

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт финансов, экономики и управления  
(наименование института полностью)

---

Департамент бакалавриата (экономических и управленческих программ)  
(наименование)

27.03.02 Управление качеством  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

---

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Разработка логистической системы, оптимизация мелкопартионных поставок на примере сетевых моделей

Студент

Х.О. Хайитов  
(И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_  
(личная подпись)

Руководитель

к.п.н, доцент С.О. Шаногина  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

## **Аннотация**

Бакалаврскую работу выполнил: Х.О. Хайитов

Тема работы: «Разработка логистической системы, оптимизация мелкопартионных на примере сетевых моделей»

Научный руководитель: к.э.н. С.Е. Васильева

Цель исследования заключается разработке логистической системы, оптимизация мелкопартионных на примере сетевых моделей.

Объектом исследования является ООО «Центр Мебель Комплект», основным видом деятельности которого является производство корпусной мебели, доставкой ее потребителю и сборкой на месте использования.

Предметом исследования является логистическая система для минимизации издержек, связанных с доставкой.

Практическая значимость исследования заключается в разработке информационной технологии, применимой для малых и средних предприятий и направленной на повышение качества доставки готовой продукции и снижение издержек на доставку.

Краткие выводы по бакалаврской работе. В первом разделе рассмотрены теоретические подходы к понятию логистическое управление цепями поставок. Во втором разделе проведен анализ деятельности предприятия. В третьем разделе на базе полученных данных, было предложено провести апробацию логистической системы.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, 3-х разделов, заключения, списка используемой литературы из 29 русских источников и 10 иностранных источников. Общий объем работы, без приложений, 72 страниц машинописного текста, в том числе таблиц – 8, рисунков – 29.

## **Annotation**

The Bachelorthesis is done by:H.O. Khayitov

The theme of work: Logistics system development, small-lot systems optimization using network models as an example

Scientific supervisor: Ph.D.S.O. Shanogina

The aim of the study is logistics system development to optimize small-lot on the example of network models.

The object of the study is LLC “Center Furniture Set”, whose main activity is the cabinet furniture production, its delivery to the consumer and assembly at the place of use.

The subject of the study is a logistics system in order to minimize delivery costs.

The practical significance of the study lies in the information technology development applicable to small and medium-sized enterprises and aimed at improving the quality of delivery of finished products and reducing delivery costs.

Brief conclusions on bachelor thesis. The first section represents theoretical approaches to the concept of logistics supply chain management. The second section contains the enterprise activities analysis. In the third section, based on the data obtained, it was offered to test the logistics system.

The thesis structure and workload. The thesis consists of the introduction, three sections, the conclusion, the list of references which has 29 Russian sources and 10 foreign sources. The total amount of work without appendixes is 72 pages of typewritten text, including tables in a quantity of 8, and figures in a quantity of 29.

## Содержание

Введение.....	5
1 Содержание вопроса в области логистического управления цепями поставок.....	7
1.1 Современное состояние вопроса управления логистическими цепями .....	7
1.2 Описание проблемной ситуации. Выбор математических методов решения задачи.....	12
1.3 Выбор средств решения проблемы .....	22
2 Анализ деятельности предприятия.....	28
2.1 Анализ логистической системы с позиции системного подхода.....	28
2.2 Разработка алгоритма решения поставленной задачи .....	36
3 Апробация логистической системы .....	38
3.1 Разработка информационной системы .....	38
3.2 Применение логистической системы на примере ООО «Центр Мебель Комплект» .....	42
Заключение .....	64
Список используемой литературы .....	66

## Введение

Повышение уровня требований потребителей происходит из-за возрастающей конкуренции на рынке товаров и услуг. В этих условиях прогресс любого бизнеса в предоставлении услуг нескольким клиентам должен быть динамичным. Целью является качество, объем и предоставление услуг, которые соответствуют ожиданиям клиентов. Тем не менее, даже компания, которая достигла высокого уровня обслуживания на рынке, во время стагнации на мгновение в ожидании открытия перспектив и возможностей, будет видеть позади конкуренции.

В наши дни потребители уточняют такие дополнительные критерии, как качественное сопровождение процесса выполнения заказа, сроки доставки и получение заказа в нужное время.

Обеспечения поставки является основной задачей транспортной логистики:

- конкретного продукта,
- место доставки,
- количество,
- надлежащего качества,
- оговоренное время,
- конкретному клиенту,
- с наименьшими потерями.

Поставка товаров в большое количество пунктов мелкими партиями является распространенной задачей для организаций, в том числе и среди малого бизнеса. В такой ситуации выбор оптимального маршрута развозки продукции между заказчиками позволяет значительно сократить как временные, так и транспортные расходы.

Применение информационных технологий для оптимизации поставок позволяет:

- четко организовать процесс поставки,

- снизить издержки, как временные, так и материальные, связанные с поставкой товара,

- увеличить удовлетворенность потребителя за счет точного выполнения обязательств по поставке товара, а в определенных ситуациях и превзойти его ожидания.

Многие предприятия малого бизнеса, планируют свои поставки и связанные с ними издержки, основываясь только на приблизительных и не всегда достоверных оценках поставленной задачи. Это приводит к тому, что они вынуждены использовать гораздо большие средства, как материальные, так и транспортные, чем может потребоваться в действительности. В противном случае фирма рискует не выполнить или выполнить в ненадлежащий срок свои обязательства по поставке товара. Но при этом расходы, связанные с внедрением специальных логистических систем или приемом на работу специалиста, окупятся за весьма длительный срок.

В связи с этим предлагается разработать логистическую систему, способную решать задачу организации мелко партийной поставки в условиях города, основанную на общедоступных и широко применяемых средствах. Это позволит практически исключить затраты на внедрение такой системы, но при этом организовать процесс поставки. Для этого необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать основные математические методы решения задачи оптимизации мелкопартионных поставок,

- разработать математическую модель проблемы и программные средства ее решения,

- разработать методику применения программного комплекса,

- оценить эффективность работы системы,

- рассчитать экономический эффект от внедрения предлагаемой системы.

# **1 Содержание вопроса в области логистического управления цепями поставок**

## **1.1 Современное состояние вопроса управления логистическими цепями**

В настоящее время есть три главных тенденции, в которых развиваются логистика и производство: ориентир на клиента, IT-технологии и специализация на значимых компетенциях. Принцип «collaboratetocompete», что означает взаимодействовать, чтобы конкурировать, является самым решающим для ведения бизнеса, приносящий успех на современных рынках. Он оказывает крупные изменения в подходах к организации и управлению бизнесом. Изменения в свою очередь связаны с появлением новых форм конкурентной борьбы, которые построены на взаимодействии предприятий.

Новые источники повышения эффективности логистических компаний открываются благодаря развитию информационных технологий и Интернета. Концепция управления логистическими цепями берет свое начало на принципах взаимодействия, синхронизации моделей планирования и бизнес-процессов на основе информационных каналов с поставщиками и клиентами по всей цепи.

Географически распределенные объекты, информация о приобретении, хранении, преобразовании или продаже сырье, незавершенная и готовая продукция, каналы распределения, которые распределяют объекты – все это входит в состав логистической цепи. Все перечисленные объекты могут управляться фокус-компанией, клиентами, поставщиками, представителями других фирм, со всеми, с кем компания имеет деловые отношения. Целью компании является плодотворное управление ресурсами и продуктами, поскольку они перемещаются по цепочке поставок и отправляются на рынки в необходимом количестве, в правильной конфигурации, в установленное время и по цене.

Существуют различия между фабриками и производственными объектами, где продукция перемещается, и центрами распределения, где продукция принимается, сортируется и передается на склады, собирается со склада и отправляется, но не перерабатывается. Цепь поставок представляет собой сложную систему, состоящую из различных объектов, либо производства с возможностью распределения, либо распределения с возможностью преобразования продукта.

Зачастую цепи поставок или производственно-логистические сети представляют в виде схем, как это показано на рисунке 1. Узлы представляют собой объекты, которые связаны между собой ребрами – транспортными связями. Стоит помнить о том, что полезным средством для изображения и обнаружения моделей являются сети, но на рисунке 1 сеть – это высокоуровневая модель цепи поставок. Более углубленный анализ просит предоставления подробных данных о процессах, затратах, ресурсах и мощностях, полностью описывающих объекты и каналы распределения.

Рисунок 1 представляет сеть, в которой пять уровней объектов. Продукция распределяется «вниз» от поставщиков на заводы субподрядчиков, от них уже на заводы-производители финальной продукции, дальше поступает в центр распределения и доставляются на рынки. Цепи поставок могут иметь случайное число уровней. При этом сама продукция может перемещаться и «вверх», обычно это происходит, когда продукты возвращают на завод для переработки или утилизации, или, когда продукты длительного пользования возвращают в распределительные центры.

Объектами цепей поставок выступают фирмы производители или распределители продукции, могут быть неразрывными как нефть, электроэнергия или информация. Последним же выступают телекоммуникации, рассмотренные как цепи поставок.

Европейская логистическая ассоциация SupplyChainManagement дала определение управлению цепями поставок – это комплексный подход к бизнесу, раскрывающий в себе основательные принципы управления в

логистической цепи, такие как методы принятия решений, управления ресурсами, формирование действующей стратегии.

К интегрированному планированию относят управление цепями поставок. Это планирование тесно связано с текущей комбинацией производства, закупки, склада и транспортировки. Это также важно для пространственной интеграции деятельности между географически распределенными поставщиками, рынками и объектами. Из-за интеграции времени как части оперативного планирования, случается, что стратегическое планирование направлено на решение проблемы привлечения ресурсов в долгосрочной перспективе.

Производственные и логистические цепочки подтверждены постоянным изменениям, что, в свою очередь, приводит к появлению новых концепций для организации, управления и логистики.

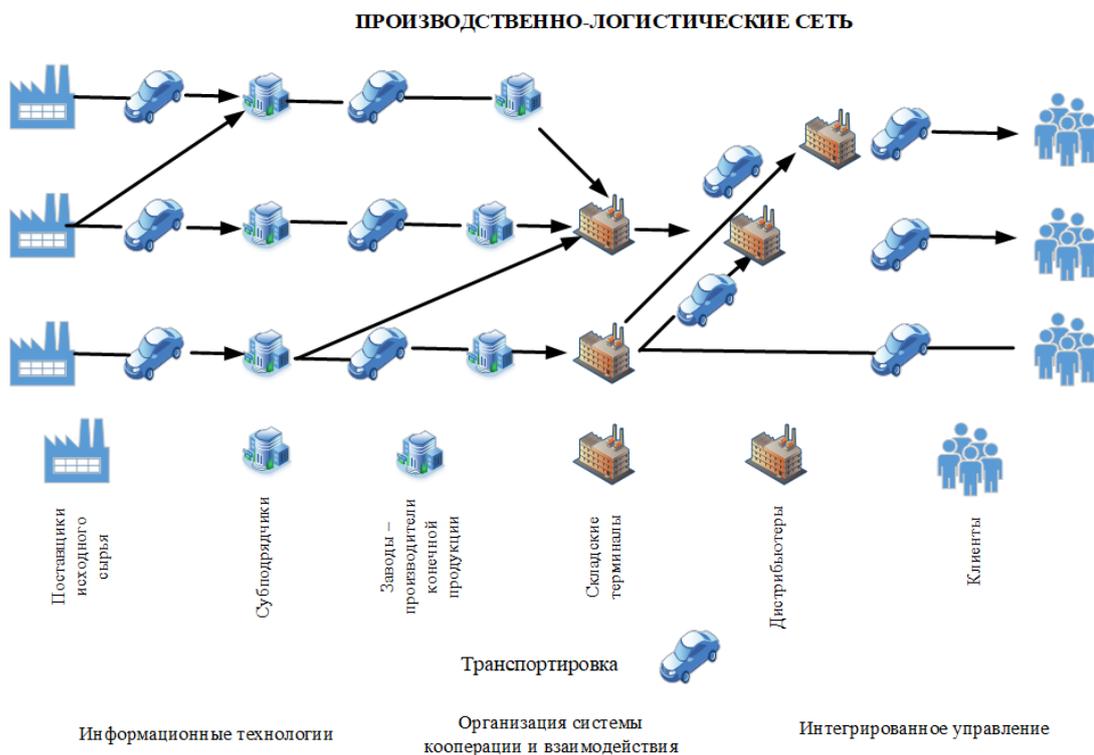


Рисунок 1 – Производственно-логистическая сеть

В рассматриваемый нами период произошел переход от ненасыщенного «рынка производителей» к насыщенному «потребительскому рынку». После первой фазы насыщения потребности потребителей играют важную роль в качестве продукции. Все дополнительные расходы компенсируются качеством продукта.

Индивидуализация к потребностям клиентов возникла благодаря лучшему качеству, что привело к развитию ориентации клиента на философию компании. Эта тенденция влияет на производство и предъявляет свои требования:

- уменьшить продолжительность производственного цикла;
- низкие запасы;
- высокая надежность в соблюдении сроков поставки;
- гибкость производства.

Еще одной тенденцией считается эффект скорости – это вывод продукта на рынок, реакция на рыночные изменения и обслуживание продукции. Данная тенденция развивалась в период концепции LeanProduction, Just-In-Time и другие.

В последние десять лет большинство компаний поменяли свой фокус с вопросов целенаправленного изменения структуры компании на изучение ведущих компетенций. Итогом послужило повсеместному использованию концепции аутсорсинга – передача компанией, свои виды деятельности или функции другой компании. Сначала все внимание было на внутренних процессах, позже был переход к ассоциациям внешних цепочек поставок, которые объединили несколько игроков в процессе создания стоимости.



Рисунок 2 – Развитие производства и логистики

Все вышеперечисленные положения и разработка общих бизнес-стратегий, основанных на принципах стратегической помощи партнерам, таким образом, влияют на изменения в концепциях логистики и организации производства.

Целью управления цепочкой поставок является снижение общих затрат на логистику при одновременном удовлетворении этого твердого спроса. Транспортные расходы (внутренние, внешние), производственные затраты, затраты на сырье и приобретение компании, затраты на распределительный центр с точки зрения запасов, инвестиции в оборудование – все это могут включать затраты.

Основной задачей транспортной логистики является обеспечение поставок нужного продукта, который отвечает всем критериям в нужное время, для потребителя с минимально возможными затратами.

При создании модели для решения выявленных проблем планирования вы можете изучить только часть общей цепочки поставок компании и связанные с этим расходы.

Число приложений модели оптимизации для тактического, стратегического и оперативного планирования цепочки поставок, чьи возможности ограничены, растут. Главная проблема, приводящая к такому пассивному использованию моделирования- выбор метода и средства для решения задач оптимизации. Для некоторых задач есть аналитическое решение, но это скорее исключение из общего правила.

## **1.2 Описание проблемной ситуации. Выбор математических методов решения задачи**

Время доставки товара до клиента является одним из важнейших показателей качества транспортных услуг. В информационном материале анализируются факторы, влияющие на данный показатель, и подходы к его оптимизации. Автор подробно описывает функционирование информационной системы, поддерживающей процессы управления транспортными услугами.

Усиление конкуренции на рынке товаров и услуг приводит к увеличению потребностей клиентов. В этих условиях развитие общества, ориентированного на предоставление услуг большому количеству потребителей, должно быть очень динамичным. Цель состоит в том, чтобы предлагать услуги, качество и объем которых соответствуют ожиданиям клиентов. Скорее всего, даже компании, которая достигла наивысшего уровня обслуживания на рынке и на какое-то время застыла в дружеском исследовании возникающих перспектив и возможностей, в конечном итоге придется увидеть спины своих конкурентов, которые быстро обгоняют и уходят.

Постоянные изучения предпочтений экономически активных групп потребителей указывают на постоянные изменения критериев выбора услуг. Низкие цены и высокое качество продукции важны и необходимы для конкурентоспособного обслуживания. В настоящее время клиенты делают акцент на связанных критериях.

Далеко не все организации делают доставку товара своим клиентам в день получения. Стандарты обслуживания становятся все более строгими, и положение компании на рынке будет зависеть от ее способности соблюдать.



