

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

Институт Физико-технический  
 Направление подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика  
 Кафедра Высшей математики и математической физики

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Моделирование совместного динамического поведения логарифмических доходностей производных инструментов</b>

УДК 519.876:338.314

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОВМ51	Бозняков Роман Валерьевич		30.05.17

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Семенов Михаил Евгеньевич	к.ф.-м.н., доцент		30.05.17

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		16.05.17

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Юрий Митрофанович	д.т.н.		23.05.17

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Трифонов Андрей Юрьевич	д.ф.-м.н., профессор		08.06.17

Томск – 2017 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Профессиональные компетенции
	<i>1) В области научно-исследовательской деятельности:</i>
(ПК-1)	Способность проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива
(ПК-2)	Способность разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач
	<i>2) В проектной и производственно-технологической:</i>
(ПК-3)	Способность понимания углубленного анализа проблем, постановки и обоснования задач научной и проектно-технологической деятельности
(ПК-4)	Способность разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых задач проектной и производственно-технологической деятельности
	<i>3) В организационно-управленческой деятельности:</i>
(ПК-5)	Способность управлять проектами, планировать научно-исследовательскую деятельность, анализировать риски, управлять командой проекта
(ПК-6)	Способность разрабатывать и оптимизировать бизнес-планы научно-прикладных проектов
	<i>4) В педагогической деятельности:</i>
(ПК-7)	Способность к преподаванию математических дисциплин и информатики в образовательных организациях основного общего, среднего общего, среднего профессионального и высшего образования
(ПК-8)	Способность разрабатывать учебно-методические комплексы для электронного и мобильного обучения
	<i>5) В консалтинговой деятельности:</i>
(ПК-9)	Способность разрабатывать аналитические обзоры состояния области прикладной математики и информационных технологий
	<i>6) В консорциумной деятельности:</i>
(ПК-10)	Способность к взаимодействию в рамках международных проектов и сетевых сообществ

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

Институт Физико-технический

Направление подготовки (специальность) 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Кафедра Высшей математики и математической физики

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
0ВМ51	Бозняков Роман Валерьевич

Тема работы:

Моделирование совместного динамического поведения  
логарифмических доходностей производных инструментов

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**


*(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.).*

Цены закрытия фьючерсных контрактов на обыкновенные акции трех российских компаний: ПАО ГМК «Норильский Никель» (GMKN), ПАО «Газпром» (GAZP), ПАО «Сбербанк» (SBRF), также на индекс РТС (RTS). Данные были получены в период с 17.12.2015 по 16.12.2016.


<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Проверка рядов на нормальность; проведение преобразование Джонсона; подбор оптимальных моделей для преобразованных данных; корреляционный анализ исследуемых данных; исследование остатков построенных моделей; обратное преобразование данных; анализ качества проделанной аппроксимации логарифмических доходностей;</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>График исходных данных, автокорреляционная и частная автокорреляционная функции остатков модели, нормальный вероятностный график остатков модели, функции распределения исходных данных и модельных (обратно преобразованных)</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Рыжакина Татьяна Гавриловна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Федорчук Юрий Митрофанович</p>
<p>Теоретическая часть (раздел, выполненный на английском языке)</p>	<p>Зяблова Наталия Николаевна</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>Теоретическая часть</p>	

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Семенов Михаил Евгеньевич	к.ф.-м.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0ВМ51	Бозняков Роман Валерьевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
0BM51	Бозняков Роман Валерьевич

Институт	ФТИ	Кафедра	ВММФ
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	01.04.02 Прикладная математика и информатика

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Использование информации, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах и изданиях, нормативно-правовых документах.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта.
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НИТ: структура и график проведения, бюджет, риски.	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИТ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности.	Проведение оценки экономической эффективности исследования.

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИТ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИТ
5. Сравнительная эффективность разработки

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	10.02.2017.
---	-------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н		10.02.17

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0BM51	Бозняков Роман Валерьевич		10.02.17

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b> ОВМ51	<b>ФИО</b> Бозняков Роман Валерьевич
------------------------	---

<b>Институт</b> Уровень образования	<b>ФТИ</b> Магистр	<b>Кафедра</b> Направление/специальность	<b>ВММФ</b> Прикладная математика и информатика
Тема выпускной квалификационной работы		Моделирование совместного динамического поведения логарифмических доходностей производных инструментов.	

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

<p>1. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>- опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>- негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>- чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p>1. <i>Описание рабочего места:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вредных факторы: (микроклиматические параметры, освещение, электромагнитные поля, ионизирующие излучения, воздухообмен, шумы);</li> <li>- опасных проявлений факторов производственной среды (электрический ток);</li> <li>- негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) чрезвычайных ситуаций (пожар и взрыв на рабочем месте).</li> </ul>
<p>2. <i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i></p>	<p>2. - электробезопасность; - пожарная безопасность; - гигиенические требования к ПЭВМ;</p>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<p>1. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>- действие фактора на организм человека;</li> <li>- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>- предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<p>1. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- действие фактора на организм человека;</li> <li>- приведение допустимых норм с необходимой размерностью.</li> </ul>
<p>2. <i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические)</li> </ul>	<p>2. <i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- электробезопасность;</li> <li>- пожаровзрывобезопасность.</li> </ul>

<i>мероприятия, первичные средства пожаротушения)</i>	
<p>3. Охрана окружающей среды: - защита селитебной зоны</p> <p>- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</p> <p>- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы)</p> <p>- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</p> <p>- разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</p>	<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <p>- анализ воздействия при работе на ПЭВМ на атмосферу, гидросферу, литосферу;</p> <p>- наличие отходов (бумага, картриджи, компьютеры и т. д.);</p> <p>- методы утилизации отходов.</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях: - перечень возможных ЧС на объекте;</p> <p>- выбор наиболее типичной ЧС: 1) сильные морозы; 2) несанкционированное ли.</p> <p>- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</p> <p>- разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</p> <p>- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</p>	<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях (пожар и взрыв на рабочем месте):</p> <p>- выявление типичных аварийных ситуаций, причин их возникновения;</p> <p>- разработка превентивных мер по предупреждению пожаров и взрывов на рабочем месте;</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <p>- специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</p>	<p>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <p>СанПиН 2.2.4.1191-03; СанПиН 2.1.8/2.2.4.2490-09; СанПиН 2.2.4.3359-16; СНиП-23-05-95; Сан.ПиН 2.2.2. 542 – 96; ГОСТ 12.1.036-96; ГОСТ 12.1.012-96; ГОСТ 12.1.004-76; ГОСТ 12.1.010-76; ГОСТ 12.1.013-78.</p>
<b>Перечень графического материала:</b>	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию.</p>	<p>- план эвакуации;</p> <p>- схема размещения светильников.</p>

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику** 10.03.17г

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Юрий Митрофанович	Д.Т.Н.		10.03.17г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОВМ51	Бозняков Роман Валерьевич		10.03.17

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 120 страниц, 13 рисунков, 37 таблицы, 23 источника литературы, 5 приложений.

Ключевые слова: фьючерсы, логарифмические доходности, временные ряды, преобразование Джонсона, семейство кривых Джонсона, нормальность, стационарность, автокорреляционная функция, частная автокорреляционная функция, модель авторегрессии скользящего среднего, GARCH – модель, функция распределения.

Объект исследования: цены закрытия фьючерсных контрактов на обыкновенные акции трех российских компаний: ПАО ГМК «Норильский Никель» (GMKN), ПАО «Газпром» (GAZP), ПАО «Сбербанк» (SBRF), также на индекс РТС (RTS) в период с 17.12.2015 по 16.12.2016.

Цель работы: построить аппроксимацию логарифмических доходностей финансовых инструментов.

В процессе исследования проводились преобразования Джонсона для временных рядов, составленных из логарифмических доходностей производных инструментов (фьючерсных контрактов), моделирование исследуемых процессов с помощью модели авторегрессии-скользящего среднего, а также с помощью обобщенной модели авторегрессии условной гетероскедастичности. Были построены функции распределения исходных данных и модельных данных.

Методы проведения исследования: теоретические (изучение литературы, обзор существующих методов и моделей анализа) и практическое применение линейных и нелинейных моделей для моделирования динамического поведения логарифмических доходностей.

Область применения: финансовый рынок.

Значимость работы: результаты моделирования позволяют исследовать особенности исследуемых временных рядов, а также могут быть использованы для построения прогнозов на будущие периоды.



## Содержание

Введение.....	11
Обзор литературы.....	13
1 Теоретическая часть.....	15
1.1 Основные понятия. Виды и структура временных рядов.....	15
1.2 Линейные модели стационарных временных рядов .....	16
1.3 Автокорреляционная (АКФ) и.....	19
частная автокорреляционная функция (ЧАКФ).....	19
1.4 Нестационарные временные ряды. Модель $ARIMA(p, d, q)$ .....	21
1.5 ARCH/GARCH модели .....	23
1.6 Преобразование Джонсона.....	25
1.6.1 Семейство распределений $SL$ Джонсона.....	27
1.6.2 Семейство распределений $SB$ Джонсона.....	28
1.6.3 Семейство распределений $SU$ Джонсона .....	29
1.7. Основные критерии анализа .....	30
2 Практическая часть .....	33
2.1 Объекты исследования .....	33
2.2 Преобразование исходных данных .....	34
2.3 Моделирование исследуемых процессов .....	36
2.4 Анализ остатков построенных моделей.....	37
2.5 Моделирование с помощью альтернативных моделей.....	40
2.6 Обратное преобразование данных.....	41
3.1 Оценка коммерческого потенциала научных исследований.....	46
3.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	53
3.3 Бюджет научного исследования .....	58
3.4 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	62
4. Социальная ответственность .....	68
4.1 Введение.....	68
4.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	69

4.3 Электробезопасность и пожарная безопасность.....	81
4.4 Чрезвычайные ситуации.....	85
4.5 Нормативно-техническая документация .....	87
4.6 Экологичность разрабатываемой темы.....	88
4.7 Выводы и рекомендации .....	90
Заключение .....	91
Список публикаций студента.....	92
Список используемой литературы .....	94
Приложение А .....	96
Приложение Б.....	115
Приложение В.....	117
Приложение Г .....	119
Приложение Д.....	120

## Введение

В любое время человек хотел приумножить имеющийся у него капитал. Одним из способов сделать это является инвестирование денежных средств. Инвестировать можно в валюту, здания и сооружения, интеллектуальную собственность, научно-технические новшества и т.д. Одним из наиболее распространенных и популярных способов вложения денег в настоящее время является инвестирование в различные финансовые инструменты, торгуемые на биржевом рынке.

Для удачного инвестирования, которое принесет ожидаемый доход инвестору, необходимо владеть определенной информацией об активе. Чтобы иметь данную информацию, инвестору следует проводить анализ актива, в который он собирается вкладываться.

В данной работе проводится анализ исследуемого финансового инструмента, целью которого является построение математической модели, описывающей исследуемый процесс. Построенная модель позволяет не только описать процессы изменения в поведении цены рассматриваемого актива, но и на основании имеющейся модели делать прогнозы на ближайшие периоды. Знание о том, как будет в будущем происходить изменение цены актива, позволит снизить риски для инвестора.

На биржевых и внебиржевых рынках среди разнообразных финансовых инструментов выделяется группа производных инструментов, называемых деривативами [1]. Главным качеством всех производных ценных бумаг является их вторичность по отношению к другим ценным бумагам, которые в свою очередь являются базовыми активами по отношению к первым. Базовыми активами могут быть не только ценные бумаги, но также деньги и иные инструменты.

Под фьючерсным контрактом понимают соглашение между двумя сторонами (контрагентами), заключающееся на бирже и предусматривающее поставку базисного актива по цене, зафиксированной в данном контракте (фьючерсная цена). Основным назначением фьючерсного контракта является

или хеджирование от нежелательных изменений цены актива для инвестора. Хеджирование позволяет оградить хеджера от потерь, а также не позволит воспользоваться благоприятной конъюнктурой.

В данной работе исследуются логарифмические доходности фьючерсных контрактов на обыкновенные акции трех российских компаний: ПАО ГМК «Норильский Никель», ПАО «Газпром», ПАО «Сбербанк», а также на индекс РТС. Данные были получены в период с 17.12.2015 по 16.12.2016.

В качестве объектов исследования были выбраны именно фьючерсы на акции именно этих российских компаний, так как они обладают высокой ликвидностью в сравнении с другими российскими акциями. Для двух компаний на протяжении исследуемого периода наблюдается рост цен закрытия фьючерсов их компании. Это ПАО «Сбербанк» и индекс РТС. Для двух других компаний наблюдается стабильное поведение на протяжении исследуемого периода времени.

Под логарифмическими доходностями понимают логарифм отношения текущей цены фьючерсного контракта к предыдущей.

Целью данной работы является построение аппроксимации логарифмических доходностей финансовых инструментов.

Для выполнения данной работы были поставлены следующие задачи:

1. Сформировать временные ряды из логарифмических доходностей исследуемых производных инструментов и провести их анализ;
2. Подобрать оптимальные линейные и альтернативные модели для преобразованных данных;
3. Провести обратное преобразование данных и сделать выводы о качестве проделанной аппроксимации логарифмических доходностей с использованием построенных моделей.

## Обзор литературы

Для написания выпускной квалификационной работы была изучена специализированная литература по исследуемой тематике, в которую входят научные статьи на русском и иностранном языках, учебные пособия, журналы. В основе данной работы лежит исследование и анализ временных рядов, построение моделей различных классов, описывающих их, а также сравнение построенных моделей и выбор оптимальной модели, наилучшим образом моделирующей исследуемый временной ряд.

Объектом исследования работы являются фьючерсные контракты на обыкновенные акции российских компаний. Чтобы ознакомиться с тем, что такое производные инструменты, их виды и отличия от других финансовых инструментов, фьючерс и в чем особенность данного производного инструмента, были изучены статьи «Российский рынок деривативов» под авторством Тюкавкина Н.М и «Сущность производных финансовых инструментов» автора Павловой Е. В.

Базовая информация о стационарных и нестационарных процессах, способах выявления нестационарности временных рядов, временных рядах, их видах, автокорреляционной и частной автокорреляционной функциях а также линейных моделях авторегрессии и скользящего среднего была взята из учебного пособия «Эконометрика: лабораторный практикум» под авторством Н.И. Шанченко.

Определенная информация о методах и принципах анализа временных рядов, а также о стационарности временных рядов и способах ее определения для исследуемых процессов была взята из статьи «Методика построения модели ARIMA для прогнозирования динамики временных рядов», авторами которой являются Трегуб А.В., Трегуб И.В.

Для изучения методологии Бокса-Дженкинса, определения порядка интегрируемости временного ряда идентификации параметров модели на основе поведения автокорреляционной и частной автокорреляционной функций

было рассмотрено учебное пособие О. А. Подкорытовой, М. В. Соколова «Анализ временных рядов».

Одним из пунктов данной работы было проведение преобразования Джонсона для исследуемых временных рядов. Для этого была изучена литература о семействах кривых преобразования Джонсона, критерии выбора определенного семейства, расчете параметров преобразования Джонсона, функциях, используемых для преобразования данных. К данной литературе относятся учебное пособие Кобзаря А. И., а также научную статью R.H. Shumway, D. S. Stoffer «Time Series Analysis and Its Applications With R Examples». Также с помощью данного пособия была изучена информация о статистических критериях, таких как критерий Колмогорова-Смирнова, тест Андерсона-Дарлинга, критерий Шапиро-Уилка, тест Бокса-Льюнга, которые были использованы для анализа исследуемых данных.

Общий концепт данной работы был разработан на основе статьей Davari-Ardakani H., Aminnayeri M., Seifi A. (2016) «Multistage portfolio optimization with stocks and options» Davari-Ardakani H., Aminnayeri M., Seifi A. (2014) «A study on modeling the dynamics of statistically dependent returns». Также выбор логарифмических доходностей в качестве объекта исследования продиктован изучением данных статей. Также из данных статей была подчерпнута информация о разложении Холецкого, применяемого к положительно определенным матрицам.

Также была рассмотрена литература, которая включает в себя научные статьи Norizan M., Maizah Hura A., Zuhaimy I. «Short Term Load Forecasting Using Double Seasonal ARIMA Model» и Васильев В.С.Балонишников А.М., Балонишникова В.А., Копыльцова А.В. «Прогнозирование временных рядов методами Фармера-Сидоровича и Бокса-Дженкинса» для изучения моделей ARIMA. Данная литература помогла подробнее разобраться о особенностями комбинации моделей авторегрессии-скользящего среднего.

## 1 Теоретическая часть

### 1.1 Основные понятия. Виды и структура временных рядов

Под временным рядом понимают последовательность наблюдений, обычно упорядоченную во времени. Основная черта, которая выделяет анализ для исследуемых временных рядов среди других видов анализа, - это существенность порядка, в котором производятся наблюдения.

Определяют два типа временных рядов. К первому относится непрерывный временной ряд, то есть ряд, в котором время изменяется непрерывно. Ко второму виду относится дискретный временной ряд, в котором время фиксируется через фиксированный интервал времени. В работе в дальнейшем будут рассматриваться дискретные ряды.

Дискретный временной ряд можно получить двумя способами:

- с помощью выборки из непрерывных временных рядов через определенные промежутки, - данный временной ряд называется моментным;
- с помощью накопления переменной в течение определенного периода времени, - в данном случае временной ряд называется интервальным.

В эконометрике обычно моделируются временные ряды как случайные процессы, называемые также стохастическими.

Стохастический процесс представляет собой случайную функцию  $X(t)$  вещественного аргумента  $t$ . Другими словами, если каждому значению аргумента  $t$  из некоторого множества  $\check{T}$  действительных чисел поставлена в соответствие случайная величина  $X_t = X(t)$ , тогда совокупность случайных величин  $\{X_t\}$  представляет собой стохастический процесс. Если множество определения  $\check{T}$  случайной функции  $X(t)$  дискретно, т. е.  $\check{T} = \{t_i\}$ , то стохастический процесс называется дискретным. Дискретный стохастический процесс представляет собой последовательность случайных величин  $X_t$ , соответствующих моментам времени  $t_1, t_2, \dots, t_T, \dots$ [3].

Стохастический процесс является стационарным процессом в широком (слабом) смысле, если математическое ожидание  $\mu_t$  и дисперсия  $\sigma_t^2$

не зависят от времени (одинаковы для всех  $X_T$ ), а автоковариация  $\gamma_{t_1 t_2}$  зависит только от величины лага  $\tau = t_2 - t_1$  [3].

$$\begin{aligned} \mu_t &= \mu = \text{const}; \\ \sigma_t^2 &= \sigma^2 = \text{const}; \end{aligned} \quad (1)$$

$$\gamma_{t_1 t_2} = \text{cov}(X_{t_1}, X_{t_2}) = E[(X_{t_1} - \mu)(X_{t_1 + \tau} - \mu)] = \gamma(\tau).$$

«Белый шум» представляет собой стационарный стохастический процесс и играет важную роль при построении моделей для остатков стохастического процесса в уравнении регрессии [4].

Под автоковариационной функцией понимают зависимость автоковариации  $\gamma_\tau = \gamma(\tau)$  от длины лага  $\tau$ . При  $\tau = 0$  значение автоковариационной функции будет равно дисперсии, т. е.  $\gamma_0 = \gamma(\tau) = \sigma^2$  [5].

Отношением автоковариации  $\gamma_\tau = \gamma(\tau)$  к дисперсии  $\sigma^2 = \gamma_0$  называют автокорреляционную функцию стационарного стохастического процесса:

$$\rho_t = \frac{\gamma_t}{\gamma_0}, \quad (2)$$

причем  $-1 \leq \rho_t \leq 1$ .

Стационарный стохастический процесс  $X_t$  имеет соответствующий ему стационарный временной ряд  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .

При отсутствии тенденции и периодичности во временном ряду можно говорить о его стационарности. Также к показателям стационарности ряда можно отнести систематические изменения размаха колебаний и систематически изменяющиеся взаимозависимости между элементами ряда [4].

Для распознавания стационарности временных рядов могут использоваться следующие подходы:

- визуальный анализ графического представления временного ряда на наличие тенденции и периодической составляющей [3];
- анализ временного ряда на присутствие автокорреляции [3];

## 1.2 Линейные модели стационарных временных рядов

Авторегрессионный процесс порядка  $p$  ( $AR(p)$ ) это стохастический процесс  $X_t$ , который определяется следующим соотношением:



$$X_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{t-1} + \alpha_2 X_{t-2} + \dots + \alpha_p X_{t-p} + \varepsilon_t, \quad (3)$$

где  $\varepsilon_t$  – процесс типа «белый шум» с  $\mu_\varepsilon = 0$ . Свободный член  $\alpha_0$  часто приравняется нулю [7].

Авторегрессионная модель временного ряда основана на предположении, что поведение какого-либо экономического явления в будущем определяется только его текущим и предыдущими состояниями [3].

В моделях скользящего среднего среднее текущее значение стационарного стохастического процесса имеет представление в виде линейной комбинации текущего и прошлых значений ошибки  $\varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}, \dots, \varepsilon_{t-p}$ , обладающей свойствами «белого шума» [3].

Процесс скользящего среднего порядка  $q$  (МА( $q$ )) – это стохастический процесс  $X_t$ , который определяется соотношением:

$$X_t = \varepsilon_t - \beta_1 \varepsilon_{t-1} - \beta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \beta_q \varepsilon_{t-q}, \quad (4)$$

где  $\varepsilon_t$  – процесс типа «белый шум» с  $\mu_\varepsilon = 0, \sigma_\varepsilon^2 = \sigma^2$ .

Процесс МА( $q$ ) имеет следующие свойства:

$$E[X_t] = 0; \quad (5)$$

$$D[X_t] = \sigma^2 \sum_{i=0}^q \beta_i^2. \quad (6)$$

Согласно данным свойствам, среднее значение, дисперсия и ковариация являются независимыми от времени, потому процесс МА стационарен в широком смысле.

