

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа инженерного предпринимательства  
Направление подготовки 27.03.05 Инноватика

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Математическая модель прогнозирования продаж товаров с высокой эластичностью спроса</b>

УДК: 005.936.1:339.133.057.2:519.87

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ЗН61	Есин К.С.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Калашникова Т. В.	к.т.н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Корниенко А. А.	к.т.н.		

**Планируемые результаты обучения по ООП  
27.03.05 Инноватика**

Код	Результат обучения
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р1	Способность к письменной и устной коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом с использованием логически верной, аргументированной и ясной речи на русском и одном из иностранных языков.
Р2	Способность анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции; способность толерантно воспринимать этнические, конфессиональные и культурные различия.
Р3	Способность понимать значения гуманистических ценностей, принимать на себя нравственные обязательства по отношению к обществу и природе для сохранения и развития цивилизации, использовать методы и средства физической культуры для обеспечения социальной и профессиональной деятельности, следовать принятым в обществе и профессиональной среде этическим и правовым нормам, использовать основы правовых знаний в различных сферах жизнедеятельности, использовать приемы оказания первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций
Р4	Способность использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных, философских и экономических наук, законы естественнонаучных дисциплин, методы, способы, средства и инструменты работы с информацией в профессиональной деятельности в процессе самоорганизации и самообразования, в т. ч. для формирования мировоззренческой позиции
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р5	Способность находить и принимать решения в нестандартных ситуациях, нести ответственность за принятые решения; организовать работу исполнителей, находить и принимать управленческие решения в области организации работ по проекту и нормированию труда, управления персоналом, работ по проекту и нормированию труда с соблюдением основных требований информационной безопасности, правил производственной безопасности и норм охраны труда.
Р6	Способность анализировать проект (инновацию) как объект управления, систематизировать и обобщать информацию по использованию и формированию ресурсов, затратам, рискам реализации проекта, использовать нормативные документы по качеству, стандартизации в практической деятельности, излагать суть проекта, представлять схему решения.
Р7	Способность при разработке проекта применять знания математики, физики и естествознания, химии и материаловедения, теории управления и информационные технологии для выбора и обоснования оптимальности проектных, конструкторских и технологических решений; выбирать технические средства и технологии, учитывая экологические последствия реализации проекта и разрабатывая меры по снижению возможных экологических рисков, применять знания истории, философии, иностранного языка, экономической теории, русского языка делового общения для организации инновационных процессов
Р8	Способность применять конвергентные и мульти дисциплинарные знания, современные методы исследования и моделирования проекта, использовать современные информационные технологии и инструментальные средства, в

	том числе пакеты прикладных программ деловой сферы деятельности, сетевые компьютерные технологии и базы данных для решения прикладных инженерно-технических и технико-экономических задач, исследования и моделирования, разработки и управления проектом, выполнения работ по сопровождению информационного обеспечения и систем управления проектами
Р9	Способность использовать когнитивный подход и воспринимать (обобщать) научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, спланировать необходимый эксперимент, получить адекватную модель и исследовать ее.
Р10	Способность разрабатывать проекты реализации инноваций с использованием теории решения инженерных задач и других теорий поиска нестандартных, креативных решений, формулировать техническое задание, использовать средства автоматизации при проектировании и подготовке производства, составлять документацию, презентовать и защищать результаты проделанной работы в виде статей и докладов.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа инженерного предпринимательства  
Направление подготовки 27.03.05 Инноватика

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
А.А. Корниенко  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
ЗН61	Есин Кирилл Станиславович

Тема работы:

<b>Математическая модель прогнозирования продаж товаров с высокой эластичностью спроса.</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	02.03.2020, №62-7/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2020
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ**

<b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования – математическая модель прогнозирования продаж для товаров и групп товаров с высокой эластичностью спроса. 1. Отчет по преддипломной практике. 2. Учебные пособия по статистическому анализу и прогнозированию. 3. Статьи из научных журналов, а также сети Интернет, и книги по предмету исследования. 4. Исходные данные, предоставленные ГК «ЛАМА».
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование</i>	– Выявить особенности прогнозирования спроса на рынке продуктового ретейла. – Выявить товары с высокой эластичностью спроса. – Разработать модель прогнозирования спроса. – Внедрить модель прогнозирования спроса товаров с учетом ценовой эластичности в процесс управления товарными запасами группы компаний «ЛАМА».

<i>дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	– Оценить эффективность модели.
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Таблицы, рисунки.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Социальная ответственность	Мезенцева И.Л.

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	17.12.2019
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Калашникова Т. В.	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ЗН61	Есин Кирилл Станиславович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
ЗН61	Есин Кирилл Станиславович

<b>Школа</b>	<b>ШИП</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Инноватика

Тема ВКР:

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Разработка математической модели прогнозирования продаж для товаров и групп товаров с высокой эластичностью спроса.</p> <p>Область применения - эконометрика.</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Конституция Российской Федерации;</li> <li>– Трудовой кодекс Российской Федерации;</li> <li>– ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</li> <li>– СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.</li> </ul>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Выявить вредные и опасные факторы при работе за персональным компьютером, такие как: зрительное напряжение; отсутствие или недостаток естественного света; монотонность трудового процесса, нервно-эмоциональные перегрузки; отклонение показателей микроклимата в закрытом помещении; превышение шума; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.</li> </ul>
<p><b>3. Экологическая безопасность:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Определить влияние объекта исследования на окружающую среду: мусорные отходы.</li> </ul>

<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	– Возможные чрезвычайные ситуации на предприятии: взрыв; обрушение зданий и сооружений; гололед; буря, шторм и др. Также одной из типичных ситуаций является пожар.
--	---

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>17.12.2019</b>
---	-------------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3Н61	Есин Кирилл Станиславович		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 69 страниц, 14 рисунков, 8 таблиц, 35 использованных источников.

Ключевые слова: прогнозирование, эластичность спроса, сезонность, математическая модель, ряд Фурье, тренд, коэффициент детерминации.

Предметом исследования является модель прогнозирования спроса продаж товаров с высокой эластичностью спроса.

Объектом исследования является ГК «ЛАМА».

Цель работы – разработка модели прогнозирования спроса на товары с высокой эластичностью спроса.

В процессе работы проводились изучение и систематизация информации по предмету и объекту исследования. Источники информации представлены в списке использованных источников.

Для достижения поставленной цели были поставлены и решены следующие задачи:

- Выявить особенности прогнозирования спроса на рынке продуктового ретейла.
- Выявить товары с высокой эластичностью спроса.
- Разработать модель прогнозирования спроса.
- Внедрить модель прогнозирования спроса товаров с учетом ценовой эластичности в процесс управления товарными запасами группы компаний «ЛАМА».
- Оценить эффективность модели.

В результате разработана математическая модель с коэффициентом детерминации более 0,7. Модель была внедрена в процесс управления товарными запасами ГК «ЛАМА» и показала улучшение внутренних показателей компании в 3-ех из 4-ех случаев.

Оглавление	
Введение .....	10
1 Прогнозирование спроса в розничной сети продуктового ретейла .....	12
1.1 Сущность, цели и методы прогнозирования спроса .....	12
1.2 Сравнительный анализ методов прогнозирования .....	15
1.3 Особенности прогнозирования спроса на рынке продуктового ретейла	21
2 Разработка математической модели прогнозирования спроса товаров с высокой эластичностью спроса на базе группы компаний «ЛАМА» .....	26
2.1 Характеристика деятельности компании .....	26
2.2 Выявление товаров с высокой эластичностью спроса .....	30
2.3 Разработка математической модели прогнозирования спроса товаров с высокой эластичностью .....	34
2.4 Внедрение модели прогнозирования спроса товаров с высокой эластичностью в группе компаний «ЛАМА» .....	48
2.5 Оценка эффективности модели прогнозирования .....	50
3 Социальная ответственность .....	53
3.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	53
3.2 Профессиональная социальная безопасность .....	54
3.3 Экологическая безопасность .....	59
3.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	60
Заключение .....	62
Список использованных источников .....	65

## **Введение**

Задача прогнозирования будущих значений различного рода процессов является одной из основных задач при финансовом планировании в компании, занимающейся производством, сбытом различного рода продукции или услуг, а также в управлении и оптимизации объемов производства.

Компании научились собирать и накапливать значительное количество цифровых данных. С помощью этих данных компании получают полезные выводы и информацию, способствующую принятию управленческих решений, а «развитие аппаратных и программных средств предоставляет все более мощные вычислительные платформы, на которых возможна реализация сложных алгоритмов прогнозирования. Кроме того, современные подходы к экономическому и техническому управлению предъявляют все более жесткие требования к точности прогнозирования» [40].

Следовательно, в связи с предъявляемыми требованиями задача прогнозирования усложняется одновременно с развитием информационных технологий. В настоящее время задача прогнозирования актуальна и является неотъемлемой частью ежедневной работы многих компаний, в том числе, ГК «ЛАМА», которая является крупным игроком на рынке продуктового ретейла на рынке г. Томска.

Особенно задача прогнозирования актуальна для компаний, которые так или иначе связаны с продажей, поставкой, производством продуктов питания, с точки зрения ценовой эластичности спроса. В последнее время в ретейле значительная доля продаж приходится на акционные товары, т.е. на товары, предлагаемые со скидкой или другими видами промо-активностей. Вследствие этого возникает ситуация, при которой значение цены или дополнительная потребительская ценность являются ключевыми факторами, влияющими на объем спроса.

Таким образом, целью выпускной квалификационной работы стала разработка математической модели прогнозирования спроса с учетом его

ценовой эластичности. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- Выявить особенности прогнозирования спроса на рынке продуктового ретейла.
- Выявить товары с высокой эластичностью спроса.
- Разработать модель прогнозирования спроса.
- Внедрить модель прогнозирования спроса товаров с учетом ценовой эластичности в процесс управления товарными запасами группы компаний «ЛАМА».
- Оценить эффективность модели.

# **1 Прогнозирование спроса в розничной сети продуктового ретейла**

## **1.1 Сущность, цели и методы прогнозирования спроса**

Прогнозирование используется во многих сферах деятельности: научной, экономической, социальной, политической сферах. Прогнозирование применяют для минимизации последствий аварий, для расчетов эффектов физических или химических реакций, для определения времени службы механизмов, соединений, для оценки последствий чрезвычайных ситуаций и т.п. Также оно нашло своё применение в определении объёма покупательского спроса на различные товары и услуги. Т.к. от объёма покупательского спроса напрямую зависит объем потенциальной выручки, то, основываясь на данных прогноза, предприятия могут адаптировать внутренние бизнес-процессы: наращивать производственные мощности, нанимать больше сотрудников, открывать новые точки продаж/оказания услуг или, наоборот, сокращать издержки, штат сотрудников, применять меры по оптимизации деятельности компании.

Сущность самого прогнозирования заключается в определении будущих (прогнозируемых) значений показателей, основываясь на имеющихся данных в настоящий момент. Существует два основных подхода к прогнозированию: качественные методы (в основе – экспертное оценивание), количественные методы, опирающиеся на математические модели [18]. Также эти две группы называют неформализованными и формализованными.

Формализованные методы включают в себя методы, основанные на экспериментальном и статистическом подходе. Неформализованные методы включают причинно-следственный подход и оценочный.

Экспериментальный подход используется чаще всего в таких случаях, когда у нас нет достаточной информации (прошлого опыта), чтобы говорить о прогнозируемых эффектах или значениях. Тогда путем нескольких итераций

(экспериментов) определяются какие-либо параметры вещества/события/продукта и его поведение, и на основе этого строятся прогнозы. Статистический метод говорит сам за себя, прогнозы осуществляются на основе расчетов на основе ретроспективных данных по объекту прогнозирования согласно математическим формулам и законам.

Оценочный метод заключается в составлении некоего перечня/списка оценок, данных некоторыми экспертами и на основе данных оценок строится прогноз [9].

Эвристические методы являются методами, полученными по оценкам высококвалифицированных специалистов. Обычно применяются при прогнозировании технических достижений, развития науки, в экстремальных условиях или условиях отсутствия достаточных данных о процессе.

В эту группу входят индивидуальные методы «интервью», аналитический метод, метод написания сценария. Метод интервью предполагает формат вопрос-ответ. Аналитический метод основан на логическом анализе какого-либо прогнозируемого объекта и последующем составлении аналитической записки. Метод написания сценария – метод, при котором определяется закономерность течения процесса и составляются (обычно несколько) вариантов его развития.

Также сюда можно отнести методы коллективных экспертных оценок: метод «комиссий», когда эксперты неоднократно собираются для обсуждения одного и того же вопроса, добиваясь тем самым синергетического эффекта; «мозговой штурм», заключающийся в обсуждении вопроса экспертами одновременно, при этом основным правилом является – отсутствие критики (обратной связи), таким образом, идеи и предположения могут высказываться более свободно, в результате чего ожидается появление предположения, которое будет принято для дальнейшей проработки; метод «Дельфи» - это систематический способ обобщения оценок экспертов, для которого также характерна независимость и анонимность мнения для исключения их влияния друг на друга; ещё один метод, входящий в эту группу – матричный метод, в

результате которого составляется матрица экспертных оценок относительного какого-либо предмета и определяется коэффициент согласованности (коэффициент важности) для каждого отдельного оцениваемого параметра и определяется его влияние на изначальный вопрос/объект исследования/прогнозирования.

Другая большая группа включает формализованные (фактографические) методы. Данная группа методов опирается на фактически имеющуюся информацию об объекте прогнозирования. Сюда входят опережающие методы, как например, метод огибающих; метод аналогий, когда выявляются сходства и различия в закономерностях различных процессов. К ним относятся методы математических и исторических аналогий. Методы математических аналогий в качестве аналога для объекта используют объекты другой физической природы, других областей науки и техники, имеющие математическое описание процесса развития, совпадающие с объектом прогнозирования. Также статистические методы, которые «представляют собой совокупность методов обработки количественной информации об объекте прогнозирования, объединенной по принципу выявления содержащихся в ней математических закономерностей изменения характеристик данного объекта с целью получения прогнозных моделей. К методам экстраполяции относятся метод наименьших квадратов, скользящих средних, экспоненциального и адаптивного сглаживания» [14]. В эту подгруппу также входят корреляционные методы, регрессионный анализ, дисперсионный анализ.