Рисунок 3 – Компоненты маршрута при расчете транспортных расходов

Проблема маршрута транспортных средств (VRP) – моделирующая задача по оптимизации, в которых необходимо определить автопарк маршрутов к различным удаленным точкам потребления для автопарка транспортных средств, располагающиеся в одном или нескольких складах. Интерес к проблеме маршрута транспортных средств основан на его практической значимости со значительной сложностью[19].

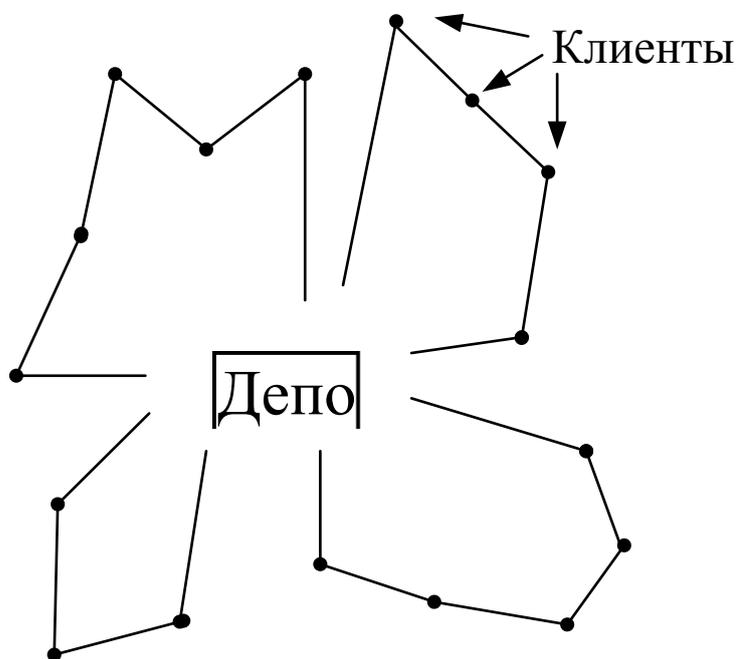


Рисунок 4 – Пример решения задачи маршрутизации транспорта

Задача определения местонахождения транспортных средств представляет собой задачу целочисленного программирования.

В большинстве случаев, поиск таких задач является приблизительным решением, которое является достаточно быстрым и точным для желаемой цели. Фактические действия по оптимизации обычно имеют множество других ограничений и вариаций, наиболее важные из которых перечислены ниже.

Название	Описание
Capacitated VRP	каждое транспортное средство имеет ограниченную грузоподъемность
VRP With Time Windows	каждый клиент должен обслуживаться в определенном «временном интервале»
Multiple Depot VRP	для обслуживания клиентов используются несколько депо
VRP With Pick – Upsand Delivering	клиенты могут вернуть некоторые товары в депо
VRP with Backhauls	возврат начинается только после того, как все товары были доставлены из депо
Split Delivery VRP	каждый клиент может обслуживаться несколькими машинами одновременно
Periodic VRP	доставка может занять несколько дней
Stochastic VRP	некоторые компоненты задачи (количество и запросы клиентов, длина пути) могут работать случайным образом
VRP With Satellite Facilities	есть возможность перезагрузить автомобиль на маршруте

Рисунок 5 – Дополнительные ограничения и вариации

#### Пути решения проблем маршрутизации

Ниже приведен список часто используемых методов для решения проблемы. Почти все они являются эвристическими и мета-эвристическими, потому что точные алгоритмы не всегда обеспечивают решение больших задач в приемлемое время.

Предлагается следующая классификация методов решения:

- точные подходы;
- метод ветвей и границ;
- эвристические методы;
- конструктивные методы;
- механизм сбережений;
- метод, основанный на совпадениях;
- эвристики улучшения многих маршрутов;
- двухфазный алгоритм;
- кластерный метод;
- лепестковый алгоритм;
- алгоритм заметающей прямой;
- алгоритм Тейлорда;
- мета-эвристика;
- муравьиный алгоритм;
- программирование в ограничениях;
- детерминированный отжиг;
- генетический алгоритм;
- алгоритм имитации отжига;
- программирование в ограничениях;
- поиск гранулированного табу;
- адаптивное программирование памяти;
- алгоритмы решения задачи маршрутизации транспорта;

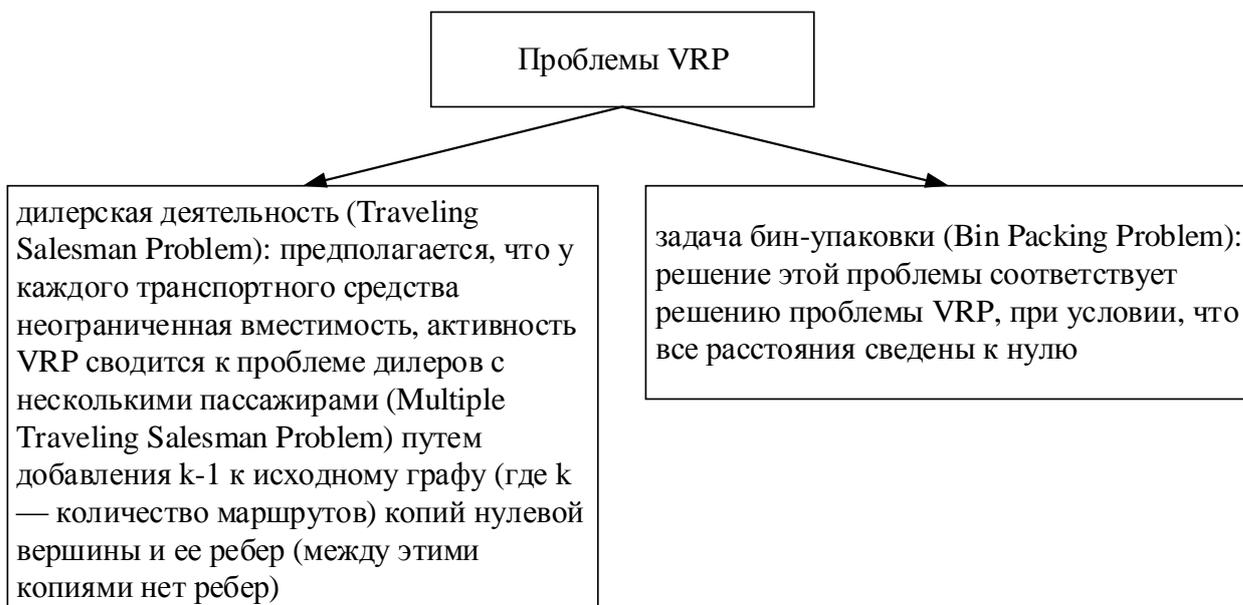


Рисунок 6 – Проблемы VRP

Маршрутизация транспорта относится к комбинаторным задачам, которые можно представить в виде графа  $G(V, E)$ :

- $V = \{v_0, v_1, \dots, v_n\}$  — множество вершин ( $v_0$  — депо,  $v_1..n$  — потребители),
- $E$  — множество ребер  $\{(v_i, v_j) \mid i \neq j\}$ ,
- $C$  — матрица неотрицательных расстояний (стоимости пути)  $c_{ij}$  между потребителями  $m$  — количество машин,
- $R_i$  — маршрут  $i$ -й машины ( $i=1..m$ ),
- $C(R_i)$  — стоимость маршрута  $R_i$ ,
- $q_i$  - объем груза, поставляемый  $i$ -му потребителю.

Решением задачи является:

- разбить множество  $V$  на подмножества (маршрут);
- установка порядка пересечения для каждого подмножества (переупорядочение вершин маршрута).

Решение возможно, если все маршруты соответствуют дополнительным ограничениям проблемы.

Целевой функцией является стоимость решения задачи:

$$FV RP = \sum C(R_i), i = \lim_{\rightarrow}(1.1)$$

где  $C(R_i)$  — сумма длин ребер маршрута  $R_i$ .

В классическом варианте требуется найти приемлемое решение с минимальными затратами.

Работа продавца состоит в том, чтобы найти наиболее выгодный маршрут, который проходит эти города хотя бы по один раз. В зависимости от условий задачи указываются критерий прибыльности маршрута (самый короткий, самый дешёвый, совокупный критерий и т. п.), а также матрицы расстояния, стоимости и т. п. Как правило, указывается, что маршрут должен пересекать каждый город только один раз, и в этом случае выбор делается между гамильтоновых циклов[36].

Гамильтоновым циклом в графе – это простой цикл, который включает все вершины графа ровно один раз.

Существует масса разновидностей обобщённой постановки задачи, в частности проблема геометрического торгового агента - когда матрица расстояний отражает расстояния между точками на плоскости, проблема треугольного коммивояжёра (когда неравенство треугольника равно доволён на матрице затрат), задачи симметричного и асимметричного торгового агента [39].

Простейшие методы решения проблемы торгового представителя:

- полный лексический поиск,
  - жадные алгоритмы,
  - метод минимального связующего дерева;
  - метод ветвей и границ
  - табличный метод нахождения оптимальных решений для различных задач оптимизации, в частности дискретной и комбинаторной оптимизации.
- Данным способом считается комбинаторным, в котором исключаются

подмножества большого количества реализуемых заключений, которые не содержат оптимальных решений. Метод был впервые предложен Аилсой Лэнд и Элисон Дойг в 1960 г. для решения задач линейного программирования.

Общая идея этого метода объясняется поиском минимальных и максимальных значений функций  $f(x)$  в наборе допустимых значений  $x$ . Функции  $f$  и  $x$  могут быть произвольными. Метод ветвления и связывания требует двух процедур: ветвления и определения границ.

Процедура присоединения состоит в разделении диапазона возможных решений на вторичные субдомены. Это процедура может быть применена рекурсивно к поддоменам. Получающиеся субдомены образуют дерево поиска, или дерево ветвей и границ. Узлы в этом дереве создаются поддоменами.

Процесс оценивания включает в себя нахождение верхнего и нижнего пределов оптимального значения в области возможного решения.

Метод ветвления и разграничения основан на идее: если нижний предел субдомена  $A$  дерева поиска превышает верхний предел любого субдомена  $B$ , то  $A$  можно исключить из любого дальнейшего оценивания (правило досрочного завершения). Минимальное значение полученных верхних границ записывается в глобальную переменную  $m$ ; любой узел в дереве поиска, нижняя граница которого больше значения  $m$ , может быть исключен из дальнейшего рассмотрения.

Если нижняя граница узла дерева совпадает с верхней, это значение является минимумом функции и достигается в соответствующем поддомене.

#### Генетический алгоритм

Это алгоритм, который помогает вам найти удовлетворительное заключение аналитически неразрешимых задач, поочередно подбирая и сочетая необходимые характеристики с использованием механизмов, аналогичных биологической эволюции. Это своего рода эволюционный расчет. Особой особенностью генетического алгоритма является внимание,

уделяемое использованию оператора скрещивания, который выполняет операцию, роль которой аналогична роли диких животных. Джон Холланд является «отцом-основателем» генетических алгоритмов, его книга «Адаптация в естественных и искусственных системах» (англ. *Adaptation in Natural and Artificial Systems*) имеет решающее значение в исследованиях [15].

Задача закодирована таким образом, что ее решение можно представить в виде вектора («хромосома»). Ряд начальных векторов («начальная популяция») генерируется случайным образом. Они оцениваются с использованием «фитнес приспособленности», после которой каждому вектору присваивается определенное значение, которое определяет вероятность существования организма, представленную этим вектором. Затем, используя полученные значения пригодности, выбираются векторы (выбор), которые они могут пересекать. «Генетические операторы» применяются к этим векторам (в большинстве случаев «скрещивание» означает перекрестные мутации), создавая тем самым следующее «поколение». Также оцениваются лица следующего поколения, затем производится отбор, применяются генетические операторы и так далее. Вот как моделируется «эволюционный процесс», который длится несколько жизненных циклов (поколений), пока не будет достигнут критерий остановки алгоритма. Этот критерий может быть:

- нахождение глобального или неоптимального решения;
- исчерпание количества поколений, отведенных для развития;
- использование времени разработки.

Генетические алгоритмы в основном для поиска решений в очень больших и сложных исследовательских пространствах.

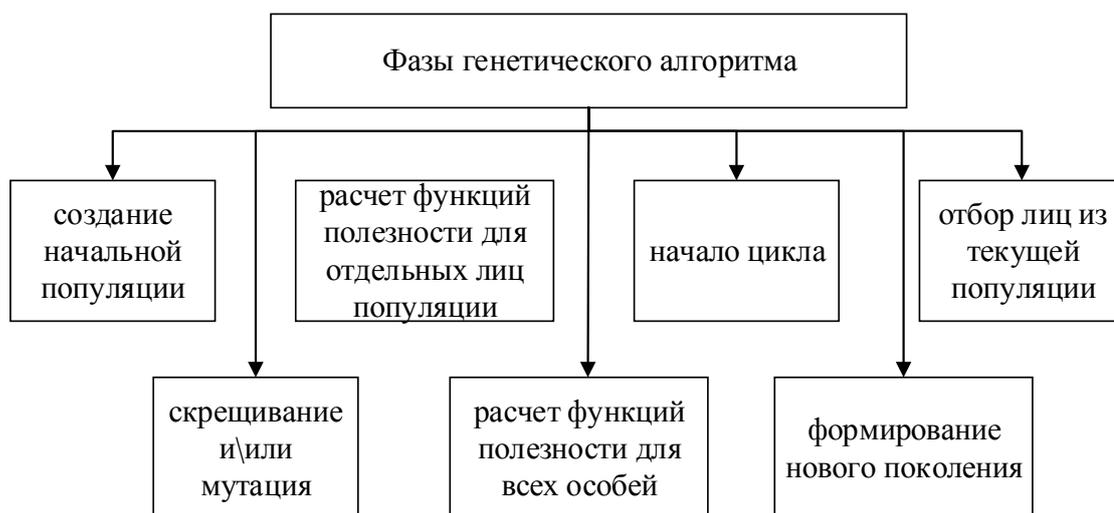


Рисунок 7 – Фазы генетического алгоритма

Экономические показатели качества грузовых перевозок.

Экономический показатель в экономике является общим количественным параметром социально-экономических явлений и процессов в единстве с их качественными характеристиками.

При оценке качества перевозки грузов должны быть учтены экономические показатели, выставяющие затраты, связанные с процессом перевозки в целом или с выполнением отдельных работ при доставке товара.

Показатели эффективности перевозки грузов:

- удельные затраты на перевозку грузов различными видами транспорта;
- полная удельная стоимость доставки груза;
- расходы на погрузку и разгрузку, и хранение;
- процент транспортных расходов в себестоимости продукции (товара);
- процент общих неисправностей при транспортировке груза, а также возможный процент неисправностей при погрузке и разгрузке и в необходимом процессе хранения груза[9].

Транспортные расходы и цены на транспортные и логистические услуги.

Транспортные расходы включают в себя все основные элементы логистических эксплуатационных затрат, которые их составляют, и

подавляющее большинство этих затрат напрямую связаны с процессом транспортировки.

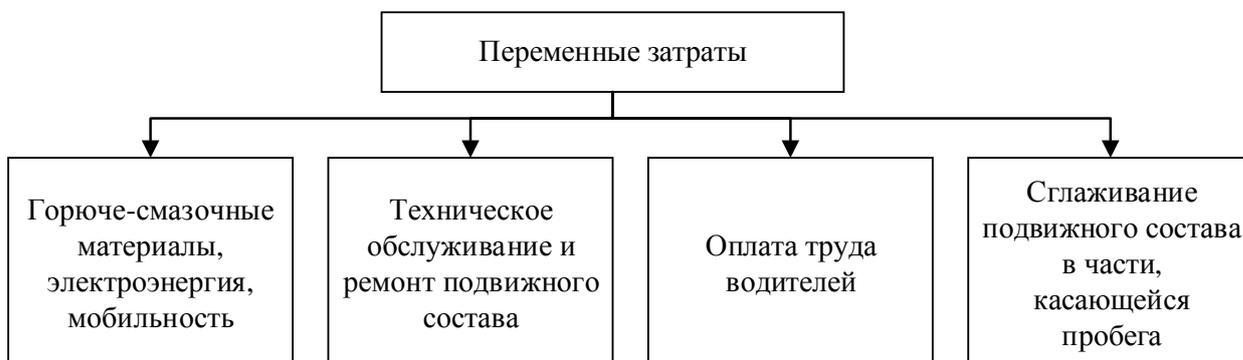


Рисунок 8 – Переменные затраты



Рисунок 9 – Постоянные затраты

Наличие определенного набора затрат будет зависеть от основных условий поставки, установленных договором купли-продажи[17].

