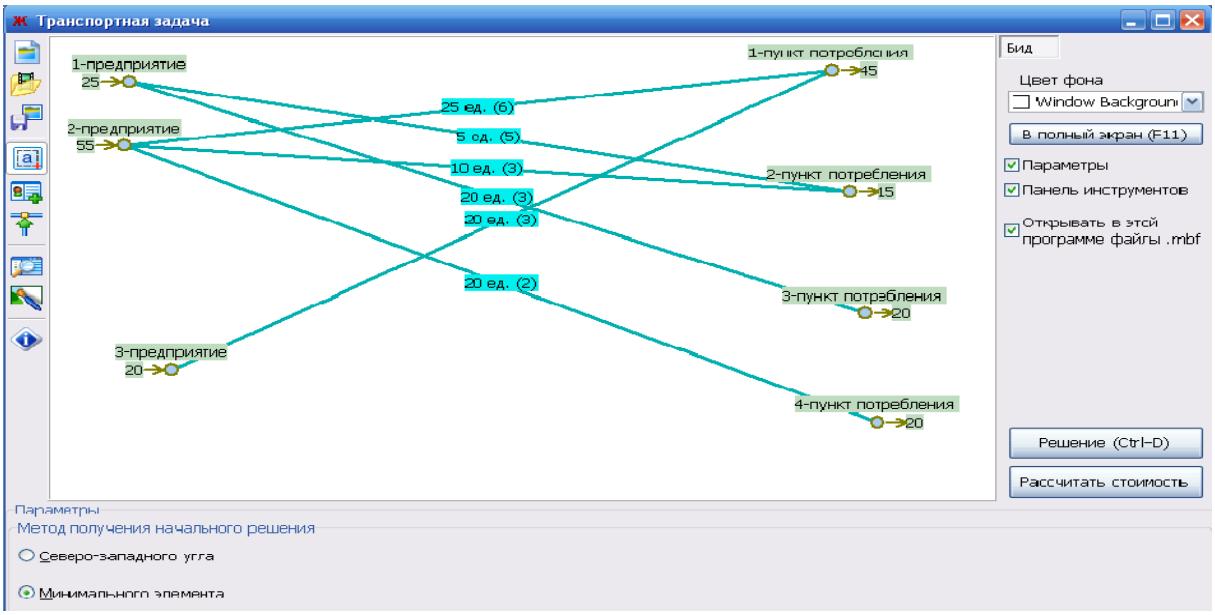


Рис.3.4. Нахождение оптимального плана

Общую стоимость перевозок можно вычислить с помощью кнопки «Рассчитать стоимость» как показано на рисунке 3.5.