С помощью корреляционного анализа устанавливают взаимосвязи и взаимное влияние двух и более параметров. Регрессионный анализ набор статистических методов исследования влияния одной или нескольких независимых переменных на зависимую переменную.

С помощью дисперсионного анализа исследуют влияние одной или нескольких независимых переменных на одну зависимую переменную (одномерный анализ) или на несколько зависимых переменных (многомерный

анализ) [14]. В подгруппу статистических методов можно также отнести трендовый анализ, суть которого сводится к определению тренда на основе временных рядов и его экстраполяции.

Другая большая группа формализованных методов прогнозирования – это методы моделирования, которые включают в себя структурное, сетевое, матричное, имитационное моделирование. Чаще всего подобные методы используются для моделирования социально-экономических процессов и реализуются преимущественно с помощью ЭВМ, т.к. содержат достаточно большое количество сложных связей, параметров и прочее. «Основу моделирования составляет прикладная математика, особенно ее разделы; линейное и оптимальное программирование, теория игр, нелинейное (параметрическое, стохастическое и др.) программирование и т.д. Язык прикладной математики и статистики формализует экономические процессы и связи, и выражает их условиями и уравнениями модели» [14].

Таким образом, в данном параграфе была раскрыта сущность прогнозирования как определения будущих результатов какого-то события, осуществляемое различными методами. Цель прогнозирования также сводится к определению результатов или вероятности наступления какого-либо события в будущем. Также вкратце были представлены наиболее известные и применяемые методы прогнозирования, которые делятся на качественные и количественные. В следующей главе эти методы будут рассмотрены более подробно с точки зрения их применимости к прогнозированию спроса в розничной сети.

## **1.2 Сравнительный анализ методов прогнозирования**

Несмотря на представленное многообразие способов прогнозирования, в том числе прогнозирования потребительского спроса, не все имеющиеся способы в равной степени являются эффективными или в равной степени отвечают вызовам, с которыми сталкивается компания. В данном параграфе

проводится сравнительный анализ приведенных выше способов прогнозирования с точки зрения их применимости для прогнозирования потребительского спроса на товары.

Существует несколько различных классификаций методов прогнозирования. Данные классификации основываются на различных признаках прогнозирования. Так, например, способы прогнозирования могут делиться в зависимости от:

1. «Горизонта» планирования:
  - a. Краткосрочные;
  - b. Среднесрочные;
  - c. Долгосрочные.
2. Тип прогнозирования:
  - a. Экстраполятивное;
  - b. Альтернативное.
3. Степень вероятности наступления прогнозируемого события:
  - a. Вариантные;
  - b. Инвариантные.
4. Способ представления результатов прогнозов:
  - a. Точечные;
  - b. Интервальные.

В целом методы прогнозирования можно разделить на 2 большие группы:

1. Формализованные методы:
  - a. Статистические модели;
    - i. Авторегрессионные модели;
    - ii. Регрессионные модели;
    - iii. Модели экспоненциального сглаживания;
    - iv. И др.
  - b. Структурные модели:
    - i. Модели на базе Цепей Маркова;
    - ii. Нейросетевые модели;

- iii. Модели на базе классификационно-регрессионных деревьев;
- iv. И др.

2. Неформализованные (экспертные) методы:

- a. Индивидуальные;
- b. Коллективные [35].

Группа формализованных методов включает в себя методы: экстраполяции трендов, математического моделирования, корреляционного и регрессионного анализов. В свою очередь в группу индивидуальных экспертных методов входят метод составления сценариев, метод интервью, метод аналитических записок. Коллективные экспертные методы включают метод «Дельфи», «мозгового штурма», метод «комиссий» и метод анкетных опросов.

В связи с возрастанием интереса к прогнозированию, на сегодняшний день насчитывается более ста методов прогнозирования. Соответственно, выше представлен лишь их неполный перечень. Но несмотря на все многообразие методов прогнозирования не все они «являются востребованными для решения поставленных задач» [25]. Так неформализованные методы чаще всего применяются в условиях неопределенности, когда у нас недостаточно данных об объекте прогнозирования, либо прогнозируемый процесс/объект настолько сложен, что не поддается математическому описанию (формализации), либо настолько прост, что в нем не нуждается [30]. Например, такими процессами/объектами могут быть социально-политические события, развитие технологий и т.п. В свою очередь, формализованные методы прогнозирования используются при наличии достаточного количества данных о процессе/объекте, на основе которых определяется математическая зависимость от различных факторов, оказывающих прямое либо косвенное влияние на процесс/объект прогнозирования. Формализованные методы находят все большее и большее

применение в современном мире. Во многом, это обусловлено рядом факторов:

1. Накоплением компаниями большого количества данных
2. Появлением мощных программно-вычислительных комплексов, способных обрабатывать большие массивы данных.
3. Появлением понимания о том, что из этих данных можно извлекать полезную информацию, тем самым повышая эффективность бизнеса. Появление тенденции управления на основе данных.

Каждая группа методов имеет свои преимущества и недостатки в прогнозировании. Нередки случаи, когда недостатки одной группы дополняются достоинствами другой, т.е. обе группы методов используются в комплексе для получения наиболее точного и эффективного результата. Также для того, чтобы добиться максимального результата необходимо знать преимущества и недостатки того или иного метода или их группы.

Так, например, из недостатков экспертных или неформализованных методов можно выделить следующие:

- 1) Субъективность – зависит от субъективного, индивидуального опыта эксперта, к тому же человек чаще склонен к консерватизму и оптимизму, что, следовательно, может значительно влиять на ошибку [2].
- 2) Неформализованность.
- 3) Невоспроизводимость – не может быть повторено, т.к. условия, в которых принимаются решения постоянно меняются. И также представляется достаточно сложным определить, почему в тот момент времени было сделано тот, а не иной прогноз.
- 4) Отсутствие у эксперта необходимого уровня «экспертизы» [2].
- 5) Низкая скорость прогнозирования.

Из достоинств данной группы методов следует упомянуть:

- 1) Применимость в условиях, когда процесс обладает высокой сложностью и не поддается формализации (математическому описанию), и, наоборот, при очень простом процессе.

2) Не требуются вычислительные мощности и программно-вычислительные комплексы.

3) Эффективность в условиях неопределенности, при недостаточном количестве данных об объекте/процессе прогнозирования.

4) Наличие сдерживающего фактора – при использовании коллективных методов прогнозирования, когда принимается решение на основе множества мнений.

5) Применение опыта из смежных областей – при решении новых неизвестных ранее задач опыт из смежных областей может оказаться более полезным и релевантным нежели опыт в данной области [2].

Экспертные методы получили широкое распространение в различных областях. Это может быть объяснено их относительной простотой и доступностью. К тому же, при прогнозировании на основе достаточно небольшого количества данных эксперту легко оперировать небольшим количеством данных, но при обработке больших массивов процесс прогнозирования либо в принципе невозможен, либо займет большое количество времени. В связи с этим, для прогнозирования компании начинают использовать формализованные методы, описанные в литературе методы прогнозирования, в результате которых строят модели прогнозирования, то есть определяют такую математическую зависимость, которая позволяет вычислить будущее значение процесса, то есть сделать прогноз. Группа формализованных методов более обширна по сравнению с группой экспертных методов и представляет собой бóльший интерес для компаний. Как утверждается в одной из статей, переломным оказался 2005 год [21]. К этому времени во многих организациях были накоплены колоссальные объемы данных о клиентах, поставщиках и партнерах. Эти данные являются ценнейшим активом, поскольку могут служить базой для систем поддержки принятия решений. Остро встала проблема анализа накопленных массивов данных, чтобы извлекать только ценную и необходимую для бизнеса информацию. Такие инструменты обработки смогли появиться лишь при

наличии на предприятиях быстродействующих корпоративных информационных систем, а информационные технологии превратились в ключевой фактор ведения бизнеса. Оперативный доступ к нужной информации становится одной из стратегических целей предприятий. Соответственно, все большее количество предприятий прибегает к методам статистического анализа данных и прогнозировании, опираясь на инструменты статистики и математики.

Формализованные методы разделяются на статистические модели и структурные модели. В статистических моделях будущее (прогнозируемое) значение задается как некоторая зависимость от предыдущего значения в виде уравнения. К статистическим относят:

- 1) Модель скользящего среднего;
- 2) Методы экспоненциального сглаживания;
- 3) Корреляционный и регрессионный методы;
- 4) Авторегрессионные модели;
- 5) Адаптивные методы прогнозирования;
- 6) И др.

Структурные модели также широко используются в настоящее время, в особенности, такие, как нейронные сети. Также сюда относятся модели на базе цепей Маркова, модели на базе классификационно-регрессионных деревьев. Структурные модели в отличие от статистических описывают будущее значение прогнозируемой переменной в виде некоторой структуры и правил перехода по ним [40].

Каждый из вышеперечисленных методов имеет как свои преимущества, так и недостатки, но можно выделить общие, которые будут присуще в целом группе формализованных методов. Из преимуществ данной группы методов можно выделить:

1. В большинстве случаев – простота моделирования описываемых процессов.
2. Масштабируемость.

3. Единообразие анализа и проектирования.
4. Адаптивность.
5. Скорость прогнозирования (при условии их реализации с помощью программных алгоритмов).

6. Воспроизводимость.

7. Прозрачность.

К недостаткам, присущим данной группе методов можно отнести:

1. Недостаточная гибкость.

2. В некоторых случаях – чрезмерная сложность проектирования.

3. Жесткие требования к «чистоте» данных.

4. Трудоемкость и ресурсоемкость.

Розничная продуктовая сеть представляет собой предприятие со сложной организационной структурой и большим количеством бизнес-процессов. Поэтому перечисленные в предыдущем параграфе методы прогнозирования чаще всего не используются индивидуально, а комбинируются, например, с экспертным мнением (мнением менеджера-закупщика, категорийного менеджера и т.п.).

### **1.3 Особенности прогнозирования спроса на рынке продуктового ретейла**

Прогнозирование спроса на товары представляет одну из ключевых задач предприятий, так или иначе связанных с продажей, производством, поставкой продуктов питания. Задача прогнозирования спроса актуальна в данной сфере экономической деятельности как ни в одной другой, т.к. несет в себе множество скрытых рисков. Так, например, розничные продуктовые сети несут не только риски упущенной выгоды, в связи с нехваткой какого-либо товара, но и риски их чрезмерных запасов, причем затоваривание складов на магазинах, является меньшей из бед, т.к. может быть решена распределением товара по другим торговым точкам или на главный

распределительный склад, но здесь имеют место риски списания товара – а это прямая потеря уже вложенных в данный товар денежных средств. За этим же следуют затраты на утилизацию просроченной продукции, которые также ложатся на розничную сеть. Ранее эти потери частично могли компенсироваться с помощью возврата товара поставщикам и утилизации за счет поставщика. Но 28 ноября 2018 года Президентом России был подписан Федеральный закон "О внесении изменений в статью 5 Федерального закона "О развитии сельского хозяйства" и Федеральный закон "Об основах государственного регулирования торговой деятельности в Российской Федерации" от 28.11.2018 N 446-ФЗ [37], который установил запрет на возврат поставщику нереализованных скоропортящихся продовольственных товаров, срок годности которых не превышает 30 дней. Соответственно, риски прогнозирования для розничной сети значительно возросли.

Также одной из особенностей прогнозирования спроса в розничной продуктовой сети является наличие большого количества номенклатур товаров. Спрос на данные товары может различаться по степени стабильности продаж и уровня колебаний потреблений. Это хорошо проиллюстрировано на рисунке 1.

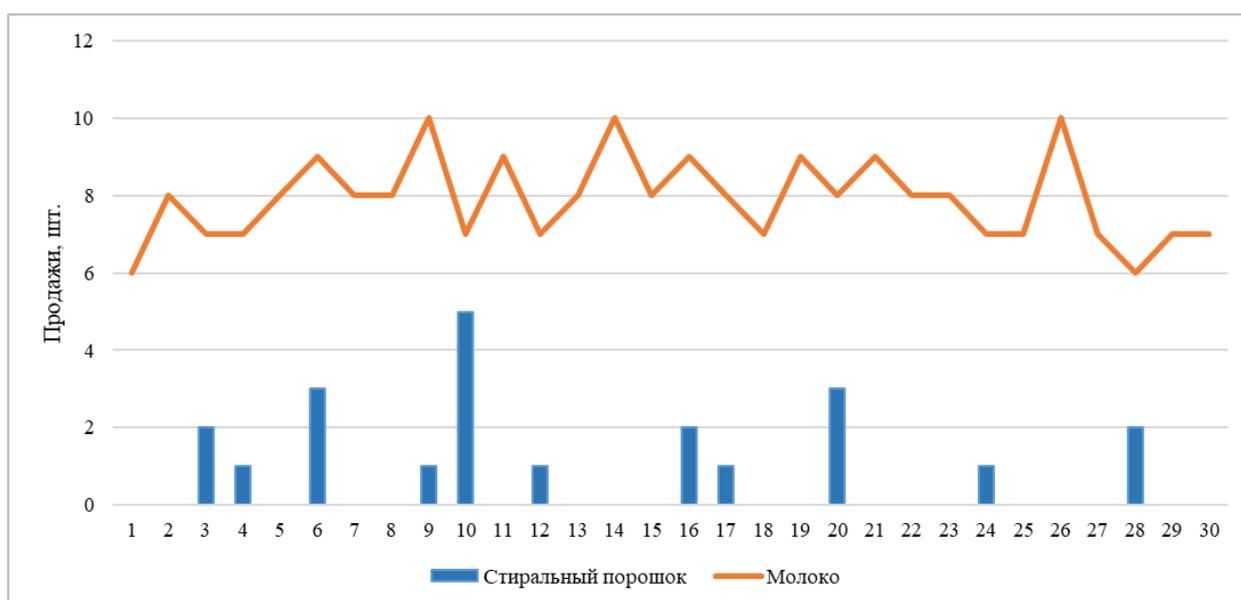


Рисунок 1 – стабильность спроса на товары разных категорий

Как видно из графика, стабильность продаж по этим двум примерам значительно различается, что создаёт дополнительные сложности при выборе метода прогнозирования.