В рассматриваемой ситуации при расчете эффективности рационально рассматривать в качестве основных затрат:

- транспортные расходы (топливо, смазка и т.д.);
- расходы на заработную плату водителей автомобилей;
- расходы на заработную плату грузчиков, сопровождающих транспорт.

### 1.3 Выбор средств решения проблемы

В случае, когда объемы поставок не слишком велики (в пределах нескольких десятков пунктов доставки), покупка специальных программных средств неоправданная. Это связано с тем, что время, за которое программа окупит себя, будет достаточно большим (более полутора лет). Кроме этого функции такого программного пакета будут использоваться лишь частично и в незначительной степени. Требующиеся для решения функции специализированных программных продуктов можно реализовать с помощью общедоступных программных средств.

Для решения задачи расчета расстояния до объекта, предлагается использовать ресурс «Яндекс. Карты». Этот ресурс предлагает подробную карту города, а так же позволяет рассчитать длину маршрута заданного по точкам. Для доступа к этому ресурсу достаточно иметь подключение к сети Интернет. Он располагается по адресу <http://maps.yandex.ru>.

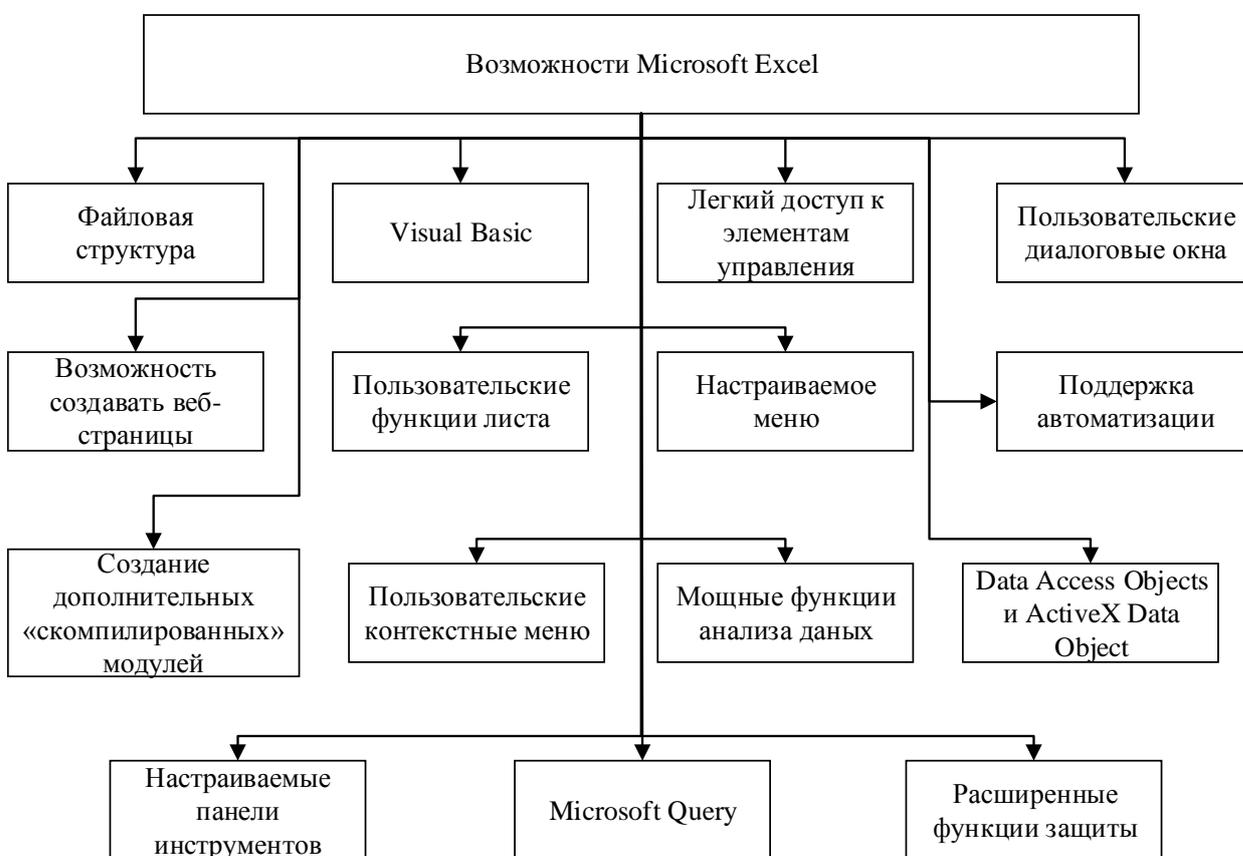


Рисунок 10 - Общий вид ресурса «Яндекс. Карты»

Для расчета оптимального маршрута следования транспорта по пунктам доставки, предлагается использовать инструменты, заложенные программный продукт Microsoft Excel. Этот программный продукт входит в пакет MicrosoftOffice, который в современных реалиях является «стандартом» для создания документов и имеется практически на любом компьютере. Он обладает большим инструментарием не только для структурирования данных, но и произведения с ними различных математических действий.

В последнее время важность разработки приложений на основе электронных таблиц становится все более востребованной. MicrosoftExcel – это продукт с высокой степенью программируемости, поэтому он оптимальный выбор для разработчиков таких приложений, поскольку он поддерживает широко используемый язык VBA [11].

Для разработчиков важными являются следующие возможности Excel.



## Рисунок 11 – Возможности MicrosoftExcel

Поиск решения заключается в оптимизации модели ограничений, которая включает вспомогательную модель линейного программирования, которая представляется с MicrosoftExcel. Инструменты оптимизации улучшают линейные и нелинейные модели. Линейность модели разрешает применить алгоритмы в «Поиске решения». [13].

Поиск дополнительных решений состоит из двух программных компонентов. Первая – это встроенная программа Excel, которая переводит информацию из рабочего листа во внутреннее представление, используемое второй программой. Вторая программа находится в памяти компьютера как отдельный программный модуль, именно она выполняет оптимизацию и возвращает найденное решение первой программе, которая, в свою очередь, обновляет данные на листе. Обе программы взаимодействуют с использованием внутреннего интерфейса приложения[11].

Выбор «Поиск решения» в меню «Инструменты» предоставляет доступ к первой добавочной программе, которая подготавливает электронную таблицу для оптимизации и вызывает вторую программу оптимизации. Надстройка SolutionFinder автоматически не подключается к этой программе. Чтобы подключить его, выполните команду «Служба – Настройки» и в открывшемся диалоговом окне «Настройки» установите флажок перед опцией «Поиск решения».

Поэтому надстройка «Поиск надстройки» состоит из следующих этапов.

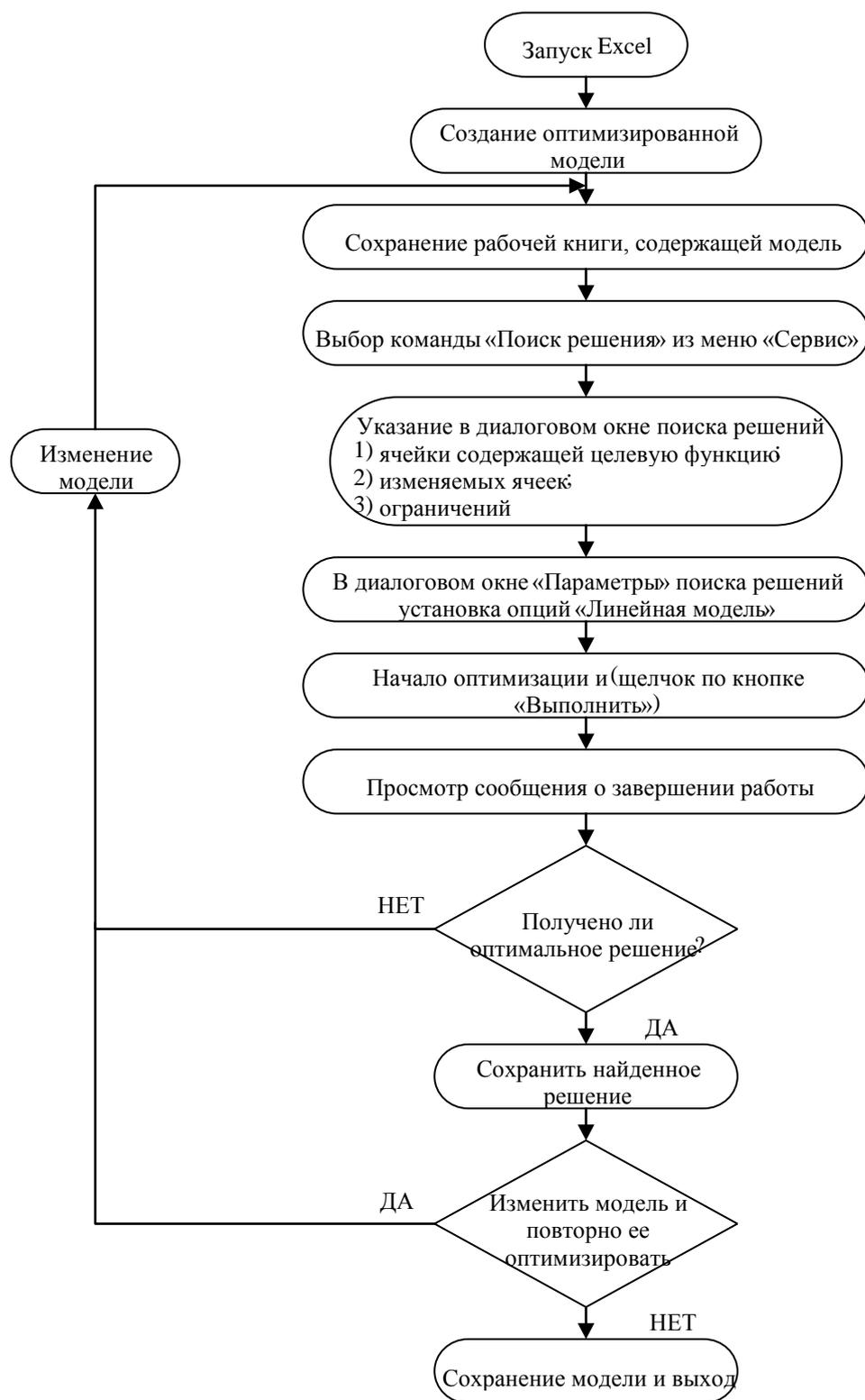


Рисунок 12 - Этапы работы с надстройкой

Чтобы упростить «Поиск решения», вы должны следовать приведенным ниже инструкциям для создания моделей линейного программирования.

Во-первых, необходимо масштабировать числа в модели так, чтобы разница между большими и маленькими числами в таблице не превышала шесть или семь порядков. В результате ошибки округления, возникающие в процессе расчета, приводят к потере точности, следовательно, решение не может завершить процесс правильно. Результатом будет лучшее решение, или говорят, что решение не найдено.

В таких случаях шкала измерения для очень больших или очень маленьких чисел в модели должна быть изменена. Это не приводит к потере общности, и делает номера моделей относительно небольшими: в настоящий момент самое низкое значение (0,5) отличается от большего (10) только на 3 порядка [24].

Плохое масштабирование модели является второй наиболее важной причиной проблем оптимизации моделей LP (первая – не пропускать негативные ограничения).

Во-вторых, средство поиска решения позволяет числовыми константами, адресами ячеек или формулами находиться в правой части неравенств, которые никак не влияют на процесс оптимизации. Однако права сторона ограничений не должна быть предотвращена формулами или адресами ячеек, значения которых могут изменяться во время оптимизации, то есть они прямо или косвенно связаны со значениями переменных решения.

Кроме того, для решения этой проблемы предлагается использовать язык программирования VisualBasic для приложения (VBA), интегрированный во все программы MSOffice.

VBA является языком программирования, поддерживается множеством приложений MicrosoftOffice. Для того, чтобы запустить среду программирования VBA, вы можете использовать команду меню «Инструменты» - «Макросы» - «Редактор VisualBasic» или комбинацией клавиш Alt+F11.

Возможности VBA

Благодаря высокой степени интеграции в приложениях язык VBA предоставляет программисту возможность легко использовать существующие возможности MicrosoftOffice для решения конкретных задач. Не менее легко VBA позволяет добавлять новые функции к приложениям в этом пакете, которые повышают их функциональность и удобство работы с ними.[25]

Применительно к Excel программист VBA может реализовать следующие функции (конечно, это не полный список):

- добавление функций, выполняющих конкретные расчеты;
- ускорение ввода данных в таблицу;
- автоматизация типичных действий, часто выполняемых пользователями;
- создание новых команд меню, панелей инструментов как на основе уже имеющихся, так и выполнение совершенно новых действий;
- увеличить видимость данных (например, с помощью другого цвета ячеек);
- автоматизацию обработки больших объемов данных;
- автоматизация создания разнообразных отчетов, форм и других действий, связанных с отбором информации, обеспеченной большим количеством исходных данных.

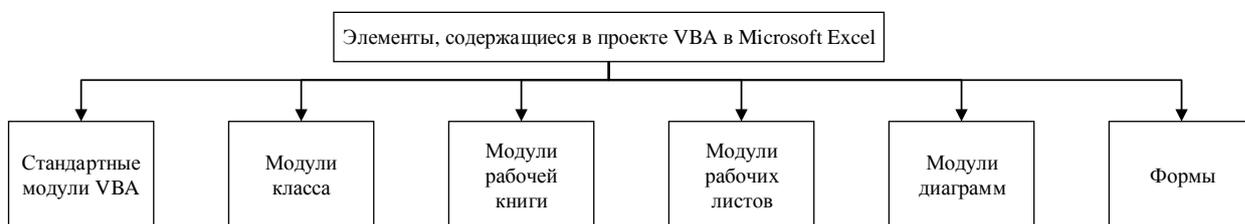


Рисунок 13 – Элементы проекта VBA в Microsoft Excel

## **2 Анализ деятельности предприятия**

### **2.1 Анализ логистической системы с позиции системного подхода**

Центральной концепцией системного моделирования является актуальная концепция системы, которая предназначена для наборов объектов, компонентов или элементов любой природы, которые создают определенную целостность в определенном контексте. Решающим принципом при оценке определенной группы объектов как системы является появление новых свойств в системе. Какой из его составляющих не имеет. Этому принципу было дано специально название – экстренный принцип (от англ. Emergency – внешний вид, идентификация).

Системы различной физической природы окружают нас повсюду: это специфические объекты (солнечная система, человек, компьютер, автомобиль).

Логистическая система - совокупность действий участников логистической цепи (предприятий-производителей, транспортных, торговых организаций, магазинов, и пр.), построенных таким образом, чтобы выполнялись основные задачи логистики.

В работе рассматривается задача оптимизации процесса поставки продукции поставщикам. Эта проблема широко известна и для ее решения существует большой набор программных средств. Такие программные средства, по большей части, состоят из двух основных частей:

- карты рассматриваемого региона развозки и инструменты для расчета протяженности маршрута;

- инструменты для расчета оптимального пути развозки с использованием минимального количества транспорта по введенным данным

Такие средства обладают всеми функциями необходимыми для решения задач оптимизации поставок по территории города, но стоимость 1 лицензии чаще всего превышает 40 тысяч рублей. В связи с этим покупка

таких программных продуктов для небольших предприятий не оправдана из-за длительного срока окупаемости такого программного средства. Поэтому предлагается использовать для решения этих проблем те средства, которые уже имеются у организации.