Авторегрессионным процессом скользящего среднего (ARMA( $p, q$ )) называется комбинация процессов авторегрессии и скользящего среднего порядков  $p$  и  $q$ . В данном случае параметр  $p$  отвечает за количество компонент от модели авторегрессии, а параметр  $q$  за количество компонент от модели скользящего среднего.

Модель ARMA( $p, q$ ) имеет следующий вид [3]:

$$X_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{t-1} + \alpha_2 X_{t-2} + \dots + \alpha_p X_{t-p} + \varepsilon_t - \beta_1 \varepsilon_{t-1} - \beta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \beta_q \varepsilon_{t-q}. \quad (7)$$

Использование комбинации AR и MA-процессов упрощает процесс моделирования временных рядов в сравнении с моделями авторегрессии и скользящего среднего.

AR-процесс является стационарным только в том случае, если комплексные корни его характеристического уравнения

$$1 - \alpha_1 z - \alpha_2 z^2 - \dots - \alpha_p z^p = 0 \quad (8)$$

лежат вне единичного круга, т. е.  $|z| > 1$  ( $z$  – комплексное число).

Процессы, у которых  $|z| = 1$ , называются процессами единичного корня и являются нестационарными. Для процесса AR(1)  $X_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{t-1} + \varepsilon_t$  характеристическое уравнение имеет вид  $1 - \alpha_1 z = 0$  [3].

Неравенство  $|z| > 1$  выполняется, при условии, что  $|\alpha_1| < 1$ . Отсюда следует, что соотношение  $|\alpha_1| < 1$  является условием стационарности процесса AR(1)[3].

Единичный корень - это понятие, используемое при анализе временных рядов. Единичный корень является характеристикой свойств некоторых нестационарных рядов [4].

Название связано с тем, что так называемое характеристическое уравнение авторегрессионной модели временного ряда имеет корни, равные по модулю единице. При наличии таких корней в авторегрессионной модели можно говорить о интегрированности рассматриваемого временного ряда.

Для оценки коэффициентов выбранные моделей можно использовать различные математические модели, такие как Statistica, R, Matlab, Matrixer, Gretl и др. Данные пакеты имеют встроенные функции, позволяющие существенно упростить процесс определения данных коэффициентов модели.

### 1.3 Автокорреляционная (АКФ) и частная автокорреляционная функция (ЧАКФ)

Корреляционная зависимость между последовательными уровнями временного ряда называется автокорреляцией уровней ряда. Количественно данный показатель можно измерить с помощью линейного коэффициента корреляции между уровнями исходного временного ряда и уровнями этого ряда, сдвинутыми на несколько шагов во времени [3].

Данный коэффициент имеет вид:

$$\rho_t = \frac{\gamma_t}{\gamma_0} = \frac{E[(X_{t_1} - \mu)(X_{t_1 + \tau} - \mu)]}{\gamma_0}. \quad (8)$$

Число периодов, с помощью которых происходит вычисление коэффициента автокорреляции, называется лагом. При увеличении лага число пар значений, по которым рассчитывается коэффициент автокорреляции, уменьшается [3].

Необходимо отметить несколько важных свойств коэффициента автокорреляции.

Коэффициент автокорреляции находится также, как и линейный коэффициент корреляции. Следовательно, данный коэффициент является характеристикой для линейной связи между текущим и предыдущим уровнем ряда [11]. Для некоторых временных рядов, которые имеют сильную нелинейную тенденцию, коэффициент автокорреляции уровней исходного ряда может иметь значение, близкое к нулю.

Основываясь на знаке коэффициента автокорреляции, нельзя судить о возрастающих или убывающих тенденциях в уровнях ряда.

Последовательность коэффициентов автокорреляции уровней первого, второго и т. д. порядков называют автокорреляционной функцией временного ряда [3]. Чтобы графически изобразить зависимость значений автокорреляционной функции от величины лага строится коррелограмма.

Чтобы идентифицировать модели стационарного временного ряда, т. е. чтобы определить тип и порядок процесса, используются следующие свойства рассматриваемой функции:

а) коррелограмма процесса  $AR(p)$  имеет вид комбинации экспоненциальной кривой и синусоиды [5];

б) Для процесса  $MA(q)$  только первые  $q$  автокорреляционных коэффициентов значимо отличны от нуля [3].

Одним из источников информации о структуре модели стационарного процесса можно получить является частная автокорреляционная функция.

Имеется аппроксимацию  $AR(k)$  стационарного стохастического процесса  $X_t$ :

$$X_t = \alpha_{0k} + \alpha_{1k}X_{t-1}^{(k)} + \alpha_{2k}X_{t-2}^{(k)} \dots + \alpha_{kk}X_{t-k}^{(k)} + \varepsilon_t. \quad (9)$$

Коэффициент  $\alpha_{kk}$  называется коэффициентом частной автокорреляции  $X_t$  для величины лага  $k$  [3].

Ряд  $\rho_{part}(k) = \alpha_{kk}$  с различными  $k$  называется частной автокорреляционной функцией (ЧАКФ).

Для процесса  $AR(p)$  значения частной автокорреляционной функции  $\rho_{part}(\tau)$  равны нулю при величине лага  $\tau > p$ .

Для процессов  $MA(q)$  значения частной автокорреляционной функции экспоненциально убывают с величиной лага  $q$  [3].

В качестве значения частной автокорреляционной функции  $\rho_{part}(k)$  при за-данной величине лага  $k$  может быть использована оценка коэффициента  $\alpha_{kk}$  модели  $AR(k)$ , полученная с помощью метода наименьших квадратов [3].

#### 1.4 Нестационарные временные ряды. Модель ARIMA( $p, d, q$ )

Авторегрессионный процесс первого порядка определяется следующим соотношением:

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (10)$$

где  $\varepsilon_t$  – процесс типа «белый шум» с  $\mu_\varepsilon = 0$ . При выполнении  $|\alpha_1| < 1$  случайный процесс  $Y_t$  является стационарным. Процесс при  $\alpha_1 = 1$   $Y_t = \alpha_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$  будет являться нестационарным и называться «случайным блужданием». Данные нестационарные процессы называют процессами единичного корня [8].

Среднее процесса  $Y_t$  постоянно  $E(Y_t) = E(Y_{t-1}) + E(\varepsilon_t) = \mu = \text{const}$ , а дисперсия  $\text{var}(Y_t) = t\sigma^2$  неограниченно возрастает с течением времени. Первые разности  $Y_t$  представляют собой «белым шумом»  $\varepsilon_t$  и являются стационарными:

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} = \varepsilon_t. \quad (11)$$

Практика показывает, что временные ряды, рассматриваемые в эконометрических исследованиях, чаще всего относятся именно к данному типу. В таком случае проблема выявления нестационарности временного ряда сводится к проверке  $\alpha_1 = 1$  в модели. Такие тесты называют «тестами единичного корня».

Интегрируемые нестационарные процессы вызывают большой интерес с точки зрения практики. Это те процессы, для которых последовательным применением такой операции, как взятие последовательных разностей из нестационарных временных рядов можно получить стационарные ряды. Последовательные разности первого и второго порядка стохастического процесса можно определить следующими отношениями:

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} \quad (12)$$

$$\Delta^2 Y_t = \Delta Y_t - \Delta Y_{t-1} \quad (13)$$

В случае, если первые разности нестационарного ряда  $Y_t$  являются стационарными, тогда исходный временной ряд  $Y_t$  называется

интегрируемым первого порядка. Стационарный временной ряд является интегрируемым нулевого порядка [9].

В случае, если первые разности нестационарного ряда являются нестационарными, а вторые разности являются стационарными, тогда ряд  $Y_t$  является интегрируемым второго порядка. Если первый стационарный ряд получается после  $k$ -кратного взятия разностей, тогда ряд  $Y_t$  называется интегрируемым  $k$ -го порядка.

Исследуем интегрируемый нестационарный процесс  $X_t$  порядка  $d$ . Если при этом процесс  $Y_t = \Delta^d X_t$ , составленный из первых разностей  $d$ -порядка исходного процесса, является процессом ARMA( $p, q$ ), т. е.

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1} + \alpha_2 Y_{t-2} + \dots + \alpha_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \beta_1 \varepsilon_{t-1} - \beta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \beta_q \varepsilon_{t-q}, \quad (14)$$

тогда  $X_t$  называется процессом ARIMA( $p, d, q$ ). Обычно свободный член  $\alpha_0$  опускается [1].

Одна из главных проблем при анализе временных рядов – это определение порядка модели ARIMA ( $p, d, q$ ).

Необходимо провести оценку трех основных параметров:  $d$  – порядок интегрируемости модели, порядок  $p$ , отвечающий за количество компонент от AR и порядок  $q$ , отвечающий за количество компонент от компоненты MA. В случае финансовых временных рядов параметр  $d$  в большинстве случаев является равны 1, также возможны значения 0 или 2. Чтобы определить параметр  $p$  и  $q$ , обычно проводится анализ автокорреляционной функции (АКФ) и частной автокорреляционной функции (ЧАКФ). На практике предпочтение отдается моделям, содержащим наименьшее количество параметров. Существуют разные способы оценки данных параметров. В настоящее время существуют различные математические пакеты, имеющие встроенные функции, позволяющие производить оценку данных параметров.

## 1.5 ARCH/GARCH модели

Авторегрессионная условная гетероскедастичность — модель для анализа временных рядов (в первую очередь финансовых), у которых условная (по прошлым значениям ряда) дисперсия ряда зависит от прошлых значений ряда, прошлых значений этих дисперсий и иных факторов. Данные модели предназначены для «объяснения» кластеризации волатильности на финансовых рынках, когда периоды высокой волатильности длятся некоторое время, сменяясь затем периодами низкой волатильности, причём среднюю (долгосрочную, безусловную) волатильность можно считать относительно стабильной.

Данные модели предназначены для «объяснения» кластеризации волатильности на финансовых рынках, когда периоды высокой волатильности длятся некоторое время, сменяясь затем периодами низкой волатильности, причём среднюю волатильность можно считать относительно стабильной [7].

Данная модель впервые была предложена Энглом в 1982 году. В 1986 году Боллерслев сделал предложение обобщить эти модели (GARCH).

Пусть временной ряд  $U_t$  представляет собой процесс:

$$u_t = \varepsilon_t \sqrt{\alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2}, \quad (15)$$

где  $\varepsilon_t$  — «белый шум».

Тогда как условное, так и безусловное математическое ожидание этого процесса будет равно нулю. Условная дисперсия данного процесса будет равна:

$$\sigma_t^2 = V(u_t | u_{t-1}, \dots, u_{t-p}) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2 \quad (16)$$

Данная модель называется ARCH(q)-моделью. Чтобы не допустить отрицательные значения дисперсии, предполагается, что все коэффициенты модели являются неотрицательными, а константа строго положительна. Если данный процесс стационарный, то безусловная дисперсия является постоянной и равной, очевидно,

$$\sigma^2 = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1 - \sum_{i=1}^q \alpha_i} \quad (17)$$

Необходимое условие стационарности - сумма коэффициентов модели должна быть строго меньше единицы [7]. Если сумма имеющихся коэффициентов является равной единице, тогда рассматриваемый процесс является интегрированным ARCH (нестационарный).

ARCH-процессы можно охарактеризовать положительным эксцессом («толстые хвосты»). Для ARCH(1)-процесса сдвиг от эксцесса нормального распределения равен  $6\alpha_1^2 / (1 - 3\alpha_1^2)$ , если  $3\alpha_1^2 < 1/\sqrt{3}$ .

Оценить параметры ARCH(q)-модели можно с помощью обычного метода наименьших квадратов [5].

ARCH-модель предполагает, что условная дисперсия зависит только от квадратов прошедших значений временного ряда. Чтобы обобщить данную модель, необходимо предположить, что условная дисперсия является зависимой от прошлых значений самой условной дисперсии. Данный процесс называется обобщенный ARCH.

В данном случае GARCH(p, q) модель (где p — порядок GARCH-членов  $\sigma_t^2$  и q — порядок ARCH-членов  $u_t^2$ ) будет описываться выражением:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^q \beta_i \sigma_{t-i}^2. \quad (18)$$

Необходимое условие стационарности  $\sum_{i=1}^q \alpha_i + \sum_{i=1}^q \beta_i < 1$ . В этом случае безусловная дисперсия стационарного GARCH(p, q)-процесса будет постоянной и равной

$$\sigma^2 = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1 - \sum_{i=1}^q \beta_i - \sum_{i=1}^q \alpha_i}. \quad (19)$$

При сумме коэффициентов равной единице будем иметь интегрированный GARCH — IGARCH, безусловная дисперсия которого является бесконечной.



## 1.6 Преобразование Джонсона

Часто инженер или исследователь не имеет достаточных оснований для выбора того или иного закона распределения вероятностей. Его попытка использовать критерии нормальности, экспоненциальности или равномерности распределения случайных величин потерпели неудачу. Что же ему делать? Очевидно, смириться с тем, что он не сможет применить хорошо известные математические модели для описания своих экспериментальных данных, и попытаться найти все-таки модель, которой отвечают его результаты.

Другими словами, ему необходимо подобрать по экспериментальным данным распределение, которое удовлетворительно описывало бы имеющийся экспериментальный материал.

Джонсон предложил для аппроксимации эмпирических распределений использовать кривые, получающиеся с помощью преобразований плотности нормального распределения.

Пусть  $x$  — случайная величина, для которой подбирается распределение Джонсона. В общем случае преобразование Джонсона имеет вид:

$$z = \gamma + \eta f(x; \varepsilon; \lambda), \quad (20)$$

$$\eta > 0, \quad \lambda > 0, \quad -\infty < \gamma < \infty, \quad -\infty < \varepsilon < \infty,$$

где  $\gamma$ ,  $\eta$ ,  $\lambda$ ,  $\varepsilon$  — параметры распределения Джонсона;  $f(\dots)$  — произвольная функция;  $z$  — случайная величина, которая имеет стандартное нормальное распределение [6].

Джонсон предложил использовать формы функционального преобразования, которые имеют следующий вид:

$$f_1(x; \varepsilon; \lambda) = \ln\left(\frac{x-\varepsilon}{\lambda}\right), \quad x \geq \varepsilon; \quad (21)$$

$$f_2(x; \varepsilon; \lambda) = \ln\left(\frac{x-\varepsilon}{\lambda+\varepsilon-x}\right), \quad \varepsilon \leq x \leq \lambda + \varepsilon; \quad (22)$$

$$f_3(x; \varepsilon; \lambda) = \operatorname{Arsh}\left(\frac{x-\varepsilon}{\lambda}\right), \quad -\infty < x < \infty. \quad (23)$$

Им соответствуют семейства кривых  $S_B$ ,  $S_L$  и  $S_U$  Джонсона [6].

Подбор кривых распределения Джонсона по экспериментальным данным проводится в два этапа. Первым этапом определяется, какое из трех семейств распределений приемлемо. Затем необходимо оценить параметры семейства распределений, которое было выбрано ( $S_B$ ,  $S_L$  и  $S_U$ ).

Для выбора конкретного семейства распределения Джонсона, которое следует использовать для описания имеющихся данных, необходимо вычислить эмпирические оценки третьего ( $\alpha_3$ ) и четвертого ( $\alpha_4$ ) моментов.

$$\hat{\alpha}_3 = \frac{1}{ns^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \quad (24)$$

$$\hat{\alpha}_4 = \frac{1}{ns^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4, \quad (25)$$

где  $s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ .

Выбор типа распределения происходит исходя из следующих соотношений:

если  $\hat{\alpha}_4 > 3(1 + 0,641\hat{\alpha}_3^2)$  —выбирается семейство  $S_U$ ;

если  $\hat{\alpha}_4 > 3(1 + 0,641\hat{\alpha}_3^2)$  —выбирается семейство  $S_L$ ;

если  $\hat{\alpha}_4 > 3(1 + 0,641\hat{\alpha}_3^2)$  —выбирается семейство  $S_B$ .

После того, как был определено необходимое семейство кривых Джонсона, используя формулы, определенные выше для каждого семейства, можно получить новые, преобразованные данные, которые будут иметь нормальное распределение. Чтобы в этом убедиться, можно применить критерий Шапиро – Уилка или тест Андерсона-Дарлинга.

Далее нормированные данные можно использовать для проведения необходимых исследований. Данное преобразование позволяет применять определенные методы исследования к данным, которые изначально не имели нормальное распределение.

### 1.6.1 Семейство распределений $S_L$ Джонсона

Плотность распределения Джонсона семейства  $S_L$  имеет вид:

$$f_1(x) = \frac{\eta}{\sqrt{2\pi}(x-\varepsilon)} \exp \left\{ \frac{1}{2} \eta^2 \left[ \frac{\bar{\gamma}}{\eta} + \ln(x - \varepsilon) \right]^2 \right\}, \quad (26)$$

где  $\eta > 0$ ;  $-\infty < \bar{\gamma} = \gamma - \eta \ln \lambda < \infty$ ,  $-\infty < \varepsilon < \eta$ ,  $-\infty < \gamma < \infty$ ;  $\lambda > 0$  – параметры распределения и  $x \geq \varepsilon$  [6].

Распределение, соответствующее кривой  $f_1(x)$ , является логарифмически нормальным с параметрами  $\eta = \frac{1}{\sigma}$ ,  $\gamma = -\frac{\mu}{\sigma}$  и параметром положения  $\varepsilon$ , определяющим начало координат.

Рассмотрим два случая: значение  $\varepsilon$  известно (положим  $\varepsilon = 0$ ) и значение параметра неизвестно. В первом случае переходим от переменной  $x$  к переменной  $\bar{x} = x - \varepsilon$ . Тогда оценки параметров  $\eta$  и  $\bar{\gamma}$  имеют вид  $\bar{\eta} = \frac{1}{s}$  и  $\hat{\bar{\gamma}} = -\frac{m}{s}$ , где

$$m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i, \quad s^2 = \frac{1}{n(n-1)} \left[ n \sum_{i=1}^n \ln^2 x_i - \left( \sum_{i=1}^n \ln x_i \right)^2 \right]. \quad (27)$$

Если значение  $\varepsilon$  неизвестно, то оценки параметров находятся по формулам:

$$\bar{\eta} = 1,645 \left[ \ln \left( \frac{x_{[0,95n]} - x_{[0,5n]}}{x_{[0,5n]} - x_{[0,05n]}} \right) \right]^{-1} \quad (28)$$

$$\hat{\bar{\gamma}} = \bar{\eta} \ln \left[ \frac{1 - \exp\left(-\frac{1,645}{\bar{\eta}}\right)}{x_{[0,5n]} - x_{[0,05n]}} \right] \quad (29)$$

$$\hat{\varepsilon} = x_{[0,5n]} - \exp \left[ -\frac{\hat{\bar{\gamma}}}{\bar{\eta}} \right], \quad (30)$$

где  $x_{[\beta]}$  – порядковая статистика эмпирического распределения с номером  $\beta$  [6].

Рекомендуется сначала найти квантили распределения случайной величины  $\ln x$  с помощью таблиц (или формул) стандартного нормального распределения, а затем потенцированием перейти к квантилям исходной случайной величины  $x$ .

### 1.6.2 Семейство распределений $S_B$ Джонсона

Уравнение для плотности распределения кривых этого семейства имеет вид:

$$f(x) = \frac{\eta}{\sqrt{2\pi}} \frac{\lambda}{(x-\varepsilon)(\lambda+\varepsilon-x)} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\gamma + \eta \ln\left(\frac{x-\varepsilon}{\lambda+\varepsilon-x}\right)\right]^2\right\}, \quad \varepsilon \leq x \leq \lambda + \varepsilon \quad (31)$$

где  $\eta > 0$ ,  $\lambda > 0$ ,  $-\infty < \gamma < \infty$ ,  $-\infty < \varepsilon < \infty$  – параметры распределения.

Случайная величина  $x$ , которая имеет распределение из семейства  $S_B$  Джонсона, является ограниченной пределами  $\varepsilon$  и  $\lambda + \varepsilon$ .

Определены следующие три случая:

- предела  $\varepsilon$  и  $\lambda + \varepsilon$  известны (например, если случайной величиной является доля дефективных изделий в партии, заключенная, очевидно, между 0 и 1);
- известен один предел (например, если  $x$  — долговечность изделия, то  $\tau = 0$ );
- оба предела являются неизвестными.

Если параметры  $\varepsilon$  и  $\lambda$  определены, тогда оценки параметров  $\gamma$  и  $\eta$  могут быть найдены по формулам:

$$\bar{\eta} = \frac{u_{\alpha''} - u_{\alpha'}}{\ln\left[\frac{(x_{\alpha''} - \varepsilon)(\lambda + \varepsilon - x_{\alpha'})}{(x_{\alpha'} - \varepsilon)(\lambda + \varepsilon - x_{\alpha''})}\right]} \quad (32)$$

$$\hat{\gamma} = u_{\alpha''} - \ln\left(\frac{x_{\alpha''} - \varepsilon}{\lambda + \varepsilon - x_{\alpha''}}\right) \quad (33)$$

где  $u_{\alpha}$  —  $\alpha$ -квантиль стандартного нормального распределения;  $x_{\alpha}$  — эмпирическая квантиль  $[\alpha(n + 1)]$ -й упорядоченный по возрастанию член выборки  $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$ . Следует использовать  $\alpha' = \alpha$ ,  $\alpha'' = 1 - \alpha$  и уровень  $\alpha = 0,05$ .