Помимо этого, на продажи значительно влияют различные события, начиная от государственных праздников таких, как Новый год, 8 марта, 23 февраля, так и влияние других случайных событий, которые необходимо держать на контроле для эффективного функционирования системы прогнозирования такими событиями могут быть: открытие/закрытие магазина-конкурента вблизи торговой точки, отключение воды в отдельном районе города, разовая оптовая покупка, эпидемия и т.п.

Кроме того, в случае нехватки товара, а следовательно, неполного удовлетворения спроса покупателей существует риск оттока какого-то количества постоянных покупателей к конкурентам, что также отрицательно скажется на финансовой и репутационной сторонах компании. Здесь же добавляется такое понятие, как сезонность [32]. В данном контексте сезонность необходимо понимать колебания спроса на продукцию в границах определенного временного промежутка, повторяющиеся от одного периода к другому. Так, различают годовую, месячную, недельную сезонность и др.

Также одним из ключевых факторов, влияющих на объем потребительского спроса, является цена товара.

К дополнительным условиям, усложняющим процесс прогнозирования продаж, можно также причислить разное местоположение торговых точек (в офисном районе, спальном, на окраине города и т.п.), которое также накладывает свой отпечаток на объем спроса и его изменение со временем и под влиянием других факторов. Сюда же можно отнести такой фактор как погодные условия.

Также компания «ЛАМА», как и другие игроки на рынке продуктового ретейла, использует различного вида промо-акции. Зачастую эти акции носят ценовой характер, т.е. предоставление скидки (сниженной цены) на определенный товар или целую группу товаров, тем самым оказывая

непосредственное воздействие на потребительский спрос. Вследствие чего, на определенные товары возникает повышенный спрос. Представить изменение спроса можно следующим образом: представим среднестатистического потребителя, у которого к данному моменту сложились определенные потребительские привычки. У него есть определенный источник постоянного стабильного дохода, определенный список расходов, в число которых входят также продукты питания и занимают определенную долю ежемесячных расходов. В добавок к этому у нас имеется группа товаров, имеющих одинаковую степень полезности для потребителя и, при этом, не различающихся по свойствам. Речь идет о, так называемых, товарах-субститутах и товарах-аналогах, цена на которые имеет ключевое влияние на объем спроса.

В этой связи возникает ситуация товарного каннибализма, когда при изменении цены и прочих равных характеристиках товара один (товар с наиболее низкой ценной) наращивает свою долю в общей структуре спроса за счет уменьшения доли другого товара. С одной, наличие нескольких товаров в одной группе, имеющих одинаковую полезность для конечно потребителя, дает последнему возможность выбора, с другой стороны, это же вызывает дополнительные сложности при планировании производства/поставок и прогнозировании спроса на данные товары с учетом их взаимозаменяемости, что может в последующем может сказаться на недостатке одного товара (дефицита) и избытке другого. Немаловажным здесь является влияние торговой марки или бренда. Так, спрос на товары одной торговой марки демонстрирует более выраженную эластичность по цене, спрос на товары другой торговой марки, наоборот, более устойчив к ценовым колебаниям в силу бренда.

Таким образом, в данном параграфе были перечислены основные особенности прогнозирования спроса на товары в розничной ритейловой сети. Очевидно, что существующие модели и способы прогнозирования спроса по отдельности не могут обеспечить должный уровень точности

прогнозирования в разрезе всех товарных категорий. Поэтому данные модели и способы используются чаще всего в комплексе или только на отдельные товарные категории.

## **2 Разработка математической модели прогнозирования спроса товаров с высокой эластичностью спроса на базе группы компаний «ЛАМА»**

### **2.1 Характеристика деятельности компании**

Полное наименование организации: компания «ЛАМА» (Далее «ЛАМА»). Правовой статус: Объединение юридических лиц. Юридический адрес: 634021, г. Томск, ул. Кулагина ба, ст.42.

Компания «ЛАМА» - динамично развивающаяся компания в Сибирском регионе, Томской области, являющаяся лидирующей розничной сетью в г. Томске, с более чем двадцатипятилетней успешной историей бизнеса. Компания занимается производством продовольственных товаров, торговлей, общественным питанием. На данный момент штат насчитывает около 5000 сотрудников по 700 специальностям.

Миссия компании звучит следующим образом: «Мы обеспечиваем продовольственную безопасность России». Проверяя товары, исключается возможность попадания на прилавки товаров, не соответствующих стандартам качества, потребителям.

Для обеспечения выполнения данной миссии компания ставит перед собой следующие задачи:

- исключение продуктов с содержанием ГМО и опасных консервантов;
- обеспечение контроля качества поставляемой продукции в магазины силами производственной лаборатории компании;
- создание новых производств для категорий товаров, по которым на рынке нет достойного предложения в области качества;
- обеспечение профессиональной логистики для сохранения качества доставляемой продукции;
- выстраивание партнерских взаимоотношений с производителями, заинтересованными в обеспечении рынка качественными товарами;

- создание профессиональной команды единомышленников, разделяющих миссию компании;
- быть источником информации о здоровом образе жизни и правильном питании;
- тиражирование разработанных стандартов по обеспечению продовольственной безопасности России за счет выстраивания партнерских отношений с розничными операторами.

Основная ценность компании «ЛАМА» – забота о потребителе, а именно:

- формирование культуры здорового и безопасного питания;
- в основе деятельности ПК «ЛАМА» - 100% учет потребностей и предпочтений потребителя;
- постоянное обновление ассортимента в полном соответствии потребностям потребителей;
- постоянное совершенствование качества и вкуса продукции в полном соответствии с предпочтениями потребителей;
- социальная ответственность ПК «ЛАМА».

Целью осуществления деятельности компании, является обеспечение покупателей (потребителей) широким ассортиментом качественных товаров по разумным экономически обоснованным ценам, удовлетворяющим требованию о соотношении цены и качества товара. Данная цель может быть достигнута только при условии соблюдения компанией и ее поставщиками требований действующего законодательства Российской Федерации.

В основе отношений компании с поставщиками лежат требования к качеству предлагаемых товаров, этика деловых взаимоотношений и контрактные обязательства. Компания стремится к гармоничному развитию бизнеса, опираясь в своей работе на взаимовыгодное сотрудничество с партнерами, внедрение передовых технологий и мировой опыт организации розничной торговли. Поставщики сети – это постоянно обновляемый

уникальный ассортимент и неизменно высокий стандарт качества предлагаемой продукции.

Сегодня организационная структура управления в «ЛАМЕ» является смешанной. Деятельность компании охватывает множество обособленных, несвязанных между собой многопрофильных организаций. Из общего у них только – подчинение одной управляющей компании со множеством служб и отделов, во главе с Генеральным директором компании «ЛАМА» – Левчуговым Владиславом Викторовичем. Таким образом, компания управляется советом директоров, в который входят все руководители бизнеса и руководители управляющей компании. По взаимодействию между подразделениями компании применяется матричная система управления и проектное управление проектным офисом, что минимизирует реакцию на изменения и позволяет компании стремительно развиваться.

Помимо управляющей компании в состав также входят несколько крупных направлений бизнеса:

- Мультиформатная сеть розничной торговли: сеть универсамов «Абрикос», сеть супермаркетов «SPAR», «INTERSPAR», сеть гипермаркетов «ФудCity»;

- Пищекombинат «ЛАМА» – производство продовольственных товаров под собственными торговыми марками «ЛАМА», «Сибиряков», «Впечатление», «Живое питание», «Щедрое море»:

- колбасное производство;
- мясное производство;
- рыбоперерабатывающее производство;
- производство замороженных полуфабрикатов;
- хлебопекарное производство;
- кулинарное производство;
- фабрика кухни;
- кондитерское производство, которое также работает и по индивидуальным заказам;

- Деволюпмент - разработка, проектирование и строительство торговых площадей как для магазинов компании, так и для предоставления помещений в аренду. Это сеть профессиональных торговых центров: Мира-Микс, Мармелайт, Изумрудный город, Смайл-СИТИ, Персональ, Зеркальный РИФ;

- Центр доктора Бубновского – медицинский центр по профилактике и лечению опорно-двигательного аппарата.;

- Рекламное агентство «РекЛАМА». Агентство занимается сдачей в аренду рекламных поверхностей торговых центров и розничных магазинов;

- Корпоративный университет;

- Логистически-сбытовой комплекс, куда входят сотрудники транспортного цеха и складских помещений;

- Вспомогательные службы: экономические, юридические и т. д.

Во главе каждой службы стоит директор, руководитель или начальник. Деятельность данных служб находится в тесной взаимосвязи, при этом дублирование функций полностью исключено. Цель каждой из служб детализирует общую цель «ЛАМЫ», а конкретные задачи подразделений – направлены на нее совместное достижение.

Розничная сеть «ЛАМА» на данный момент насчитывает более 60 магазинов с общей торговой площадью более 70 000 м<sup>2</sup>:

- около 53 универсамов в формате «Абрикос», «Хороший выбор»;

- 4 супермаркета «SPAR»;

- 4 гипермаркета «ФудСity» и 1 гипермаркет «INTERSPAR».

Ежедневно сеть обслуживает более 100 000 покупателей, это является основным показателем лояльности клиентов. Компанией разработаны и параллельно развиваются 3 формата магазинов: универсамы, супермаркеты и гипермаркеты, - каждый из которых обладает своей уникальной концепцией и востребован в своем рыночном сегменте.

## 2.2 Выявление товаров с высокой эластичностью спроса

Различают следующие виды эластичности: ценовая эластичность, перекрестная эластичность, эластичность по доходу, дуговая эластичность, линейная эластичность и др. Спрос на различные категории товаров в той или иной мере имеет эластичность по какому-либо фактору, данным фактором, в том числе, могут стать и погодные условия. Под эластичностью понимают меру реакции изменения одного фактора на изменение другого фактора, например, изменение величины спроса на данный товар или услугу, вызванную изменением цены [24]. В данном случае нас прежде всего интересует эластичность по цене, т.к. данный фактор в большинстве случаев оказывает ключевое влияние на спрос.

Говоря о ценовой эластичности спроса, выделяют несколько характерных ситуаций, определяющих зависимость величины спроса от соответствующего значения цены. Так, существуют товары с эластичным и неэластичным спросом (рисунок 2). Товары с эластичным спросом демонстрируют заметное изменение спроса в зависимости от изменения цены. Под неэластичным спросом понимают ситуацию, когда повышение цены не приводит к какому-либо заметному изменению спроса. Обычно неэластичным спросом характеризуются товары премиум сегмента либо такие товары, как лекарство и т.п. Инсулин является примером неэластичного товара: пациенты, которым необходим инсулин, будут продолжать платить за него практически любую цену. Продукты считаются эластичными, если потребители готовы покупать больше продуктов по мере снижения цен.

Различные виды эластичности сильно взаимосвязаны между собой. Например, при повышении дохода потребителей, цена на определенные категории товара будет иметь меньшее значение, а следовательно, изменится ценовая эластичность данного товара. Так, на ценовую эластичность помимо самой цены также влияет ряд других факторов: наличие у товара или услуги

заменителей; степень необходимости данного товара для потребителя; удельный вес стоимости товара в бюджете потребителя; фактор времени.

Как правило, спрос более эластичен в долгосрочном периоде, так как люди постепенно находят заменители подорожавшему товару и меняют свои привычки и пристрастия в потреблении.

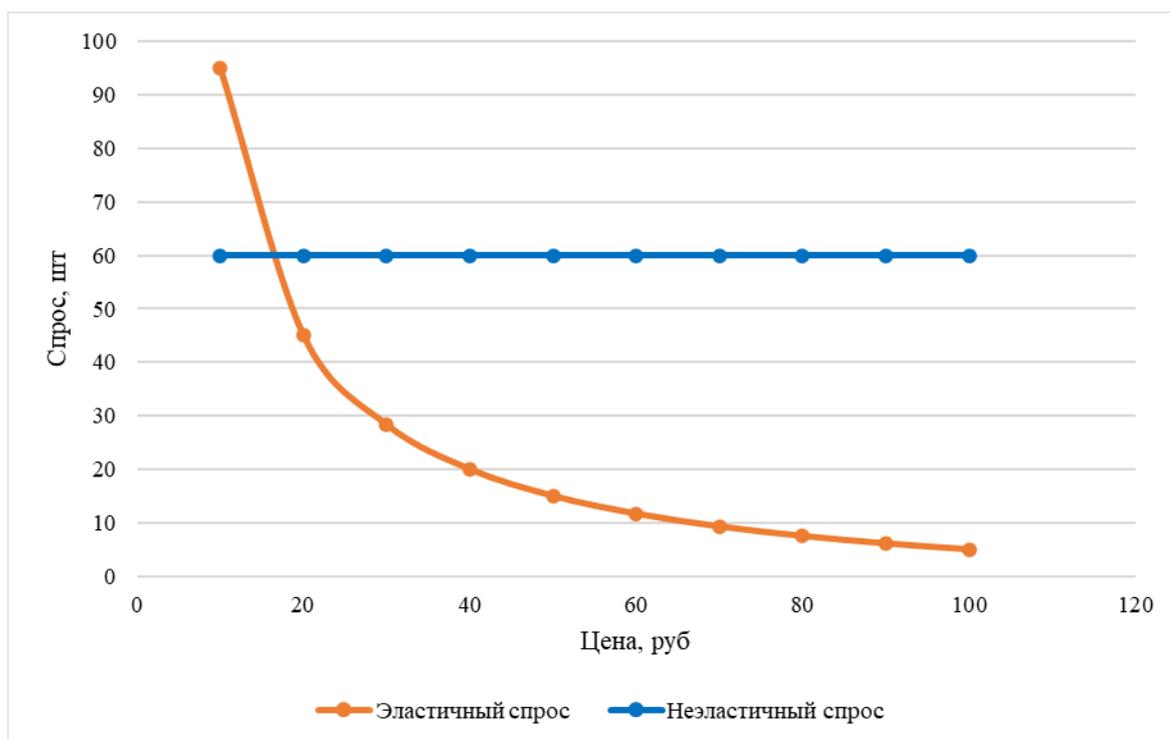


Рисунок 2 – графики эластичного и неэластичного спроса

В общем случае ценовая эластичность является относительным показателем, демонстрирующим, на сколько процентов изменится в величина спроса при изменении цены товара (услуги) на 1 % [24].