Таблица 1 – Анализ проблемы

Проблема	Отсутствие оптимизации процесса поставки	
Необходимые средства для решения задачи	Карты рассматриваемого региона развозки и инструменты для расчета протяженности маршрута	Инструменты для расчета оптимального пути по введенным данным
Имеющиеся на рынке средства решения	Специализированные программные продукты «Деловая карта», «Top-Logistic» и др.	
Недостатки имеющихся решений	Стоимость лицензии более 40000 руб.	
Предлагаемые средства решения проблемы	Интернет-ресурс «Яндекс.Карты»	Встроенные инструменты MS Excel

Рабочий процесс связан с изменением свойств системы или ее отдельных элементов с течением времени. Важной особенностью системы является ее состояние – группа свойств или характеристик, которые всегда отражают наиболее важные свойства поведения системы.

Общая информационная модель в системе – модель черного ящика. В таком случае система кажется в виде прямоугольника, внутренняя структура которого скрыта от системного аналитика или неизвестна вообще. Однако система не полностью изолирована от внешней среды, поскольку последняя оказывает физическое или информативное воздействие на систему. Такие действия называются входными действиями или входными параметрами, входными переменными.

Основной задачей создания системы является оптимизация процесса поставок. Данная система является составной частью общей логистической цепи и относится только к процессу поставки.

Входными воздействиями для логистической системы будет являться информация о необходимых поставках, а именно список мест поставки, объем поставки и расстояния между пунктами развозки.

Управляющими воздействиями для данной системы будут являться внутренние стандарты и распоряжения по организации.

Основными ресурсами, которыми будет оперировать система это автомобильный парк организации. В системе учитывается общее количество автомобилей и их грузоподъемность.

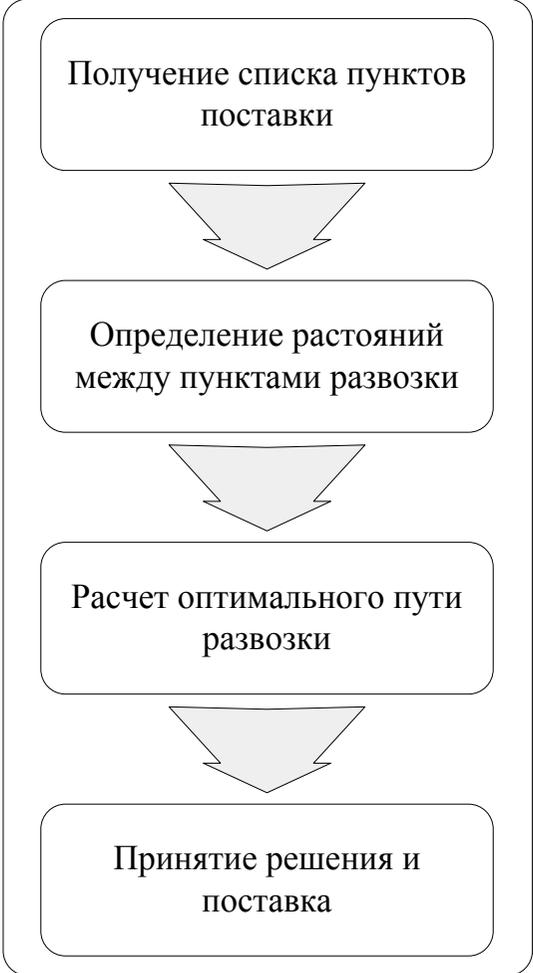
В результате функционирования системы должны быть получены сведения, необходимые для составления плана развозки, а именно Количество занятых автомобилей, их маршруты следования и общая протяженность пути.

Описанная выше структура логистической системы представлена на рисунке 13.



Рисунок 14 – Анализ логистической системы

Таблица 2 – Процессы логистической системы оптимизации процесса поставки

№ п/п		Описание	Результат
1		<p>Определяются количество пунктов, в которые необходимо доставить продукцию, а также вес заказа. Эта информация поступает от магазинов или из отдела заказов</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Список пунктов развозки,</li> <li>- вес заказа</li> </ul>
2		<p>Составляется сводная таблица расстояний между пунктами развозки. При этом предлагается использовать инструмент «Яндекс.Карты» или специальные ГИС-системы</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Таблица расстояний</li> </ul>
3		<p>Выполняется разработанным макросом на основании ранее определенных данных.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Количество занятых автомобилей,</li> <li>- Маршрут следование автомобиля,</li> <li>- Общая протяженность маршрута</li> </ul>
4		<p>На основании расчетов руководитель принимает решение о плане поставок</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Выполненный план перевозок</li> </ul>

Наиболее важные особенности каждой системы: структура и рабочий процесс. Под структурой системы подразумевается, что стабильность во времени является суммой связей между ее элементами или компонентами. Структура объединяет все элементы и предотвращает разрушение системы на отдельные компоненты. Структура системы может отражать множество взаимосвязей, включая вложение от одного элемента одной системы к другому. В таблице 2 представлены основные процессы и их последовательность, выполняемые в рассматриваемой логистической системе, а также результат, получаемый на выходе каждого процесса системы.

Предлагаемая система должна сопровождаться следующими информационными системами со следующими критериями:

- автоматизация и степень подключения системы;
- по возможностям поддержки корпоративного управления;
- способность поддерживать уровни управления - оперативного, тактического, стратегического.

Экономический класс ИС определяется масштабом предприятия, на котором она внедрена (рисунок 15). Так как разрабатываемая система предназначена для малых предприятий, ее можно отнести к локальным информационным системам. Это означает, что она реализует только отдельные управленческие функции, а именно логистические[10].



Рисунок 15 - Классификация экономических, информационных систем

На основании выполненного анализа можно выделить основные функции, которые должны быть реализованы в системе. Программное средство должно обеспечить:

- возможность ввода, хранения, редактирования и печати данных, находящихся в используемом файле;
- распределение заказов между автомобилями для оптимизации загрузки и минимизации используемого транспорта;
- расчет минимального по протяженности маршрута следования автомобиля;
- суммирование общей протяженности пути и уровня загрузки автомобилей.

Данные требования к программному средству, используемому в логистической системе, представлены на рисунке 16.

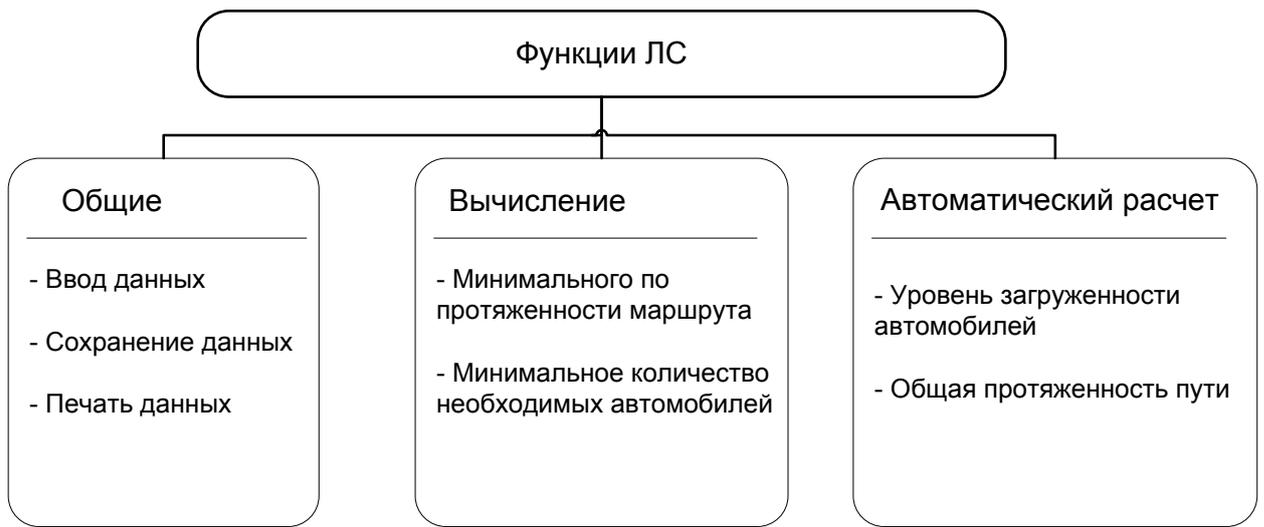


Рисунок 16 – Функциональный анализ системы

## 2.2 Разработка алгоритма решения поставленной задачи

В рассматриваемой проблеме важной частью общего объема перевозок является доставка товаров небольшими партиями, которые не позволяют полностью загрузить транспортные средства. Для более полного использования грузоподъемности подвижного состава перевозка этих грузов организована вдоль маршрутов доставки или сборки. В реальных условиях возможны разные решения этой проблемы, поэтому возникает проблема выбора таких маршрутов для транспортных средств, которые позволяют осуществлять указанное движение с минимальным диапазоном транспортных средств.

Из этого можно определить, что необходимо параллельно решить 2 задачи – определения развозочных маршрутов с максимальной загрузкой автомобилей и выбор маршрута наименьшей протяженности. В соответствии с задачей минимизации затрат на разработку и внедрение воспользуемся средствами, имеющимися в программном средстве MS Excel.

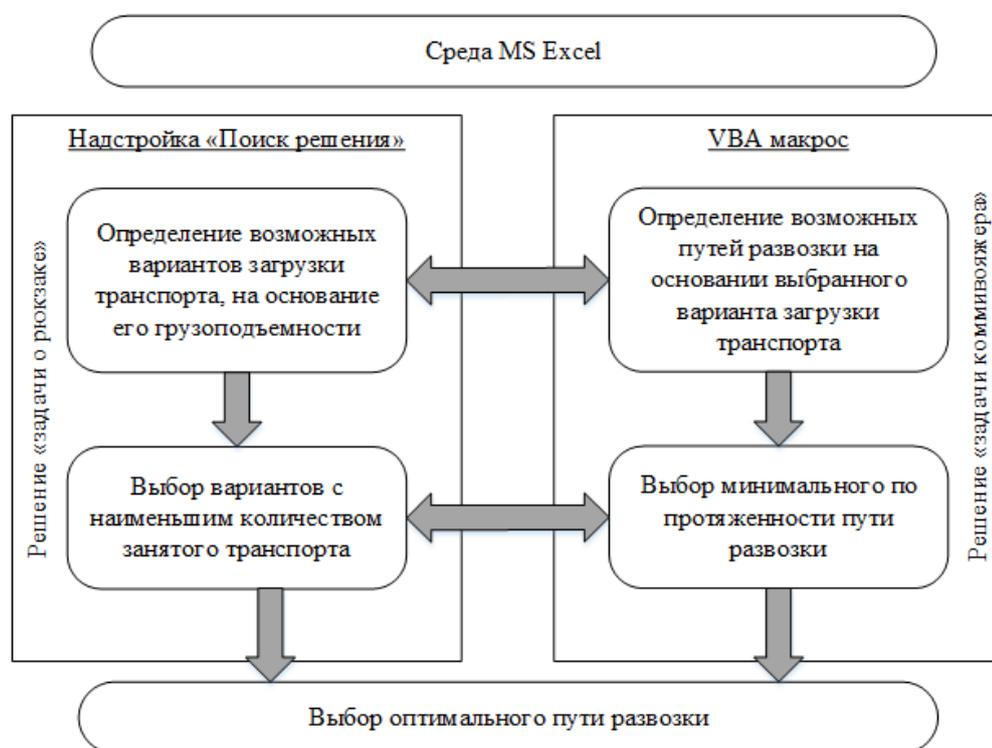


Рисунок 17 – Алгоритм нахождения оптимального пути

Первая задача известна в математике как «задача о рюкзаке». Для ее решения необходимо определить возможные варианты загрузки транспорта, основываясь на его грузоподъемности и выбрать среди них тот, при котором используется наименьшее количество автомобилей. Данную задачу предполагается решать с использованием инструмента MsExcel «Поиск решения».

Вторая задача известна как «проблема коммивояжера», которая для определенных целей должна посещать несколько точек в транспортной сети и в то же время минимизировать общее пройденное расстояние. Существует метод точного решения этой проблемы, называемый методом «ветвей и границ». Данный метод реализуется с использованием специально разработанного VBA-макроса, который в зависимости от выбранных пунктов развозки выбирает наименьший по протяженности маршрут объезда всех необходимых пунктов поставки и рассчитывает его протяженность.

Общий алгоритм решения задачи представлен на рисунке 17. Из рисунка видно, что данные, полученные с помощью инструмента «Поиск решения» используются VBA-макросом для расчета минимального маршрута следования.

В результате при окончании расчета устанавливается наименьший маршрут следования с использованием наименьшего количества автомобилей.

### 3 Апробация логистической системы

#### 3.1 Разработка информационной системы

Таким образом, необходимо реализовать с помощью MsExcel решение задачи о рюкзаках и задачи коммивояжера, при ограничениях, возникающий из постановки практической задачи.

Предполагается решить задачу по распределению груза между автомобилями таким образом, чтобы максимально использовать каждый автомобиль (задача о рюкзаке). Эту задачу можно решить с использованием надстройки «Поиск решения» (рисунок 18).

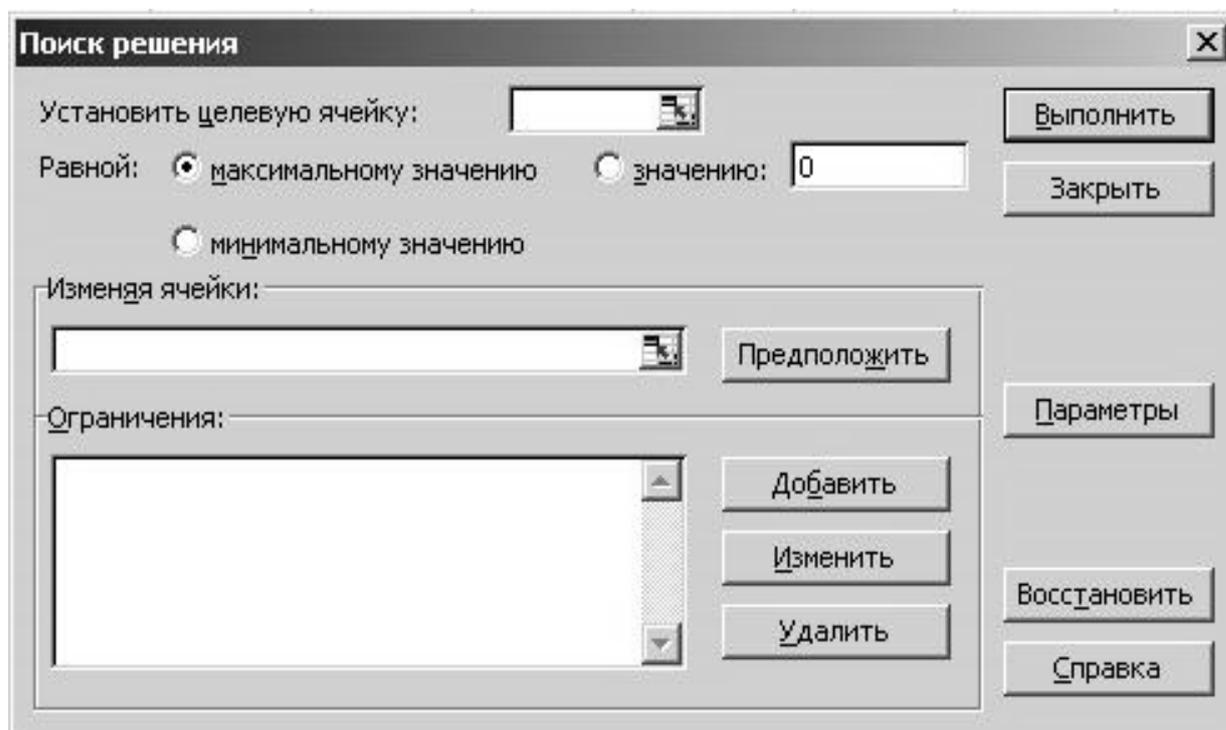


Рисунок 18 – Инструмент «Поиск решения»

Для решения задачи необходимо установить следующие параметры расчета:

- 1) целевая ячейка: количество занятых в развозке автомобилей;
- 2) изменяемые ячейки: ячейки с указанием плана развозки;
- 3) ограничения:

- в каждый из пунктов направляется не больше одной машины;
- загрузка автомобиля не превышает его грузоподъемности;
- в плане развозки могут быть значения 0 (если автомобиль не едет в данный пункт) или 1 (если автомобиль едет).