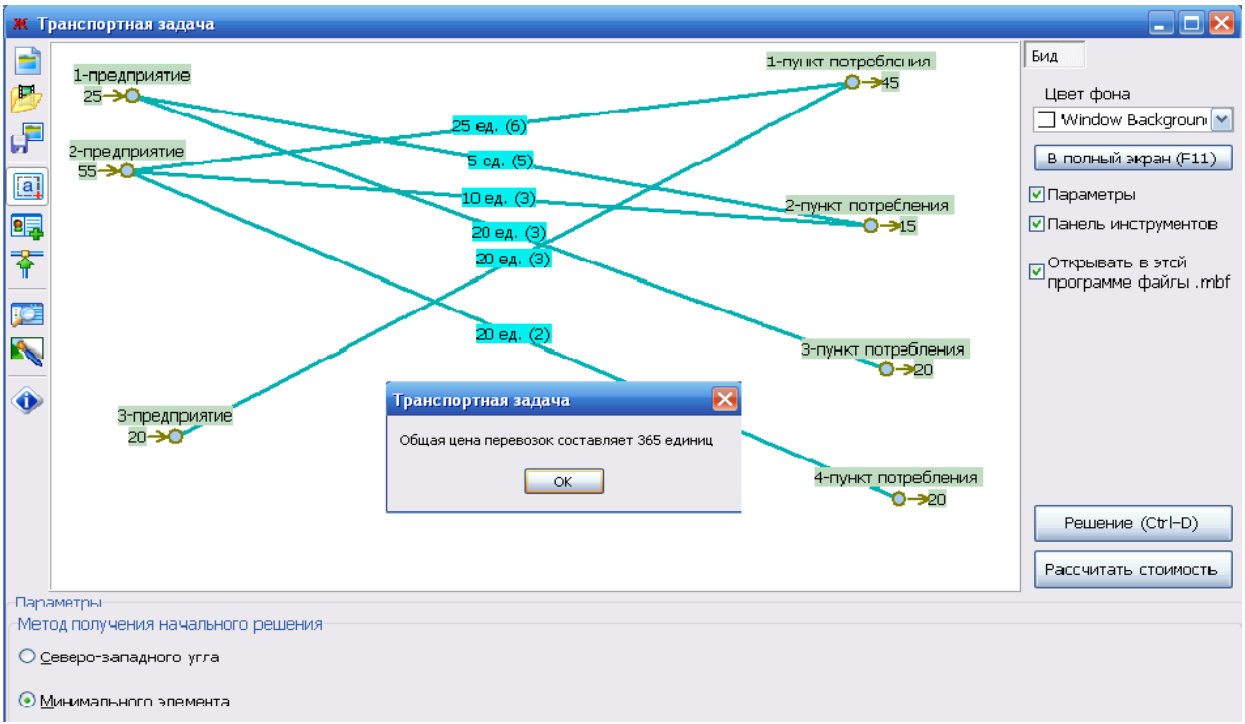


Рис.3.5. Расчет стоимости груза

Данные, полученные при решении вышеописанной задачи, можно проверить при помощи решения этой же задачи в табличном виде. Условия задачи заполняется в таблице транспортной задачи (рисунок 3.6).

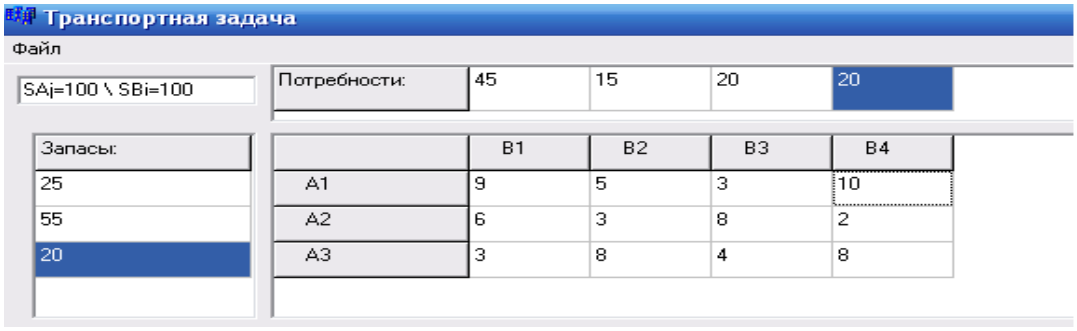


Рис.3.6. Окно для заполнения условий задачи

Все требуемые данные вводятся в виде таблицы, а решение выдается после нажатия кнопки «Рассчитать» (рисунок 3.7).