Квантили аппроксимирующего распределения  $u_{\alpha}^x$  выражаются через квантили стандартного нормального распределения  $u_{\alpha}$  с использованием следующей формулы:

$$u_{\alpha}^x = \frac{\varepsilon + (\lambda + \varepsilon) \exp\left(\frac{u_{\alpha} - \gamma}{\eta}\right)}{1 + \exp\left(\frac{u_{\alpha} - \gamma}{\eta}\right)}. \quad (34)$$

Если известно только одно крайнее значение  $\varepsilon$ , то в дополнение к оценкам  $\gamma$  и  $\eta$  необходимо найти оценку  $\lambda$ , используя формулу:

$$\hat{\lambda} = (\tilde{x} - \varepsilon) \frac{(\tilde{x} - \varepsilon)(x_{\alpha} - \varepsilon) + (\tilde{x} - \varepsilon)(x_{1-\alpha} - \varepsilon) - 2(x_{\alpha} - \varepsilon)(x_{1-\alpha} - \varepsilon)}{(\tilde{x} - \varepsilon)^2 - (x_{\alpha} - \varepsilon)(x_{1-\alpha} - \varepsilon)}, \quad (35)$$

где  $\tilde{x}$  – выборочная медиана ряда.

Параметры  $\gamma$  и  $\eta$  определяются по формулам в том случае, если оба предела являются известными. Если пределы  $\varepsilon$  и  $\lambda + \varepsilon$  неизвестны, то для нахождения оценок параметров необходимо решить численными методами систему четырех нелинейных уравнений:

$$u_{\alpha_i} = \gamma + \eta \ln \left( \frac{x_{\alpha_i} - \varepsilon}{\lambda + \varepsilon - x_{\alpha_i}} \right); \quad i=1, 2, 3, 4, \quad (36)$$

где  $u_{\alpha_i}$  и  $x_{\alpha_i}$  — «-квантили соответствующих величин.

### 1.6.3 Семейство распределений $S_U$ Джонсона

Уравнение кривых распределения семейства  $S_U$  Джонсона имеет вид:

$$f(x) = \frac{\eta}{\sqrt{2\pi}} \frac{\lambda}{\sqrt{(x-\varepsilon)^2 + \lambda^2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[ \gamma + \eta \ln \left\{ \frac{x-\varepsilon}{\lambda} + \left[ \frac{x-\varepsilon}{\lambda} \right]^2 \right\} \right]^2 \right\}, \quad (37)$$

где  $\eta > 0$ ,  $\lambda > 0$ ,  $-\infty < \gamma < \infty$ ,  $-\infty < \varepsilon < \infty$ ,  $-\infty < x < \infty$ .

Случайная величина, имеющая распределение  $S_U$  Джонсона, теоретически неограничена, и в общем случае параметры  $\gamma$ ,  $\eta$ ,  $\lambda$ ,  $\varepsilon$  являются неизвестными и их необходимо оценить по выборке. Чтобы оценить параметры  $\gamma$  и  $\eta$ , следует использовать специальную таблицу, в которой в которой приведены оценки данных параметров для распределения  $S_U$  Джонсона в зависимости от значений  $\alpha_3$  и  $\alpha_4$ . Затем вычисляются оценки:  $\hat{\lambda} =$

$$s \left\{ \frac{1}{2} (\omega - 1) \left[ \omega \operatorname{ch} \left( \frac{2\hat{\gamma}}{\eta} \right) + 1 \right] \right\}^{-\frac{1}{2}}, \quad \varepsilon = \bar{x} + \hat{\lambda} \sqrt{\omega} \operatorname{sh} \left( \frac{\hat{\gamma}}{\eta} \right), \quad \text{где } \omega = \exp \left( \frac{1}{\eta^2} \right). \quad (38)$$

Квантили  $u_{\alpha}^x$  эмпирического семейства  $S_U$  выражаются через квантили  $u_{\alpha}$  стандартного нормального распределения с помощью формулы

$$u_{\alpha}^x = \varepsilon + \lambda \operatorname{sh} \left( \frac{u_{\alpha} - \gamma}{\eta} \right). \quad (39)$$

## 1.7. Основные критерии анализа

**Информационный критерий Акаике (AIC)** применяется, когда необходимо сделать выбор из определенного числа статистических моделей [3].

Критерий AIC имеет вид:

$$AIC = 2k - 2\ln(L), \quad (40)$$

где  $k$  — число параметров в статистической модели,  $L$  — максимизированное значение функции правдоподобия модели. Пусть  $n$  — число наблюдений и  $RSS$  - остаточная сумма квадратов [7]. Значение  $RSS$  рассчитывается по следующей формуле:

$$RSS = \sum_{i=1}^n \widehat{\varepsilon}_i^2, \quad (41)$$

Далее предполагается, что дисперсия ошибок модели неизвестна, но является одинаковой для всех. Отсюда следует, что:

$$AIC = 2k + n[\ln(2\pi RSS/n) + 1]. \quad (42)$$

В случае, если сравниваются модели на выборках с одинаковой длиной, выражение можно сделать проще, если выкидывать члены, которые зависят только от  $n$ :

$$AIC = 2k + n[\ln(RSS)]. \quad (43)$$

Модель, имеющая наименьшее значение данного критерия, является предпочтительной среди других моделей.

**Критерий Шапиро-Уилка** используется, чтобы проверить нормальность распределения исследуемой выборки и считается одним из самых эффективных критериев.

Критерий Шапиро-Уилка основывается на оптимальной линейной несмещённой оценке дисперсии к её обычной оценке методом максимального правдоподобия. Статистика имеет следующий вид:

$$W = \frac{b^2}{s^2}, \quad (44)$$

где  $S^2 = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$  и  $b^2 = \sum_{i=1}^k a_{n,i} (X_{(n-i+1)} - X_{(i)})$ . Значение  $k$  в последней формуле определяется следующим образом:  $k=n/2$ , если  $n$  – четное,  $k=(n-1)/2$ , если  $n$  – нечетное,  $a_{n,i}$  – известные константы.

Для вычисления достигаемого уровня значимости используется следующая формула:

$$1 - \Phi_{0,1} \left( \left| b_n + c_n \ln \left( \frac{W - d_n}{1 - W} \right) \right| \right), \quad (45)$$

где  $\Phi_{0,1}$  – стандартное нормальное распределение,  $b_n, c_n, d_n$  – константы, табличные значения которых известны [10].

В случае, если достигаемый уровень значимости больше 0,05, то принимается гипотеза о нормальности распределения исследуемой выборки.

**Критерий Льюнга-Бокса** — это статистический критерий для выявления автокоррелированности временных рядов.

В данном тесте выдвигаются две конкурирующие гипотезы:

$H_0$ : значения временного ряда статистически независимы;

$H_1$ : значения временного ряда не являются независимыми.

Статистика вычисляется по следующей формуле:

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^m \frac{\widehat{\rho}_k^2}{n-k}, \quad (46)$$

где  $n$  – длина ряда,  $\rho_k$  автокорреляция  $k$ -го порядка,  $m$  – количество проверяемых лагов.

В случае, если достигаемый уровень значимости больше 0,05, то принимается нулевая гипотеза о независимости значений временного ряда.

**Критерий Андерсона-Дарлинга** применяют для проверки гипотезы, подчиняется ли случайная величина некоторому теоретическому распределению. Критерий приемлем при объёме выборки  $n \geq 25$ . Проверку можно проводить для любого вида распределения, если параметры распределения предполагаются известными. Такая проверяемая гипотеза называется простой.

При простой гипотезе по критерию Андерсона-Дарлинга рассчитывают статистику

$$A = -n - 2 \sum_{i=1}^n \{W_i \ln(F(x_i)) + W_i \ln(1 - F(x_i))\}, \quad (47)$$

где  $F(x_i)$  – значения предполагаемой теоретической функции распределения,  $W_i = (2i-1)/2n$  – накопленная частота (эмпирическая функция распределения),  $i$  – номер элемента в вариационном ряду [11,12].

Расчётное значение сравнивают с табличным значением. Если расчетное значение меньше равно табличного ( $A_{\text{расч}} \leq A_{\text{табл}}$ ), тогда нет оснований для отбрасывания проверяемой гипотезы, и эмпирическое распределение считают достаточно хорошо моделируемым теоретическим распределением, имеющим функцию распределения  $F(x)$  с известными параметрами, при выбранном уровне значимости  $\alpha$ .

**Критерий Колмогорова-Смирнова** используется для проверки гипотезы  $H_0$ : "случайная величина  $X$  имеет распределение  $F(x)$ ".

Классический критерий Колмогорова (иногда говорят Колмогорова-Смирнова) предназначен для проверки простых гипотез о принадлежности анализируемой выборки некоторому полностью известному закону распределения.

Пусть  $x_n$  - выборка независимых одинаково распределённых случайных величин,  $F_n(x)$  - эмпирическая функция распределения,  $F(x)$  - некоторая "истинная" функция распределения с известными параметрами. Статистика критерия определяется выражением:

$$D_n = \sup_x |F_n(x) - F(x)|.$$

Гипотеза  $H_0$  отвергается, если статистика  $\sqrt{n}D_n$  превышает квантиль распределения  $K_\alpha$  заданного уровня значимости  $\alpha$ , и принимается в противном случае.



## 2 Практическая часть

### 2.1 Объекты исследования

Объектами исследования в данной работе являются временные ряды, составленные из цен закрытия фьючерсных контрактов  $I=\{GMKN-12.16, GAZR-12.16, SBRF-12.16, RTS-16.12\}$  на обыкновенные акции трех российских компаний: ПАО ГМК «Норильский Никель» (GMKN), ПАО «Газпром» (GAZR), ПАО «Сбербанк» (SBRF), также на индекс РТС (RTS). Данные были получены в период с 17.12.2015 по 16.12.2016. На основе полученных данных были сформированы четыре временных ряда, содержащих 252 наблюдаемых значения. Значения временных рядов GAZR и SBRF умножены на коэффициент  $k$  ( $k=6,5$ ) для улучшения визуализации данных. Графики исследуемых временных рядов представлены на рисунке 1.

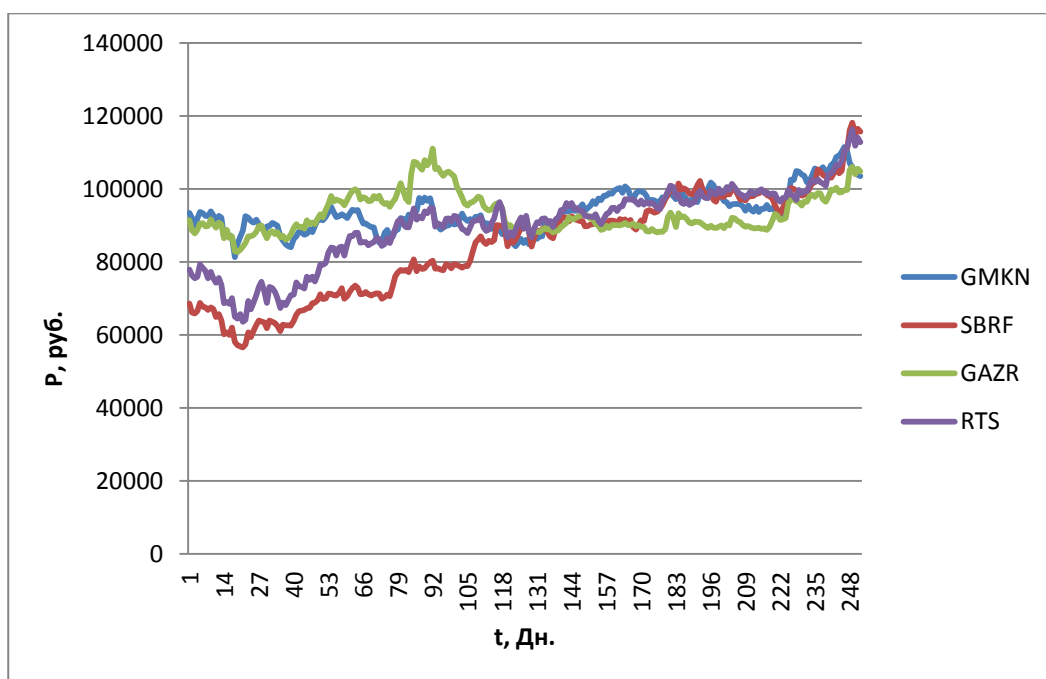


Рисунок 1 - Графики исследуемых временных рядов GMKN, GAZR, SBRF, RTS

Глядя на графики, можно отметить, что цены фьючерсных контрактов на акции ПАО «Сбербанк» и индекс РТС растут на протяжении всего исследуемого периода. Для других временных рядов наблюдается более стабильное поведение цен с ростом и падением в определенные моменты времени.

## 2.2 Преобразование исходных данных

Для исследуемых временных рядов (GMKN, GAZR, SBRF, RTS) вычислены ряды логарифмических доходностей по формуле:  $R_{it} = \log(P_{i,t+1} / P_{it})$ , где  $P_{it}$  – значение цены  $i$ -го фьючерсного контракта в момент времени  $t$ ,  $i \in I$ .

Для логарифмических доходностей был применен тест Шапиро-Уилка с целью выявить, соответствует ли распределение данных выборок нормальному. Данные данного теста представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Критерий Шапиро – Уилка для логарифмических доходностей

Актив	W-статистика	$p$ -значение
GMKN	0,96	0,000016
SBRF	0,97	0,000043
GAZR	0,94	0,00000004
RTS	0,97	0,00014

Из таблице 1 видно, что тест Шапиро – Уилка не выполнен ни для одной из исследуемых выборок ( $p$ -значение  $< 0,05$ ). Следовательно, распределение данных выборок не соответствует нормальному.

Чтобы трансформировать распределение логарифмических доходностей к нормальному, к каждому ряду применено Su-преобразование из семейства кривых Джонсона (23).

Данное семейство кривых было выбрано среди других исходя их критерия указанного в теоретической части.

В таблице 2 приведены оцененные моменты (среднее значение, стандартное отклонение, куртозис, показатель асимметрии), параметры преобразования.

Также было рассчитано значение  $p$ -value непараметрического критерия согласия Андерсона-Дарлинга, чтобы убедиться в том, что нормализация исходных логарифмических доходностей прошла успешно и преобразованные данные соответствуют нормальному распределению.

Таблица 2 - Оцененные моменты логарифмических доходностей

Актив	Основные моменты			
	$\mu$	$\sigma$	A	k
GMKN	0,0004	0,0152	-0,0956	5,4272
SBRF	0,0005	0,0147	0,5088	7,2292
GAZR	0.0020	0,0176	-0,3666	4,7651
RTS	0,0014	0,0198	-0,3013	4,8948

Таблица 3 – Параметры преобразования Джонсона

Актив	Параметры преобразования				<i>p</i> -значение
	$\gamma$	$\lambda$	$\varepsilon$	$\eta$	
GMKN	-0,270	0,022	-0,0340	1,74	0,23
SBRF	-0,046	0,021	0,0019	1,46	0,22
GAZR	-0,093	0,014	-0.0013	1,37	0,96
RTS	0,09	0,033	0,005	2,01	0,21

Из таблице 1 видно, что тест Андерсона-Дарлингга выполнен для всех временных рядов (*p*-значение>0,05).

К преобразованным данным был применен критерий Шапиро – Уилка с целью удостовериться в нормальности распределения полученных выборок (таблица 4).

Таблица 4 – Критерий Шапиро – Уилка для преобразованных данных

Актив	W-статистика	<i>p</i> -значение
GMKN	0,993	0,25
SBRF	0,993	0,32
GAZR	0,997	0,98
RTS	0,994	0,46

Из таблице 3 видно, что тест Шапиро – Уилка также выполнен для всех временных рядов (*p*-значение>0,05).

### 2.3 Моделирование исследуемых процессов

Для моделирования поведения логарифмических доходностей были использованы смешенные процессы авторегрессии – скользящего среднего из семейства моделей  $ARMA(p, q)$ . Параметры  $(p, q)$  подбирались из множества  $\{(p, q) \in N: 0 \leq p, q \leq 3, p+q \neq 0\}$  и были оценены с использованием метода максимального правдоподобия. Выбор оптимальной модели осуществлялся на основе значений информационного критерия Акаике (AIC) для построенных моделей : чем значение критерия меньше, тем модель предпочтительнее. В итоге для каждого из временных рядов была выбрана и построена оптимальная модель (таблица 5).

Таблица 5 – Построенные модели и значение критерия AIC

Актив	Параметры $(p, q)$	AIC
GMKN	(1, 2)	696,26
GAZR	(3, 2)	718,78
SBRF	(1, 1)	699,27
RTS	(2,2)	728,57

Для смоделированных значений были рассчитаны среднее значение и стандартное отклонение. Также данные выборки были проверены с помощью критерия Шапиро-Уилка на нормальность распределения (таблица 6).

Таблица 6 – Первые моменты и тест Шапиро-Уилка

Актив	$\mu$	$\sigma$	W-статистика	p-значение
GMKN	0,013	0,97	0,99	0,18
GAZR	0,015	1,07	0,996	0,76
SBRF	-0,023	1,001	0,995	0,34
RTS	-0,007	1,03	0,98	0,07

Из значений теста Шапиро-Уилка можно сделать вывод, что распределение модельных данных соответствует нормальному распределению ( $p\text{-значение} > 0,05$ ).

## 2.4 Анализ остатков построенных моделей

Для анализа остатков построенных моделей были построены автокорреляционные и частные автокорреляционные функции остатков, а также нормальный вероятностный график остатков (рисунки 2-4).

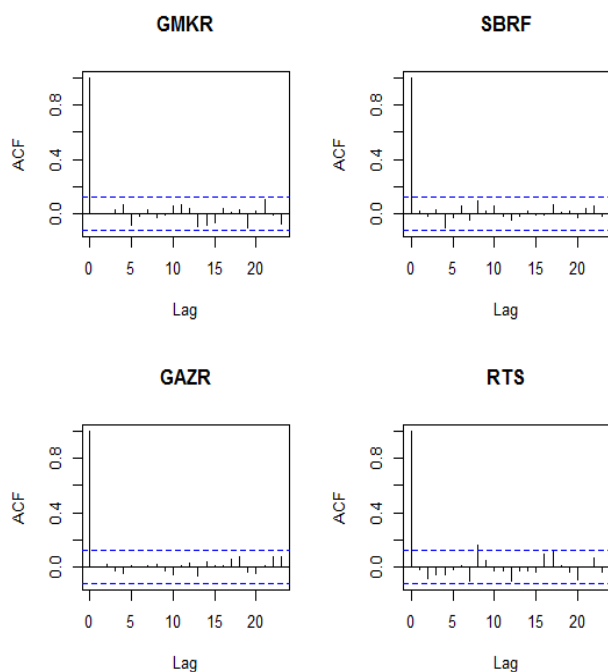


Рисунок 2 – АКФ для остатков построенных моделей

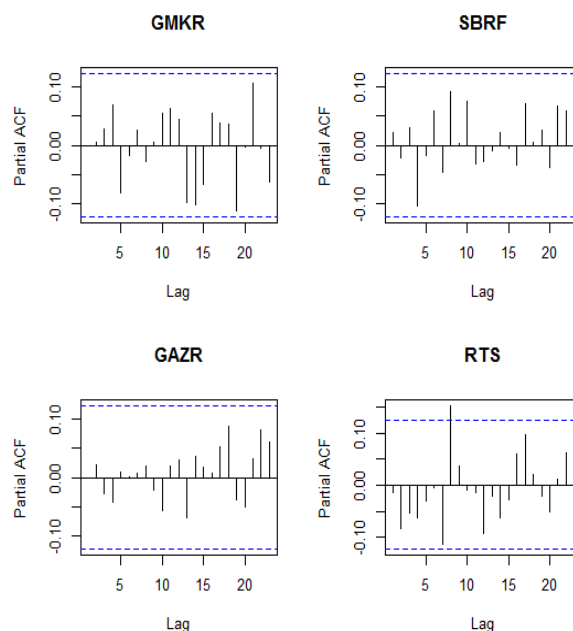


Рисунок 3 – ЧАКФ для остатков построенных моделей

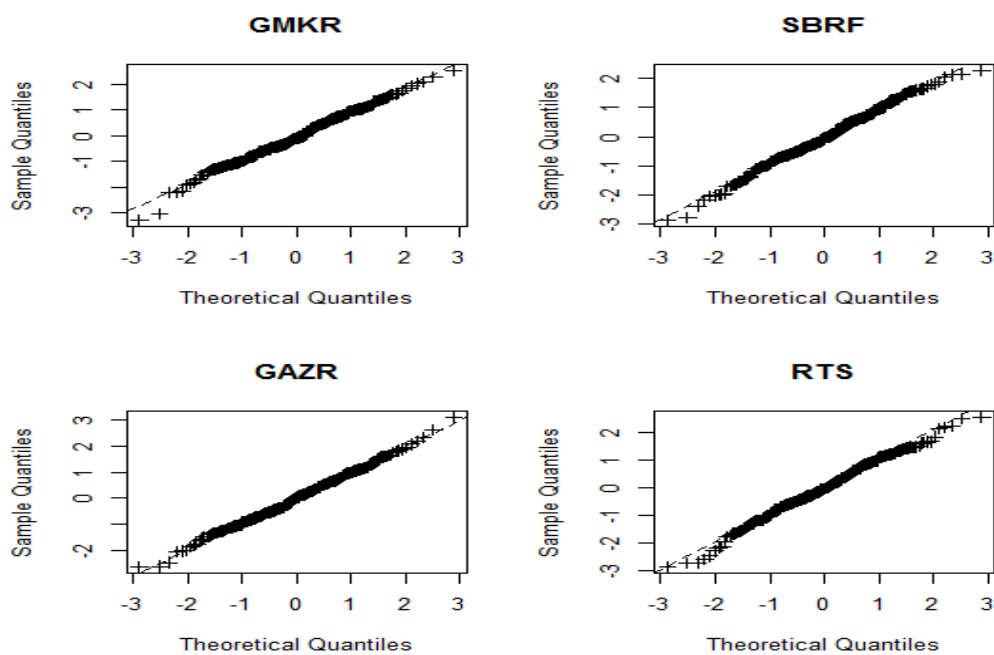


Рисунок 4 – Нормальный вероятностный график для остатков построенных моделей

Анализируя построенные автокорреляционные и частные автокорреляционные функции для остатков построенных моделей, можно отметить, что значения коэффициентов корреляции достаточно малы, что говорит о том, что остатки построенных моделей некоррелированы между собой. Данный вывод говорит в пользу построенных моделей, так как одно из условий, которое учитывается при построении нормальной линейной модели регрессии, заключается в том, чтобы случайные ошибки модели не коррелировали между собой.