На рисунке 3 показаны диапазоны эластичности исходя из которых определяется степень эластичности товара или услуги.

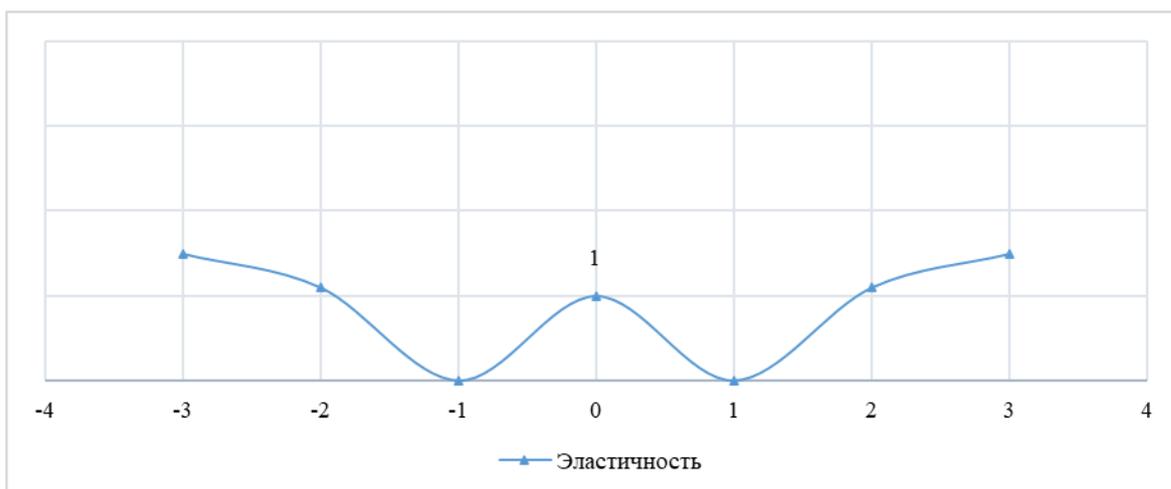


Рисунок 3 – границы эластичности

Исходя из представленного рисунка, можно определить 6 ситуаций, характеризующихся различной степенью эластичности:

1. На интервале  $(-\infty; -1)$  спрос является эластичным, эластичность обратная.
2. В точке  $-1$  спрос является эластичным, эластичность обратная и единичная.
3. На интервале  $(-1;0) \cup (0;1)$  спрос является неэластичным.
4. В точке  $0$  спрос является абсолютно неэластичным, эластичность нулевая.
5. В точке  $+1$  спрос является эластичным, эластичность прямая и единичная.
6. На интервале  $(+1; +\infty)$  спрос является эластичным, эластичность обратная [8].

В розничных продуктовых сетях представлено достаточно большое количество различных наименований продукции. Среди этого множества есть товары, имеющие сильный бренд и/или не имеющие прямых товаров-аналогов, которые удовлетворяли бы ту же потребность, вследствие чего данные товары обычно обладают низкой ценовой эластичностью. Но также есть отдельные группы товаров такие, как молочные продукты, хлебобулочные изделия, колбасные изделия и др., которые включают в себя

товары, удовлетворяющие одну и ту же потребность потребителя, с незначительным или вообще отсутствующим различием в свойствах. Соответственно, внутри таких групп товаров ключевым фактором, оказывающим влияние на спрос, является цена товара.

Эластичность спроса является относительной величиной, которая может быть описана в общем виде с помощью формулы:

$$E = \frac{\Delta Q}{\Delta P} \quad (1)$$

где  $E$  – ценовая эластичность спроса;

$\Delta Q$  – изменение спроса, %;

$\Delta P$  – изменение цены, %.

Ранее было упомянуто, что различают такие виды эластичности, как линейная и дуговая. Линейная эластичность представляет собой ситуацию, когда зависимость спроса от цены может быть описана с помощью линейной функции, дуговая, соответственно – с помощью нелинейных функций. Также различают ещё один вид эластичности – точечную, которая является частным случаем дуговой эластичности. Имея дело с точечной эластичностью, как и с дуговой, делается предположение о том, что данные точки лежат на кривой, которая соответствует функции спроса, тогда функцию эластичности определяют с помощью касательной к кривой спроса в данной точке либо, предполагая, что функция спроса проходит через имеющиеся точки, и тогда эластичность определяется с помощью разницы величины спроса и цены в этих двух точках [8].

Также существует такое понятие как перекрестная эластичность, которая отвечает на вопрос о том, насколько меняется спрос на один товар засчет изменения цены на другой товар [12]. Перекрестная эластичность позволяет понять являются ли данные товары товарами-заменителями (субститутами).

При построении модели прогнозирования мы будем иметь дело с точечной эластичностью, т.к. нам заранее неизвестна функция зависимости

спроса от цены и помимо цены на спрос оказывают влияние прочие факторы, что в особенности затрудняет определение функции. Для разработки модели необходимо было выбрать товары, обладающие схожими свойствами и удовлетворяющие одну и ту же потребность. Далее по данным товарам была вычислена эластичность спроса по цене, которая была определена согласно формуле (1). Таким образом, выборку составили 9 товаров, значения коэффициентов эластичности спроса по каждому из которых представлены в таблице 1 (здесь и далее не раскрывается наименование товарных позиций и конкретные торговые точки, по которым использовались данные о продажах, т.к. согласно уставу компании, является коммерческой тайной).

Таблица 1 – коэффициенты ценовой эластичности спроса

<b>Товар</b>	<b>Коэффициент эластичности</b>
Товар 1	1.23
Товар 2	1.35
Товар 3	1.46
Товар 4	1.21
Товар 5	1.72
Товар 6	1.94
Товар 7	1.15
Товар 8	1.38
Товар 9	1.27

Как видно из таблицы значения коэффициентов эластичности спроса по каждому товару превышает значение 1, следовательно, можно говорить о наличии эластичности спроса по данным товарам.

### **2.3 Разработка математической модели прогнозирования спроса товаров с высокой эластичностью**

На первом этапе разработки модели необходимо установить требования к будущей математической модели и цель, которой данная модель должна соответствовать. Целью будущей модели будет являться краткосрочное и среднесрочное прогнозирование группы товаров-субститутов (товаров-аналогов), обладающих одинаковыми или практически одинаковыми свойствами и удовлетворяющие одну и ту же потребность потребителя, обладающих высокой эластичностью спроса. Модель должна учитывать ценовую эластичность спроса, недельные колебания и общий тренд течения процесса.

Чаще всего в научной литературе под краткосрочным и среднесрочным прогнозированием понимают горизонт прогнозирования равный нескольким месяцам и несколькими годам, соответственно. Исходя из процесса планирования продаж в компании «ЛАМА», под краткосрочным и среднесрочным прогнозированием понимаются иные сроки. Поэтому в данной работе краткосрочным и среднесрочным является прогнозирование с горизонтом от нескольких дней до нескольких месяцев.

Помимо вышеперечисленных требований, модель должна быть легко реализована на существующих ЭВМ и офисных-программных пакетах таких, как MS Excel.

Также необходимо перед непосредственно разработкой определить, каким образом будет осуществляться оценка адекватности математической модели реальному процессу пользуются ошибкой аппроксимации либо коэффициентом детерминации, который вычисляется с помощью коэффициента расхождения или же, как его ещё называют, коэффициентом Тейла [35, 39]. Коэффициент детерминации и коэффициент расхождения рассчитываются следующим образом (2, 3):

$$r^2 = 1 - k \quad (2)$$

где  $k$  – коэффициент расхождения;

$r^2$  – коэффициент детерминации.

$$k = \frac{\sqrt{\sum(P_t - A_t)^2/n}}{\sqrt{\sum(A_t)^2/n}} = \frac{\sqrt{\sum(P_t - A_t)^2}}{\sqrt{\sum(A_t)^2}} \quad (3)$$

где  $k$  – коэффициент расхождения;

$P_t$  – прогнозное значение;

$A_t$  – фактическое значение;

$n$  – количество элементов в выборке.

Исходя из представленных выше формул. При равенстве прогнозных значений фактическим  $P_t=A_t$  числитель уравнения (3) обращается в 0, тогда коэффициент точности равен 1, т.е. речь идет о 100% точности прогнозирования. Отсюда можно сделать вывод о том, что чем ближе коэффициент детерминации к 0, тем выше точность прогнозирования. Таким образом, оценка модели будет осуществляться по коэффициенту точности.

Выборка представляла из данных о продажах в штуках по выбранным товарам на 4 торговых точках розничной продуктовой сети (одна была выбрана для разработки модели, другие, соответственно, для ее апробации) за период с 01.01.2020 по 31.05.2020 гг. Также имелись данные о средней цене продажи данных товаров за аналогичный период. Исходный ряды представлены на графике рисунка 4.

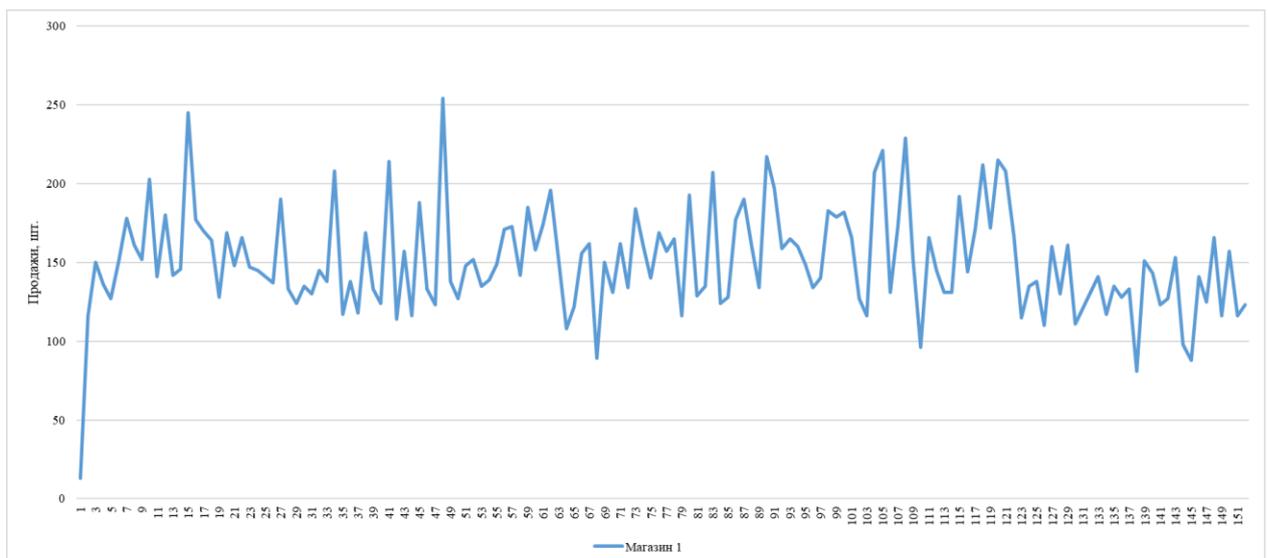


Рисунок 4 – продажи в торговой точке №1 с 01.01.2020 по 31.05.2020, шт.

Первым этапом разработки является очистка данных от влияния на спрос путем изменения цены, т. к. выбранная группа товаров обладает высокой эластичностью по ценовому фактору, и определение функции зависимости величины спроса от цены. Для этого было вычислено отношение количества продаж за  $i$ -ый день к медианному значению цены за весь период. Было выбрано медианное значение, исходя из того, что медиана представляет число, которое меньше 50% «верхних» значений и больше 50% «нижних» значений [19]. Данное свойство медианы делает ее более устойчивой к «выбросам» и, следовательно, точнее определить влияние цены на спрос. Аналогичная операция была проделана и с ценами (4, 5):

$$\hat{p} = \frac{p_{Me}}{p_i} \quad (3)$$

где  $\hat{p}$  – относительное изменение цены;

$p_i$  – значение цены в  $i$ -ый момент времени;

$p_{Me}$  – медианное значение цены.

$$\hat{q} = \frac{q_i}{q_{Me}} \quad (4)$$

где  $\hat{q}$  – относительное изменение продаж;

$q_i$  – значение продаж в  $i$ -ый момент времени;

$q_{Me}$  – медианное значение продаж.

Т.к. исходные данные о цене  $i$ -ый момент времени имеют некоторую погрешность, данные об относительном изменении цены и продаж были предварительно очищены и колебания в диапазоне  $\pm 0,03$  % от медианного значения не учитывались и заменялись медианным значением. Результатом преобразований является график, представленный на рисунке 5.