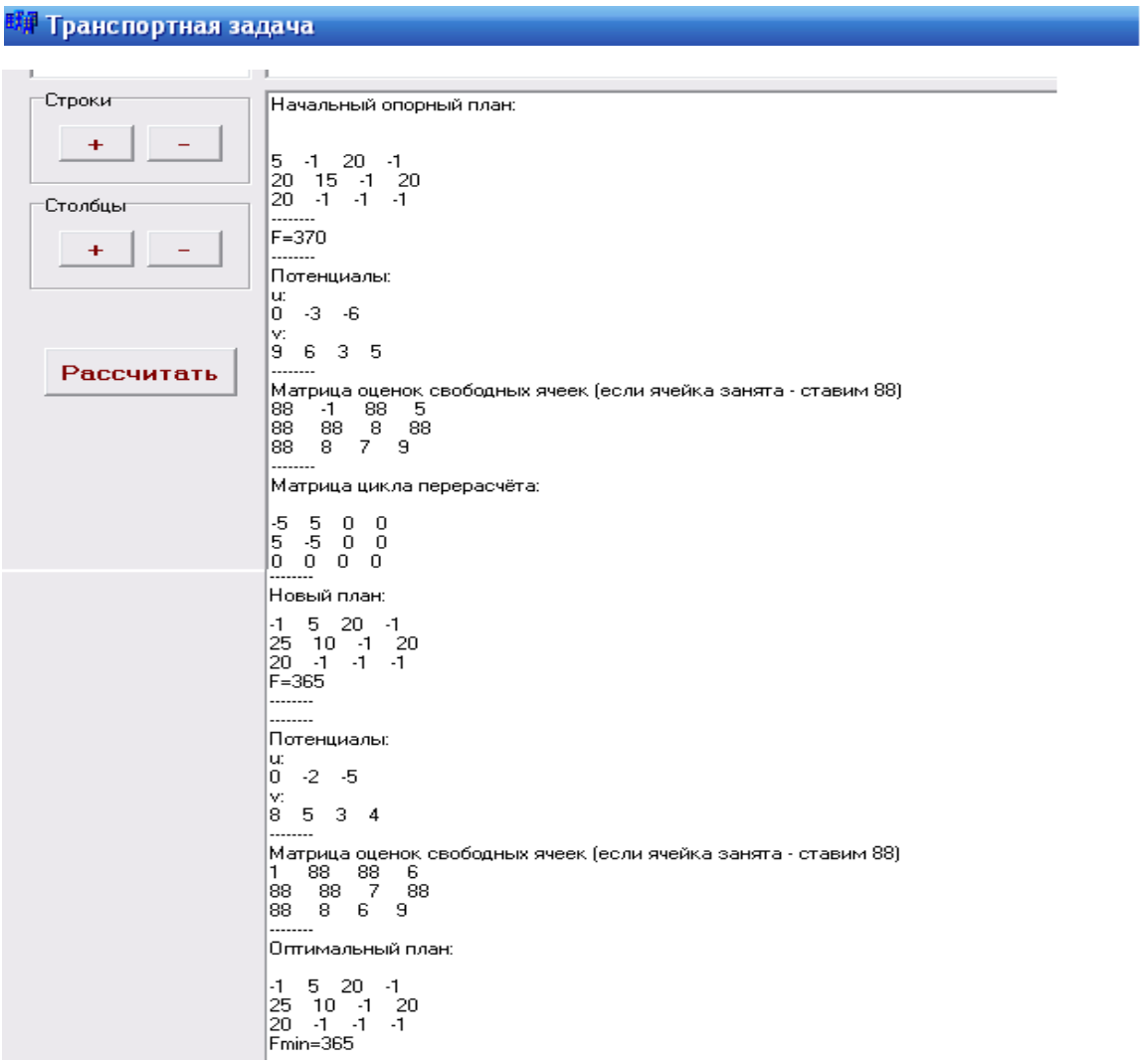


Рис.3.7. Табличный вид решения транспортной задачи

Разработанная программа позволяет автоматизировать процесс решения логисических задач и помимо поддержки принятия решенийпри оптимизации транспортных задач, она может использоваться в учебном процессе, в частности в лабораторном практикуме по дисциплине «Теория принятия решений».

3.3 Описание программного обеспечения

3.3.1 Общие сведения

Платформа программного продукта разработана в среде Delphi 7. Приложение функционирует под управлением операционных систем семейства Windows 2000/XP/Vista/7.

3.3.2 Функциональное назначение и используемые технические средства

Разработанный программный комплекс может быть использован как инструмент интеграции усилия звеньев сети распределения, учитывающий названные современные особенности процесса управления логистическими системами.

В процессе разработки данной программы использовались следующие технические средства: Intel (R) Pentium (R) D CPU 3.00GHz 2,99ГГц, 0,99ГБ ОЗУ.