Для решения задачи по определению кратчайшего пути объезда выбранных пунктов поставки (задача коммивояжера) разработана специальная программа-макрос на языке VBA. Макрос вызывается как функция MSExcel и имеет следующий вид: =МИНПУТЬ (M1, M2, K, N) где:

- M1 – список пунктов, в которые должен объехать автомобиль,
- M2 – матрица расстояний между пунктами развозки,
- K – количество пунктов развозки,
- N – тип выводимого результата (0 – длина маршрута в километрах, 1 – последовательность объезда пунктов).

Алгоритм функции МИНПУТЬ представлен на рисунке 19.

Данная функция действует следующим образом. При запуске программы вначале проверяется условие, что количество пунктов (K) развозки больше 1.

Если это так, то, составив список пунктов поставки (СПП) программа обращается к процедуре выбора минимального маршрута(ХОД). Данная процедура выполняется лишь в том случае, если длинна СПП больше 1. Такая проверка необходима в связи с особенностями расчета при работе с данными, рассчитанными при работе поиска решений.

После нахождения кратчайшего маршрута объезда всех необходимых пунктов поставки функция выводит результат в зависимости от параметра N.

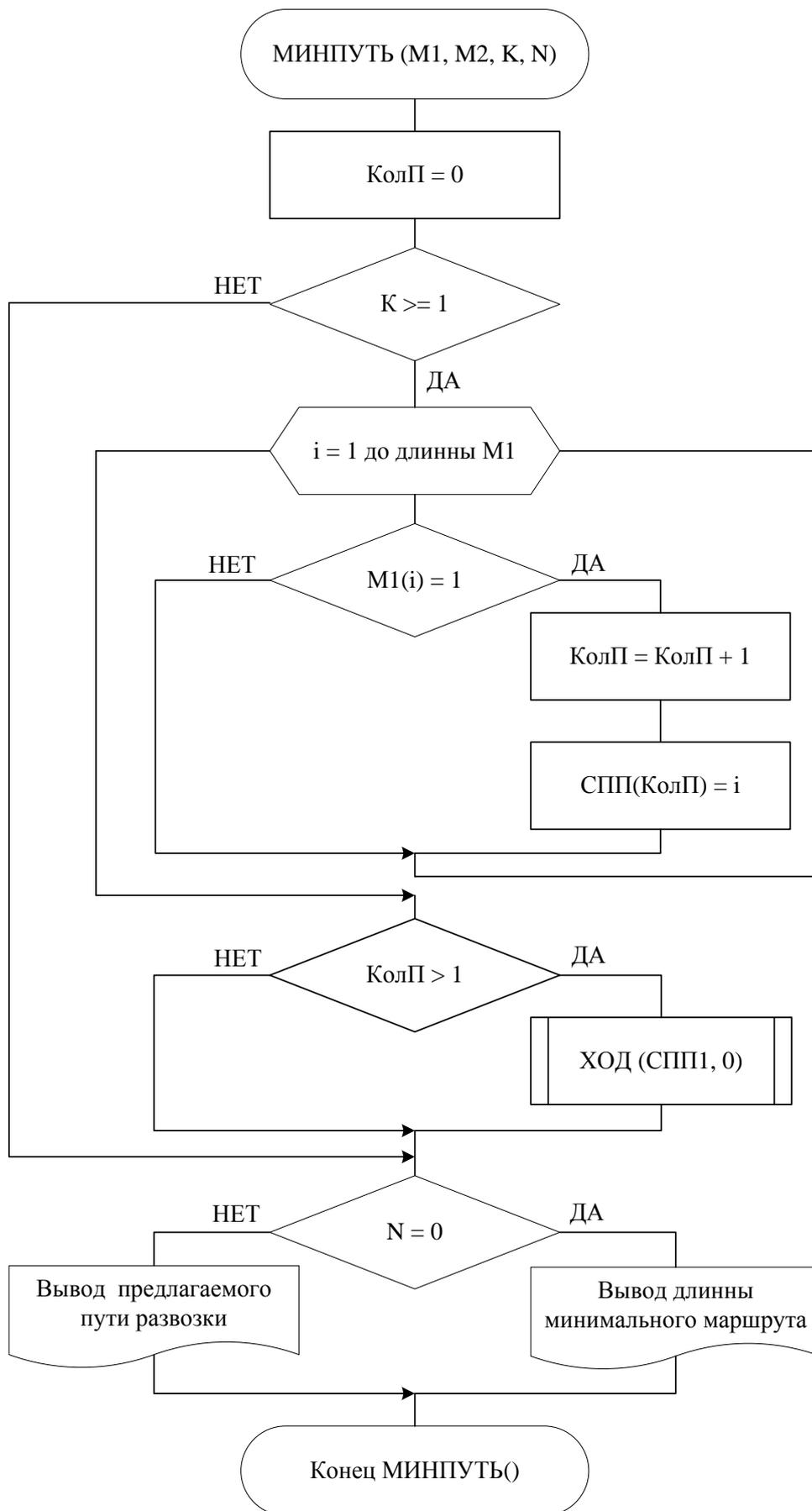


Рисунок 19 – Алгоритм макроса МИНПУТЬ

Алгоритм выбора минимального маршрута (ХОД) представлен на рисунке 20, где: СПП – список пунктов поставки, ПМ – предполагаемый маршрут, MIN – минимальный маршрут. Данный алгоритм разработан на основании метода ветвей и границ.

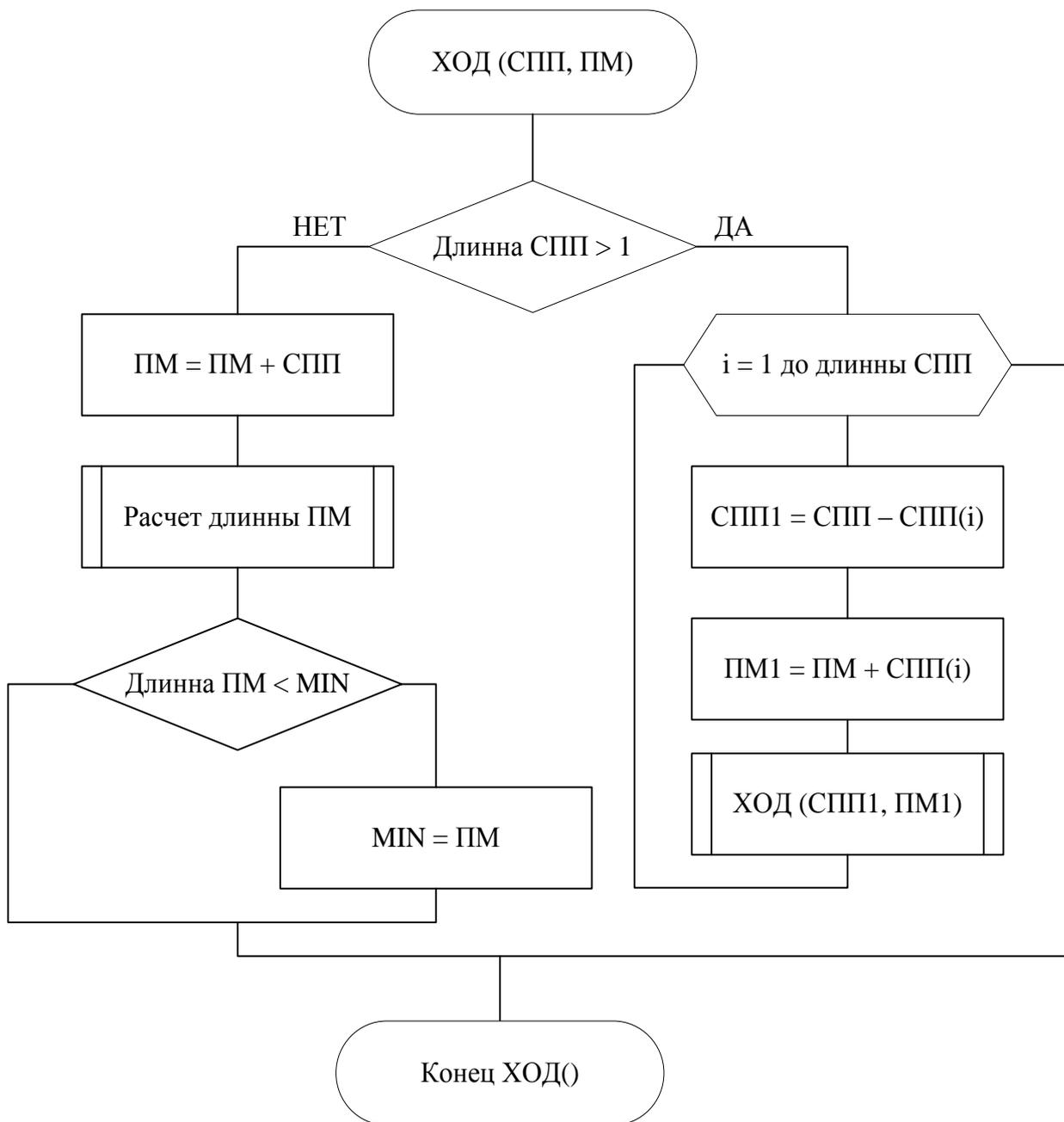


Рисунок 20 – Алгоритм выбора минимального по протяженности маршрута

### 3.2 Применение логистической системы на примере ООО «Центр Мебель Комплект»

Таким образом в соответствии с разработанной моделью предполагается выполнить следующие операции:

- определить список пунктов поставки;
- открыть файл MSExcels установленным разработанным макросом МИНПУТЬ;
- составить матрицу расстояний между пунктами поставки;
- если необходимо, ввести или отредактировать данные об имеющемся транспорте;
- если необходимо изменить ограничения в поиске решений;
- запустить поиск решений.

Рассмотрим применение данной модели на конкретном примере. Продукты общим весом 3357 килограммов должны быть выделены в трех филиалах и десяти покупателях. Для этого у организации есть 3 автомобиля «Газель» грузоподъемностью до 2-х тонн. Объем заказа для пунктов доставки показан в таблице 3.

Таблица 3 - Объем заказов

Адрес	Масса заказа
Мира 160	600
Жукова 9	470
Тополиная 3	550
Пункт 1	120
Пункт 2	250
Пункт 3	120
Пункт 4	250
Пункт 5	150
Пункт 6	180
Пункт 7	230
Пункт 8	170
Пункт 9	100
Пункт 10	200

На рисунке 21 представлено, как пункты развозки расположены относительно друг друга на карте рассматриваемого региона развозке с использованием Интернет ресурса «Яндекс. Карты».

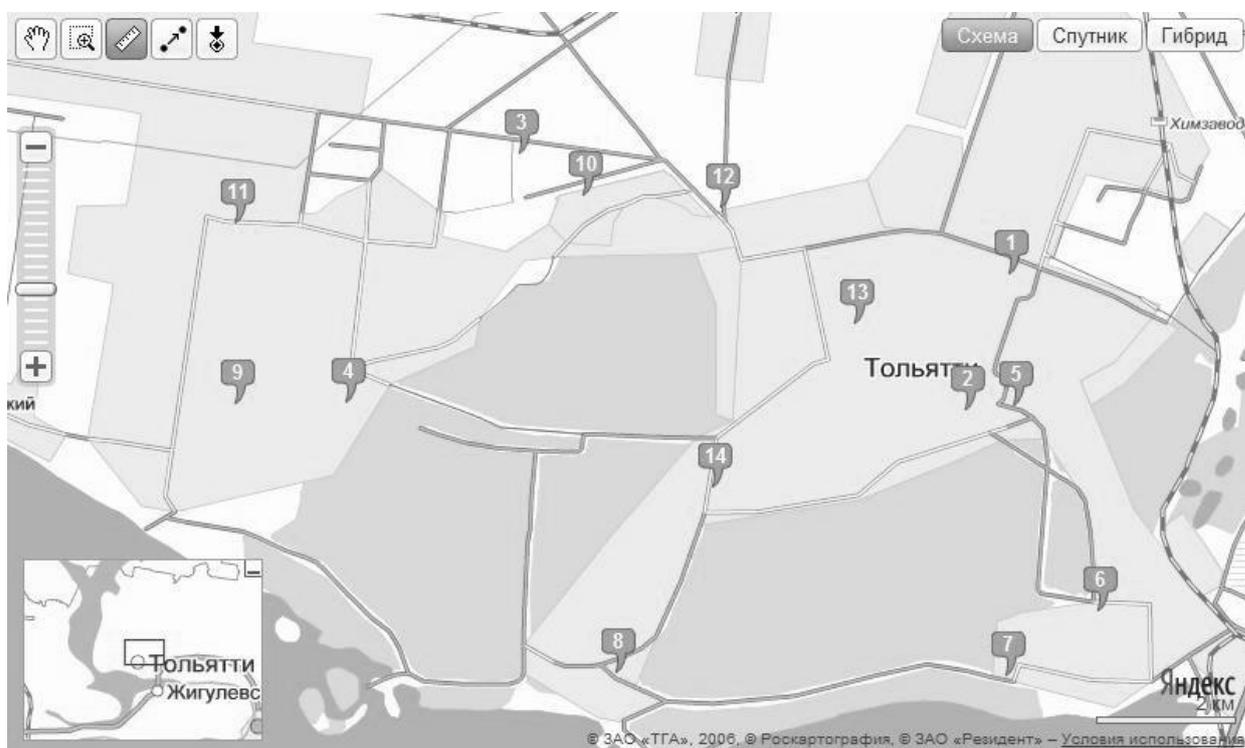


Рисунок 21 – Размещение пунктов развозки

С помощью наиболее удобных средств измеряются расстояния между точками доставки и создается обзорная таблица. В этой статье предлагается использовать «Яндекс. Карты» для измерения расстояний.

Обзорная таблица расстояний представляет собой квадратную матрицу, в которой точки доставки отображаются в названиях строк и столбцов, а вычисленное расстояние между точками определяется на пересечении. На пересечении строки со строкой, где рассматривается один и тот же пункт устанавливается заведомо недостижимо большое значение (в данном примере это 100 километров). Эта таблица размещается на специальном листе «Расстояния» в файле MSExcel. Полученные результаты для решаемой задачи представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Расстояния между пунктами

	Ларина 165	Мира 160	Жукова 9	Тополиная 3	Пункт 1	Пункт 2	Пункт 3	Пункт 4	Пункт 5	Пункт 6	Пункт 7	Пункт 8	Пункт 9	Пункт 10
Ларина 165	100	3	13	9	4	6	7	11	17	8	14	6	4	8
Мира 160	3	100	14	10	1	5	6	8	16	10	15	7	3	5
Жукова 9	13	14	100	6	19	17	15	9	2	5	5	8	11	12
Тополиная 3	9	10	6	100	10	13	15	14	7	2	5	4	7	8
Пункт 1	4	1	19	10	100	4	5	8	15	9	15	7	4	5
Пункт 2	6	5	17	13	4	100	2	9	18	13	18	10	7	9
Пункт 3	7	6	15	15	5	2	100	6	15	14	19	11	8	9
Пункт 4	11	8	9	14	8	9	6	100	10	10	13	8	8	3
Пункт 5	17	16	2	7	15	18	15	10	100	7	3	10	13	13
Пункт 6	8	10	5	2	9	13	14	10	7	100	6	3	6	7
Пункт 7	14	15	5	5	15	18	19	13	3	6	100	9	12	13
Пункт 8	6	7	8	4	7	10	11	8	10	3	9	100	4	5
Пункт 9	4	3	11	7	4	7	8	8	13	6	12	4	100	4
Пункт 10	8	5	12	8	5	9	9	3	13	7	13	5	4	100

На другом листе файла MSExcel скомпилированы две таблицы: «Уровень загрузки транспорта» и «План транспортировки». Первая строка обеих таблиц содержит список точек доставки.