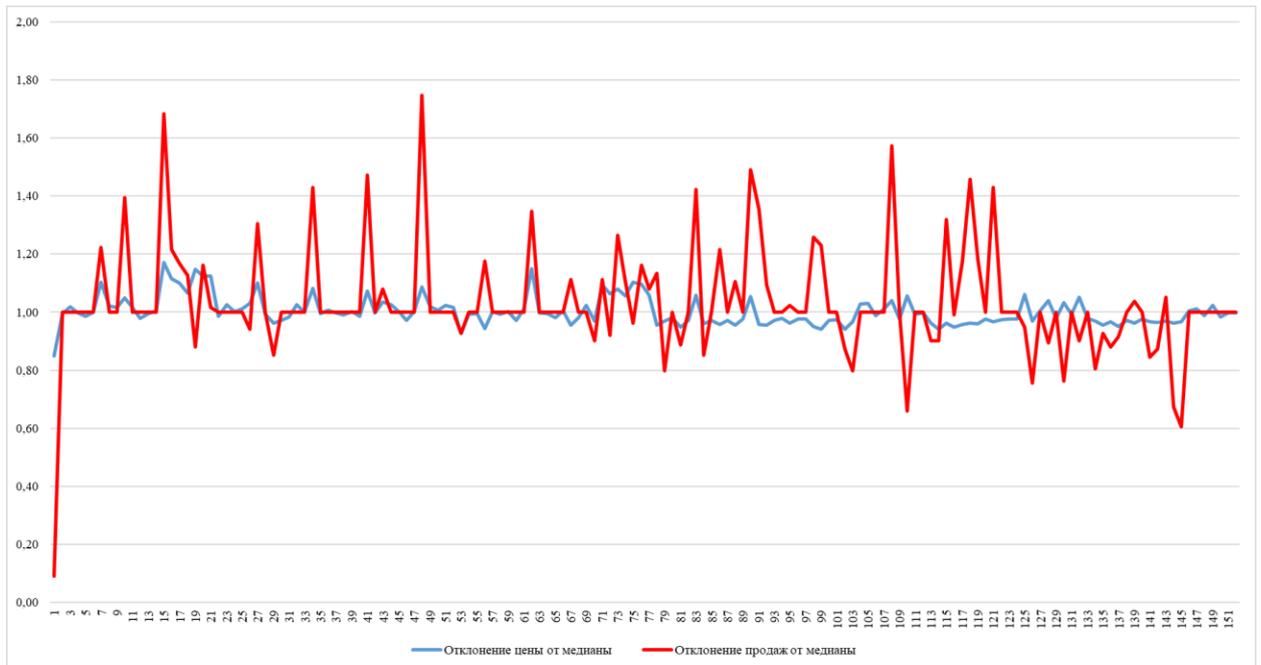


Рисунок 5 – отклонение цены и продаж от медианных значений, %

Следующим этапом, является определение функции зависимости изменения спроса от цены  $q=f(p)$ . С помощью пакета анализа MS Excel, через несколько итераций было определено, что наиболее подходящим описанием зависимости спроса от цены является система (5):

$$E_i = \begin{cases} \hat{p} > 1.03, & \hat{q} = (\hat{p})^{1.5} \\ \hat{p} < 0.97, & \hat{q} = \hat{p} \end{cases} \quad (5)$$

После вычислений имеем следующий график (рисунок 6):

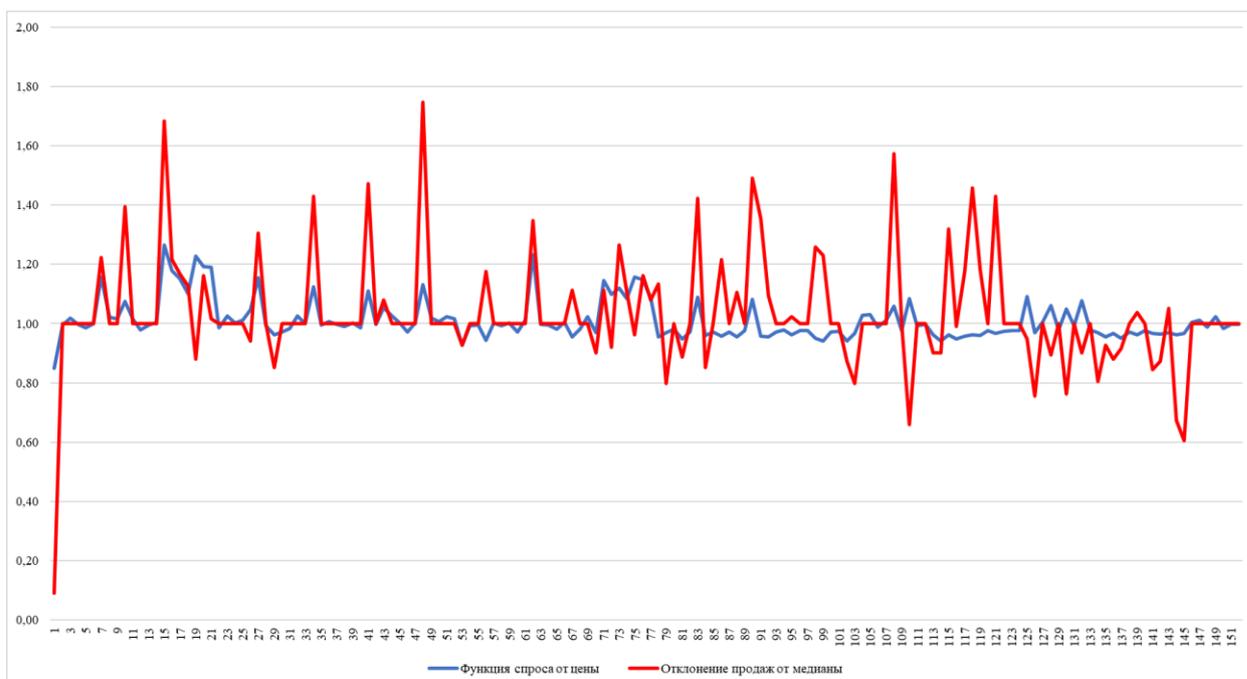


Рисунок 6 – отклонение продаж от медианы и функция спроса от цены, %

Далее имеющиеся данные о продажах были очищены от ценового влияния путем деления фактических продаж на полученные коэффициенты из системы (5). В результате преобразования имеем следующий график продаж, очищенный от ценового фактора (рисунок 7).

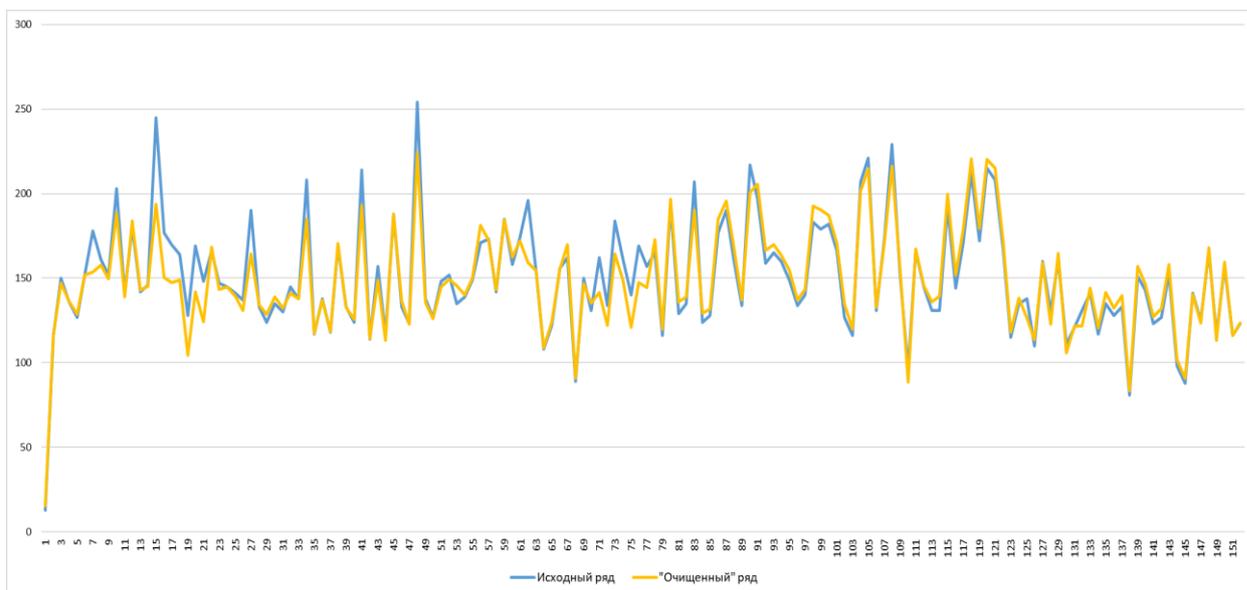


Рисунок 7 – исходный ряд и «очищенный» ряд

Следующим этапом разработки модели является определение сезонного фактора. Под сезонностью понимается наличие циклических

колебаний, которые повторяются от одного периода к другому аналогичному периоду. Чаще всего под сезонностью предполагают годовую сезонность, т. е. колебания спроса внутри календарного года. Также можно говорить о месячной или недельной сезонности как о колебаниях в пределах месяца или недели. В разрабатываемой модели предполагается расчет сезонности в мультипликативном виде, т.е. в виде коэффициента, определяемого как отношение количества продаж в определенный день недели к суммарному количеству продаж за неделю (6) или к среднему значению (7).

$$S_i = \frac{Q_{ij}}{\sum_{j=p}^n Q_{ij}} \quad (6)$$

где  $S_i$  – коэффициент сезонности;

$Q_i$  – количество продаж в  $i$ -ый день  $j$ -ой недели.

$$S_i = \frac{Q_i}{\frac{1}{7} \sum_i Q_{ij}} \quad (7)$$

где  $S_i$  – коэффициент сезонности;

$Q_i$  – количество продаж в  $i$ -ый день  $j$ -ой недели.

Далее полученные значения сезонности необходимо выровнять, чтобы их среднегеометрическое значение было равно 100% [19]:

$$\hat{S}_i = \frac{S_{ij}}{(\prod_i S_{ij})^{\frac{1}{7}}} \quad (7)$$

где  $\hat{S}_i$  – выровненное значение сезонности,

$S_i$  – количество продаж в  $i$ -ый день  $j$ -ой недели.

В результате вычисленные коэффициенты недельной сезонности умножаем на среднее значение за неделю. Сравнивая полученные значение с очищенным исходным рядом, имеем следующий график (рисунок 8):

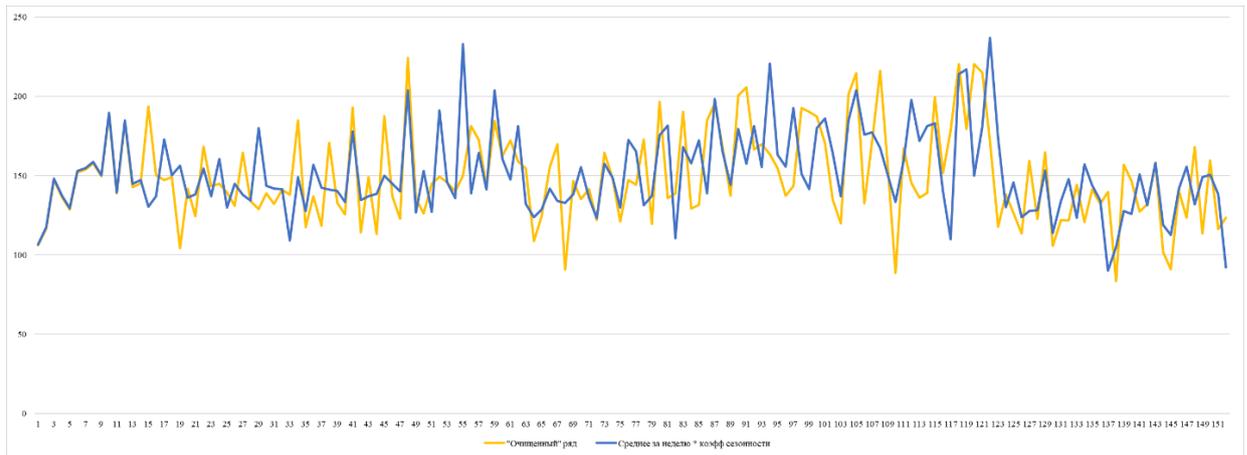


Рисунок 8 – очищенный ряд и ряд, полученный в результате умножения коэффициентов недельной сезонности на среднее значение за неделю

Как видно из графика выше. После вычисления коэффициентов сезонности данные о продажах также были очищены путем деления уже «очищенного» ряда, полученных в результате очистки на предыдущем этапе. Таким образом, очищенные от влияния ценового фактора и недельных колебаний исходные данные представлены на графике (рисунке 9):

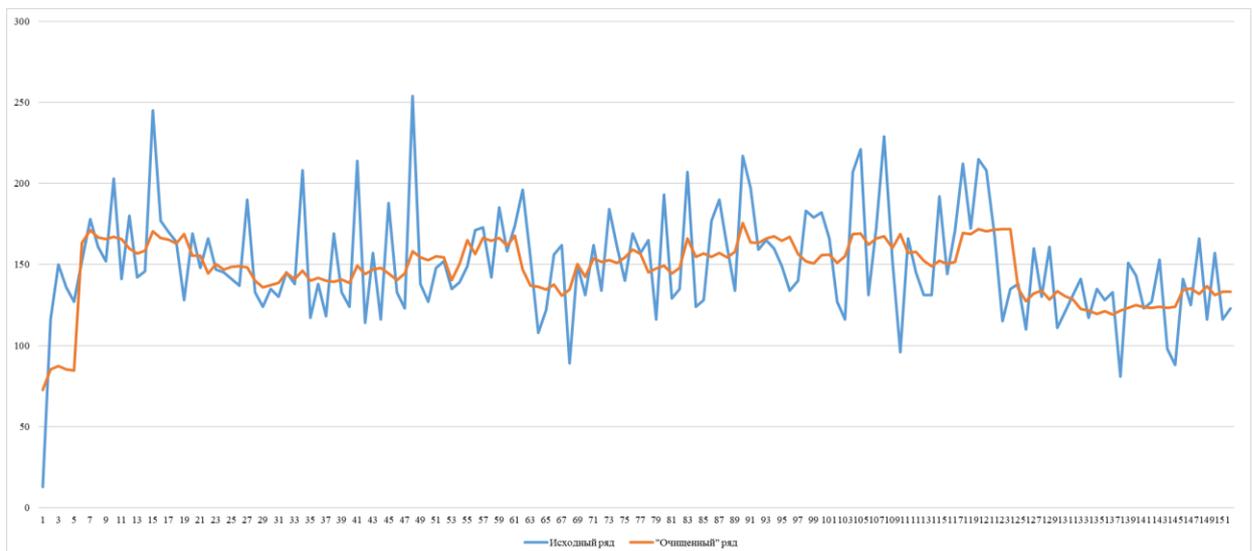


Рисунок 9 – исходный ряд и ряд, очищенный от недельных колебаний и ценового влияния

Следующим компонентом модели является трендовая составляющая, характеризующая общую тенденцию (направление развития) процесса. Наиболее часто используемыми моделями тренда являются линейный, логарифмический, экспоненциальный тренды и тренды уравнения, которых

описываются полиномом  $n$ -ой степени. Степень соответствия значений построенных по вычисленным коэффициентам трендов фактическим данным была оценена с помощью коэффициента детерминации. Результаты вычисления продемонстрированы в таблице 2:

Таблица 2 – коэффициенты детерминации трендов

Уравнение тренда	Коэффициент детерминации
Линейный	0.0074
Экспоненциальный	0.0072
Логарифмический	0.0028
Полином 2 степени	0.0684
Полином 4 степени	0.0914
Полином 6 степени	0.1619

Исходя из расчетных значений коэффициента детерминации можно сказать, что ни один из представленных трендов с достаточной мерой адекватности не описывает процесс в связи с его сложной природой. При разработке модели обычно пользуется тем принципом, чтобы модель включала в себя минимальное количество компонент, но при этом достаточное, чтобы модель была адекватной. Следовательно, необходимо использовать другие подходы к определению математического описания процесса. Обращаясь снова к графику на рисунке 8, видно, что процесс представляет из себя некоторую гармонику. Для описания подобных процессов используются ряды Фурье, описываемые уравнениями вида (8):

$$Q(t) = a + \sum_{k=1}^m (b_k \cos(kt) + d_k \sin(kt)) \quad (8)$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $d$  – коэффициенты ряды, вычисляемые по формулам (9, 10, 11);  $m$  – количество гармоник (в данном случае = 1).