Из нормального вероятностного графика остатков для всех исследуемых временных рядов не наблюдается значительных отклонений смоделированных данных от исследуемых, что говорит в пользу построенных моделей.

Также к остаткам построенных моделей был применен тест Бокса-Льюнга с целью выявить автокорреляцию временных рядов. Значения теста представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Тест Бокса – Льюнга

Актив	Q	<i>p</i> -значение	Величина лага
GMKN	14,58	0,8	20
GAZR	7,04	0,99	20
SBRF	11,02	0,95	20
RTS	26,06	0,16	20

В данном тесте выдвигаются две конкурирующие гипотезы:

$H_0$ : значения временного ряда статистически независимы;

$H_1$ : значения временного ряда не являются независимыми.

Согласно результатам теста, следует принять нулевую гипотезу о независимости значений ряда ( $p$ -значение  $> 0,05$ ). Также надо отметить тест Бокса-Льюнга подтверждает полученный ранее вывод.

Также для остатков построенных моделей был применен критерий Шапиро-Уилка (таблица 8)

Таблица 8 – Критерий Шапиро – Уилка для построенных моделей

Актив	W-статистика	p-значение
GMKN	0,993	0,307
GAZR	0,994	0,471
SBRF	0,996	0,892
RTS	0,992	0,227

Помимо анализа каждого ряда остатков по отдельности, было также рассмотрено, как данные выборки взаимодействуют между собой совместно. Для этого была рассчитана корреляционная матрица Пирсона для остатков. К полученной матрице было применено разложение Холецкого с целью получить треугольную матрицу. Далее были сгенерированы четыре вектора, имеющие такую же длину, как и ряды остатков. Сгенерированные ряды имеют нормальное распределение с параметрами, равными параметрам выборок остатков. С помощью сгенерированных выборок и матрицы, полученной после разложения Холецкого, были получены новые вектора, которые были использованы при моделировании исследуемых процессов с помощью ARMA-моделей.

После данной операции, полученные симулированные значения будут коррелировать так же, как и исходные ошибки (таблицы 9, 10).

Таблица 9 – Матрица корреляций для остатков модели

	GMKN	SBRF	GAZR	RTS
GMKN	1	0,30	0,34	0,29
SBRF	0,30	1	0,58	0,76
GAZR	0,34	0,58	1	0,64
RTS	0,39	0,76	0,64	1

Таблица 10 – Матрица корреляций для модельных значений

	GMKN	SBRF	GAZR	RTS
GMKN	1	0,28	0,37	0,22
SBRF	0,28	1	0,55	0,62
GAZR	0,37	0,55	1	0,5
RTS	0,22	0,62	0,5	1

## 2.5 Моделирование с помощью альтернативных моделей

Помимо линейных моделей было принято рассмотреть иную модель для моделирования поведения логарифмических доходностей. Данное решение было принято, чтобы сравнить, как обе модели аппроксимируют исследуемый процесс изменения логарифмических доходностей и сделать выбор в пользу наилучшей. В качестве другой модели была рассмотрена комбинация уже построенной модели ARMA с моделью GARCH. Модель GARCH была выбрана, так как она учитывает определенные свойства, которые не учитывает построенная ранее линейная модель, например кластеризация волатильности и «толстые хвосты». В итоге были построены следующие модели (таблица 11):

Таблица 11 – Построенные альтернативные модели

Актив	ARMA+GARCH
GMKN	(1, 2) + (1,1)
GAZR	(3, 2) + (1,1)
SBRF	(1, 1) + (1,1)
RTS	(2,2) + (1,1)

Также для смоделированных данных были рассчитаны среднее значение и стандартное отклонение модельных данных и проведен тест на нормальность

Таблица 12 – Среднее значение и стандартное отклонение модельных значений и тест Шапиро-Уилка

Актив	$\mu$	$\sigma$	W-статистика	$p$ -значение
GMKN	0,0016	1,011	0,99	0,59
GAZR	-0,038	1,008	0,996	0,48
SBRF	0,012	1,009	0,98	0,62
RTS	0,02	1,005	0,97	0,11

Результаты теста Шапиро-Уилка говорят о нормальности распределения модельных значений ( $p$ -значение  $> 0,05$ )



## 2.6 Обратное преобразование данных

Следующим этапом работы стало обратное преобразование данных, которые мы получили с помощью моделей ARMA(p, q) и комбинации моделей ARMA(p, q) + GARCH(). Преобразование было сделано по формуле (36).

Для обратно преобразованных данных были рассчитаны среднее значение и стандартное отклонение выборки (таблица 13).

Таблица 13 – Расчет первого и второго моментов

Актив	ARMA		ARMA+GARCH		Исходные доходности	
	Преобразованные значения				μ	σ
	μ	σ	μ	σ		
GMKN	0,0011	0,0157	0,0008	0,0159	0,0004	0,015
GAZR	0,0021	0,017	0,0002	0,014	0,0005	0,015
SBRF	0,003	0,014	0,002	0,018	0,0020	0,017
RTS	0,006	0,021	0,0031	0,018	0,0014	0,019

Из результатов таблицы 9 можно сказать, что для исследуемых логарифмических доходностей и смоделированных данных значения стандартного отклонения достаточно близки, особенно это заметно для данных модели ARMA+GARCH, что говорит в пользу построенных моделей.

Также для модельных данных была рассчитана сумма модуля разности исходных данных и модельных (таблица 14).

Таблица 14 – Сравнение построенных моделей

Актив	ARMA	ARMA+GARCH
GMKN	3,97	0,41
GAZR	5,21	0,78
SBRF	3,99	0,5
RTS	5,9	1,26

Полученные результаты говорят в пользу модели ARMA/GARCH.

Для того, чтобы визуально увидеть результаты проделанных вычислений, были построены функции распределения для исходных рядов логарифмических доходностей и модельных значений после обратного преобразования (рисунки 7-10).

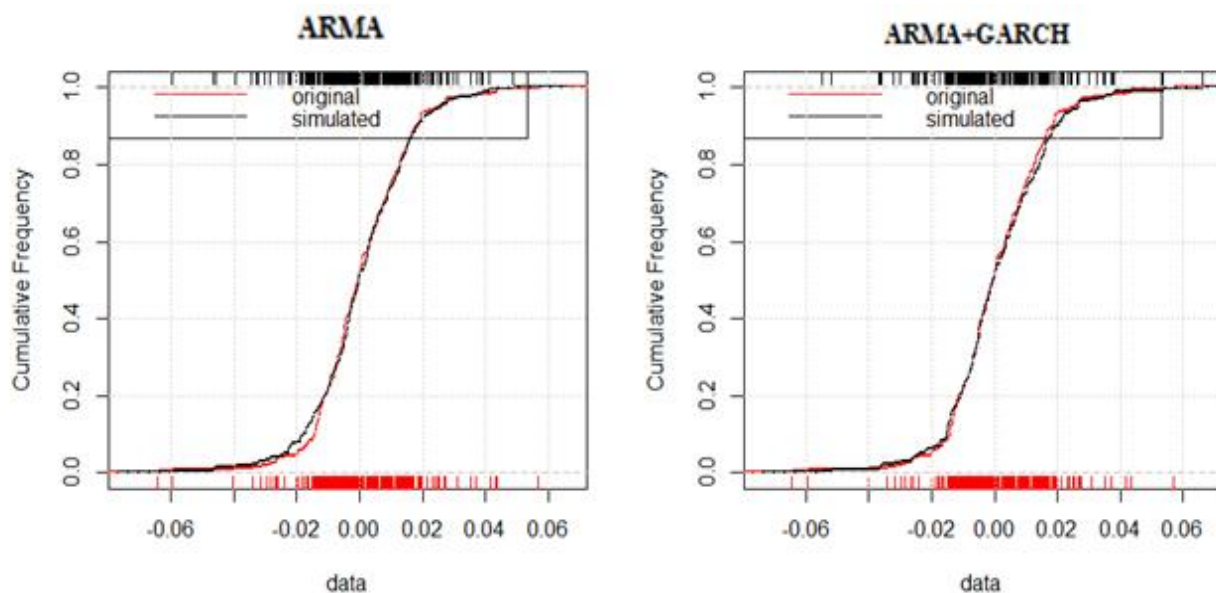


Рисунок 7 - Функции распределения для логарифмических доходностей GMKN и модельных значений после обратного преобразования

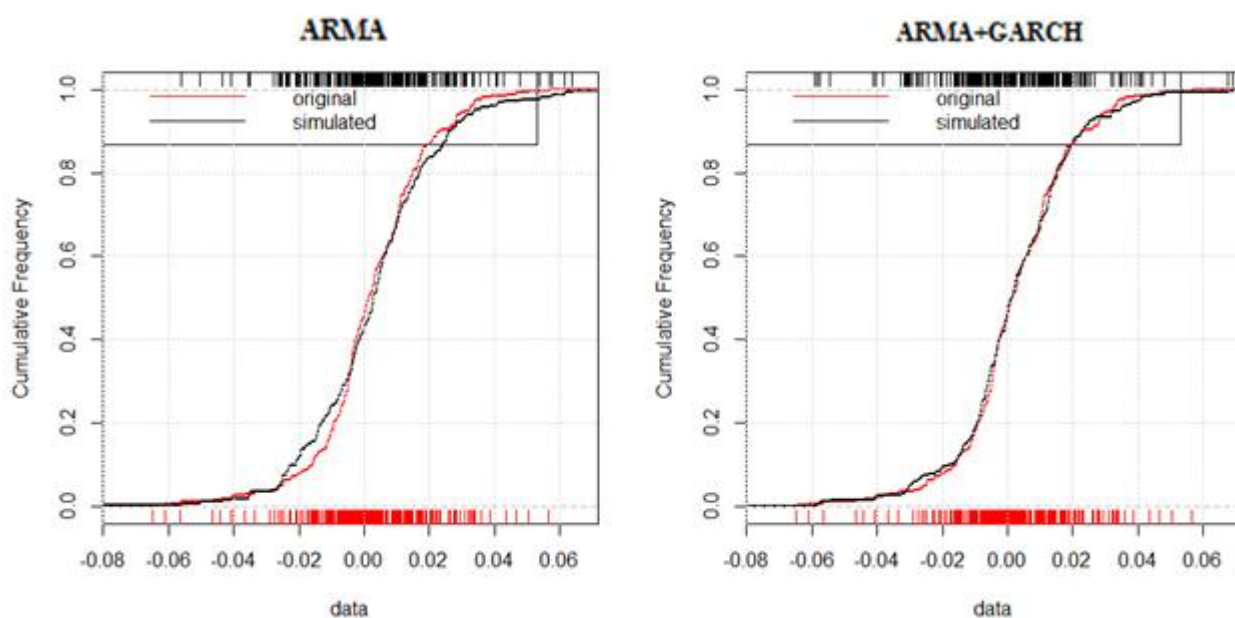


Рисунок 8 - Функции распределения для логарифмических доходностей SBRF и модельных значений после обратного преобразования

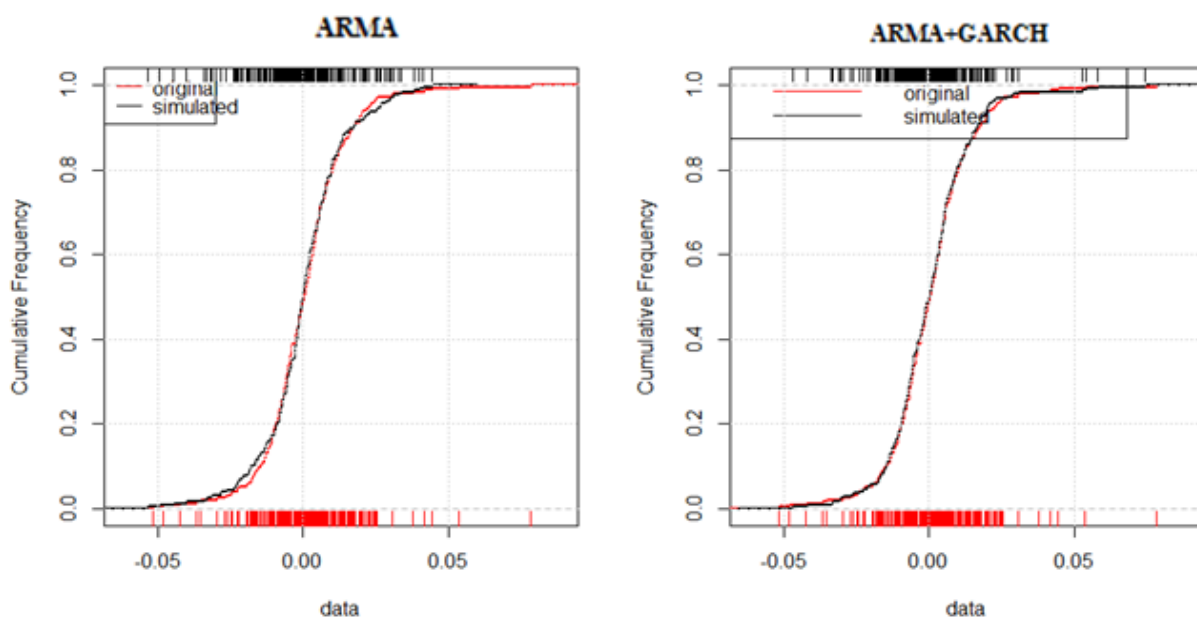


Рисунок 9 - Функции распределения для логарифмических доходностей GAZR и модельных значений после обратного преобразования

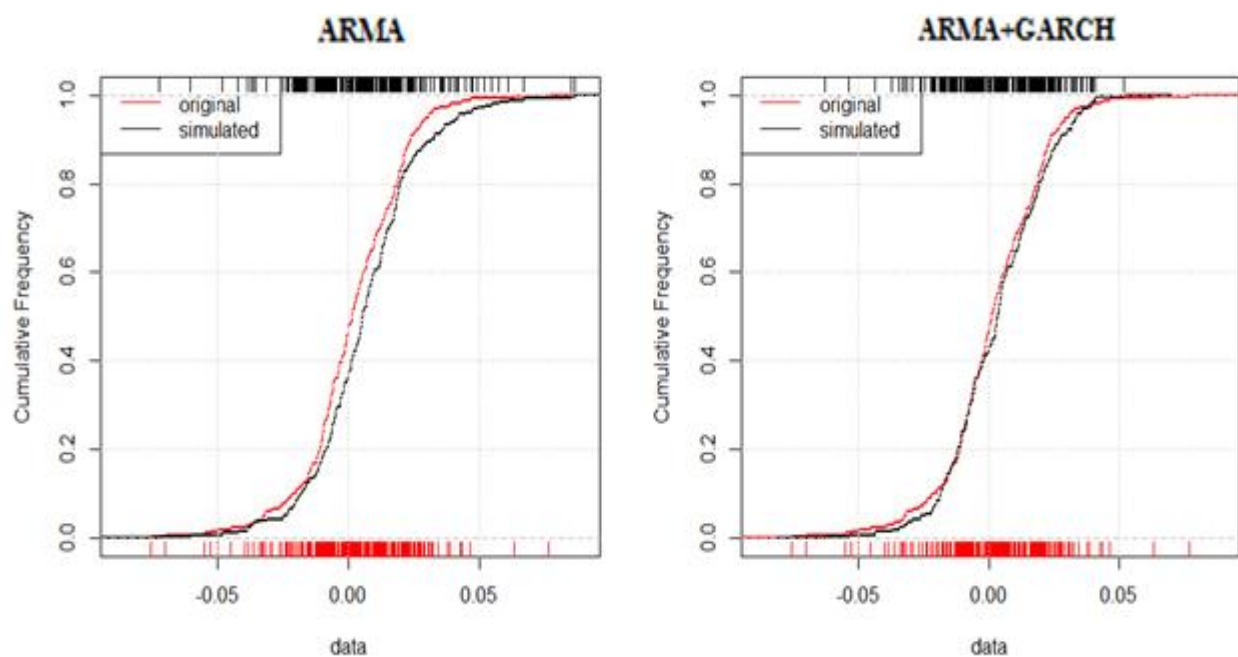


Рисунок 10 - Функции распределения для логарифмических доходностей GAZR и модельных значений после обратного преобразования

На основании построенных графиков можно сделать вывод, что исходные ряды логарифмических доходностей и модельные данные описываются достаточно близкими к друг другу функциями распределения. Данное наблюдение можно сделать для всех четырех исследуемых временных рядов.

Также из полученных графических результатов можно отметить, что лучше аппроксимация исходных логарифмических доходностей происходит для временных рядов, составленных из доходностей фьючерсов GMKN и GAZR. Это можно объяснить тем, что в исходных рядах отсутствуют тенденции к росту, в отличие от двух других. Наличие тенденции и циклических составляющей во временном ряду обычно сказывается на анализе временного ряда и ощутимо влияет на качество моделирования. Но данные вывод говорят только о причинах того, почему кривые функции распределения для одних данных получились ближе, чем для других. Процесс анализ и моделирования для логарифмических доходностей произведен качественно, построенные модели являются состоятельными.

Чтобы подтвердить графические данные, был применен критерий однородности Колмогорова-Смирнова (таблица 15).

Таблица 15 – Критерий Колмогорова-Смирнова

Актив	ARMA		ARMA+GARCH	
	D-статистика	<i>p</i> -значение	D-статистика	<i>p</i> -значение
GMKN	0,059	0,77	0,043	0,96
GAZR	0,074	0,48	0,055	0,82
SBRF	0,045	0,95	0,031	0,99
RTS	0,12	0,051	0,07	0,46

Из значений теста Колмогорова-Смирнова можно сделать вывод, что исследуемые выборки описываются одной и той же функцией распределения ( $p$ -значение  $> 0,05$ ).

Следовательно, цель данного исследования, суть которого заключалась в аппроксимации логарифмических доходностей производных инструментов, в данном случае фьючерсов, успешно достигнута. Предпочтительной является комбинация моделей ARMA ( $p, q$ ) с моделью GARCH ( $1, 1$ ).

## 2.7 Корреляционный анализ данных

Также для исходных и модельных данных были рассчитаны корреляционные матрицы с целью выявить, коррелируют ли полученные модельные на том же уровне, что и исходные логарифмические доходности.

Таблица 16 – Матрица корреляций для логарифмических доходностей

	GMKN	SBRF	GAZR	RTS
GMKN	1	0,33	0,35	0,32
SBRF	0,33	1	0,58	0,78
GAZR	0,35	0,58	1	0,67
RTS	0,32	0,78	0,67	1

Таблица 17 – Матрица корреляций для модельных значений

	GMKN	SBRF	GAZR	RTS
GMKN	1	0,304	0,302	0,29
SBRF	0,304	1	0,55	0,75
GAZR	0,302	0,55	1	0,65
RTS	0,29	0,75	0,65	1

Из полученных результатов можно сказать, что коэффициенты корреляции одной матрицы имеют достаточно схожие значения с коэффициентами корреляции другой матрицы. Из чего можно сделать вывод, что построенные модельные значения коррелируют таким же образом между собой, что и исходные логарифмические доходности. Данный вывод еще раз подтверждает, что построенные модели хорошо аппроксимируют исследуемый процесс.

Можно заметить, что достаточно значимая корреляция наблюдается между ценами закрытия фьючерса на акции ПАО «Сбербанк» (SBRF) и ценами закрытия фьючерса на индекс РТС (RTS). Так как данное значение является положительным, то можно отметить, что наблюдается положительная корреляция. Значительная положительная корреляция наблюдается между ценами закрытия фьючерса на акции ПАО «Газпром» (GAZR) и ценами закрытия фьючерса на индекс РТС (RTS) и между ценами закрытия фьючерса на акции ПАО «Газпром» (GAZR) и ценами закрытия фьючерса на акции ПАО «Сбербанк» (SBRF).

## Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 3.1 Оценка коммерческого потенциала научных исследований

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга)[14].

В качестве потенциальных потребителей полученных исследований могут выступать: инвесторы, организации, занимающиеся эмиссией ценных бумаг, зарубежные компании, акционеры и акционерные общества.

		Виды предоставляемых услуг			
		Исследование динамики логарифмических доходностей	Проведение преобразования над исходными данными	Получение аппроксимации процесса изменения логарифмических доходностей	Продажа готового продукта
Размер предприятия	Крупные				
	Средн.				
	Мелкие				

Рисунок 11 – Карта сегментирования рынка услуг по разработке математической модели

	Фирма А		Фирма Б		Фирма В
--	---------	--	---------	--	---------

Продукт: методика, на основании которой можно провести аппроксимацию для имеющихся данных.

Целевой рынок: акционерные общества РФ, отечественные и иностранные инвесторы.

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов[14].

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

В данной работе объектом анализа являются временные ряды, составленные из цен закрытия фьючерсных контрактов на обыкновенные акции. Существуют различные методы обработки временных рядов. Наиболее эффективными и быстрореализуемыми на практике являются линейные модели. К числу данных моделей относятся модели авторегрессии, скользящего среднего и их комбинация – авторегрессии – скользящего среднего.

Помимо линейных моделей существуют также нелинейные, к числу которых можно отнести модель GARCH (обобщённая ARCH - модель). Данная модель учитывает определенные свойства временных рядов, которые не учитывают линейные модели.