В таблице «Уровень загрузки» в следующих строках показаны доступные транспортные средства и их грузоподъемность. Ниже, перед точками доставки, вы можете увидеть, сколько грузоподъемности потребует соответствующий заказ. В последнем столбце этой таблицы указан объем, необходимый для доставки товара.

В таблице «План развозки» после столбца с точками доставки следует список доступных транспортных средств.

Внешний вид таблиц для этого примера показан на рисунке 22.

Ячейки (D8: F10) показывают коэффициент пространства, занимаемого в автомобиле. Он рассчитывается как количество заказа, деленное на

мощность автомобиля. То есть, к примеру, в ячейке D8 указываем формулу «= \$G8/D\$7».

Строка «Загрузка» рассчитывается как сумма продуктов в столбце объема заказа и графика доставки, соответствующего выбранному транспортному средству. К примеру для ячейки D21 он рассчитывается как «=СУММПРОИЗВ(\$G\$8:\$G\$20;J8:J20)».

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2														
3			Уровень загрузки транспорта					План развозки						
4			Машина			Заказ								
5		Адреса	1	2	3									
6			Грузоподъемность											
7			2000	2000	2000		Адреса	1	2	3		Сумма		
8	1	Мира 160	0,30	0,30	0,30	600	Мира 160					0		
9	2	Жукова 9	0,24	0,24	0,24	470	Жукова 9					0		
10	3	Тополиная 3	0,28	0,28	0,28	550	Тополиная 3					0		
11	4	Пункт 1	0,06	0,06	0,06	120	Пункт 1					0		
12	5	Пункт 2	0,13	0,13	0,13	250	Пункт 2					0		
13	6	Пункт 3	0,06	0,06	0,06	120	Пункт 3					0		
14	7	Пункт 4	0,13	0,13	0,13	250	Пункт 4					0		
15	8	Пункт 5	0,08	0,08	0,08	150	Пункт 5					0		
16	9	Пункт 6	0,09	0,09	0,09	180	Пункт 6					0		
17	10	Пункт 7	0,12	0,12	0,12	230	Пункт 7					0		
18	11	Пункт 8	0,09	0,09	0,09	170	Пункт 8					0		
19	12	Пункт 9	0,05	0,05	0,05	100	Пункт 9					0		
20	13	Пункт 10	0,10	0,10	0,10	200	Пункт 10					0		
21		Загрузка	0	0	0	3390	Сумма	0	0	0		0		
22							Выбор	0	0	0		0		
23							Расстояние	0	0	0		0		
24							Путь	0	0	0		0		
25														

Рисунок 22 – Общий вид таблиц

Столбец «Сумма» для таблицы «План развозки» показывает количество автомобилей, которые были отправлены в соответствующий пункт назначения. К примеру для M8 он будет рассчитан как «=СУММ(J8:L8)».

Строка «Сумма» для таблицы «План развозки» указывает количество пунктов, по которым едет соответствующий автомобиль. То есть для ячейки J21 значение будет рассчитано как «=СУММ(J8:J20)».

Столбец «Выбор» для таблицы «План развозки» указывает, занято ли указанное транспортное средство во время транспортировки. Если есть один в линии, это означает, что автомобиль вовлечен в доставку, и если ноль – это

не вовлечено. К примеру, для ячейки J22 значение рассчитывается по формуле «=ЕСЛИ(J21>=1;1;0)».

Для расчета строк «Расстояние» и «Путь» таблицы «План развозки» используется специально написанный макрос МИНПУТЬ. Параметрами для него будут:

- строка с указанием, в какие из пунктов соответствующий автомобиль едет, а в какие нет;
- массив расстояний между пунктами;
- суммарное количество объезжаемых автомобилем пунктов;
- параметр выводимого значения: 0 – для вывода минимального расстояния, необходимого для объезда этих пунктов, 1 – для вывода одного из маршрутов с минимальной протяженностью.

Таким образом для ячейки J23 значение будет рассчитано как «=МИНПУТЬ(J\$8:J\$20;Расстояния!\$B\$2:\$O\$15;J\$21;0)», а для ячейки J24 как «=МИНПУТЬ(J\$8:J\$20;Расстояния!\$B\$2:\$O\$15;J21;1)», где «Расстояния» - это название листа, где находится массив расстояний.

После этого выбираем пункт «Сервис - Поиск решения» и устанавливаем следующие параметры:

- целевая ячейка - M22 – количество занятых автомобилей,
- изменяемые ячейки - «\$J\$8:\$L\$20» - план развозки по автомобилям,
- ограничение 1 – «\$D\$21:\$F\$21<=\$D\$7:\$F\$7» – загрузка автомобиля не должна превышать грузоподъемность,
- ограничение 2 – «\$J\$8:\$L\$20=двоичное» – изменяемые ячейки могут быть равны либо 0 (в данный пункт автомобиль не едет), либо 1(в данный пункт автомобиль едет),
- ограничение 3 – «\$M\$8:\$M\$20=1» - в каждый из пунктов едет только 1 автомобиль.

Общий вид Поиска решений представлен на рисунке 23.

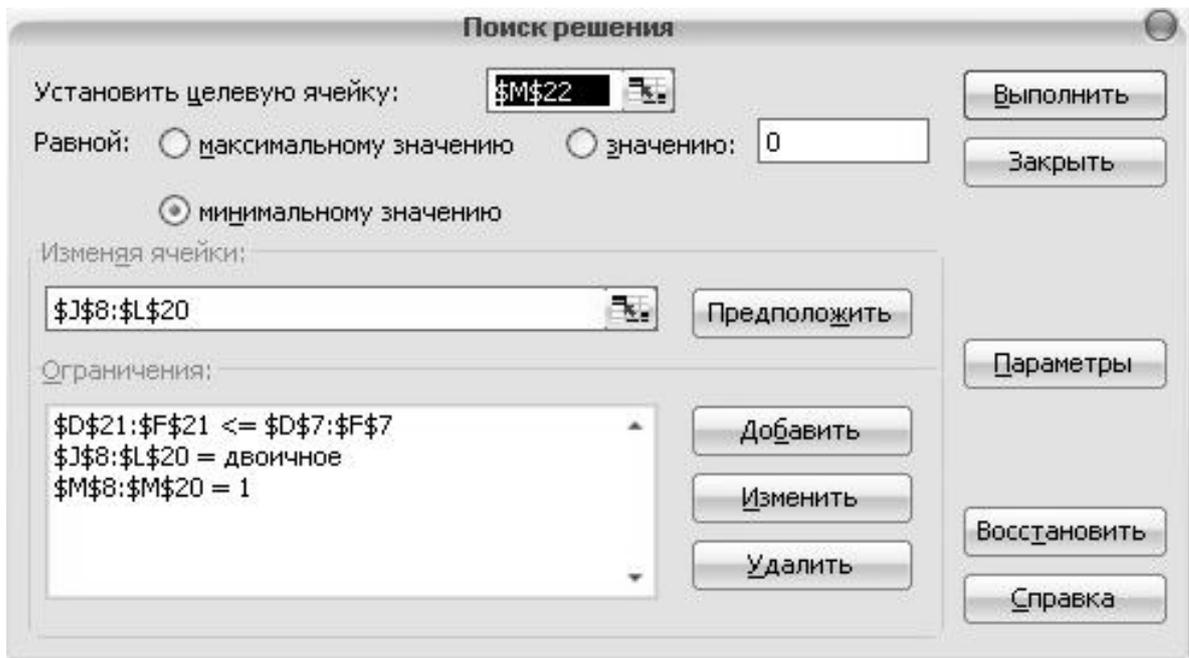


Рисунок 23 – Поиск решения

Когда все ограничения установлены, необходимо нажать кнопку «Выполнить».

Результатом расчета являются следующие результаты, которые представлены на рисунках 24 и 25.

Уровень загрузки транспорта					
Адреса	Машина			Заказ	
	1	2	3		
	Грузоподъемность				
	2000	2000	2000		
1	Мира 160	0,30	0,30	0,30	600
2	Жукова 9	0,24	0,24	0,24	470
3	Тополиная 3	0,28	0,28	0,28	550
4	Пункт 1	0,06	0,06	0,06	120
5	Пункт 2	0,13	0,13	0,13	250
6	Пункт 3	0,06	0,06	0,06	120
7	Пункт 4	0,13	0,13	0,13	250
8	Пункт 5	0,08	0,08	0,08	150
9	Пункт 6	0,09	0,09	0,09	180
10	Пункт 7	0,12	0,12	0,12	230
11	Пункт 8	0,09	0,09	0,09	170
12	Пункт 9	0,05	0,05	0,05	100
13	Пункт 10	0,10	0,10	0,10	200
	Загрузка	0	1400	1990	3390

Рисунок 24 – Результат расчета загрузки автомобилей.

План развозки				
Адреса	Машина			Сумма
	1	2	3	
Мира 160	0	0	1	1
Жукова 9	0	0	1	1
Тополиная 3	0	0	1	1
Пункт 1	0	0	1	1
Пункт 2	0	1	0	1
Пункт 3	0	1	0	1
Пункт 4	0	1	0	1
Пункт 5	0	0	1	1
Пункт 6	0	1	0	1
Пункт 7	0	1	0	1
Пункт 8	0	1	0	1
Пункт 9	0	0	1	1
Пункт 10	0	1	0	1
Сумма	0	7	6	13
Выбор	0	1	1	2
Расстояние	0	45	37	82
Путь	0	-0-5-6-7-13-9-10-11-0-	-0-1-4-12-2-8-3-0-	

Рисунок 25 – Результаты расчета оптимального плана развозки

Из расчета видно, что общая протяженность пути составит 82 километра. В соответствии с полученным результатом видно, что в развозке предполагается использование двух автомобилей. Первый автомобиль должен объехать 7 пунктов с общим весом заказов 1400 килограмм, а второй автомобиль объедет 6 пунктов поставки с массой заказов 1990 килограмм.

Кроме этого, в строке «Путь» представлена последовательность объезда пунктов поставки каждым из автомобилей. Выбранные маршруты можно визуальнo представить на рисунке 26.

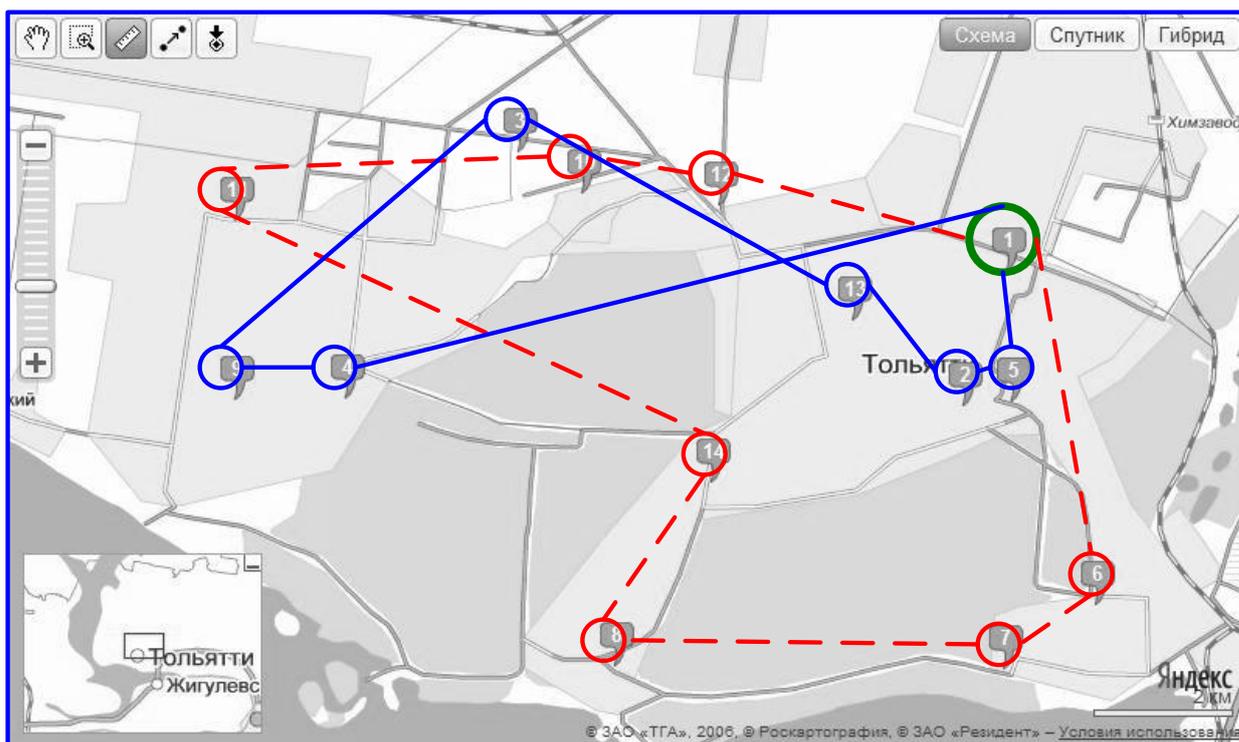


Рисунок 26 – Маршруты движения машин

Таким образом, можно рассчитать количество, необходимых средств на транспортные расходы с точностью до 5-10 рублей основываясь на текущей стоимости, на горючее. Это позволит выдачи денег «с запасом».

На текущий момент в организации расчет ведется на основе стандартный расчет как 150 рублей на машину. Такая сумма бралась, для того чтобы покрывать расходы с запасом. Благодаря уточненному расчету можно сократить расходы на топливо в среднем на 20 - 21%.

Можно сделать вывод о том, что внедрение разработанной системы в организации позволит значительно сократить транспортные расходы и позволит более обоснованно принимать решения по составлению плана поставок

В дальнейшем для улучшения системы предлагается применение в организации систем ГИС класса, что позволит ускорить процесс расчета длины маршрута.

## Экономическая эффективность разработки

### Анализ основных затрат на осуществление поставок

Для осуществления поставок по территории города используются автомобили Газель. За день производится развозка в среднем по 9 пунктам. Масса заказа может составлять 150-400 кг.

Среднее количество используемых в день автомобилей ( $КА_{cp}$ ) составляет 2,4.

Доставка осуществляется в течении 6 дней в неделю. Следовательно, среднее количество рабочих дней в месяц ( $Д_p$ ) равно 25.

Основные затраты на доставку продукции включают в себя все составляющие затрат на основные логистические операции, из которых они состоят. Кроме того, большинство из этих расходов обычно связаны с процессом доставки.

К таким затратам относятся затраты на:

- топливо ( $З_T$ ),
- заработную плату водителей ( $З_B$ ),
- заработную плату персонала, осуществляющего разгрузку автомобилей на пунктах доставки ( $З_T$ ).