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n} \quad (9)$$

$$b_k = \frac{2 \sum_{i=1}^n q_i \cos(kt_i)}{n} \quad (10)$$

$$d_k = \frac{2 \sum_{i=1}^n q_i \sin(kt_i)}{n} \quad (11)$$

где  $q_i$  – количество продаж в  $i$ -ый момент времени;

$n$  – количество элементов;

$t_i$  –  $i$ -ый момент времени.

Следовательно, подставляя уравнения 9, 10, 11 в исходное уравнение ряда, получаем следующее уравнение (12):

$$Q(t_i) = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n} + \left( \frac{2 \sum_{i=1}^n q_i \cos(t_i)^2}{n} + \frac{2 \sum_{i=1}^n q_i \sin(t_i)^2}{n} \right) \cdot \frac{1}{3} \quad (12)$$

В данном случае, как видно, был применен поправочный коэффициент равный  $1/3$ , вследствие данных вычислений и преобразований имеем следующий график (рисунок 10).

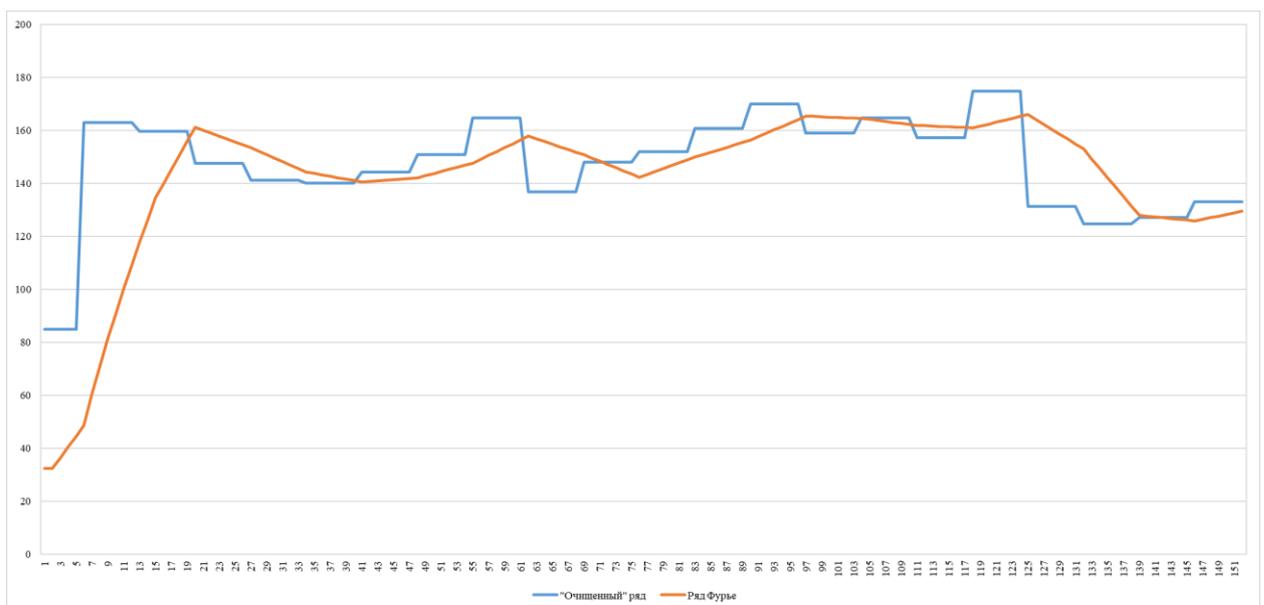


Рисунок 10 – «очищенный» ряд и ряд Фурье.

Как видно из графика, полученное уравнение тренда хорошо описывает характер процесса. Таким образом, с помощью уравнения ряда Фурье было определено уравнение тренда для исходного ряда.

Объединяя вычисленные компоненты модели в единое уравнение, получаем следующее уравнение, описывающее спрос (13):

$$Y(t_i) = F(t_i) \cdot (kE_i + (1 - k)\hat{\zeta}) \quad (13)$$

где  $F(t_i)$  – значение тренда в  $i$ -ый момент времени;

$E_i$  – коэффициент влияния цены в  $i$ -ый момент времени;

$\hat{\zeta}$  – коэффициент недельной сезонности в  $i$ -ый момент времени.

$k$  – весовой коэффициент, определяющий степень влияния цены и коэффициент недельной сезонности в  $i$ -ый момент времени.

В результате вычисления модели для первой торговой точки имеем следующий график (рисунок 11).

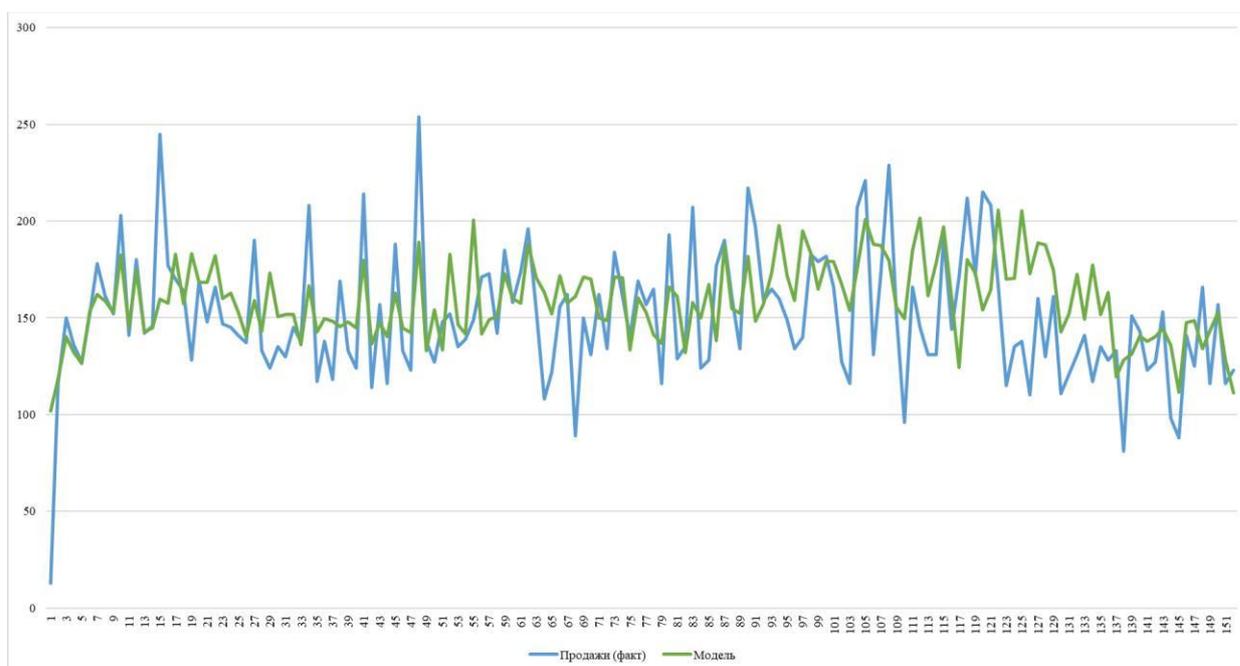


Рисунок 11– исходный ряд и ряд, рассчитанный с помощью модели

В данном случае коэффициент  $k = 0.1$ . Коэффициент детерминации разработанной модели равен 0.78, что говорит о достаточно высокой степени соответствия модели реальному процессу. В следующем параграфе

проводится оценка модели с точки зрения удовлетворения поставленным требованиям и имеющимся ограничениям.

Математическая модель, как и любая другая модель, является лишь приближенным описанием реального объекта или процесса, выраженная (описанная) в том или ином виде. Соответственно, все модели имеют определенные преимущества и недостатки.

Главное условие, которому разработанная модель должна отвечать, это ее соответствие фактическим данным. Как было сказано в предыдущей главе для разработки модели использовались данные продаж и цен на торговой точке №1 за период с 01.01.2020 по 31.05.2020 гг. Для проверки модели используются данные о продажах по аналогичным товарам за аналогичный период на торговой точке №2, №3, №4 розничной сети. Фактические данные и данные полученные с помощью модели, представлены на рисунке 12, 13 и 14:

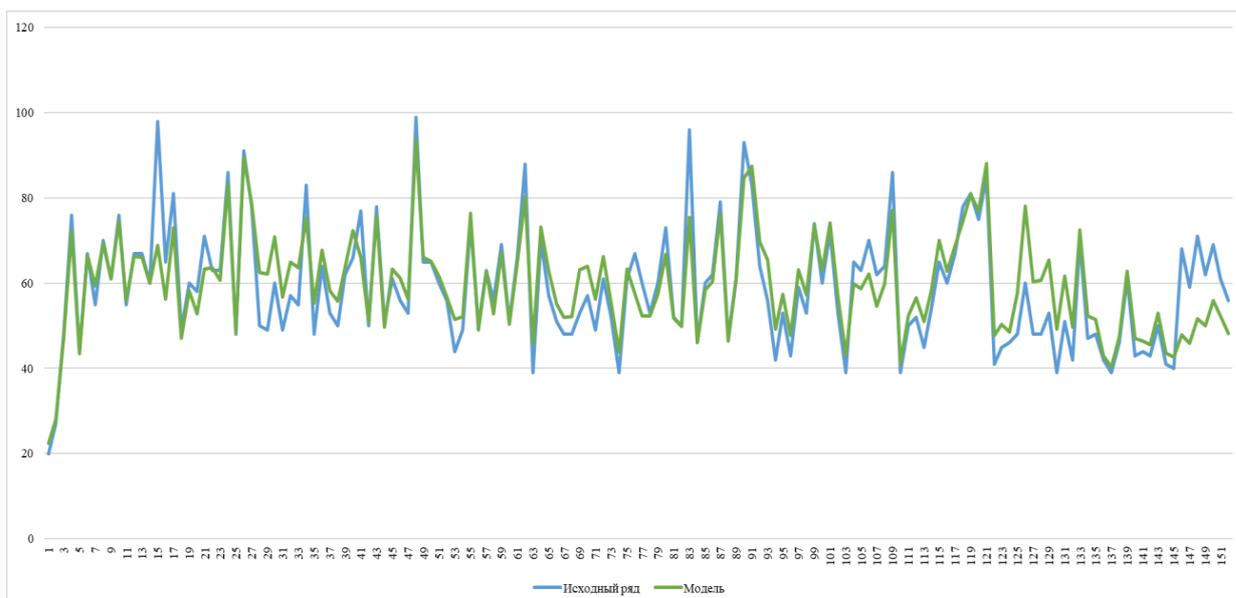


Рисунок 12 – исходный ряд и ряд, рассчитанный с помощью модели, на торговой точке №2

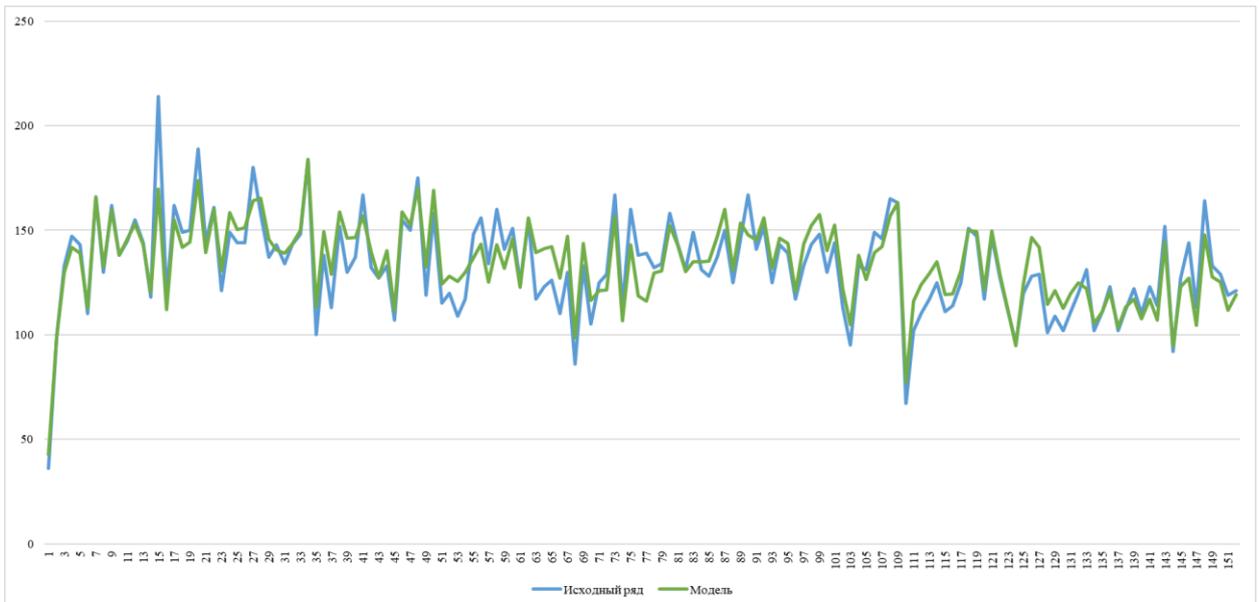


Рисунок 13 – исходный ряд и ряд, рассчитанный с помощью модели, на торговой точке №3