3.3.3 Описание логической структуры, вызов и загрузка программы

Описание логической структуры раздела «Поиск максимального потока в сети»

1– начало модуля Unit.pas;

2 – открытый интерфейс модуля;

3-6 – список подключаемых модулей;

7- 51– объявление класса формы;

52-85 – описание процедуры;

86,87 –закрытая часть класса;

88,89 – открытая часть класса;

90 – окончание описания модулей;

91-105 – описание типов переменных;

105-108 – реализация модулей;

109-117 – функция нахождения вершин;

118-157 – процедура построение нового графика;

158-197 – процедура очистки канваста;

198-286 – процедура удаления;

287-314 – процедура добавления ребр;

315-326 –процедура рисования;

327-330 – процедура обработки кнопки Button4;

331-340 – процедура очистки грида;

341-348 – процедура обработки команды «Открыть» в меню;

349-352 – процедура обработки команды «Сохранить» в меню;

353-360 – процедура рисования нового графика;

361-391 – процедура введения элементов матрицы;

392-397 – процедура размещения вершин с помощью мыши;

398-401 –обработка нажатия кнопки Button2;

402-405 – обработка нажатия кнопки Button1;

406-409 – обработка нажатия кнопки Button4;

410-415 – обработка нажатия кнопки Button6;

416-417 – обработка нажатия кнопки Button9;

418-447 – процедура обработки кнопки размещения вершин;

448-467 –процедура, предназначенная для работы с файлами;

468-471 –процедура вызова кнопки «Решение»;

472-506 – процедура обработки нажатия кнопки, которая служит для рисования ребр;

507-543 – процедура обработки нажатия кнопки, которая служит для расчета максимального потока;

544-548 – процедура введение матрицы;

549-552 – активация формы Form5;

553-556 – активация формы Form2 (используемый метод);

557-560 – активация формы Form3;

561-564 – активация формы Form2;

564 – конец модуля.

Описание логической структуры раздела «Транспортная задача»

1	Название Unit;
2	Создание интерфейса;
3 - 6	Описание модулей;
7 – 76	Раздел типов, описание объектов, используемые в программе;
77 - 122	Описание процедур;
123 - 136	Переменные, необходимые для графики;
137	Описание переменных;
138 - 146	Описание переменных и процедур, относящие к логическому типу;
147 - 159	Создание формы;
160 - 197	Изображение графических объектов;
198 - 240	Удаление графических объектов;
241 - 265	Изменение графических объектов;
266 - 270	Изображение графических объектов по координатам;
271 - 293	Вычисление по алгоритму;
294 - 342	Изображение графических объектов в ручную;
343 -442	Условия транспортной задачи;
443 - 512	Сохранения результатов и графического изображения;
513 -619	Вывод результатов на экран.
620 – 621	конец модуля.

Для функционирования данного программного обеспечения требуется запустить main.exe файл

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решены следующие задачи:

- разработаны модели и методы сетевого планирования, применяемые для качественного планирования маршрутов транспортировки продукции, снижение расходов на транспортную логистику;

- разработаны модели и методы транспортной задачи для формирования оптимального маршрута в логистических системах.

- разработан универсальный программный пакет по моделированию параметров и процессов логистической системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Плоткин Б.К., Делюкин Л.А. Экономико-математические методы и модели в логистике: Учебное пособие. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2010. – 96с.

2. Л.В. Канторович, А.Б. Горстко. Оптимальные решения в экономике. – М.: Издательство «Наука», 1972. – 231с.

3. Л.В. Канторович. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. Изд-в Ан СССР,1979. – 350 с.

4. Н. Н. Шаш, К. А. Азимов, А.Ю. Шепелева. Логистика. Конспект лекций. М.: Политехника, 2010.

5. А.Н.Тихомирова, Е.В. Сидоренко. Математические модели и методы в логистике: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2010 – 320с.

6. В.С. Лубенцова. Математические модели и методы в логистике: учеб. пособ. Под редакцией В.П. Радченко. – Самара. Самар.гос. техн. ун-т, 2008, - 157с.:ил

7. Гаджинский А. М. Основы логистики. - М.: Информационно-внедренческий центр «Маркетинг», 1996. – 124 с.

8. А.В.Кузнецов, Н.И.Холод, Л.С. Костевич. Руководство к решению задач по математическому программированию. – Мн.: «Вышэйшая школа», 1978. - С. 256.

9. Мастяева И.Н. Математические методы и модели в логистике: Учебное пособие, учебная программа / Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. – М.: МЭСИ, 2004. – 52 с.

10. Андерсон Дж. Дискретная математика и комбинаторика. – М.: «Вильямс», 2003. - С. 699-707.