На данный момент в организации транспортные расходы определяются как 150руб. на 1 автомобиль в день. Из этого можно определить общие расходы на транспорт в течение месяца ( $З_T$ ):

$$З_T = 150 * КА_{cp} * Д_p; \quad (4.1)$$

$$З_T = 150 * 2,4 * 25 = 9000 \text{ руб.}$$

Заработная плата водителя составляет 300 р. за 1 рабочий день. Отсюда затраты на заработную плату водителей за 1 месяц можно определить как:

$$З_B = КА_{cp} * Д_p * 300 \quad (4.2)$$

$$З_B = 2,4 * 25 * 300 = 18000 \text{ руб.}$$

На каждом автомобиле должны присутствовать по 2 грузчика. Заработная плата грузчика – 150 р. в день. Следовательно затраты на заработную плату грузчиков за 1 месяц можно определить как:

$$Z_{\Gamma} = KA_{\text{ср}} * D_{\text{р}} * 150 * 2 \quad (4.3)$$

$$Z_{\Gamma} = 2,4 * 25 * 150 * 2 = 18000 \text{ руб.}$$

Таким образом общие транспортные затраты на осуществление поставки ( $Z_{\text{тр}}$ ) за год составляют:

$$Z_{\text{тр}} = (Z_{\text{т}} + Z_{\text{в}} + Z_{\Gamma}) * 12 \quad (4.4)$$

$$Z_{\text{тр}} = (9000 + 18000 + 18000) * 12 = 1080000 \text{ руб.}$$

Определение совокупной стоимости разработки и внедрения системы

Для минимизации затрат на внедрение система разрабатывается так, чтобы максимально использовать те ресурсы, которые уже есть у организации, но используются не в полном объеме. Поэтому подразумевается, что организации имеет в наличии следующие средства:

- компьютер, соответствующий техническим требованиям системы;
- доступ к сети Интернет;
- программный пакет MSOffice с установленной программой MSExcel.

Эти средства в настоящее время являются практически обязательными для любой организации. Поэтому затраты на их установку и использование не учитываются.

В таблице 5 представлены затраты на разработку и внедрение логистической системы. Таблица включает в себя данные о затратах по каждому этапу разработки. Затраты рассчитаны основываясь на временных затратах разработчика и оплатой его труда из расчета 300 рублей за рабочий день.

Таблица 5 - Затраты на разработку и внедрение системы

№ п/п	Этапы разработки	Время (кол-во дней)	Затраты (руб.)
1	Проектирование системы	10	3000
2	Разработка математической модели	8	2400
3	Внедрение системы	1	100
4	Обучение персонала	2	800
Итого:		21	6300

При эксплуатации системы учитываются следующие затраты:

- пол часа работы оператора (секретаря) в день;

$$Z_c = Z_{mc} / 12; \quad (4.5)$$

где  $Z_{mc}$  – месячная заработная плата секретаря.

$$Z_c = 7000 / 12 = 583 \text{ руб.}$$

- потребление электроэнергии в размере 800 Вт/ч. из расчета 4 рубля за 1 кВт

$$Z_e = 0,8 * 4 * 25 = 80. \quad (4.6)$$

Расчет экономической эффективности и целесообразности внедрения системы

Внедрение системы позволяет:

- снизить расходы на транспорт на 21 %, благодаря расчету пути движения автомобиля;
- снижение уровень использования транспорта на 0,12;

В таблице 6 представлен сравнительный анализ затрат до и после внедрения логистической системы.

Таблица 6– Сравнительный анализ затрат

Наименование статьи затрат	Стоимость (руб. в месяц)	
	до	после
Транспортные расходы	9000	7110
Затраты на заработную плату водителей и грузчиков	18000	17100
Затраты на заработную плату секретаря	0	583
Затраты на электроэнергию	0	80
Итого:	45000	41973

Таким образом годовой экономический эффект составляет:

$$\mathcal{E}_3 = (45000 - 41973) * 12 = 36324 \text{ руб.} \quad (4.7)$$

Показатель эффективности внедрения логистической системе определяется как:  $\mathcal{E}_\phi = 36324 / 6300 = 5,7657$ . (4.8)

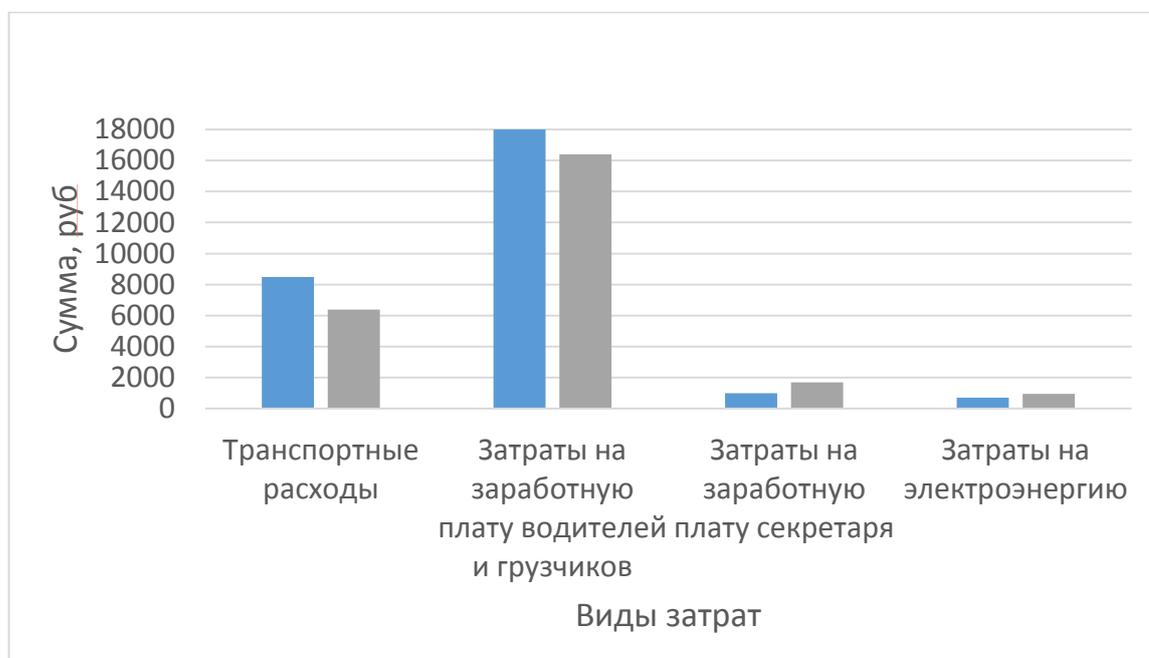


Рисунок 27 – Сравнительный анализ затрат по видам до и после внедрения системы

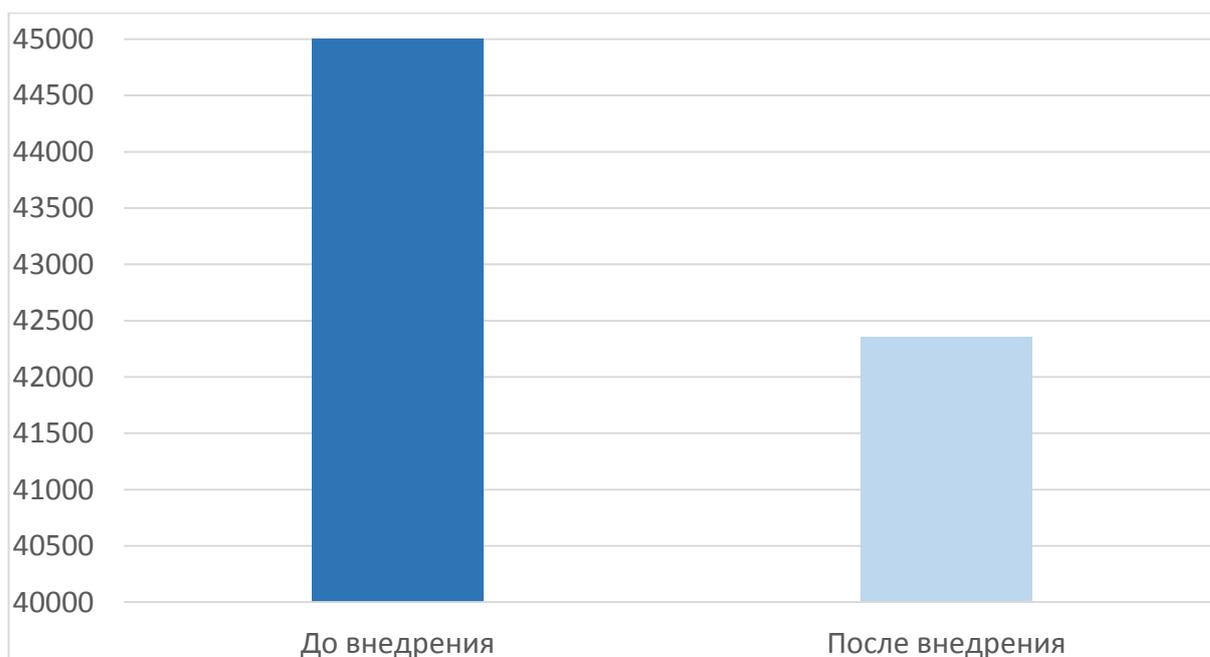


Рисунок 28 – Сводный сравнительный анализ затрат до и после внедрения системы

Таким образом можно сделать вывод о высокой эффективности внедрения системы и скором сроке окупаемости системы.

Разработка показателей для оценки качества разработанной системы

Информационная система является основой для организации, она предоставляет необходимую информацию в нужное время и в нужном месте. Вопрос оценки его качества заключается в оценке качества информационного продукта, который создается внутри его, и качества получаемой информации с учетом затрат на его создание.

Стандарты ISO/IEC 9126:1993, ГОСТ 28195-89, ГОСТ 28806-90 определяют следующую информацию о качественных характеристиках продукта (рисунок 29):

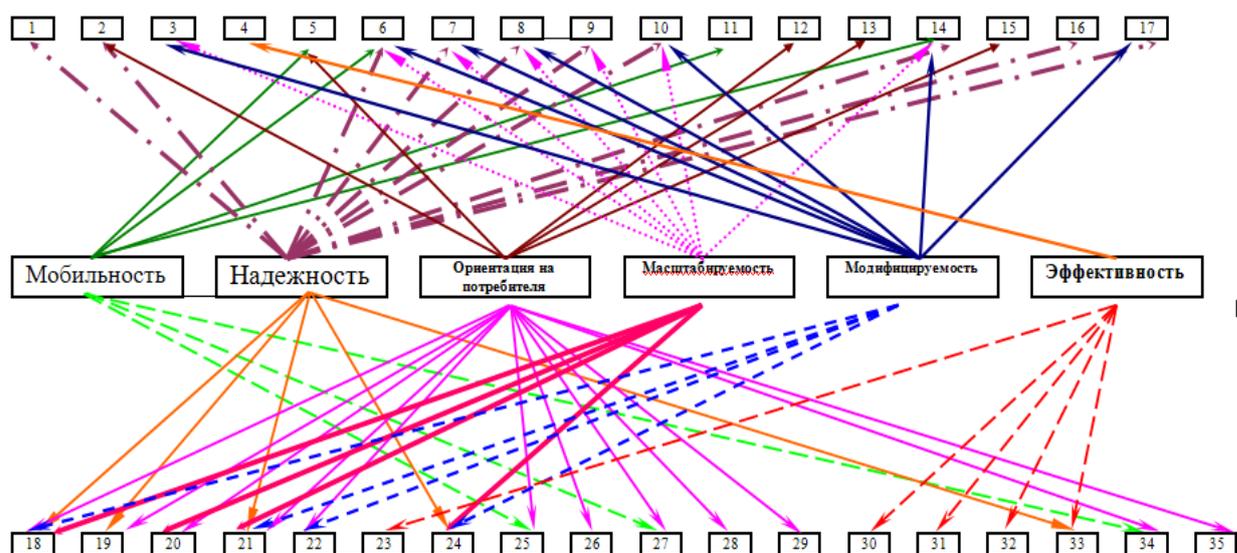


Рисунок 29 - Классификация характеристик качества программного обеспечения

Основными интегральными показателями информационного продукта являются:

1. мобильность – это способность ИП эффективно взаимодействовать с другими системами и использоваться для работы на компьютерах различных типов или в операционной среде, отличной от той, для которой она предназначена.

2. надежность - это удовлетворительное выполнение необходимых функций информационным продуктом.

3. ориентация на потребителя – это выполнение прав ИП своими функциями без дополнительного времени со стороны пользователя с целью поддержания функционирования программ и без ущерба для морального состояния пользователя.

4. масштабируемость – возможность изменять технические свойства и функции расчета путем изменения структуры ИП.

5. модифицируемость – способность изменять технические свойства и компьютерные функции путем замены отдельных модулей.

6. эффективность – взаимосвязь между функциональным уровнем ИП и количеством ресурсов, используемых в определенных условиях. ИП обладает

свойством эффективности при выполнении необходимых функций без дополнительных затрат ресурсов.

Эти комплексные показатели характеризуются сочетанием уникальных количественных и качественных показателей:

1. завершенность;
2. точность;
3. структурированность;
4. информативность;
5. открытость;
6. целостность (защищенность);
7. удобство и простота тестирования;
8. объем памяти;
9. размер БД и ее раздел;
10. независимость модулей ИП;
11. доступность;
12. время отклика;
13. скорость работы;
14. показатели назначения и технологичности;
15. эстетические показатели;
16. работоспособность ИП;
17. устойчивость;
18. показатели стандартизации и унификации;
19. патентно–правовые показатели;
20. расширяемость;
21. сопровождаемость;
22. анализируемость;
23. конкурентоспособность;
24. коммуникативность;
25. адаптируемость;
26. удобство эксплуатации;

27. взаимозаменяемость;
28. осмысленность;
29. оцениваемость;
30. чистый дисконтированный доход;
31. индекс доходности;
32. срок окупаемости;
33. восстанавливаемость;
34. машинезависимость;
35. эргономические показатели.

#### Оценка качества функционирования логистической системы

##### 1. Показатели назначения:

1.1. Показатель своевременной обработки информации определяется скоростью обработки, передачи, записи и рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{11} = \frac{t_{\phi}}{t} = \frac{0,003}{0,00027} = 11,1, \quad (3.1)$$

где  $t_{\phi}$  – фактическая скорость обработки запроса, опер./сек;

$t$  – требуемая скорость обработки запроса, опер./сек.

Значение показателя находится в промежутке  $(1; \infty)$ , что говорит об эффективном ИП.

##### 1.2. Коэффициент обработки информации рассчитывается:

$$P_{12} = \frac{O_m}{O_{БД}} = \frac{830}{985} = 0,84, \quad (3.2)$$

где  $O_m$  – суммарный объем памяти, занимаемый таблицами БД, обрабатываемыми данным ИП, МБ;

$O_{БД}$  – объем памяти, занимаемый разными БД, МБ.

Значение показателя находится в промежутке  $(0,7; 1]$ , что говорит о высокой эффективности ИП.

##### 2. Показатели надежности:

2.1. Наиболее общим показателем надежности большинства информационных продуктов является коэффициент надежности:

$$P_{21} = \frac{t_0}{t_0 + t_n} = \frac{651}{651 + 2} = 0,997, \quad (3.3)$$

где  $t_0$  – суммарное время работы ИП за определенный период, ч.;  
 $t_n$  – суммарное время простоев ИП, связанных с поиском и устранением причин отказов, необходимой профилактикой, ремонтами, наладкой и т.д., ч.

Значения показателя  $q_n$  характеризуют высоконадежный ИП.

2.2. Безотказность:

2.2.1. Интенсивность отказов – отношение числа отказов к числу испытаний, которая определяется:

$$P_{221} = \frac{n}{N} = \frac{5}{150} = 0,033, \quad (3.4)$$

где  $n$  – число отказов, ед.;

$N$  – число испытаний, ед.

Значения показателя находится в границах  $[0;0,1)$ , что характеризует ИП как высоконадежный.

2.2.2. Вероятность исправности ИП находится из выражений (при  $t=0$  ИП находится в исправном состоянии, то есть  $P_{222}(0)=1$ ):

$$P_{222} = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \cdot e^{-(\lambda + \mu)t} = \frac{0,03}{0,037 + 0,03} + \frac{0,037}{0,037 + 0,03} \cdot e^{-(0,037 + 0,03)72} = 0,999, \quad (3.5)$$

$$\lambda = \frac{1}{\bar{t}_o} = \frac{1}{27} = 0,037, \quad (3.6)$$

$$\mu = \frac{1}{\bar{t}_e} = \frac{1}{32,4} = 0,03, \quad (3.7)$$

где  $\bar{t}_o$  – среднее время отказа, мин.,

$\bar{t}_e$  – среднее время восстановления после отказа, мин.