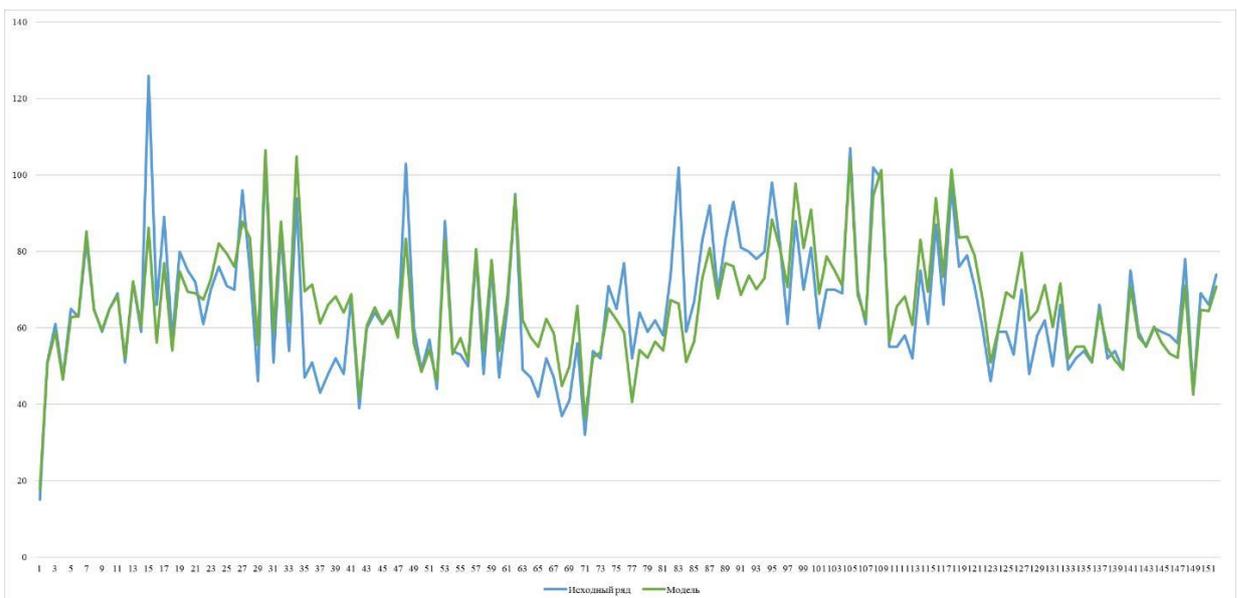


Рисунок 14 – исходный ряд и ряд, рассчитанный с помощью модели, на торговой точке №4

Коэффициенты детерминаций для данных магазинов равны 0.769, 0.825 и 0.731. Следовательно, можно говорить о том, что описанная в предыдущем параграфе модель прогнозирования отвечает поставленным задачам и обладает следующими преимуществами:

- Модель учитывает эластичность спроса по цене;
- Модель учитывает недельную сезонность;

- Модель учитывает общую тенденцию;
- Модель может быть реализована с помощью пакета доступных офисных программ;
- Модель обладает достаточной степенью адекватности.

При этом разработанная модель не является исключением в плане наличия недостатков. Самым большим недостатком модели является ее применимость только для товаров с высокой эластичностью спроса, что требует от пользователей дополнительных вычислений и определения товаров, обладающих данным свойством.

Короткий горизонт планирования также является одним из недостатков модели, т. е. применение данной модели для прогнозирования спроса на горизонт от нескольких месяцев до нескольких лет может привести к значительной ошибке, что, как следствие, может негативно отразиться на результатах.

Еще одним недостатком модели является то, что моделью не предусмотрен метод определения весового коэффициента  $k$  и функции зависимости спроса от цены. Данный параметр и функция определяются непосредственно пользователем путем совершения нескольких операций, добиваясь максимальной точности прогноза.

Модель также не учитывает дополнительное (неценовое) влияние на спрос в виде различных акций, праздников и т. п. В дополнение к этому, для расчета прогноза необходимо знать будущие значения цены, что не всегда представляется возможным. Это приводит к двум возможным ситуациям: либо один из компонентов модели просто не будет учитываться и, следовательно, увеличиться величина отклонения от фактических данных, либо модель в принципе не может быть использована для прогнозирования.

## **2.4 Внедрение модели прогнозирования спроса товаров с высокой эластичностью в группе компаний «ЛАМА»**

Следующим этапом после разработки модели является ее внедрение в процесс компании по планированию спроса и, следовательно, закупки товара. На момент разработки модели в компании при планировании спроса и закупки товаров имеются следующие показатели, демонстрирующие эффективность процесса: коэффициент наличия товара на полке, отношение списаний товара к фактическому товарообороту и отношение упущенного товарооборота к фактическому товарообороту. Коэффициент наличия товара на полке отображает наличие товара на остатках в торговой точке на определенный момент времени. Данный коэффициент является бинарным и принимает значение 0 или 1. Товарооборот равен произведению цены продажи товара на количество продаж. Упущенный товарооборот – условный коэффициент, который учитывается в том случае, если коэффициент наличия товара на полке равен 0. Упущенный товарооборот представляет собой значение равное произведению цены товара на количество продаж, «достроенное» до того количества, которое гипотетически могло быть совершено, если бы на торговой точке имелось достаточное количество товара.

Внедрение модели прогнозирования состоит из нескольких этапов:

1. Подготовительный этап;
2. Этап внедрения;
3. Автоматизация;
4. Эксплуатация [13].

Подготовительный этап включает в себя непосредственно разработку математической модели, постановку задач и требований к модели. Вторым этапом является непосредственно этап внедрения. На данной этапе в случае, если модель отвечает поставленным ей требованиям, модель реализовывается компанией с помощью существующих технических средств. В данном случае модель реализовывалась с помощью MS Excel. Для внедрения модели были выбраны две точки розничной сети и аналогичная группа товаров, также были установлены перечисленные выше коэффициенты, применяемые компанией для оценки точности процесса прогнозирования и закупки товара. Далее

пользователь, менеджер-аналитик компании, реализовывал математическую модель в программе MS Excel и на основе разработанной модели осуществлял прогнозирование покупательского спроса. Следующими этапами станут этапы автоматизации и непосредственной эксплуатации модели.

## 2.5 Оценка эффективности модели прогнозирования

Для оценки эффективности модели перед этапом ее непосредственного внедрения в процесс управления товарными запасами были зафиксированы на 2-ух торговых точках текущие показатели эффективности процесса, которыми в группе компаний «ЛАМА» являются процент упущенного товарооборота к общему товарообороту по конкретной группе товаров, процент списанного товара к общему количеству продаж за определенный период и коэффициент наличия товара на полке (методику расчета данного коэффициента компания не раскрывает). Далее на данных торговых точках по выбранной группе товаров прогнозирование спроса осуществлялось с использованием разработанной модели. Через месяц представленные выше показатели эффективности процесса были зафиксированы повторно. Сравнение показателей приведено в таблице 3.

Таблица 3– Сравнение показателей до и после этапа внедрения модели.

Магазин	Упущенный ТО к ТО, %		Списания к ТО, %		Коэффициент наличия товара на полке, %	
	До	После	До	После	До	После
Магазин 1	0.08	0.07	1.15	1.24	95.7	97.2
Магазин 2	0.11	0.09	0.89	0.62	96.9	97.5

Для того, чтобы было более наглядно представлены результаты внедрения модели, перечисленные выше показатели (упущенный ТО и

списания) представлены также в денежном выражении, где «+» характеризует ухудшение показателя, а «-», соответственно, его улучшение (таблица 4).

Таблица 4 – Сравнение показателей до и после этапа внедрения модели в денежном выражении.

Магазин	Δ упущенный ТО к ТО, Р	Δ списания к ТО, Р
Магазин 1	-12 370.30	+ 37 507.66
Магазин 2	-83 439.99	-133 052.49

Как видно из представленных таблиц, компания благодаря применения разработанной модели в процессе управления товарными запасами на торговых точках заработала/сэкономила 229 тыс. руб. (без учета списаний на магазине 1), что однозначно является положительным результатом и может говорить о высокой эффективности разработанной модели. Однако ухудшение показателя по списаниям на магазине 1 на 37,5 тыс. руб. можно охарактеризовать, с одной стороны, как «выброс» или как факт нарушения процесса списания/инвентаризации товаров, когда товар не списывается своевременно, а лишь по прошествии какого-то промежутка времени; с другой же стороны – данная ситуация может демонстрировать несовершенство модели и необходимость ее доработки. В каждом из приведенных случаев, необходимо дополнительная оценка модели на бóльшем временном промежутке и бóльшем количестве торговых точек.

Результатами оценки модели с точки зрения улучшения/ухудшения процесса управления товарными запасами:

- Переход от интуитивного прогнозирования спроса товаров с высокой эластичностью с формализованному, что открывает возможности для автоматизации процесса;
- Компания заработала/сэкономила 191 тыс. руб.;

- В 5-ти из 6-ти случаев улучшились внутренние показатели эффективности процесса;

- Разработанная модель послужит базой для дальнейшей разработки моделей прогнозирования спроса, имеющего схожий характер динамики.

### **3 Социальная ответственность**

#### **3.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Законодательство РФ об охране труда основывается на Конституции РФ и состоит из федерального закона и иных нормативных правовых актов субъектов РФ [20].

Рабочее место – это часть пространства в офисе, в котором сотрудник осуществляет трудовую деятельность. В помещении имеются рабочие места, оснащенные компьютерами и принтером. Помещение характеризуется как объект с малым выделением пыли. Естественная вентиляция осуществляется при помощи окон и вентиляционных каналов. Отопление осуществляется посредством системы центрального водяного отопления.

Работа в офисе относится ко второй категории тяжести труда – работы выполняются при оптимальных условиях внешней производственной среды и при оптимальной величине физической, умственной и нервно-эмоциональной нагрузки. Рабочие места с ПК по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, желательно слева.

В соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» рабочие места с ПК по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, желательно слева [27].

Быстрое и точное считывание информации обеспечивается при расположении плоскости экрана ниже уровня глаз пользователя, предпочтительно перпендикулярно к нормальной линии взгляда (нормальная линия взгляда 15 градусов вниз от горизонтали). Клавиатура должна располагаться на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края, обращенного к пользователю.

Оптимальный режим труда и отдыха – важнейшее условие поддержания высокой работоспособности человека. Под режимом труда

понимают порядок чередования и продолжительность периодов труда и отдыха. При введении на определенное время в течение трудового дня физиологически обоснованных перерывов и их рациональном использовании можно предотвратить и замедлить наступление утомления. Время установления дополнительных (кроме обеденного) перерывов и их длительность зависят от характера работы.

### **3.2 Профессиональная социальная безопасность**

Профессиональная социальная безопасность – система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих вероятность воздействия на работающих опасных травмирующих производственных факторов, возникающих в рабочей зоне в процессе трудовой деятельности.

Объектом исследования является разработка математической модели прогнозирования спроса на товары с высокой эластичностью спроса, что не является источником вредных и опасных факторов. Однако, устройства, при помощи которых осуществляется разработка математической модели, являются таким источником. Эти факторы аналогичны рассмотренным далее. Разработка математической модели прогнозирования проводилась исключительно с использованием персонального компьютера.

При выполнении работ на персональном компьютере (ПК) согласно «ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» могут иметь место следующие факторы, представленные в таблице 5 [15].

Таблица 5 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Зрительное напряжение	+	+	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» [15].
2. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [32].
3. Монотонность трудового процесса, нервно-эмоциональные перегрузки			+	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018) [36].
4. Отклонение показателей микроклимата в закрытом помещении	+	+	+	СанПиН 2.2.4-548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [28].
5. Превышение уровня шума		+	+	СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [29].
6. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [17].

Неправильное организованное освещение рабочих мест и рабочей зоны не только утомляет зрение, но и вызывает утомление всего организма в целом. Недостаточное освещение, слепящие источники света и резкие тени от оборудования и других предметов притупляют внимание, вызывают ухудшение или потерю ориентации работающего, что может быть причиной травматизма.

Основная особенность – иной принцип чтения информации с монитора ПК, чем при обычном чтении. При обычном чтении текст на бумаге, расположенный горизонтально на столе, считывается работником с наклонённой головой при падении светового потока на текст. При работе на ПК оператор считывает текст, почти не наклоняя голову, глаза смотрят прямо или почти прямо вперед, текст (источник – люминесцирующее вещество экрана) формируется по другую сторону экрана, поэтому пользователь не считывает отражённый текст, а смотрит непосредственно на источник света, что вынуждает глаза и орган зрения в целом работать в несвойственном ему стрессовом режиме длительное время.

В офисе помещения должны иметь как естественное, так и искусственное освещение. При работе в офисе за ПК следует соблюдать следующие требования, предъявляемые рабочему месту:

- Естественное освещение осуществляется через светопроемы, обеспечивающие необходимый коэффициент естественной освещенности (КЕО) не ниже 1,2 %.

- Искусственное освещение в офисных помещениях должно осуществляться системой равномерного освещения.

- В качестве источников света при искусственном освещении применяются преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ.

Освещенность на рабочем месте оператора должна составлять не менее 200 лк при системе общего освещения и не менее 750 лк при системе комбинированного освещения [32].

Нервно-эмоциональное напряжение при работе на ПК возникает вследствие дефицита времени, большого объема и плотности информации, особенностей диалогового режима общения человека и ПК, ответственности за безошибочность информации. Продолжительная работа с монитором, особенно в диалоговом режиме, может привести к нервно-эмоциональному перенапряжению, нарушению сна, ухудшению состояния, снижению концентрации внимания и работоспособности, хронической головной боли, повышенной возбудимости нервной системы, депрессии.

Для продуктивной деятельности на рабочем месте должны быть созданы оптимальные микроклиматические условия. Для человека одинаково вредны переохлаждения, вызывающие простудные заболевания, и перегревы, ведущие к снижению работоспособности, тепловым ударам. Для избегания этих проблем, в рабочих помещениях должны поддерживаться определенные значения температуры воздуха, температуры поверхностей оборудования, относительной влажности и скорости движения воздуха. Величины оптимальных и допустимых показателей микроклимата в офисе устанавливаются СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» и указаны в таблице 6 и таблице 7, соответственно [28].