Ниже представлена оценочная карта для сравнения конкурентных методов построения модели для процесса изменения цен акций (таблица 18):

Таблица 18 – Оценочная карта для сравнения конкурентных решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,02	5	4	3	0,1	0,08	0,06
2. Удобство в эксплуатации	0,17	4	4	4	0,08	0,08	0,08
3. Помехоустойчивость	0,01	5	5	3	0,1	0,1	0,06
4. Энергоэкономичность	0,07	4	5	5	0,08	0,1	0,1
5. Надежность	0,1	4	4	4	0,08	0,08	0,08
6. Уровень шума	0,01	3	2	2	0,06	0,04	0,04
7. Безопасность	0,01	5	5	5	0,1	0,1	0,1
8. Потребность в ресурсах памяти	0,13	2	2	2	0,04	0,04	0,04
9. Функциональная мощность	0,04	4	3	5	0,08	0,06	0,1
10. Простота эксплуатации	0,2	5	4	3	0,1	0,08	0,06
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,03	4	4	5	0,08	0,08	0,1
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,1	5	5	5	0,1	0,1	0,1
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,2	4	4	3	0,08	0,08	0,06
2. Уровень проникновения на рынок	0,1	5	4	4	0,1	0,08	0,08
3. Цена	0,08	4	3	3	0,08	0,06	0,06
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	4	3	0,08	0,08	0,06
5. Послепродажное обслуживание	0,093	3	4	3	0,06	0,08	0,06
6. Финансирование научной разработки	0,04	2	1	2	0,04	0,02	0,04
7. Срок выхода на рынок	0,02	3	4	5	0,06	0,08	0,1
Итого	1	79	74	74	1,58	1,48	1,48



Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации [12].

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i * B_i, \quad (48)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;  $B_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Основываясь на знаниях о конкурентах, можно объяснить, что большинство моделей учитываются только ретроспективные данные, в то время как воздействие может оказываться и внешними факторами, которые не рассматриваются, но вносят в полученные результаты и их точность. Поэтому необходимо учитывать и анализировать внешние факторы для получения более точной модели и, соответственно, прогноза [13].

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [14].

Для данной разработки была построена матрица SWOT (приложение).

В ходе SWOT – анализа было получено, что в разрабатываемом проекте необходимо сделать упор на привлечение квалифицированных сотрудников и разработчиков, с помощью которых будет решена проблема поиска клиентов. Также это поможет в конкурентной борьбе, сделав проект более удобным для реализации и точным в качестве.

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и

выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в таблице 19.

Таблица 19 - Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	3	3
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	4
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	2
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	3
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	<b>42</b>	<b>37</b>

Было получено следующее суммарное количество баллов по каждому направлению: 42 балла – по степени проработанности научного проекта, 37 баллов – по уровню, имеющихся знаний у разработчика.

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

Устав научного проекта магистерской работы должен иметь следующую структуру.

#### Цели и результат проекта

В данном разделе необходимо привести информацию о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Под заинтересованными сторонами проекта понимаются лица или организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта (таблица 20) .

Таблица 20 - Заинтересованные стороны проекта

<b>Заинтересованные стороны проекта</b>	<b>Ожидания заинтересованных сторон</b>
НИТПУ кафедра ВММФ	Улучшения качества моделирования объектов исследования

Таблица 21 - Цели и результаты проекта

<b>Цели проекта:</b>	Построение аппроксимацию логарифмов дневных приращений котировок финансовых инструментов
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	В данной работе необходимо получить модель, описывающую исходные данные. Чтобы построить такую модель, данные должны удовлетворять определенным свойствам, для чего и было сделано преобразование над исходными данными.
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Корректность результатов и высокое качество построенных моделей
<b>Требования к результату проекта:</b>	Получение высококачественной симуляции исследуемого процесса (с возможностью получения прогноза)

#### Организационная структура проекта

На данном этапе работы необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте.

#### Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, сдерживающие свободу участников команды в работе над данным проектом (таблица 22).

Таблица 22 - Ограничения проекта

<b>Фактор</b>	<b>Ограничения/ допущения</b>
Источник финансирования	НИ ТПУ ВММФ
Сроки проекта:	10.02.2017-1.06.2017
Дата утверждения плана управления проектом	10.02.2017
Дата завершения проекта	1.06.2017
Прочие ограничения и допущения*	10.02.2017-1.06.2017

### 3.2 Планирование научно-исследовательских работ

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта[13]. На рисунке 12 представлена иерархической структуры работ для выполнения дипломной работы.



Рисунок 12 – Иерархическая структура работ по проекту

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей [13].

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ представлен в приложении .

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования[14].

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min i} + 2t_{max i}}{5} \quad (25)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;  $t_{min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;  $t_{max i}$  – максимально возможная трудоемкость

выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_p = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} \quad (49)$$

где  $T_p$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.  $Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Таблица 23 – Трудозатраты участников разработки проекта

№ п/п	ФИО участника проекта	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час
1	Семенов М.Е.	Научный руководитель проекта	1.Обеспечение проекта ресурсами со стороны исполнителя; 2.Руководство и контроль за выполнением работ; 3.Регулярный анализ хода выполнения работ.	140
2	Бозняков Р.В.	Специалист по проекту	1.Выполнение расчетов по проекту; 2.Подготовка отчета о проделанной работе.	200
Итого				340

Таблица 24 – Календарный план проекта

Код работы	Название	Длительность, дни	Дата начала работы	Дата окончания работы	Состав участников (ФИО исполнителей)
1	Обеспечение проекта ресурсами	30	01.02.2017	01.03.2017	Семенов М.Е. Бозняков Р.В.
2	Изучение литературы	60	01.02.2017	01.04.2017	Бозняков Р.В.
3	Проведение вычислительных работ	120	01.02.2017	01.06.2017	Бозняков Р.В.
4	Анализ полученных результатов	90	01.03.2017	01.06.2017	Бозняков Р.В.
5	Проверка вычислений и подведение итогов	30	01.05.2017	01.06.2017	Семенов М.Е. Бозняков Р.В.
Итого		330			

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [13].

Диаграмма Ганта представлена в виде таблицы 25:



Таблица 25 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Код работы	Вид работы	Исполнитель	Т, календарные дни	2017			
				2	3	4	5
1	Обеспечение проекта ресурсами	Научный руководитель, студент	30				
2	Изучение литературы	студент	60				
3	Проведение вычислительных работ	студент	120				
4	Анализ полученных результатов	студент	90				
5	Проверка вычислений и подведение итогов	Научный руководитель, студент	30				

Научный руководитель		Студент	
----------------------	--	---------	--

### 3.3 Бюджет научного исследования

В процессе формирования бюджета используется следующая группировка затрат по статьям:

- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- накладные расходы;

В настоящую статью включена основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда). Расчет основной заработной платы сводится в таблице 26.

Таблица 26 – Основная заработная плата

п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Зарплата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс.руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
		Научный руководитель	1	23264	23264
		Студент	1	2700	2700
Итого:				25964	25914

Далее необходимо провести расчеты по статье «Основная заработная плата». Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (50)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{\text{осн}}$ ).

Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{дн}} * T_p, \quad (51)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m * M}{F_d}, \quad (52)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 27).

Таблица 27 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Студент
Календарное число дней	120	120
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	40	40
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	10	10
Действительный фонд рабочего времени	70	70

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} * (1 + K_{\text{пр}} + K_d) * K_p, \quad (53)$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;  $k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{тс}$ );  $k_{д}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от  $Z_{тс}$ );  $k_{р}$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 28 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$ , руб	$k_{р}$	$k_{пр}$	$k_{д}$	$Z_{м}$ , руб	$Z_{дн}$ , руб
Научный руководитель	23264	1,3	0,3	0,3	48389	3179
Студент	2700	1,3	0,3	0,3	4576	344
Итого					<b>52965</b>	

Дополнительная заработная плата включает оплату за непроработанное время (очередной и учебный отпуск, выполнение государственных обязанностей, выплата вознаграждений за выслугу лет и т.п.) и рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = k_{доп} Z_{осн} \quad (54)$$

где  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата, руб.;  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной зарплаты ( $k_{доп} = 0,1$ );  $Z_{осн}$  – основная заработная плата, руб.

Для руководителя:

$$Z_{доп} = 48389 * 0,1 = 4838,9 \text{ рублей}$$

В таблице 26 приведен расчёт основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 29 – Дополнительная заработная плата исполнителей

Заработная плата	Руководитель	Студент
Основная зарплата	48389	2700
Дополнительная зарплата	4838,9	–
Зарплата исполнителя	53327,9	2700
Итого по статье С <sub>зп</sub>	55927,9	

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (54)$$

где  $k_{\text{накл}}$  – коэффициент накладных расходов.

$$C_{\text{накл}} = 0,3 \cdot (48389 + 4838,9) = 15998,1 \text{ руб.}$$

В ходе выполнения НТИ никакое дополнительное оборудование не приобреталось. Таким образом затраты на оборудование не учитываем.

Таблица 30 – Бюджет затрат НТИ

Затраты по статьям						
Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Накладные расходы	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимость
-	0	52965	55927,9	15998,1	-	124890

В результате было получено, что бюджет затрат НТИ составит 124890 руб.

### **3.4 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты[13].

Показатели экономической эффективности проекта учитывают финансовые последствия его осуществления для предприятия, реализующего данный проект. В этом случае показатели эффективности проекта в целом характеризуют с экономической точки зрения технические, технологические и организационные проектные решения.

Бюджетная эффективность характеризуется участием государства в проекте с точки зрения расходов и доходов бюджетов всех уровней[14].

Динамические методы оценки инвестиций базируются на применении показателей:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- срок окупаемости (DPP);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- индекс доходности (PI).

Все перечисленные показатели основываются на сопоставлении чистых денежных поступлений от операционной и инвестиционной деятельности, и их приведении к определенному моменту времени. Теоретически чистые денежные поступления можно приводить к любому моменту времени (к будущему либо текущему периоду). Но для практических целей оценку инвестиции удобнее осуществлять на момент принятия решений об инвестировании средств.

Чистая текущая стоимость является абсолютным показателем. Условием экономичности инвестиционного проекта по данному показателю является выполнение следующего неравенства:  $NPV > 0$

Чем больше  $NPV$ , тем больше влияние инвестиционного проекта на экономический потенциал предприятия, реализующего данный проект, и на экономическую ценность этого предприятия.

Таблица 31 - Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Выручка от реализации, тыс.руб	0	149,8	149,8	149,8	149,8
2.	Итого приток	0	149,8	149,8	149,8	149,8
3.	Инвестиционные издержки, тыс.руб.	-124,8	0	0	0	0
4.	Операционные затраты, тыс. руб	0	42,1	42,1	42,1	42,1
4.1	Налогооб. прибыль		107,7	107,7	107,7	107,7
5.	Налоги Выр-опер=донал.приб*20%	0	21,54	21,54	21,54	21,54
7.	Чистый денежный поток	-124,8	86,16	86,16	86,16	86,16
8.	Коэффициент дисконтирования (приведения при $I = 0,20$ )	1,0	0,833	0,694	0,578	0,482
9.	Дисконтированный чистый денежный поток	-124,8	71,7	59,7	49,8	41,5
10.	То же нарастающим итогом ( $NPV = 97,9$ )	-124,8	-53,1	6,6	56,4	97,9

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 97900 д. ед., что позволяет судить о его эффективности.

Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени. Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости.

Рассчитывается данный показатель примерно по той же методике, что и простой срок окупаемости, с той лишь разницей, что последний не учитывает фактор времени.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного денежного потока.

Таблица 32 - Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Дисконтированный чистый денежный поток	-124,8	71,7	59,7	49,8	41,5
2.	То же нарастающим итогом	-124,8	-53,1	6,6	56,4	97,9
3.	Дисконтированный срок окупаемости	$PP_{ДСК}=1+53,1/59,7=1,88$ месяцев				

Для установления показателя чистой текущей стоимости (NPV) необходимо располагать информацией о ставке дисконтирования, определение которой является проблемой, поскольку зависит от оценки экспертов.

Таблица 33 - Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№ п/п	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV
1	Чистые денежные потоки	-124,8	86,16	86,16	86,16	86,16	
2	коэффициент дисконтирования						
	$i=0,1$	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	$i=0,2$	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	$i=0,4$	1	0,714	0,51	0,364	0,26	
	$i=0,5$	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	$i=0,6$	1	0,625	0,390	0,244	0,095	
	$i=0,7$	1	0,588	0,335	0,203	0,070	
3	Дисконтированный денежный поток						
	$i=0,1$	-124,8	78,31	71,16	64,70	58,84	148,24
	$i=0,2$	-124,8	71,77	59,79	49,80	41,52	98,09
	$i=0,4$	-124,8	61,51	43,94	31,36	22,40	34,42
	$i=0,5$	-124,8	57,46	38,25	25,41	17,05	13,40
	$i=0,6$	-124,8	53,85	33,60	21,02	8,18	-8,13
	$i=0,7$	-124,8	50,66	28,86	17,49	6,03	-21,7



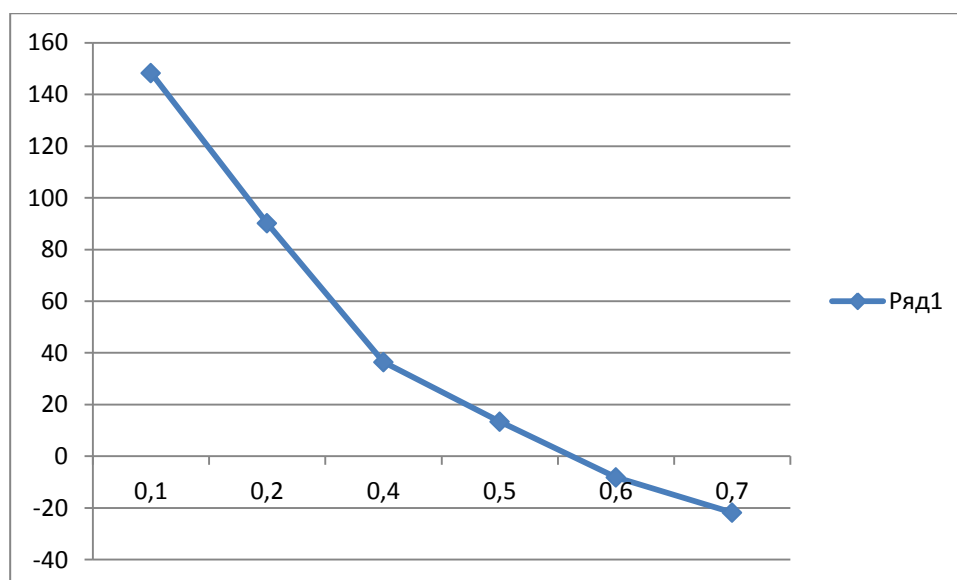


Рисунок 13 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли».

Индекс доходности показывает, сколько приходится дисконтированных денежных поступлений на рубль инвестиций.

Расчет этого показателя осуществляется следующим образом:

$$PI = \frac{222,7}{124,8} = 1,82$$

$PI = 1,82 > 1$ , следовательно, проект эффективен при  $i=0,2$ ;  $NPV=97,9$  тыс.

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности [13].

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (см. табл. 16). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения [14].

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп},i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (55)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп},i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;  $\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;  $\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно – технического проекта.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп},1} = \frac{124890}{124890} = 1$$

Для аналогов (с использованием дополнительного оборудования, стоимость которого 15000 руб и 19000 руб) соответственно:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп},2} = \frac{139890}{124890} = 1,12 \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп},2} = \frac{143890}{124890} = 1,15$$

Таблица 34 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	2	3
3. Помехоустойчивость	0,15	5	3	3
4. Энергосбережение	0,2	4	3	3
5. Надежность	0,25	4	4	4
6. Материалоемкость	0,15	4	4	4
Итого	1	4,25	3,25	3,5

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{\text{исп}i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп}1} = \frac{4,25}{1} = 4,25 \quad I_{\text{исп}2} = \frac{3,25}{1,12} = 2,9 \quad I_{\text{исп}3} = \frac{3,5}{1,15} = 3,04$$

Сравнение интегрального показателя эффективности Исполнения 1 и Исполнений 2 и 3 позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп2}}} = \frac{4,25}{2,9} = 1,46 \qquad \mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп3}}} = \frac{4,25}{3,04} = 1,4$$

Таблица 35 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1,12	1,15
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,25	3,25	3,5
3	Интегральный показатель эффективности	4,25	2,9	3,04
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения		1,46	1,4

## **4. Социальная ответственность**

### **4.1 Введение**

К числу главных и наиболее важных человеческих забот относятся охрана здоровья трудящихся, обеспечение безопасных условий труда сотрудников, ликвидация профессиональных заболеваний, а также травматизма на производстве.

В настоящее время в производстве, научно-исследовательских и конструкторских работах, сфере управления и образования персональные ЭВМ (ПЭВМ) находят все большее и разнообразное применение. Компьютеры показали свою необходимость на предприятиях, в организациях, офисах, в домашних условиях. Несмотря на это, компьютер является источником вредного воздействия на организм человека, а, следовательно, и источником профессиональных заболеваний. Поэтому каждому пользователю персонального компьютера необходимо знать о вредном воздействии ПЭВМ на организм человека и мерах защиты от вредных воздействий[22].

Разработка данного раздела дипломной работы имеет следующие цели:

1. обнаружение и изучение опасных и вредных производственных факторов при работе с ПЭВМ, отрицательно влияющих на здоровье человека;
2. оценка условий труда, микроклимата рабочей среды; ослабление действия этих факторов до безопасных пределов или исключение их, если это возможно.
3. рассмотрение и изучение вопросов техники безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды.

Объектом исследования данной главы является рабочее место и помещение, в котором проходило написание дипломной работы.

## **4.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов**

Опасным производственным фактором (ОПФ) называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья. Травма – это повреждение тканей организма и нарушение его функций внешним воздействием. Травма является результатом несчастного случая на производстве, под которым понимают случай воздействия опасного производственного фактора на работающего при выполнении им трудовых обязанностей или заданий руководителя работ.

Вредным производственным фактором (ВПФ) называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности. Заболевания, возникающие под действием вредных производственных факторов, называются профессиональными[21].

При работе с ПЭВМ пользователь также подвергается влиянию различных опасных и вредных производственных факторов. К их числу относятся:

1. электромагнитные поля;
2. электростатические поля;
3. шуму;
4. вибрации;
5. интенсивная напряженность трудового процесса.

Приведенные выше факторы могут привести к ухудшению здоровья пользователя или к профессиональным заболеваниям. Помимо этого, вынужденная неудобная рабочая поза (в большинстве случаев в ограниченном пространстве), длительное сосредоточенное наблюдение, из которого 20% приходится на непосредственное наблюдение за экраном ВДТ, вызывают повышенное напряжение мышц зрительного аппарата, а в комплексе с неблагоприятными производственными факторами обуславливают развитие общего утомления и снижение работоспособности.

Отрицательное воздействие ПЭВМ на человека носит комплексный характер комбинации вредных и опасных производственных факторов:

1. монитор компьютера является источником: электромагнитного поля (ЭМП); электростатического поля; рентгеновского излучения; вредного действия светового потока и отраженного света.

2. Значительной нагрузке подвергается зрительный аппарат в результате несовершенства способов создания изображения на экране монитора.

3. Работа компьютера сопровождается акустическими шумами, включая ультразвук.

4. Несоблюдение эргономических параметров, обеспечивающих безопасность приёмов работы пользователя ПЭВМ: гигиенических и психофизиологических; антропометрических; эстетических может повлечь снижение эффективности действий человека.

Правильная организация рабочего места позволяет значительно снять напряженность в работе, уменьшить неблагоприятные чрезмерные нагрузки на организм и, как следствие, повысить производительность труда[20].

Чтобы предотвратить неблагоприятное воздействие на человека вредных факторов при работе с ПЭВМ, санитарными правилами и нормами определены санитарно-гигиенические требования к обеспечению безопасных условий труда. Последствия воздействия этих факторов на организм оператора ЭВМ зависят от их интенсивности, продолжительности и режимов действия. Рассмотрим влияние выше перечисленных факторов в отдельности[15].

Суть электризации заключается в том, что нейтральные тела, не проявляющие в нормальном состоянии электрических свойств, в условиях отрицательного контакта или взаимодействия становятся электростатически заряженными. Опасность возникновения статического электричества проявляется в возможности образования электрической искры и вредном воздействии его на организм человека, причем не только при непосредственном контакте с зарядом, но и за счет действия электрического поля, возникающем при заряде.

При включенном питании компьютера на экране дисплея накапливается статическое электричество. Электрический ток искрового разряда статического электричества мал и не может вызвать поражение человека. Тем не менее, вблизи экрана электризуется пыль и оседает на нем. В результате чего искажается резкость восприятия информации на экране. Кроме того, пыль попадает на лицо работающего и в его дыхательные пути.

Основные способы защиты от статического электричества следующие: заземление оборудования, увлажнение окружающего воздуха. Также целесообразно применение полов из антистатического материала.

ЭМП обладает способностью биологического, специфического и теплового воздействия на организм человека, что может повлечь следующие последствия: биохимические изменения в клетках и тканях; нарушения условно-рефлекторной деятельности, снижение биоэлектрической активности мозга, изменения межнейронных связей, отклонения в эндокринной системе; вследствие перехода ЭМП в тепловую энергию может наблюдаться повышение температуры тела, локальный избирательный нагрев тканей и так далее.

Согласно СанПиН 2.2.2.542-96:

1. Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг ВДТ по электрической составляющей должна быть не более:

- В диапазоне частот 5Гц-2кГц - 25В/м;
- В диапазоне частот 2кГц/400кГц - 2,5В/м.

2. Плотность магнитного потока должна быть не более:

- В диапазоне частот 5Гц-2кГц - 250нТл;
- В диапазоне частот 2кГц/400кГц - 25нТл.