Значение показателя  $P(t)$  характеризует высоконадежный ИП.

2.3. Универсальность систем хранения и обработки данных можно определять, используя коэффициент унификации:

$$P_{23} = \frac{O_{ун}}{O_u} = \frac{970}{1293} = 0,75, \quad (3.8)$$

где  $Q_{ун}$  – область обработки данных, где используются универсальные средства, МБ;

$O_u$  – вся область обработки информации, МБ.

С точки зрения надежности и ориентации на потребителя значения показателя, находящееся в границах  $(0,75;1]$  характеризует его положительно.

2.4. Уровень информатизации процессов обработки и хранения данных представляет собой степень возврата информации ИП и рассчитывается:

$$P_{24} = \frac{O_u}{O_{ин}} = \frac{970}{223} = 4,3, \quad (3.9)$$

где  $Q_u$  – суммарный объем памяти, занимаемый файлами, которые использует данный ИП, МБ;

$Q_{ин}$  – объем памяти, занимаемый данным ИП, МБ.

Значения показателя находятся в границах  $[1;h)$  и свидетельствует о высокой эффективности ИП.

2.5. Показатель экономичности отражает экономию ресурсов при эксплуатации ИП:

$$P_{25} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{60 - 5}{60} = 0,916, \quad (3.10)$$

где  $T_1$  - среднее время на выполнение задания до внедрения ИС, мин.,

$T_2$  - среднее время на выполнение задания после внедрения ИС, мин.

2.6. Показатель эргономичности характеризует простоту работы человека в ИП:

$$P_{26} = 1 - \frac{T_{ожид}}{T_{вып}} = 1 - \frac{0,05}{5} = 0,99, \quad (3.11)$$

где  $T_{ожид}$  - время ожидания при выполнении запроса, мин.,

$T_{вып}$  - время выполнения запроса, мин.

2.7. Сохраняемость системы определяется как сохранение основных показателей качества процесса во времени и рассчитывается:

$$P_{27} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{P_i} = \frac{1}{8} \cdot \left( \frac{11,1}{11} + \frac{0,9954}{0,995} + \frac{0,066}{0,06} + \frac{0,999}{0,999} + \frac{0,75}{0,75} + \frac{4,3}{4,3} + \frac{0,916}{0,916} + \frac{0,99}{0,99} \right) = 1, \quad (3.12)$$

где  $P_i$  – показатель системы,

$P_i^*$  – измененный показатель системы.

Уровень качества единичного показателя качества определяется:

$$q_i = \frac{Q_{\phi}}{Q_{np}}, \quad (3.13)$$

где  $Q_{\phi}$  – фактический уровень  $i$ -ого единичного показателя качества,

$Q_{np}$  – проектируемый уровень  $i$ -ого единичного показателя качества.

Представим все значения показателей качества в таблице 7.

Таблица 7 – Основные показатели качества ИП

Показатели	Фактический уровень показателя	Проектируемый уровень показателя	Весовой коэффициент показателя	Qi
Показатель своевременной обработки информации	11,1	2,05	0,21	5,4
Коэффициент обработки информации	0,84	0,7	0,03	1,2
Коэффициент надежности	0,9954	0,995	0,2	1
Интенсивность отказов	0,033	0,12	0,1	0,55
Вероятность исправности ИП	0,999	0,999	0,1	0,999
Коэффициент унификации	0,75	0,75	0,05	1
Уровень информатизации	4,3	2,67	0,08	1,6
Показатель экономичности	0,916	0,05	0,07	18,3
Показатель эргономичности	0,99	0,9	0,05	1,1
Сохраняемость	1	0,9	0,09	1,1

Комплексный показатель качества ИП ( $J_{ИП}$ ) определяется:

$$J_{ИП} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot h_i = 5,4 \cdot 0,21 + 1,2 \cdot 0,03 + 1 \cdot 0,2 + 0,55 \cdot 0,1 + 0,1 \cdot 0,999 + 0,05 \cdot 1 + 1,6 \cdot 0,08 + 18,3 \cdot 0,07 + 1,1 \cdot 0,05 + 1,1 \cdot 0,09 = 3,14 \quad (3.14)$$

где  $n$ - число учитываемых единичных показателей качества;

$q_i$ - уровень качества  $i$ -ого единичного показателя;

$h_i$ - коэффициент весомости, учитывающий значимость  $i$ -ого единичного показателя.

Комплексные значения индикатора включены в интервал  $[1;h)$ , указывают на высокий уровень качества ИП.

Системные показатели характеризуют уровень системности – функциональной пригодности, разработанной ИП. Единичными показателями в этом являются.

1. Целенаправленность (негэнтропия) – характеризует отклонения от выполнения ИП цели создания:

$$P_{c1} = 1 + \sum_1^i p_i \log_2 p_i = 1 + 0,95 \cdot \log_2 0,95 = 0,929, \quad (3.15)$$

где  $p_i$  – вероятность использования системы вне ее цели.

2. Эмерджентность характеризует не сводимость свойств системы к свойствам ее частей:

$$\mathcal{E}_m = \frac{\log_2 C_W^m}{\log_2 W} = \frac{\log_2 45}{\log_2 10} = 1,65, \quad (3.16)$$

где  $W$  – выполняемые системой функции.

3. Управляемость:

$$P_{25} = \frac{N_{\text{упр.св.}}}{N_{\text{общ.св.}}} = \frac{25}{38} = 0,65, \quad (3.17)$$

где  $N_{\text{упр.св.}}$  – количество связей, обеспечивающих управление,

$N_{\text{общ.св.}}$  – общее количество связей.

Таблица 8 – Показатели системного качества

Показатели	Фактический уровень показателя	Проектируемый уровень показателя	Весовой коэффициент показателя	$q_i$
Целенаправленность	0,929	1	0,35	0,929
Эмерджентность	1,65	1	0,3	1,65
Управляемость	0,65	0,7	0,35	0,928

Комплексный показатель системного качества ИП ( $J_c$ ) определяется:

$$J_c = \sum_{i=1}^n q_i \cdot h_i = 0,929 \cdot 0,35 + 1,65 \cdot 0,3 + 0,928 \cdot 0,35 = 1,14, \quad (3.18)$$

что говорит о положительном системном качестве.

## Заключение

Бакалаврская работа представляет собой разработку информационной технологии, применимой для малых и средних предприятий и направленной на повышение качества доставки готовой продукции и снижение издержек на доставку. Производственная деятельность предприятия ОАО «Центрмебелькомплект» связана с производством корпусной мебели, доставкой её потребителю и сборкой на месте использования.

При выполнении бакалаврской работы была поставлена задача разработки логистической системы для минимизации издержек, связанных с доставкой многочисленных мелких и средних партий грузов (товаров) клиентам, расположенным в различных пунктах города. Решение указанной логистической задачи сопряжено с необходимостью выбора того или иного плана доставки заказанной и произведенной мебели, в обусловленные договорами сроки по определенным адресам г. Тольятти.

До настоящего времени задача решалась «вручную», без привлечения вычислительных средств и практически без попытки оптимизации маршрутов и загрузок.

Для решения этой проблемы была предложена сетевая модель для описания логистической сети предприятия, включающая данные о расположении узловых пунктов на карте города, местах нахождения фабрики и магазинов-салонов в различных районах, расстояниях между пунктами. Эта задача в системе решается с помощью Интернет ресурса «Яндекс. Карты».

На основании сетевой модели был разработан алгоритм оптимального распределения маршрутов и загрузки автомобилей с использованием метода ветвей и границ. Алгоритм реализован в программном средстве MSExcel с использованием языка программирования VBA.

Экономический расчет показал, что внедрение разработанной логистической системы является крайне эффективным. Затраты на

разработку и внедрения составили 36324 рублей. Срок окупаемости системы менее 3 месяцев.

Предприятию передан и апробирован в экспериментальной эксплуатации программный продукт для расчета оптимального плана мелкопартионных доставок. Внедрение логистической системы программного продукта позволило сократить расходы на топлива на 21%, повысить коэффициент использования автомобилей при доставке по городу на 0.12, что позволило высвободить транспорт для других перевозок и исключить нерациональные поездки.

## Список используемой литературы

1. Абдулазар, Лоран. Лучшие методики применения Excel в бизнесе.:Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2017. – 464 с. - ISBN 5-8459-0878-7
2. Акоф, Р., Сасиени, М. Основы исследования операций / Пер. с англ. В. Я. Алтаева; под ред. И. А. Ушакова. - М.: Мир, 2019. – 244 с. - ISBN 5-7659-0842-6
3. Аникин, Б. А., Тяпухин, А. П. Коммерческая логистика: Учебник. - М.: Велби; Проспект, 2017. -316 с. - ISBN 5-015-02124-7
4. Бауэрсокс, Д., Клосс, Д. Логистика: Интегрированная цепь поставок. - М.: ЗАО «Олимп-бизнес», 2018. - 268 с.
5. Бережной, В. И., Порожня, Т. А., Цвиринько, И. А. Управление материальными потоками микрологистической системы автотранспортного предприятия. - Ставрополь:СевЗапГТУ, 2018. - 354 с.
6. Бочаров, Е.П. Интегрированные корпоративные информационные системы: Принципы построения. Лабораторный практикум на базе системы «Галактика»: Учеб. пособие . – М.: Финансы и статистика, 2017. – 288 с. – ISBN 5-279-03060-0
7. Бочкарев, А. А. Транспортная логистика. Решение транспортных задачMicrosoftExcel: Учеб. пособие. - СПб.: Изд-во Политехи, ун-та, 2016.– 186 с. - ISBN 5-1987-0128-5
8. Волков, И. К., Загоруйко, Е. А. Исследование операций: Учеб. для вузов / подред.В. С. Зарубина, А. П. Крищенко. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019.– 316 с. - ISBN 5-0159-0128-4
9. Гаджинский, А. М. Логистика: Учеб. / 5-е изд., перераб. и доп. - М.: ИКЦ «Маркетинг», 2018. - 242 с.
10. Гладков, Л. А., Курейчик, В. В., Курейчик В. М. Генетические алгоритмы / Под ред.В. М. Курейчика / 2-е изд., испр. и доп. - М.: Физматлит, 2016. - 128 с.– ISBN 7-3875-3568-6

11. ГОСТ 34.602-1989 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы.
12. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 Системы менеджмента качества. Словарь.
13. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования.
14. ГОСТ Р ИСО МЭК 12.207-1999. Информационные технологии. Процессы жизненного цикла программного обеспечения.
15. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-1993 - Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению.
16. Дубина, А. Г., Орлова, С. С, Шубина И. Ю., Хромов А. В. Excel для экономистов и менеджеров. - СПб.: Питер, 2017.– 186 с. – ISBN 5-2079-0354-2
17. Житков, В.А., Ким, К.В. Методы оперативного планирования грузовых перевозок.- М.: Транспорт, 2018. - 218 с. - ISBN 7-0279-3060-0
18. Зайцев, Е. И. Информационные технологии в управлении автотранспорта. - СПб.: СПбГИЭА, 2018.- 218 с. - ISBN 5-0955-4260-6
19. Кожин, А. П., Мезенцев, В. Н. Математические методы в планировании и управлении грузовыми автомобильными перевозками: Учеб. - М.: Транспорт, 2016.- 328 с. - ISBN 5-0955-4260-6
20. Коробов, П. Н. Математическое программирование и моделирование экономических процессов: Учеб. / 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: ООО «Издательство ДНК», 2015.- 504 с. - ISBN 5-285-6530-6
21. Лежнев, А. В. Динамическое программирование в экономических задачах: учеб. пособие. - М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2016. - 340 с. - ISBN 5-0285-3230-6
22. Литл, Дж., Мурти, К., Суини, Д., Кэрел К. Алгоритм для решения задачи о коммивояжере // Экономика и математические методы – 2017 - Т.1. Вып. 1. С. 94-107

23. Лукинский В.С., Бережной В.И., Бережная Е.В. и др. Логистика Автомобильного транспорта: Учеб. Пособие. – М.: Финансы и статистика, 2018. – 368 с. - ISBN 5-279-02719-7
24. Миротин, Л. Б., Некрасов, А. Г. Логистика интегрированных цепочек поставок: учеб. - М.: Экзамен, 2018. – 146 с. - ISBN 5-0133-0148-X
25. Мур, Джеффри, Уэдерфорд, Лари Р., и др. Экономическое моделирование в Microsoft Excel, 6-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2017. – 1024 с. - ISBN 5-8459-0578-8
26. Олбрайт, К. Моделирование с помощью Microsoft Excel и VBA: разработка систем поддержки принятия решений / Пер. с англ. - М.: Вильямс, 20019.– 516 с. - ISBN 5-0652-1128-5
27. Орлова, И.В. Экономико-математические методы и модели. Выполнение расчетов в среде Excel/ Практикум: Учебное пособие для вузов. – М.: ЗАО «Финстатинформ», 2019. – 136 с. - ISBN 5-7866-0142-0
28. Планирование и моделирование цепи поставок: Учебное-практическое пособие. – М.: Издательство «Альфа-Пресс», 2018. – 192 с. - ISBN 978-5-94280-307-0
29. Раковщик, Л. С, Худобжа, Э. А. Элементы дискретного анализа: учеб. пособие по высшей математике. - Л.: ЛИЭИ, 2018. – 318 с. - ISBN 5-0712-4201-0
30. Роджер, Х.Н. Теория рекурсивных функций и эффективная вычислимость. - М.: Кибернетика, 2019. - 589 с. - ISBN 5-2172-0501-6
31. Сергеев, В. И., Сергеев, И. В. Логистические системы мониторинга цепей поставок: учеб. пособие. - М.: ИНФРА-М, 2017. - 184 с. - ISBN 7-0572-1201-6
32. Смелое, А. А. Основы транспортной логистики. - М.: Транспорт, 2018. - 162 с. - ISBN 5-5932-3827-6
33. Сошникова, Л. А., Тамашевич, В. В., Уебе Г., Шефер М. Многомерный статистический анализ в экономике. - М.: ЮНИТИ, 2019. - 184 с. - ISBN 7-0572-1201-6

34. Сток, Дж. Р., Ламберт, Д. М. Стратегическое управление логистикой / Пер.с 4-го англ. изд. - М.: ИНФРА-М, 2016.– 526 с. -ISBN 5-0257-0254-5
35. Ульрих, Л.А. Электронные таблицы MicrosoftExcel. Проблемы и решение: Практ. Пособ./ Пер. с англ. – М.: Издательство ЭКОМ, 2018. – 400 с. - ISBN 5-7163-0088-X
36. Уокенбах, Джон. Профессиональное программирование на VBA в Excel 2002.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2016. – 784 с. - ISBN 5-8459-0541-9
37. Шапиро, Дж. Моделирование цепи поставок / Пер. с англ. под ред. В. С. Лукинского. - СПб.: Питер, 2016.– 240 с. -ISBN7-7609-1481-0
38. Ярыгин, О.Н. Лекции по дискретной математике. Учебное пособие-Тольятти: Волжский у-т им. В.Н.Татищева, 2019. -204 с.
39. Bourke J. Innovation, quality management and learning: Short-term and longer-term effects // Research Policy. - 2017. - Volume 46, Issue 8. - PP. 1505-1518.
40. Carlos del Castillo-Peces The influence of motivations and other factors on the results of implementing ISO 9001 standards // European Research on Management and Business Economics. – 2018. - Volume 24, Issue 1. – PP. 33-41.
41. Helgi T.I. Best Project Management Practices in the Implementation of an ISO 9001 Quality Management System // Procedia: Social and Behavioral Sciences. – 2015. – Volume 194. – PP. 192-200.
42. Jelinkovaa L., Striteskab M. Selected Components affecting Quality of Performance Management Systems // Procedia: Social and Behavioral Sciences. – 2015. – Volume 210. – PP. 181-187.
43. Zhao Z. Analysis of relationship between quality management system and design assurance system // Procedia Engineering. – 2014. – Volume 80. – PP. 565-572.