11. Чудаков А.Д. Логистика: учеб. пособ. – М.: Издательство «Альфа-Пресс», 2008. – 352с.

12. В.Д.Сербин. Основы логистики. Учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004.

13. Залманова М.Е. Управление системами переработки, хранения и доставки продукции. - Саратов: СПИ, 1990.

14. Смехов А.А. Введение в логистику. - М.: Транспорт, 1993

15. Аникин Б.А. Логистика: тренинг и практикум: учеб.пособ./ Б.А. Аникин и др. М.: Проспект, 2007. 439 с.

16. Логистика: Учебное пособие / Под ред.Б.А.Аникина. – М.: ИНФРА-М, 1999. – 327 с.

17. Ждонсон Бр. Современная логистика. М.: Вильяме, 2002.

14. Маликов О.Б.Деловая логистика. М.: Политехника, 2003.

15.Миротин Л.Б., Ташбаев Ы.Э., Касенов А.Г.Логистика: обслуживание потребителей: Учебник. М.: Инфра-М, 2002.

16. Неруш Ю.М.Логистика. М.: Юнити, 2003.

17. Семененко А.И.Логистика: основы теории. М.: Союз, 2003.

18. Стаханов В.Н., Украинцев В.Б.Теоретические основы логистики. Ростов: Феникс, 2001.

19. Чудаков А.Д.Логистика: Учебник для вузов. М.: БСГ-пресс, 2001.

20. Основы логистики. Общие вопросы логистического управления: Учебное пособие/ Алесинская Т.В. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005.

21. Родионова В.Н. и др.; Логистика. Конспект лекций Москва: Инфра – М, 2002

22. Миротин Л.Б. Интегрированная логистика накопительно-распределительных комплексов (склады, транспортные узлы, терминалы): учебник. М.: Экзамен, 2008. 445 с.

23. Лукинский В.С. Логистика автомобильного транспорта: концепция, методы, модели. М.: Финансы и статистика, 2000. 280 с.

24. Лукинский В.С. Модели и методы теории логистики. Учебное пособие 2-е издание. СПб.: Питер, 2007. 448 с.

25. Таха Хэмеди А. введение в исследование операций. 6-е изд./Перевод с англ. М.: Вильямс, 2001. 912 с.

26. Транспортная логистика: учеб.пособ./ Под общей ред Л.Б. Мирошина. М.: Экзамен, 2002. 512 с.

27. Уотерс Д. Логистика. Управление цепью поставок /Д.Уотерс. М.: ЮНИТИ-ДАИА, 2003. 503 с.

28. Черноруцкий И.Г. Методы оптимизации и принятий решений: учебное пособие. СПб.: Лань, 2001. 384 с.

29. Гасс С. Линейное программирование / Перевод с англ. – М.:Физматиздат, 1961. – 303 с.

30. Карлин С. Математические методы в теории игр, программировании и экономике / перевод с англ. – М.: Мир, 1964. – 420 с.

31. Фомин Г.П. Математические методы и модели в коммерческой деятельности. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 616 с.

32. А. Хомоненко, В. Гофман, Е. Мещеряков, В. Никифоров. Delphi 7. Наиболее полное руководство. - СПб.: БХВ-Петербург, 2008.

33. Н.М. Голованов, Е.О. Веселов, М.Е. Голованов. Создание компонентов в среде Delphi. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004.

34. Фаронов В. Программирование баз данных в Delphi 7.// СПб:Питер, 2004.

35. Шанлаякова А.С., Дауренбаева Н.А., Сарсенбаева Ж.К. Математические модели и методы в логистической системе // Труды Международной научно-практической конференции «Подготовка инженерных кадров в контексте глобальных вызовов XXI века» III том, 12 апреля 2013 г., Алматы, с.332-334.

36. Дауренбаева Н.А. Инструментальные программные средства поддержки принятия решений в логистике. Международная научно-практическая конференция «Роль науки в развитии общества», часть 1, 5 марта 2015 г, Уфа, стр 16-18.

37. Дауренбаева Н.А. «Применение задачи о максимальном потоке в логистических системах» //Развитие науки и образования в современном мире, Труды международной научно-практической конференции, Часть II, 31 марта 2015 г, АР-Консалт, Москва 2015. с.157