Шумы ухудшают условия труда тем, что оказывают вредные действия на человека. Рабочие, которые находятся в условиях длительных шумовых воздействий испытывают раздражительность, головную боль, головокружения, снижение памяти, повышенную усталость, снижение аппетита, боль в ушах и т. д. Перечисленные нарушения в работе органов и системы организма в целом могут вызывать негативное изменение в эмоциональном состоянии вплоть до

стресса. При воздействии шумов сокращается концентрация внимания, нарушается ряд физиологических функций, в связи с повышением энергетических затрат и нервно-психического напряжения появляется усталость, ухудшается речь. Все эти факторы снижают работоспособность, производительность, качество и безопасность труда.

Средства индивидуальной защиты органов слуха работающих установлены ГОСТ 12.4.011-75; это противозумные шлемофоны (шлемы), наушники, заглушки, вкладыши. Они эффективно защищают организм от раздражающего действия шума, предупреждая возникновение различных функциональных нарушений и расстройств, если правильно подобраны и систематически используются[18].

Уровень шума на рабочем месте математиков-программистов и операторов видеоматериалов не должен превышать 50дБА, а в залах обработки информации на вычислительных машинах - 65дБА. Защита от шумов – заключение вентиляторов в защитный кожух и установление их внутри корпуса ЭВМ. Для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлены компьютеры, могут быть облицованы звукопоглощающими материалами с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 63 - 8000 Гц[18].

Вибрация оборудования на рабочих местах не должна превышать допустимых величин, установленных ГОСТ 12.1.012-96. Допустимый уровень звукового давления, звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах должны отвечать требованиям ГОСТ 12.1.036-96. Уровень вибрации в помещениях вычислительных центров может быть снижен путем установки на оборудование специальных виброизоляторов.

Источниками вибрации в жилых и общественных зданиях являются инженерное и санитарно-техническое оборудование, а также промышленные установки и транспортные средства (тяжелые грузовые автомобили, трамваи), создающие при работе большие динамические нагрузки, которые вызывают распространение вибрации в грунте и строительных конструкциях зданий. Эти



вибрации часто являются также причиной возникновения шума в помещениях зданий.

Обычно вибрация распространяется как в грунте, так и в строительных конструкциях с относительно малым затуханием. Поэтому в первую очередь необходимо применять меры по снижению динамических нагрузок, создаваемых источником вибрации, или снижать передачу этих нагрузок путем виброизоляции машин и средств транспорта.

Снижение вибрации в защищаемых помещениях может быть достигнуто целесообразным размещением оборудования в здании. Оборудование, создающее значительные динамические нагрузки, рекомендуется устанавливать в подвальных этажах или на отдельных фундаментах, не связанных с каркасом здания. При установке оборудования на перекрытия желательнее размещать его в местах, наиболее удаленных от защищаемых объектов. Если невозможно обеспечить достаточное снижение вибрации и шума, возникающих при работе центробежных машин, указанными методами, следует предусмотреть их виброизоляцию.

Значительное умственное напряжение и другие нагрузки приводят к переутомлению функционального состояния центральной нервной системы, нервно-мышечного аппарата рук. Нерациональное расположение элементов рабочего места вызывает необходимость поддержания вынужденной рабочей позы. Длительный дискомфорт вызывает повышенное позвоночное напряжение мышц и обуславливает развитие общего утомления и снижение работоспособности.

При длительной работе за экраном дисплея появляется выраженное напряжение зрительного аппарата с появлением жалоб на неудовлетворительность работы, головные боли, усталость и болезненное ощущение в глазах, в пояснице, в области шеи, руках.

Режим труда и отдыха работника: при вводе данных, редактировании программ, чтении информации с экрана непрерывная продолжительность работы не должна превышать 4-х часов при 8-часовом рабочем дне. Через

каждый час работы необходимо делать перерыв на 5-10 минут, а через два часа на 15 минут.

С целью снижения или устранения нервно-психологического, зрительного и мышечного напряжения, предупреждение переутомления необходимо проводить комплекс физических упражнений и сеансы психофизической разгрузки и снятия усталости во время регламентированных перерывов, и после окончания рабочего дня.

Главным опасным фактором является возможность поражения электрическим током от электрической проводки, кабелей, компьютеров.

При работе с компьютером существует опасность электропоражения:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ (при не выключенном питании);
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей ПЭВМ);
- при прикосновении с полом, стенами оказавшимися под напряжением;
- имеется опасность короткого замыкания в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развертки.

Все меры обеспечения безопасности эксплуатации электроустановок можно разделить на:

1) Организационные мероприятия:

- инструктаж.

2) Технические мероприятия:

- обязательное заземление электрооборудования.

3) Эксплуатационные мероприятия:

- своевременный ремонт неисправностей;
- соблюдение правил техники безопасности при работе с компьютером.

Помещение, в котором находится рабочее место, относится к категории помещений без повышенной опасности. Его можно охарактеризовать, как

сухое, непыльное, с нормальной температурой воздуха. Температурный режим, влажность воздуха, химическая среда не способствуют разрушению изоляции электрооборудования.

Воздухообмен в производственных помещениях необходим для очистки воздуха от вредностей: для удаления вредных веществ (выделяющихся вредных газов, паров и пыли); для удаления излишних водяных паров; для удаления избыточного тепла.

В жилых и общественных помещениях постоянным вредным выделением является выдыхаемая людьми углекислота (CO<sub>2</sub>). Определение необходимого воздухообмена производится по количеству углекислоты, выделяемой человеком и по ее допустимой концентрации.

Кратность воздухообмена - это величина, значение которой показывает, какое количество раз в течение шестидесяти минут воздух в помещении полностью заменяется на новый. Происходит за счет систематической вентиляции помещения и проветривания.

Количество углекислоты, выделяемой одним взрослым человеком (n=1) при легкой работе g=23 л/ч. Предельно-допустимая концентрация углекислоты в жилых комнатах >в = 1 мг/м<sup>3</sup>. Содержание углекислоты в атмосферном воздухе больших городов (свыше 300 тыс. жителей) >н =0,5 мг/м<sup>3</sup>. Определим необходимый воздухообмен L по формуле:

$$L = \frac{g * n}{x_b - x_n} = \frac{(23 * 1) * 1000}{1 - 0,5} = 46 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Таким образом, необходимый воздухообмен при работе одного человека за компьютером составляет 46 м<sup>3</sup>/ч.

Для обеспечения высокопроизводительного труда необходимо создать для работника благоприятные условия труда.

Условия труда – это совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда.

Трудовая деятельность осуществляется в производственном помещении. Анализируя вредные и опасные факторы на производстве необходимо ориентироваться на определенное рабочее место и условия труда. В данном случае рабочим местом является помещение, в котором разрабатывался дипломный проект. В помещении есть только естественная вентиляция, т.е. воздух поступает и удаляется через дверь и окно. В зимнее время помещение отапливается. Освещение используется комбинированное — искусственное и естественное. Искусственное освещение создается люминесцентными лампами типа ЛБ (лампы белого света). Рабочая поверхность имеет высоту 0,75м. Электроснабжение сети переменного напряжения 220В. В отношении поражения человека электрическим током помещение без повышенной опасности по ГОСТ 12.1.013-78.

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температур воздуха и поверхностей, относительной влажности воздуха, скорости движения воздуха и интенсивности теплового излучения. Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма[21] .

Оптимальные микроклиматические при воздействии на человека в течение рабочей смены обеспечивают сохранение теплового состояния организма и не вызывают отклонений в состоянии здоровья. Допустимые микроклиматические условия могут приводить к незначительным дискомфортным тепловым ощущениям. Возможно временное (в течение рабочей смены) снижение работоспособности, без нарушения здоровья[20].

Нормы оптимальных и допустимых показателей микроклимата при работе с ЭВМ устанавливает СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Все категории работ разграничиваются на основе интенсивности энергозатрат организма в ккал/ч (Вт). Работа, производимая сидя и сопровождающаяся незначительным физическим напряжением, относится к категории Ia – работа с интенсивностью

энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт). Для данной категории допустимые нормы микроклимата представлены в таблице 36.

Таблица 36 - Нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Сезон года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, С <sup>0</sup>		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/сек	
		Фактическое значение	Допустимое значение	Фактическое значение	Допустимое значение	Фактическое значение	Допустимое значение
Холодный	Ia	(22÷24)	(20÷25)	55	(15÷75)	0,1	0,1
Теплый	Ia	(23÷25)	(21÷28)	55	(15÷75)	0,1	0,1

Анализируя таблицу 16, можно сделать вывод, что в рассматриваемом помещении параметры микроклимата соответствуют нормам СанПиН. Допустимый уровень микроклимата помещения обеспечивается системой водяного центрального отопления и естественной вентиляцией.

Освещение – использование световой энергии солнца и искусственных источников света для обеспечения зрительного восприятия окружающего мира. Согласно санитарно-гигиеническим требованиям рабочее место с ПЭВМ должно освещаться комбинированным освещением. Естественное освещение поступает в помещение через одно окно в светлое время суток. Искусственное обеспечивается за счет люминесцентных ламп типа ЛБ [16].

Нормирование освещенности производится в соответствии со СНИП-23-05-95. Различают три вида освещения — естественное, искусственное и комбинированное. Естественное освещение обуславливается световым потоком прямых солнечных лучей и диффузионным светом неба, т. е. многократным отражением солнечных лучей от мельчайших взвешенных в атмосфере частиц пыли и воды. Величина такого освещения изменяется как в течение года, так и в течение суток. Изменения в течение суток зависят от географических

координат, расположения других зданий, месторасположения объекта, времени суток, прозрачности воздуха, облачности и других характеристик окружающей среды. Искусственное освещение обеспечивается электрическими источниками света. Оно применяется в темное время суток, а также днем, при недостаточном естественном освещении. Рациональное освещение имеет большое значение для высокопроизводительной и безопасной работы. В соответствии с задачами зрительной работы компьютерная лаборатория относится к первой группе, т. е. помещение, в котором производится различение объектов зрительной работы при фиксированном направлении линии зрения. Нормированное значение освещённости рабочей поверхности для данной группы помещений составляет 500лк. Это значение достигается применением совместного освещения, т. е. недостаточное естественное (через оконные проёмы) дополняется искусственным (с помощью люминесцентных ламп).

В помещении используется комбинированное освещение — искусственное и естественное. Естественное освещение проникает в помещение через окна, но коэффициент естественного освещения не соответствует норме, поэтому применяется искусственное освещение. Так как работа с компьютером при плохом освещении вызывает излишнее напряжение глаз, ведет к усталости всего организма и, в конечном счете, к ухудшению зрения, для обеспечения требуемого освещения произведем расчет искусственной освещенности. Искусственное освещение устраивается во всех основных и вспомогательных

Для того, чтобы естественное освещение удовлетворяло Сан. ПИН 2.2.2. 542 – 96, достаточно, чтобы площадь световых проемов помещения соответствовало  $1/6 - 1/8$  от площади пола.

Для обеспечения общего равномерного освещения в помещении используются светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1227 мм, ширина – 265 мм.

Помещение имеет следующие размеры: длина комнаты  $a = 5$  м, ширина  $b = 3$  м, высота  $h = 2,8$  м, количество окон – 1. Размеры светопроема в данном

помещении: ширина  $b_o = 1,5\text{м}$ , высота  $h_o = 1,5\text{м}$ . Площадь пола  $S_n = ab = 15\text{м}^2$ .  
Площадь светопроемов  $S_{ok} = 0,9b_o h_o = 2,025\text{ м}^2$ . Соотношение площади светопроемов к площади пола

$$\frac{S_{ok}}{S_n} = \frac{2,025}{15} = 0,135,$$

что соответствует санитарным нормам.

Искусственное освещение создается люминесцентными лампами типа ЛБ, в количестве 5 штук.

Проверочный расчет существующей искусственной освещенности проведем методом коэффициента использования. Сначала определяется индекс помещения ( $i$ ):

$$i = \frac{S}{(a+b)h_l}, \quad (55)$$

где  $S$  – площадь помещения,  $h_l$  – расчетная высота подвеса светильника, м,  $a$  и  $b$  – длина и ширина помещения, м.

Высота подвеса светильника  $h_l$  определяется как расстояние от светильника до рабочей поверхности. Рабочая поверхность имеет высоту 0,75м.

Соответственно  $h_l = h - 0,75 = 2,05\text{м}$ . Следовательно  $i = \frac{15}{8 \cdot 2,05} = 0,91$ .

Световой поток лампы определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (56)$$

где  $E_n$  – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05-95, лк;  $S$  – площадь освещаемого помещения,  $\text{м}^2$ ;  $K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение;  $Z$  – коэффициент неравномерности освещения, отношение  $E_{cp} / E_{min}$ . Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1;  $N$  – число ламп в помещении;  $\eta$  – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от

индекса помещения  $i$ , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью  $h$  и коэффициентов отражения стен  $\rho_c$  и потолка  $\rho_n$ .

Данное помещение со средним выделением пыли, поэтому  $K_3 = 1,8$ ; состояние потолка – свежепобеленный, поэтому  $\rho_n = 70$ ; состояние стен – побеленные бетонные стены, поэтому  $\rho_c = 50$ . Коэффициент использования светового потока, учитывая индекс помещения  $\eta = 33$ . Нормируемая минимальная освещенность, согласно табл.4 при использовании ЭВМ и одновременной работе с документами должна быть равна 300лк.

$$\Phi = \frac{300 * 15 * 1,8 * 1,1}{0,33 * 10} = 2700 \text{ Лм}$$

Для люминесцентных ламп с мощностью 40Вт и напряжением сети 220В, со стандартный световой поток ЛТБ равен 2850 Лм.

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{л.станд} - \Phi_{л.расч}}{\Phi_{л.станд}} 100\% \leq +20\%$$

$$-10\% < 5,26\% < 20\%$$

Согласно полученным результатам анализа освещенности помещения, данная система освещения удовлетворяет нормативным требованиям.

Таблица 37 – Параметры систем естественного и искусственного освещения на рабочих местах

Наименование рабочего места Тип светильника и источника света	Наименование рабочего места Тип светильника и источника света	Коэффициент естественной освещенности, КЕО, %		Освещенность при совмещенной системе, лк	
		Фактически	Нормативное значение	фактически	Нормативное значение
1	2	3	4	5	6
Кабинеты, рабочие комнаты, офисы, представительства Люминесцентные лампы типа ЛБ	Кабинеты, рабочие комнаты, офисы, представительства Люминесцентные лампы типа ЛБ	3,1	3,0	455	400



### 4.3 Электробезопасность и пожарная безопасность

Основными причинами воздействия тока на человека являются: случайные проникновения или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям; появление напряжения на металлических частях оборудования в результате повреждения изоляции и т.д. [19]

Поражающее действие электрического тока зависит от значения и длительности протекания тока через тело человека, рода и частоты тока, места протекания тока, индивидуальных свойств человека. Наиболее опасным для человека является переменный ток с частотой 20 – 100 Гц. Опасной величиной тока является ток, равный 0,001 А, а смертельной 0,1 А. Также исход электропоражения зависит от состояния внешней среды. Могут быть следующие виды воздействий:

- термическое (ожог);
- электрическое;
- механическое (электрометаллизация);
- биологическое (паралич мышц, электрический удар).

Устанавливает предельно допустимые уровни (ПДУ) напряжений и токов ГОСТ 12.1.038 – 82.

Выделяют следующие классы помещений по степени опасности поражения людей электрическим током:

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.
2. Помещения с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:
  - a. сырости (влажность более 75 %) или токопроводящей пыли;
  - b. токопроводящих полов (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.);
  - c. высокой температуры (выше 35 °С);
  - d. возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим

аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

3. Особо опасные помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

а. особой сырости;

б. химически активной или органической среды;

в. одновременно двух или более условий повышенной опасности.

4. Территории размещения наружных электроустановок. В отношении опасности поражения людей электрическим током эти территории приравниваются к особо опасным помещениям.

Помещение, в котором производилась дипломная работа, относится к помещениям первого класса, так как там отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность, , вследствие этого к оборудованию предъявляются следующие требования:

–экран видеомонитора должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя (расстояния от источника);

–защитное заземление — это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Здание, где был разработан дипломный проект, построено из кирпича. Помещение снабжено противопожарной защитой, направленной на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара и ограничения материального ущерба от него.

Пожары представляют особую опасность, так как сопряжены с большими материальными потерями.

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

а) халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);

б) самовоспламенение и самовозгорание веществ.

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

При эксплуатации ЭВМ возможны возникновения такие аварийных ситуации, как короткое замыкание, перегрузки, повышение переходных сопротивлений в электрических контактах, перенапряжение, возникновение токов утечки.

При возникновении аварийных ситуаций происходит резкое выделение тепловой энергии, которая может явиться причиной возникновения пожара.

Мероприятия по пожарной безопасности делятся на пожарную профилактику и тушение пожаров.

Меры пожарной профилактики следующие могут быть следующие:

- строительно-планировочные;
- технические;
- организационные.

Пожароопасными помещениями называют помещения или наружные установки, в которых применяют или хранят горючие вещества.

Классификация зданий, сооружений и помещений по пожарной и взрывопожарной опасности:

Категория А - производства, связанные с применением веществ, воспламенение или взрыв которых может последовать в результате воздействия воды или кислорода воздуха, жидкостей, с температурой вспышки паров 28 °С и ниже; горючих газов, нижний предел взрываемости которых менее 10% к объему воздуха; при применении этих газов и жидкостей в количествах, которые могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси.

Категория Б - производства, связанные с применением жидкости с температурой вспышки паров 28 ... 120°С и горючих газов, нижний предел взрываемости которых более 10% к объему воздуха, применением этих газов и жидкостей в количествах, которые могут образовать с воздухом взрывоопасные

смеси, а также производства, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие волокна или пыль в таком количестве, что они могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси.

Категория В - производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов, а также жидкостей с температурой вспышки паров выше 120°C.

Категория Г - производства, связанные с обработкой несгораемых веществ и материалов в горячем, раскаленном или расплавленном состояниях, сопровождающиеся выделением лучистого тепла, систематическим выделением искр и пламени, а также производства, связанные со сжиганием твердого, жидкого и газообразного топлива.

Категория Д - производства, связанные с обработкой несгораемых веществ и материалов в холодном состоянии.

Помещение, в котором производилась данная работа, можно отнести к категории Д, так как оно является наименее опасным с точки зрения возникновения взрывопожароопасных ситуаций.

Огнетушители являются самым эффективным средством первичного пожаротушения. Огнетушитель — переносное или передвижное устройство для тушения очагов пожара за счет выпуска запасенного огнетушащего вещества.

Наиболее распространены ручные огнетушители:

- химические пенные ОХП-10 – заполнены составом щелочей и кислот;
- углекислотные ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8 – заполнены сжиженным диоксидом углерода;
- углекислотные бромэтиловые ОУБ-3, ОУБ-7;
- порошковые ОПС-10 – применяются для предотвращения горения щелочных металлов и электрооборудования.

План эвакуации — документ, в котором указаны эвакуационные пути и выходы, установлены правила поведения людей, а также порядок и последовательность действий обслуживающего персонала на объекте при возникновении чрезвычайной ситуации (приложение ).

#### 4.4 Чрезвычайные ситуации

Чрезвычайными ситуациями (ЧС) принято называть обстоятельства, возникающие в результате стихийных бедствий (природные ЧС), аварий и катастроф в промышленности и на транспорте (техногенные ЧС), экологических катастроф, диверсий или факторов военного, социального и политического характера, которые заключаются в резком отклонении от нормы протекающих явлений и процессов и оказывают значительное воздействие на жизнедеятельность людей, экономику, социальную сферу или природную среду [15].

Стихийные бедствия часто приводят к авариям и катастрофам в промышленности, на транспорте, в коммунально-энергетическом хозяйстве и других сферах деятельности человека.

Авария – это повреждение машины, станка, установки, поточной линии, системы энергоснабжения, оборудования, транспортного средства, здания, сооружения. На промышленных предприятиях они, как правило, сопровождаются взрывами, пожарами, обрушениями, выбросом или разливом аварийно - химически опасных веществ (АХОВ). Эти происшествия не столь значительны, без серьезных человеческих жертв.

Экологическая катастрофа – стихийное бедствие, крупная производственная или транспортная авария (катастрофа), которые привели к чрезвычайно неблагоприятным изменениям в среде обитания, как правило, к массовой гибели живых существ и значительному экономическому ущербу.

Диверсия — скрытные, но тщательно подготовленные специальные мероприятия диверсионно-разведывательных групп (ДРГ) или отдельных разведчиков — диверсантов — по выводу из строя наиболее важных объектов или их элементов путём подрыва, поджога, затопления, а также применением иных способов разрушения, не связанных с ведением боя для достижения цели.

Для предотвращения несанкционированного проникновения посторонних лиц на предприятие необходимо осуществление следующих мероприятий:

- 1) организация пропускной системы попадания на предприятие;
- 2) организация системы видеонаблюдения на предприятии;
- 3) соблюдение тайны о работниках предприятия;
- 4) издание (тиражирование) инструкций по охране труда;
- 5) наем охранной организации для контроля порядка на предприятии;
- 6) проведение семинаров, на которых сотрудники будут ознакомлены с тем, как вести себя в случае проникновения несанкционированных лиц на предприятие.
- 7) составление правил поведения на рабочем месте.