Таблица 6 - Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1

Таблица 7 - Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	20-25	19-26	15-75	0,1
Теплый	Ia (до 139)	21-28	20-29	15-75	0,1 – 0,2

Еще одним вредным производственным фактором является шум. Шумы уровня 70-90 дБ при длительном воздействии приводят к заболеванию нервной системы, а более 100 дБ - к снижению слуха, вплоть до глухоты. Шум создает значительную нагрузку на нервную систему человека, оказывая на него психологическое воздействие. По СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» для рабочих мест в конторских помещениях уровень звука должен быть равен 60 дБА [29].

Следует также упомянуть об таком производственном факторе, как электрический ток. Ток, проходя через тело человека, оказывает на него сложное воздействие, являющееся совокупностью термического, электролитического, биологического и механического воздействий, что приводит к различным нарушениям в организме, вызывая как местные повреждения тканей и органов, так и общее его поражение.

Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки установлены в ГОСТ 12.1.038-82 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность» и не должны превышать значений, указанных в таблице 8 [17].

Таблица 8 - Допустимые величины напряжения прикосновения и токи

Род тока	U, В	I, mA
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Условия и организация работы с ПЭВМ направлены на предотвращение неблагоприятного влияния на здоровье человека вредных факторов производственной среды и трудового процесса при работе с ПЭВМ.

Рабочие места с использованием ПЭВМ и помещения для их эксплуатации должны соответствовать требованиям Санитарных правил.

### 3.3 Экологическая безопасность

Объектом исследования является разработка математической модели прогнозирования спроса на товары с высокой эластичностью спроса, исследование не является источником экологической опасности. Однако устройства, с которых осуществляется ее разработка и просмотр, являются таким источником. Эти факторы аналогичны рассмотренным далее.

В ходе исследования для выпускной квалификационной работы влияние на окружающую среду осуществляются посредством использования ПК.

При работе компьютер образует вокруг себя электростатическое поле, которое ионизирует окружающую среду, а при нагревании корпуса и аккумулятора ноутбука они испускают в воздух вредные вещества.

Мощность блока питания среднестатистического ноутбука составляет 70-100 Вт. Потребление электроэнергии компьютером зависит от того, какие функции он выполняет, насколько будет загружен центральный процессор.

Ежемесячный расход электричества можно существенно сократить, грамотно выполняя настройки ПК. Например, отрегулировав яркость экрана,

применяя энергосберегающий режим или не заряжать уже заряженный аккумулятор.

### **3.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

В ходе проведения исследования для выпускной квалификационной работы происходило взаимодействие с компьютером, которое предполагает существование риска возникновения пожара.

Причинами возгорания при работе с компьютером могут быть:

- токи короткого замыкания;
- неисправность устройства компьютера;
- неисправность электросетей;
- небрежность оператора при работе с компьютером;
- воспламенение ПК из-за перегрузки.

В связи с этим, согласно ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования», при работе с компьютером необходимо соблюдать следующие нормы пожарной безопасности:

- для предохранения сети от перегрузок запрещается одновременно подключать к сети количество потребителей, превышающих допустимую нагрузку;
- работы за компьютером проводить только при исправном состоянии оборудования, электропроводки;
- иметь средства для тушения пожара (огнетушитель);
- установить количество, размеры и соответствующее конструктивное исполнение эвакуационных путей и выходов;
- обеспечить возможность беспрепятственного движения людей по эвакуационным путям [16].

Избежать дополнительной пожарной опасности поможет соблюдение соответствующих мер пожарной профилактики. Прокладка всех видов

кабелей в металлических газонаполненных трубах является одним из способов по предотвращению возгорания.

В офисе установлена система охранно-пожарной сигнализации, имеются в наличии порошковые огнетушители и план эвакуации, а также установлены таблички с указанием направлений к эвакуационному выходу.

## **Заключение**

Обобщая результаты исследования, можно сказать о том, что тема, связанная с прогнозированием различного рода явлений и процессов, является актуальной в настоящее время, в особенности, этому способствует появление больших вычислительных мощностей, программных продуктов и накопление большого количества информации. Также этому способствует тот факт, что при принятии решений бизнес все более склонен опираться на фактические данные, нежели принимать решения интуитивно. Под прогнозированием понимается предсказание (определение) будущих значений какого-либо процесса или явления, осуществляемое различными методами. Прогнозирование нашло широкое применение в различных областях: экономике, науке, медицине и т. д. Наиболее популярные классификации моделей прогнозирования: по типу прогнозирования, по «горизонту» планирования, степень вероятности наступления события и другие. Основной является классификация по принципу формализации, т. е. основе данных видов прогнозирования на строгих статистических, математических описаниях или же на субъективных мнениях и гипотезах.

Были раскрыты особенности прогнозирования спроса в розничных продуктовых сетях такие, как высокие риски ошибки прогнозирования, большое количество номенклатур товаров, различные виды сезонности, маркетинговые акции и т.п. В связи с этим, особенно необходимо подчеркнуть актуальность проблемы прогнозирования товаров для продуктовых сетей, т.к. сфера розничной торговли представляет достаточную сложную сферу с множеством бизнес-процессов и множеством факторов, влияющих на потребительский спрос.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана математическая модель прогнозирования спроса на товары, обладающих высокой эластичностью спроса. Предъявляемые требования к модели были следующими:

- учет ценовой эластичности спроса;
- учет недельных колебаний (недельной сезонности);
- учет общий тренд течения процесса;
- возможность реализации с помощью доступных офисных программ.

Для разработки модели использовались данные о продажах группы товаров с высокой эластичностью спроса на торговой точке №1. Итоговая модель представляет собой следующее уравнение:

$$Y(t_i) = F(t_i) \cdot (kE_i + (1 - k)\hat{\xi}) \quad (14)$$

где  $F(t_i)$  – значение тренда в  $i$ -ый момент времени;

$E_i$  – коэффициент влияния цены в  $i$ -ый момент времени;

$\hat{\xi}$  – коэффициент недельной сезонности в  $i$ -ый момент времени.

$k$  – весовой коэффициент, определяющий степень влияния цены и коэффициент недельной сезонности в  $i$ -ый момент времени.

Для апробации модели и оценки ее адекватности использовались данные о продажах по аналогичной группе товаров за аналогичный период времени по трем другим торговым точкам. Коэффициент детерминации разработанной модели по выбранным точкам находится в диапазоне от 0.731 до 0.825, что говорит о достаточной степени соответствия разработанной модели реальному процессу. Следовательно, было установлено, что модель является адекватной и может быть использована для прогнозирования спроса. Далее модель была внедрена в процесс прогнозирования спроса и закупки товаров. По результатам внедрения было проведено сравнение эффективности процессов до внедрения модели и после по внутренним показателям компании. Сравнение показало, что по бóльшей части показателей модель показала положительный результат: в 5-ти из 6-ти случаев наблюдалось улучшение внутренних показателей эффективности процесса управления товарными запасами. Также благодаря разработанной модели компания заработала/сэкономила 191 тыс. руб. в сравнении с аналогичным периодом, в котором процесс управления товарным осуществлялся интуитивным методом.

Процесс стал формализованным, более того, разработанная модель открыла возможность автоматизации. Несмотря на вышперечисленные положительные результаты, было принято решение дальнейшей апробации модели на бóльшем количестве торговых точек и за бóльший период времени.

## Список использованных источников

1. A Multivariate Approach to Probabilistic Industrial Load Forecasting/A. Bracale et al. //Electric Power Systems Research. – 2020. – Т. 187. – С. 106430.
2. Armstrong J. S. Forecasting for marketing / J. S. Armstrong, R. Brodie. – University of Pennsylvania, 1999.
3. Clements M. P. Forecasting and forecast narratives: The Bank of England inflation reports /M. P. Clements, J. J. Reade //International Journal of Forecasting. – 2020.
4. Fildes R., Retail forecasting: Research and practice /R. Fildes, S. Ma, S. Kolassa //International Journal of Forecasting. – 2019.
5. Huang K. Management Forecast Errors and Corporate Investment Efficiency /K. Huang //Journal of Contemporary Accounting & Economics. – 2020. – С. 100208.
6. Ma S. Retail sales forecasting with meta-learning /S. Ma, R. Fildes //European Journal of Operational Research. – 2020.
7. Баль А. В. Методика прогнозирования спроса в ООО «МОЛЛ»/А. В. Баль, В. О. Логиновская //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2015. – Т. 15. – №. 2.
8. Безгласная Е. А. Путеводитель по элементарной экономике: эластичность спроса / Е. А. Безгласная //Региональное развитие: электронный научно-практический журнал. – 2017. – №. 2.
9. Бухарбаева Л. Я. Прогнозирование спроса и управление цепью поставок в логистической среде товарно-производственных комплексов / Л. Я. Бухарбаева, Д. В. Филиппов , Д. П. Брусиловский //Вестник Челябинского государственного университета. – 2009. – №. 3. - С. 92-98.
10. Воробьева Л. Г. Применение научных методов прогнозирования спроса в системах управления товарными запасами торговых предприятий в

рыночных условиях / Л. Г. Воробьева //Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. – 1999. – №. 4.

11. Галицкий А. С. Разработка математической модели интеллектуальной транспортной системы/ А. С. Галицкий А. С // Труды Московского физико-технического института. – 2018. – Т. 10. – №. 4 (40).

12. Гальперин В. М. Микроэкономика в 2-х томах. / В. М. Гальперин, С. М. Игнатъев, В. И. Моргунов. - Санкт-Петербург: Институт "Экономическая школа", 1999. - ГЛ. 4.

13. Гафурова Г. Н. Бюджетирование как основной инструмент в системе управления предприятием / Г. Н. Гафурова, Е. А. Свистунова // Аграрный вестник Урала. - 2012. - №7. - С. 99-100.

14. Гинис Л. А. Обзор методов научного прогнозирования/ Л. А. Гинис //Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2009. – Т. 92. – №. 3. - С. 231-236.

15. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Электронный ресурс] // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения 13.04.2020).

16. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования [Электронный ресурс] // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/9051953> (дата обращения 13.04.2020).

17. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов [Электронный ресурс] // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/5200313> (дата обращения 13.04.2020).

18. Зенкова Ж. Н. Логистический подход в управлении предприятием: учебно-методический комплекс/Ж.Н. Зенкова. - Томск: ТГУ, 2012. - С.43.

19. Извеков Н.Ю. Совершенствование «метода с ориентацией на спрос» и его интеграция в систему ценообразования: дис. ... магистра менеджмента / Н. Ю. Извеков. - Томск: ТПУ, 2012. - С.24.

20. Конституция Российской Федерации [Электронный ресурс] : принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 года. : (с учетом поправок, внесенных Законами Российской Федерации о поправках к Конституции Российской Федерации от 30.12.2008 N 6-ФКЗ, от 30.12.2008 N 7-ФКЗ, от 05.02.2014 N 2-ФКЗ, от 21.07.2014 N 11-ФКЗ30 декабря 2008 № 6-ФКЗ и № 8 – ФКЗ) // СПС «Консультант плюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 13.04.2020).

21. Копова А. Ю. Бизнес-аналитика: современный инструментарий, тенденции развития / А. Ю. Копова //Труды Санкт-Петербургского государственного института культуры. – 2013. – С. 79.

22. Льюис К. Д. Методы прогнозирования экономических показателей / К. Д. Льюис // Финансы и статистика. – М., 1986.

23. Макарова И. Л. Коэффициент детерминации для нелинейной регрессии / И. Л. Макарова, А. М. Игнатенко. - Сочи: СГУ. - С.1.

24. Мухина Е. Р. Исследование факторов ценовой эластичности спроса и предложения / Е. Р. Мухина //APRIORI. Серия: Гуманитарные науки. – 2015. – №. 5. – С. 36-36.

25. Петрушина Е. П. Эластичность спроса по цене на примере ресторанной индустрии / Е. П. Петрушина, О. А. Соковец //Бизнес-образование в экономике знаний. – Иркутск: ИГУ, 2019. – №. 1 (12).

26. Рабочая книга по прогнозированию / И. В. Бестужева-Лада [и др.] // Мысль. - М., 1982.

27. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [Электронный ресурс] // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901865498> (дата обращения 13.04.2020).

28. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [Электронный ресурс] // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901704046> (дата обращения 13.04.2020).
29. СанПин 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы [Электронный ресурс] // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901703278> (дата обращения 13.04.2020).
30. Селиверстова А. В. Сравнительный анализ моделей и методов прогнозирования / А.В. Селиверстова //Современные научные исследования и инновации. – М: МГТУ, 2016. – №. 11. – С. 241-248.
31. Снитюк В.Е. Прогнозирование. Модели, методы, алгоритмы: учебное пособие / В. Е. Снитюк // Маклаут. - Киев, 2008.
32. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\* [Электронный ресурс] // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения 13.04.2020).
33. Сухошкина Н. Ю. Прогнозирование сезонного спроса на молочную продукцию / Н. Ю. Сухошкина //Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет им. ВП Горячкина». – 2008. – №. 5. - С. 103.
34. Тихонов Д. В. Микитчук М. Ю. Моделирование прогноза объема продаж при различных вариантах учета сезонности / Д. В. Тихонов, М. Ю. Микитчук //Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2015. – №. 8 (80). - С. 1 - 16
35. Тихонов Э.Е. Методы прогнозирования в условиях рынка: учебное пособие / Э.Е. Тихонов. - Невинномысск: СКГТУ, 2006.
36. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020) [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. – Режим

доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683) (дата обращения 13.04.2020).

37. Федеральный закон "О внесении изменений в статью 5 Федерального закона "О развитии сельского хозяйства" и Федеральный закон "Об основах государственного регулирования торговой деятельности в Российской Федерации" от 28.11.2018 N 446-ФЗ (последняя редакция) // Консультант Плюс. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_312095/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_312095/) (дата обращения: 12.06.2020).

38. Черданцева И. В. Прогнозирование экономических процессов: учебное пособие / И. В. Черданцева. - Томск: ТПУ, 2013.

39. Четыркин Е. М. Статистические методы прогнозирования. Изд-во 2-ое, перераб. и доп. / Е. М. Четыркин. – Статистика, 1977. - С. 179 - 181.

40. Чучуева И. А. Модель прогнозирования временных рядов по выборке максимального подобия: дис. ... канд. тех. наук / И. А. Чучуева. - М: МГТУ им. Баумана. – 2012. - С. 4.