При работе во время такой природной чрезвычайной ситуации, как сильные морозы, предприятие должно проводить специальные мероприятия, что работники работали в комфортных для себя условиях. Для этого необходимо проводить следующие мероприятия:

- 1) оборудовать все рабочие помещения на предприятии специальными обогревателями;
- 2) предоставить перевозку сотрудников от дома до места работы и обратно;
- 3) хранить в аптечке специальные медицинские препараты, если в случае данной природной ЧС состояние сотрудников ухудшится;
- 4) проведение семинаров, на которых сотрудники будут ознакомлены с тем, как вести себя в случае возникновения сильных морозов;
- 5) установка бензоэлектростанции на предприятии;
- 6) сделать утепление стен с помощью теплоизолирующих материалов

#### 4.5 Нормативно-техническая документация

При написании данной главы был использован следующий перечень нормативно-технической документации:

- СанПиН 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»;
- СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах";
- СанПиН 2.2.4.1191-03 "Электромагнитные поля в производственных условиях";
- СанПиН 2.1.8/2.2.4.2490-09 "Изменения № 1 к СанПиН 2.2.4.1191-03 "Электромагнитные поля в производственных условиях";
- СН 2.2.4/2.1.8.562-96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. 2.1.8. Физические факторы окружающей природной среды. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы;
- СанПиН 2.2.4.548-96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 01.10.1996 № 21) и др.
- ГОСТ 12.1.003-83 «Допустимые уровни шумов в производственных помещениях»;
- ГОСТ 12.1.036-81 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях»;
- ГОСТ 12.1.013-78 «ССБТ. Строительство. Электробезопасность. Общие требования»;
- СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»;
- ГОСТ 12.1.038-82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов»;
- ГОСТ 12.1.004-91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования»;

## 4.6 Экологичность разрабатываемой темы

Вопрос об охране окружающей среды является актуальным и крайне важным в настоящее время, так как с каждым годом увеличивается количество веществ, загрязняющих окружающую среду.

В ходе данной работы были использованы следующие ресурсы:

1. электроэнергия для работы компьютера;
2. бумага.

При написании ВКР вредных выбросов в атмосферу, почву и водные источники не производилось, радиационного заражения не произошло, чрезвычайные ситуации не наблюдались, поэтому не оказывались существенные воздействия на окружающую среду, и никакого ущерба окружающей среде не было нанесено.

В связи с тем, что огромная масса информации содержится на бумажных носителях, **уничтожение бумаги** играет очень важную роль. Среди основных методов уничтожения, которые применяются на сегодняшний день для бумажных документов, следует отметить следующие:

1. Сжигание документов.
2. Шредирование.
3. Закапывание.
4. Химическая обработка.

Макулатура - отходы производства, переработки и потребления всех видов бумаги и картона, пригодных для дальнейшего использования в качестве волокнистого сырья. Макулатура можно использовать в качестве вторичного сырья при производстве бумаги (писчей, типографской и туалетной бумаги), тарного и упаковочного картона, а также кровельных, изоляционных и других строительных материалов. Использование макулатуры существенно экономит древесину.

Комплексная переработка электронной компьютерной техники имеет две цели: сбор и переработка материалов, в результате чего получается качественное вторсырье. Сведение к минимуму негативного воздействия на



окружающую среду путем качественной переработки опасных составляющих оборудования. Переработкой электронного лома могут заниматься лишь специализированные предприятия, поскольку она требует наличия определенного оборудования, а также лицензии. Благодаря современным разработкам утилизация офисной техники достигла высокого качества переработки. Естественно, это требует немалых затрат, но результаты оправдывают себя: до 80% вторичных ресурсов, полученных из оргтехники, можно вернуть в производственный оборот.

Переработка оргтехники, в том числе картриджей, включает в себя несколько этапов:

Первый этап - удаление всех опасных компонентов.

Второй этап - удаление всех крупные пластиковые части. В большинстве случаев эта операция также осуществляется вручную. Пластик сортируется в зависимости от типа и измельчается для того, чтобы в дальнейшем его можно было использовать повторно. Оставшиеся после разборки части отправляют в большой измельчитель, и все дальнейшие операции автоматизированы.

Третий этап - измельченные в гранулы остатки компьютеров подвергаются сортировке. Сначала с помощью магнитов извлекаются все железные части. В сухом остатке получается смесь пластика и меди.

#### **4.7 Выводы и рекомендации**

В данной главе были рассмотрены вопросы обеспечения безопасных, безвредных и пожароопасных условий труда, необходимых при написании дипломной работы. Были выделены факторы, оказывающие вредное и опасное влияние на студента в ходе написания работы.

В итоге было получено, что помещение, где писалась дипломная работа, является помещением без повышенной опасности по степени вероятности поражения электрическим током.

С точки зрения комфортности микроклимата рассматриваемого помещения есть смысл применять искусственную (механическую) вентиляцию (кондиционеры).

Рассматриваемое помещение с точки зрения пожарной безопасности также соответствует необходимым нормам.

## Заключение

В ходе работы были получены следующие результаты:

- 1) Сформированы временные ряды из логарифмических доходностей производных инструментов в исследуемый период. Получено, что все временные ряды не подчиняются нормальному распределению. Для трансформации исходного распределения к нормальному было применено преобразование Джонсона.
- 2) Построены линейные модели для исследуемых временных рядов. Модель для временного ряда GMKR – модель  $ARMA(1,2)$ , модель для временного ряда SBRF – модель  $ARMA(1,1)$ , модель для временного ряда GAZR – модель  $ARMA(3,2)$ , модель для временного ряда RTS – модель  $ARMA(2,2)$  Остатки полученных моделей подчиняются нормальному распределению, они являются не зависимыми между собой, что говорит об адекватности построенных моделей. В качестве альтернативных моделей были построены модели, являющиеся комбинацией модели  $ARMA+GARCH(1,1)$  моделей. Построенные модельные значения являются также нормально распределенными.
- 3) Для модельных значений было проведено обратное преобразование Джонсона, чтобы сравнить, как полученные модели описывают исследуемые временные ряды. Значение накопленной ошибки модели говорит в пользу модели  $ARMA+GARCH(1,1)$ . Для визуализации результатов моделирования были построены функции распределения для исходных логарифмических доходностей и модельных данных. В случае модели  $ARMA+GARCH(1,1)$  кривые также являются более близкими к друг другу. В результате, можно сказать, что альтернативные модели более точно описывают исследуемые временные ряды.

## Список публикаций студента

- 1.Бозняков Р. В. Определение качества модели временного ряда в зависимости от количества входных данных [Электронный ресурс] // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». Томск, 7-11 ноября 2016 г. – 2017 – Томск: Изд-во ТПУ. – Т. 1. – С.92-93. Режим доступа: [http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/36966/1/conference\\_tpu-2016-C04\\_V1\\_p110-112.pdf](http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/36966/1/conference_tpu-2016-C04_V1_p110-112.pdf)
- 2.Бозняков Р. В. Анализ, моделирование и прогнозирование остатков продукции на складе [Электронный ресурс] // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 2 т., Томск, 12-14 ноября 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - Т. 1 - С. 148-149. - Режим доступа: [http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2014/C04/V1/C04\\_V1.pdf](http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2014/C04/V1/C04_V1.pdf)
- 3.Бозняков Р. В. Анализ и математическое моделирование процесса изменения цен на примере акций ОАО ГАЗПРОМ [Электронный ресурс] // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник трудов XII Международной конференции студентов и молодых ученых, Томск, 21-24 апреля 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 660-662 - [http://science-persp.tpu.ru/Previous%20Materials/Konf\\_2015.pdf](http://science-persp.tpu.ru/Previous%20Materials/Konf_2015.pdf)
- 4.Voznyakov R. V. Modeling and forecasting of data on product balance in stock [Electronic resources] // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 2 т., Томск, 12-14 ноября 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - Т. 1 - С. 150-151. - Mode of access: [http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2014/C04/V1/C04\\_V1.pdf](http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2014/C04/V1/C04_V1.pdf)
- 5.Бозняков Р. В. Исследование временного ряда, составленного из цен акций ОАО НК «Роснефть» [Электронный ресурс] // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник научных трудов XIII Международной

конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 26-29 Апреля 2016. - Томск: ТПУ, 2016 - Т. 3. Математика - С. 27-29 - [http://science-persp.tpu.ru/Arch/Proceedings\\_2016\\_vol\\_3.pdf](http://science-persp.tpu.ru/Arch/Proceedings_2016_vol_3.pdf)

6.Бозняков Р. В. Методика построения линейных моделей для временных рядов с возможностью получения прогноза [Электронный ресурс] // Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине: сборник тезисов докладов VII Международной научно-практической конференции, Томск, 3-6 Июня 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 90

### Список используемой литературы

1. Тюкавкин Н.М. Российский рынок деривативов // Вестник Самарского государственного университета – 2014. – № 8. – С. 150-155.
2. Павлова Е. В. Сущность производных финансовых инструментов // Вектор науки Тольяттинского государственного университета – 2011.. – № 3. – С. 214-217.
3. Эконометрика: лабораторный практикум: учебное пособие / Н.И. Шанченко. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 117 с.
4. Трегуб А.В., Трегуб И.В. Методика построения модели ARIMA для прогнозирования динамики временных рядов // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2011. – № 5. – С. 179-183.
5. О. А. Подкорытова, М. В. Соколов. Анализ временных рядов. – М. : Издательство Юрайт, 2016. – 266 с.
6. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 816 с.
7. R.H. Shumway, D. S. Stoffer (2010) Time Series Analysis and Its Applications With R Examples. NY Springer. 596 p.
8. Davari-Ardakani H., Aminnayeri M., Seifi A. (2016) Multistage portfolio optimization with stocks and options // International Transactions in Operational Research 23(3) 593–622.
9. Davari-Ardakani H., Aminnayeri M., Seifi A. (2014) A study on modeling the dynamics of statistically dependent returns // Physica A 405 (2014) 35–51.
10. S.T. Rachev, C. Menn, F.J. Fabozzi (2005) Fat-Tailed and Skewed Asset Return Distributions: Implications for Risk Management, Portfolio Selection, and Option Pricing. New Jersey: John Wiley & Sons. P. 369.
11. Norizan M., Maizah Hura A., Zuhaimy I. Short Term Load Forecasting Using Double Seasonal ARIMA Model // Regional Conference on Statistical Sciences, Malaysia, Kelantan, 2010. P. 57 – 73.

12. Васильев В.С.Балонишников А.М., Балонишникова В.А., Копыльцова А.В. Прогнозирование временных рядов методами Фармера-Сидоровича и Бокса-Дженкинса // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена– 2011. – № 141. – С. 7-15.
13. Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.
14. Рыжакина Т.Г. Бизнес-планирование: Методические указания по выполнению курсовой работы по курсу «Управление и организация производством». – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 38 с.
15. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд- во Юрайт, 2013. – 671с.
16. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. – М.: Минстрой России, 1995.
17. СанПиН 2.2.4.1191 – 03. Электромагнитные поля в производственных условиях. – М.: Минздрав России, 2003.
18. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки. – М.: Минздрав России, 1996.
19. ГОСТ 12.1.019 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1979.
20. Трудовой кодекс Российской Федерации. – М.: Юрайт-М. 2002. – 168 с.
21. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергоатом-издат, 1982. – 800 с.
22. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1988
23. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов /Под ред. К.З. Ушакова. – М.: Изд-во Московского гос. горного университета, 2005. – 430 с

## Приложение А


### Chapter 1

#### Modeling of joint dynamic behavior of derivatives logarithmic returns

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0ВМ51	Бозняков Роман Валерьевич		

Консультант кафедры ИЯ ФТИ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры ИЯ ФТИ	Зяблова Наталия Николаевна	к.ф.н.		



## Приложение А.

### Chapter 1

#### Modeling of joint dynamic behavior of derivatives logarithmic returns

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0BM51	Бозняков Роман Валерьевич		

Консультант кафедры ИЯ ФТИ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры ИЯ ФТИ	Зяблова Наталия Николаевна	к.ф.н.		

## 1 Theoretical part

### 1.1 Basic concepts. Types and structure of time series

Time series is the sequence of observations, usually ordered in time. The main feature that distinguishes time series analysis among other types of analysis is the importance of the order in which observations are made [1].

There are two types of time series. The first type relates to a continuous time series, that is, a series in which time varies continuously. The second type is a discrete time series, in which time is fixed through a fixed time interval. In the sequel, discrete series [2] will be considered.

Discrete time series are obtained in two ways:

- sampling from continuous time series through regular intervals, such time series are called moment series;
- accumulation of a variable for a certain period of time, in this case, time series are called interval.

In econometrics, it is customary to model the time series as a random process, also called stochastic [2].

A stochastic process is a random function  $X(t)$  of a real argument  $t$ . In other words, if to each value of the argument  $t$  from a certain set  $\check{T}$  of real numbers the corresponding quantity  $X_t = X(t)$ , then the set of random variables  $\{X_t\}$  is a stochastic process. If the definition set  $\check{T}$  of the random function  $X(t)$  is discrete, that is,  $\check{T} = \{t_i\}$ , then the stochastic process is said to be discrete. The discrete stochastic process is a sequence of random variables  $X_t$ , corresponding to the time moments  $t_1, t_2, \dots, t_T, \dots$ [2].

The stochastic process is a stationary process in the broad (weak) sense if the mathematical expectation  $\mu_t$  and the variance  $\sigma_t^2$  do not depend on time (they are the same for all  $X_T$ ), and the autocovariance  $\gamma_{t_1 t_2}$  depends only on the lag  $\tau = t_2 - t_1$ , i. e.

$$\begin{aligned}\mu_t &= \mu = \text{const}; \\ \sigma_t^2 &= \sigma^2 = \text{const}; \\ \gamma_{t_1 t_2} &= \text{cov}(X_{t_1}, X_{t_2}) = E[(X_{t_1} - \mu)(X_{t_1 + \tau} - \mu)] = \gamma(\tau).\end{aligned}\tag{1}$$

"White noise" is a stationary stochastic process and plays an important role in modeling the remnants of the stochastic process in regression equations [4].

The dependence of the autocovariance  $\gamma_\tau = \gamma(\tau)$  on the length of the lag  $\tau$  is called the autocovariance function. At  $\tau = 0$ , its value is equal to the variance, that is,  $\gamma_0 = \gamma(\tau) = \sigma^2$  [4].

The ratio of the autocovariance  $\gamma_\tau = \gamma(\tau)$  to the variance  $\sigma^2 = \gamma_0$  is called the autocorrelation function of the stationary stochastic process:

$$\rho_t = \frac{\gamma_\tau}{\gamma_0}, \quad (2)$$

with  $-1 \leq \rho_t \leq 1$ .

To the stationary stochastic process  $X_t$  there corresponds a stationary time series  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .

The signs of stationarity of the time series are the absence of a tendency and a periodic component. Also they include systematic changes in the amplitude of the oscillations and systematically changing interdependencies between the elements of the series [4].

## 1.2 Linear models of stationary time series

An autoregressive process of order  $p$  (denoted by AR ( $p$ )) is the stochastic process  $X_t$  defined by

$$X_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{t-1} + \alpha_2 X_{t-2} + \dots + \alpha_p X_{t-p} + \varepsilon_t, \quad (3)$$

where  $\varepsilon_t$  – a process of the type "white noise" with  $\mu_\varepsilon = 0$ . The free term  $\alpha_0$  is often equated to zero (centered processes are considered, whose average level is zero) [7].

In moving average models, the average current value of a stationary stochastic process is represented as a linear combination of the current and past error values  $\varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}, \dots, \varepsilon_{t-p}$ , which has the properties of "white noise" [8]. A moving average process of order  $q$  (denoted by MA ( $q$ )) is the stochastic process  $X_t$  defined by

$$X_t = \varepsilon_t - \beta_1 \varepsilon_{t-1} - \beta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \beta_q \varepsilon_{t-q}, \quad (4)$$

where  $\varepsilon_t$  – a process of the type "white noise" with  $\mu_\varepsilon = 0, \sigma_\varepsilon^2 = \sigma^2$ .

The process MA ( $q$ ) has the following properties:

$$E[X_t]=0; \quad (5)$$

$$D[X_t]=\sigma^2 \sum_{i=0}^q \beta_i^2 . \quad (6)$$

According to these properties, the mean value, variance and covariance do not depend on time, so the process MA is stationary in a broad sense.

The combination of autoregression and moving average processes of  $p$  and  $q$ , respectively, is called the autoregressive moving average process (ARMA ( $p, q$ )). The ARMA model ( $p, q$ ) has the following form:

$$X_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{t-1} + \alpha_2 X_{t-2} + \dots + \alpha_p X_{t-p} + \varepsilon_t - \beta_1 \varepsilon_{t-1} - \beta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \beta_q \varepsilon_{t-q}. \quad (7)$$

The using of ARMA-processes allows building more compact models of real time series in comparison with similar in behavior AR or MA-processes.

The AR-process is stationary only in the case when the complex solutions (roots) of its characteristic equation

$$1 - \alpha_1 z - \alpha_2 z^2 - \dots - \alpha_p z^p = 0 \quad (8)$$

lie outside the unit circle, that is,  $|z| > 1$  ( $z$  is a complex number).

Processes for which  $|z| > 1$ , are called the processes of the unit root and are non-stationary. For the process AR(1)  $X_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{t-1} + \varepsilon_t$  the characteristic equation has the form  $1 - \alpha_1 z = 0$ .

Inequality  $|z| > 1$  is satisfied if  $|\alpha_1| < 1$ . Therefore, the relation  $|\alpha_1| < 1$  is the stationarity condition of the process AR(1).

A unit root is a concept that is used in the analysis of time series. This concept characterizes the property of certain non-stationary series. The name is due to the fact that the so-called characteristic equation (or characteristic polynomial) of the autoregressive model of the time series has roots equal in modulus to unity. The presence of unit roots in the autoregression model of the time series is equivalent to the concept of the integration of the time series.

### 1.3 Autocorrelation (ACF) и partial autocorrelation function function (PACF)

If there is a trend in the time series and cyclical fluctuations, the values of each subsequent level depend on the previous ones.

Correlation between successive levels of the time series is called autocorrelation of the levels of the series [10].

Quantitatively, it can be measured using a linear correlation coefficient between the levels of the original time series and the levels of this series, shifted by several steps in time. The correlation coefficient has the form:

$$\rho_t = \frac{\gamma_\tau}{\gamma_0} = \frac{E [(X_{t_1} - \mu)(X_{t_1+\tau} - \mu)]}{\gamma_0}. \quad (8)$$

The number of periods by which the coefficient of autocorrelation is calculated is called the lag. With the increase in lag, the number of pairs of values by which the coefficient of autocorrelation is calculated decreases. Some authors consider it appropriate to use the rule to ensure the statistical reliability of the correlation coefficients - the maximum lag should not be greater than  $(n / 4)$ .

It is necessary to note two important properties of the coefficient of autocorrelation.

First, it is constructed by analogy with the linear correlation coefficient and thus characterizes the tightness of only the linear (or near-linear) connection of the current and previous levels of the series. For some time series having a strong non-linear tendency (for example, a second-order parabola or an exponential), the autocorrelation coefficient of the levels of the original series can approach zero.

Secondly, the sign of the coefficient of autocorrelation can't make a conclusion about an increasing or decreasing trend in the levels of the series.

The sequence of autocorrelation coefficients of levels of the first, second, etc. orders is called the autocorrelation function of the time series (ACF). The graph of the dependence of its values on the value of the lag on is called the correlogram [10].

To identify the model of a stationary time series, that is, to determine the type and order of the process, the following properties of the autocorrelation function can be used:

a) For the AR ( $p$ ) process, the correlogram is a mixture of an exponential curve and a sinusoid.

B) For the process MA ( $q$ ) only the first  $q$  autocorrelation coefficients are significantly different from zero.

Important information on the structure of the model of a stationary stochastic process can be obtained using a particular autocorrelation function.

Consider the approximation AR ( $k$ ) of a stationary stochastic process  $X_t$ :

$$X_t = \alpha_{0k} + \alpha_{1k}X_{t-1}^{(k)} + \alpha_{2k}X_{t-2}^{(k)} \dots + \alpha_{kk}X_{t-k}^{(k)} + \varepsilon_t . \quad (9)$$

The coefficient  $\alpha_{kk}$  is called the coefficient of partial autocorrelation  $X_t$  for the lag value  $k$ .

A series  $\rho_{part}(k) = \alpha_{kk}$  with different  $k$  is called a partial autocorrelation function (PAKF).

For the AR ( $p$ ) process, the values of the partial autocorrelation function  $\rho_{part}(\tau)$  are zero for the value of the lag  $\tau > p$ .

For processes MA ( $q$ ), the values of the partial autocorrelation function decrease exponentially with the value of the lag  $q$ .

As the value of the partial autocorrelation function  $\rho_{part}(k)$  for a given value of the lag  $k$  the estimation of the coefficient  $\alpha_{kk}$  of the AR( $k$ ) model obtained with the help of OLS estimation can be used.

#### 1.4 Non-stationary time series. Model ARIMA( $p, d, q$ )

A sign of an unsteady stochastic process is the violation of one of the stationarity conditions. The concrete realization of an unsteady stochastic process is a non-stationary time series. Let us consider an autoregression process of the first order, determined by the model

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (10)$$

where  $\varepsilon_t$  – a process of "white noise" type with  $\mu_\varepsilon = 0$ .

For  $|\alpha_1| < 1$  the random process  $Y_t$  will be stationary. The process for  $\alpha_1 = 1$   $Y_t = \alpha_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$  is nonstationary and is called a "random walk". Such nonstationary processes are called unit root processes [8].

The average of the process  $Y_t$  is constant  $E(Y_t) = E(Y_{t-1}) + E(\varepsilon_t) = \mu = \text{const}$ , and the variance  $\text{var}(Y_t) = t\sigma^2$  increases indefinitely with time. The first differences  $\Delta Y_t$  are the "white noise"  $\varepsilon_t$  and are stationary:

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} = \varepsilon_t. \quad (11)$$

As practice shows, non-stationary time series considered in econometric studies most often refer precisely to this type and the problem of detecting nonstationarity of the time series reduces to testing  $\alpha_1 = 1$  in the model. The corresponding tests are called "single root tests".

For practice, so-called integrable nonstationary processes are of great interest. These are processes for which by means of a consistent application of the operation of taking successive differences from non-stationary time series one can obtain stationary series. The successive differences of the stochastic process are determined by the relations:

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} - (12) \text{ – first consecutive differences;}$$

$$\Delta^2 Y_t = \Delta Y_t - \Delta Y_{t-1} - (13) \text{ – second consecutive differences.}$$

If the first differences of the non-stationary series  $Y_t$  are stationary, then the series  $Y_t$  is called first-order integrable. A stationary time series is said to be integrable of order zero [9].



If the first differences of the non-stationary series are non-stationary, and the second differences are stationary, then the series  $Y_t$  is said to be integrable of the second order. If the first stationary series is obtained after  $k$ -fold taking of the differences, then the series  $Y_t$  is called integrable of order  $k$ .

Consider an unstable process  $X_t$  that is integrable of order  $d$ . If, in addition, the process  $Y_t = \Delta^d X_t$ , composed of the first differences of the  $d$ -order of the initial process, is the ARMA process  $(p, q)$ , that is,

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1} + \alpha_2 Y_{t-2} + \dots + \alpha_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \beta_1 \varepsilon_{t-1} - \beta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \beta_q \varepsilon_{t-q}, \quad (14)$$

then  $X_t$  is called the ARIMA process  $(p, d, q)$ . In practice, the free term  $\alpha_0$  is often omitted (equals zero) [1].

The main problem in the analysis of time series is to determine the order of the ARIMA model  $(p, d, q)$ .

It is necessary to estimate three basic parameters:  $d$  – the order of integrability, the order  $p$  of the component AR, and the order  $q$  of the component MA. For economic time series, the parameter  $d$  is usually 1, and the values 0 or 2 are also possible. In determining the parameters  $p$  and  $q$ , the characteristics of the autocorrelation function (ACF) and the partial autocorrelation function (CACF) are used. In this case, preference is given to models with the smallest number of parameters [10].

## 1.5 ARCH/GARCH models

Autoregressive conditional Heteroscedasticity (ARCH) is an econometrics model used to analyze time series (primarily financial) in which the conditional (by past values of the series) variance of a series depends on past values of the series, past values of these variances, and other factors. These models are designed to "explain" the clustering of volatility in financial markets, when periods of high volatility last for a while, followed by periods of low volatility, with average (long-term, unconditional) volatility being relatively stable [7].

The ARCH models were first proposed by Angle in 1982. Already in 1986, Bollerslev proposed a generalization of these models (GARCH). In the future, various authors proposed other versions of models of this type that take into account certain features.

Let the time series  $U_t$  be the following process:

$$u_t = \varepsilon_t \sqrt{\alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2}, \quad (15)$$

where  $\varepsilon_t$  – «white noise».

Then both the conditional and unconditional mathematical expectation of this process will be zero. The conditional variance of this process will be:

$$\sigma_t^2 = V(u_t | u_{t-1}, \dots, u_{t-p}) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2 \quad (16)$$

Such a conditional dispersion model is called the ARCH ( $q$ ) model. To prevent negative dispersion values, it is assumed that all the coefficients of the model are nonnegative, and the constant is strictly positive. If this process is stationary, then the unconditional variance is constant and is, obviously,

$$\sigma^2 = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1 - \sum_{i=1}^q \alpha_i} \quad (17)$$

The necessary condition for stationarity is the sum of the coefficients of the model (without a constant) is strictly less than one. If the sum of the coefficients is one, we have an integrated ARCH (non-stationary).

ARCH processes are characterized by a positive kurtosis ("thick tails"). For example, for the ARCH(1) process, the shift from the excess of the normal distribution is  $6\alpha_1^2 / 1 - 3\alpha_1^2$ , if  $3\alpha_1^2 < 1/\sqrt{3}$ .

Estimation of the parameters of the ARCH ( $q$ ) model can be performed with the help of a conventional OLS [5].

ARCH-model assumes the dependence of the conditional dispersion only on the squares of the past values of the time series. Generalize this model by assuming that the conditional variance also depends on the past values of the conditional variance itself. This is the so-called generalized ARCH (Generalized ARCH - GARCH). In this case GARCH( $p, q$ ) model (where  $p$  - the order of the GARCH terms  $\sigma_t^2$  and  $q$  - the order of ARCH-terms  $u_t^2$ ) is described as follows [8]:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^q \beta_i \sigma_{t-i}^2. \quad (18)$$

The necessary condition for stationarity is  $\sum_{i=1}^q \alpha_i + \sum_{i=1}^q \beta_i < 1$ . The unconditional dispersion of the stationary GARCH ( $p, q$ ) process will be constant and equal to

$$\sigma^2 = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{1 - \sum_{i=1}^q \beta_i - \sum_{i=1}^q \alpha_i}. \quad (19)$$

If the sum of the coefficients is one, then we have an integrated GARCH-IGARCH, whose unconditional variance is infinite.

## 1.6 Transformation of Johnson

Johnson proposed using curves obtained by transforming the density of a normal distribution to approximate empirical distributions. Let  $x$  is a random variable for which the Johnson distribution is chosen. In the general case, the Johnson transform has the form:

$$z = \gamma + \eta f(x; \varepsilon; \lambda), \quad \eta > 0, \quad \lambda > 0, \quad -\infty < \gamma < \infty, \quad -\infty < \varepsilon < \infty, \quad (20)$$

where  $\gamma, \eta, \lambda, \varepsilon$  — the Johnson distribution parameters;  $f(\dots)$  — an arbitrary function;  $z$  — a random variable having a standard normal distribution.

Johnson proposed three forms of functional transformation:

$$f_1(x; \varepsilon; \lambda) = \ln\left(\frac{x-\varepsilon}{\lambda}\right), \quad x \geq \varepsilon; \quad (21)$$

$$f_2(x; \varepsilon; \lambda) = \ln\left(\frac{x-\varepsilon}{\lambda+\varepsilon-x}\right), \quad \varepsilon \leq x \leq \lambda + \varepsilon; \quad (22)$$

$$f_3(x; \varepsilon; \lambda) = \text{Arsh}\left(\frac{x-\varepsilon}{\lambda}\right), \quad -\infty < x < \infty. \quad (23)$$

They correspond to the families of the curves  $S_B, S_L$  и  $S_U$  of Johnson.

The selection of the Johnson distribution curves from experimental data is carried out in two stages. First, it is determined which of the three families of distributions is acceptable. Further it's necessary to estimate the parameters of the chosen family ( $S_B, S_L$  and  $S_U$ ).

To decide which distribution of the three Johnson distribution families should be used to describe the experimental data, calculate the empirical estimates of the third ( $\alpha_3$ ) and fourth ( $\alpha_4$ ) moments.

$$\hat{\alpha}_3 = \frac{1}{ns^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3; \quad (24)$$

$$\hat{\alpha}_4 = \frac{1}{ns^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4, \quad (25)$$

where  $s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ .

Next, we recommend the following approximate procedure for choosing the type of distribution:

if  $\hat{\alpha}_4 > 3(1 + 0,641\hat{\alpha}_3^2)$  — the family  $S_U$  is chosen;

if  $\hat{\alpha}_4 > 3(1 + 0,641\hat{\alpha}_3^2)$  —the family  $S_L$  is chosen;

if  $\hat{\alpha}_4 > 3(1 + 0,641\hat{\alpha}_3^2)$  —the family  $S_B$  is chosen.

### 1.6.1 The Johnson distribution family $S_L$

The Johnson distribution density of the family  $S_L$  has the form:

$$f_1(x) = \frac{\eta}{\sqrt{2\pi}(x-\varepsilon)} \exp\left\{\frac{1}{2}\eta^2 \left[\frac{\bar{\gamma}}{\eta} + \ln(x-\varepsilon)\right]^2\right\}, \quad (26)$$

where  $\eta > 0$ ;  $-\infty < \bar{\gamma} = \gamma - \eta \ln \lambda < \infty$ ,  $-\infty < \varepsilon < \eta$ ,  $-\infty < \gamma < \infty$ ;  $\lambda > 0$  – distribution parameters and  $x \geq \varepsilon$ .

The distribution corresponding to the curve  $f_1(x)$  is logarithmically normal with the parameters  $\eta = \frac{1}{\sigma}$ ,  $\gamma = -\frac{\mu}{\sigma}$  and the position parameter  $\varepsilon$ , which determines the origin.

Consider two cases: the value of  $\varepsilon$  is known (set  $\varepsilon = 0$ ) and the value of the parameter is unknown. In the first case, we pass from the variable  $x$  to the variable  $\bar{x} = x - \varepsilon$ . Then the estimates of the parameters  $\eta$  and  $\bar{\gamma}$  have the form  $\bar{\eta} = \frac{1}{s}$  и  $\hat{\bar{\gamma}} = -\frac{m}{s}$ , where

$$m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i \quad (27)$$

$$s^2 = \frac{1}{n(n-1)} \left[ n \sum_{i=1}^n \ln^2 x_i - \left( \sum_{i=1}^n \ln x_i \right)^2 \right]. \quad (28)$$

If the value of  $\varepsilon$  is unknown, then the parameter estimates are found by the formulas:

$$\bar{\eta} = 1,645 \left[ \ln \left( \frac{x_{[0,95n]} - x_{[0,5n]}}{x_{[0,5n]} - x_{[0,05n]}} \right) \right]^{-1} \quad (29)$$

$$\hat{\bar{\gamma}} = \bar{\eta} \ln \left[ \frac{1 - \exp\left(-\frac{1,645}{\bar{\eta}}\right)}{x_{[0,5n]} - x_{[0,05n]}} \right] \quad (30)$$

$$\hat{\varepsilon} = x_{[0,5n]} - \exp\left(-\frac{\hat{\bar{\gamma}}}{\bar{\eta}}\right), \quad (31)$$

where  $x_{[\beta]}$  – ordinal statistics of the empirical distribution with number  $\beta$ .

It is recommended first to find the quantiles of the distribution of the random variable  $\ln x$  with the help of tables (or formulas) of the standard normal distribution, and then go to the quantiles of the initial random variable  $x$ .

### 1.6.2 The Johnson distribution family $S_B$

The equation for the distribution density of the curves of this family has the form:

$$f(x) = \frac{\eta}{\sqrt{2\pi}} \frac{\lambda}{(x-\varepsilon)(\lambda+\varepsilon-x)} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\gamma + \eta \ln\left(\frac{x-\varepsilon}{\lambda+\varepsilon-x}\right)^2\right]\right\}, \quad \varepsilon \leq x \leq \lambda + \varepsilon \quad (32)$$

where  $\eta > 0$ ,  $\lambda > 0$ ,  $-\infty < \gamma < \infty$ ,  $-\infty < \varepsilon < \infty$  – distribution parameters.

A random variable  $x$  having a distribution from the family  $S_B$ . Johnson, is bounded by the limits  $\varepsilon$  and  $\lambda + \varepsilon$ .

There are three possible cases:

- both limits  $\varepsilon$  и  $\lambda + \varepsilon$  are known (for example, if the random quantity is the fraction of defective items in the lot, obviously enclosed between 0 and 1);
- one limit is known (for example, if  $x$  is the product's durability, then  $\tau = 0$ );
- both limits are unknown.

If both limits are known (the parameters  $\varepsilon$  and  $\lambda$  are known), then the parameter estimates  $\gamma$  and  $\eta$  are found by the formulas:

$$\bar{\eta} = \frac{u_{\alpha''} - u_{\alpha'}}{\ln\left[\frac{(x_{\alpha''} - \varepsilon)(\lambda + \varepsilon - x_{\alpha'})}{(x_{\alpha'} - \varepsilon)(\lambda + \varepsilon - x_{\alpha''})}\right]} \quad (33)$$

$$\hat{\gamma} = u_{\alpha''} - \ln\left(\frac{x_{\alpha''} - \varepsilon}{\lambda + \varepsilon - x_{\alpha''}}\right), \quad (34)$$

where  $u_{\alpha}$  - the  $\alpha$ -quantile of the standard normal distribution;  $x_{\alpha}$  - an empirical quantile [ $\alpha(n+1)$ ]-th ordered ascending member of the sample  $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$ . It is recommended to choose  $\alpha' = \alpha$ ,  $\alpha'' = 1 - \alpha$  and level  $\alpha = 0.05$ .

The quantiles of the approximating distribution  $u_{\alpha}^x$  can be expressed in terms of the quantiles of the standard normal distribution  $u_{\alpha}$  as follows:

$$u_{\alpha}^x = \frac{\varepsilon + (\lambda + \varepsilon) \exp\left(\frac{u_{\alpha} - \gamma}{\eta}\right)}{1 + \exp\left(\frac{u_{\alpha} - \gamma}{\eta}\right)}. \quad (35)$$

If only one extreme value of  $\varepsilon$  is known, then in addition to the estimates of  $\gamma$  and  $\eta$ , it is necessary to find the estimate of  $\lambda$  by the formula:

$$\hat{\lambda} = (\tilde{x} - \varepsilon) \frac{(\tilde{x} - \varepsilon)(x_{\alpha} - \varepsilon) + (\tilde{x} - \varepsilon)(x_{1-\alpha} - \varepsilon) - 2(x_{\alpha} - \varepsilon)(x_{1-\alpha} - \varepsilon)}{(\tilde{x} - \varepsilon)^2 - (x_{\alpha} - \varepsilon)(x_{1-\alpha} - \varepsilon)}, \quad (36)$$

where  $\tilde{x}$  – the selective median of the series.

The parameters  $\gamma$  and  $\eta$  are found by the formulas for the case when both limits are known (instead of the parameter  $\lambda$ , its empirical estimate  $\hat{\lambda}$  is used). If the limits  $\varepsilon$  and  $\lambda + \varepsilon$  are unknown, then to find the parameter estimates it is necessary to solve numerically the system of four nonlinear equations:

$$u_{\alpha_i} = \gamma + \eta \ln \left( \frac{x_{\alpha_i} - \varepsilon}{\lambda + \varepsilon - x_{\alpha_i}} \right); i=1, 2, 3, 4, \quad (37)$$

where  $u_{\alpha_i}$  и  $x_{\alpha_i}$  — quantiles of the corresponding quantities.

### 1.6.3 The Johnson distribution family $S_U$

The equation of the distribution curves of the Johnson family  $S_U$  has the form:

$$f(x) = \frac{\eta}{\sqrt{2\pi}} \frac{\lambda}{\sqrt{(x-\varepsilon)^2 + \lambda^2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[ \gamma + \eta \ln \left\{ \frac{x-\varepsilon}{\lambda} + \left[ \frac{x-\varepsilon}{\lambda} \right]^2 \right\} \right]^2 \right\}, \quad (38)$$

where  $\eta > 0$ ,  $\lambda > 0$ ,  $-\infty < \gamma < \infty$ ,  $-\infty < \varepsilon < \infty$ ,  $-\infty < x < \infty$ .

A random variable having the Johnson distribution  $S_U$  is theoretically unlimited, and in the general case all four parameters  $\gamma$ ,  $\eta$ ,  $\lambda$ ,  $\varepsilon$  are unknown and should be estimated from the sample. To evaluate the parameters  $\gamma$  and  $\eta$ , a special table should be used, in which the estimates of these parameters for the Johnson distribution  $S_U$ . Preliminary it is necessary to calculate the estimates of  $\alpha_3$  and  $\alpha_4$ . The following estimates are then computed:

$$\hat{\lambda} = s \left\{ \frac{1}{2} (\omega - 1) \left[ \omega \operatorname{ch} \left( \frac{2\hat{\gamma}}{\eta} \right) + 1 \right] \right\}^{-\frac{1}{2}}, \quad \varepsilon = \bar{x} + \hat{\lambda} \sqrt{\omega} \operatorname{sh} \left( \frac{\hat{\gamma}}{\eta} \right), \quad \text{где } \omega = \exp \left( \frac{1}{\eta^2} \right). \quad (38)$$

The quantums  $u_{\alpha}^x$  of the empirical family  $S_U$  are expressed in terms of quantiles  $u_{\alpha}$  of the standard normal distribution using formula

$$u_{\alpha}^x = \varepsilon + \lambda \operatorname{sh} \left( \frac{u_{\alpha} - \gamma}{\eta} \right). \quad (39)$$



## 1.7 Main analysis criteria

**Information criterion Akaike (AIC)** is a criterion that is used exclusively for the selection of several statistical models. It was developed in 1971 [9].

In the general case, AIC:

$$AIC = 2k - 2\ln(L), \quad (40)$$

Where  $k$  is the number of parameters in the statistical model, and  $L$  is the maximized value of the likelihood function of the model. It is believed that model errors are normally and independently distributed. Let  $n$  be the number of observations and  $RSS$  the residual sum of squares. The  $RSS$  value is calculated using the following formula:

$$RSS = \sum_{i=1}^n \widehat{\varepsilon}_i^2, \quad (41)$$

It is further assumed that the variance of model errors is unknown, but is the same for all of them. Consequently:

$$AIC = 2k + n[\ln(2\pi RSS/n) + 1]. \quad (42)$$

In the case of comparing models on samples of the same length, the expression can be simplified by dropping terms depending only on  $n$ :

$$AIC = 2k + n[\ln(RSS)]. \quad (43)$$

Thus, the criterion not only rewards for the quality of approximation, but also penalizes the use of an excessive number of model parameters. It is believed that the best model will be the one with the lowest value of the AIC criterion.

**The Shapiro-Wilk criterion** is used to check the normality of the distribution of the sample and is one of the most effective criteria.

The Shapiro-Wilk criterion is based on the optimal linear unbiased estimate of variance to its usual estimate by the maximum likelihood method. The statistics of the criterion is:

$$W = \frac{b^2}{S^2}, \quad (44)$$

where  $S^2 = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$  and  $b^2 = \sum_{i=1}^k a_{n,i} (X_{(n-i+1)} - X_{(i)})$ .

The value of  $k$  in the last formula is defined as follows:  $k=n/2$  if  $n$  is even,  $k=(n-1)/2$ , if  $n$  is odd, and  $a_{n,i}$  are known constants.

To calculate the achieved level of significance, the following formula is used:

$$1-\Phi_{0,1}\left(\left|b_n+c_n \ln \left(\frac{W-d_n}{1-W}\right)\right|\right), \quad (45)$$

where  $\Phi_{0,1}$  – the standard normal distribution,,  $b_n, c_n, d_n$  – constants whose tabular values are known.

In the event that the achieved significance level is greater than 0.05, the hypothesis of the normality of the distribution of the sample is accepted.

**The Ljunga-Box criterion** is a statistical criterion for revealing the autocorrelation of time series.

In this test, two competing hypotheses are put forward:

$H_0$ : the values of the time series are statistically independent;

$H_1$ : the time series values are not independent.

Statistics are calculated using the following formula:

$$Q=n(n+2) \sum_{k=1}^m \frac{\widehat{\rho}_k^2}{n-k}, \quad (46)$$

where  $n$  - the length of the series,  $\rho_k$  - the autocorrelation of the  $k$ -th order,  $m$  - the number of checked lags.

If the achieved significance level is greater than 0.05, then the null hypothesis is assumed about the independence of the values of the time series.

**The Anderson-Darling criterion** is used to test the hypothesis whether a random quantity is subject to a certain theoretical distribution. The criterion is acceptable for a sample size  $n \geq 25$ . The test can be carried out for any kind of distribution if the distribution parameters are assumed to be known. Such a testable hypothesis is called simple.

With a simple Anderson-Darling criterion, statistics are calculated

$$A=-n-2 \sum_{i=1}^n \left\{W_i \ln(F(x_i)) + W_i \ln(1 - F(x_i))\right\}, \quad (47)$$

where  $F(x_i)$  – values of the assumed theoretical distribution function,  $W_i=(2i-1)/2n$ – accumulated frequency (empirical distribution function),  $i$  – the number of the element in the variational series.

The calculated value is compared with the tabulated value. If the calculated value is less than the table value ( $A_{cross} \leq A_{table}$ ), then there is no reason to discard

the hypothesis being tested, and the empirical distribution is considered to be a fairly well-modeled theoretical distribution having the distribution function  $F(x)$  with known parameters at a chosen significance level  $\alpha$ .

## Приложение Б. Матрица SWOT – анализа

<b>Внешняя среда</b>  <b>Внутренняя среда</b>	<p>Возможности:</p> <p>В1:Инвестирование со стороны сторонних организаций</p> <p>В2:Привлечение новых разработчиков</p> <p>В3:Привлечение клиентов</p> <p>В4:Возможность экономии времени</p>	<p>Угрозы:</p> <p>У1:Появление более передовых компьютерных программ</p> <p>У2:Появление конкурентов</p> <p>У3:Отсутствие спроса на данную разработку</p>
<p>Сильные стороны научно-исследовательской разработки:</p> <p>С1:Компетентные разработчики</p> <p>С2:Простота реализации</p> <p>С3:Быстрота реализации</p>	<p>Получение более совершенной и точной модели в кратчайшие сроки, позволяющей моделировать самые разные процессы с минимальной ошибкой.</p>	<p>1.Сокращение времени на реализацию разработки позволит выиграть в конкурентной борьбе.</p> <p>2.Наличие компетентных разработчиков позволит моделировать процессы, связанные не только с рынком ценных бумаг.</p>

<p>Слабые стороны научно – исследовательской разработки:</p> <p>Сл1: Не универсальна, необходимо проводить новые исследования при новом объекте</p> <p>Сл2: Упадок рынка ценных бумаг</p>	<p>1. За счет привлечение новых разработчиков может быть решена проблема с ограниченностью прогноза.</p> <p>2. Благодаря появлению новых клиентов и инвестированию со стороны сторонних организаций упадок рынка ценных бумаг не будет существенно влиять на конкурентоспособность.</p> <p>3. За счет привлечение новых разработчиков может быть также решена проблема, связанная с универсальностью модели</p>	<p>1. Если получаемая модель станет универсальна, это позволит противостоять конкурента и бороться со спадом.</p> <p>2. Рост рынка ценных бумаг будет способствовать спросу на данную разработку.</p> <p>3. При получение долгосрочного прогноза шансы в конкурентной борьбе увеличатся.</p>
---	---	--

**Приложение В. Перечень этапов, работ и  
распределение ролей исполнителей**

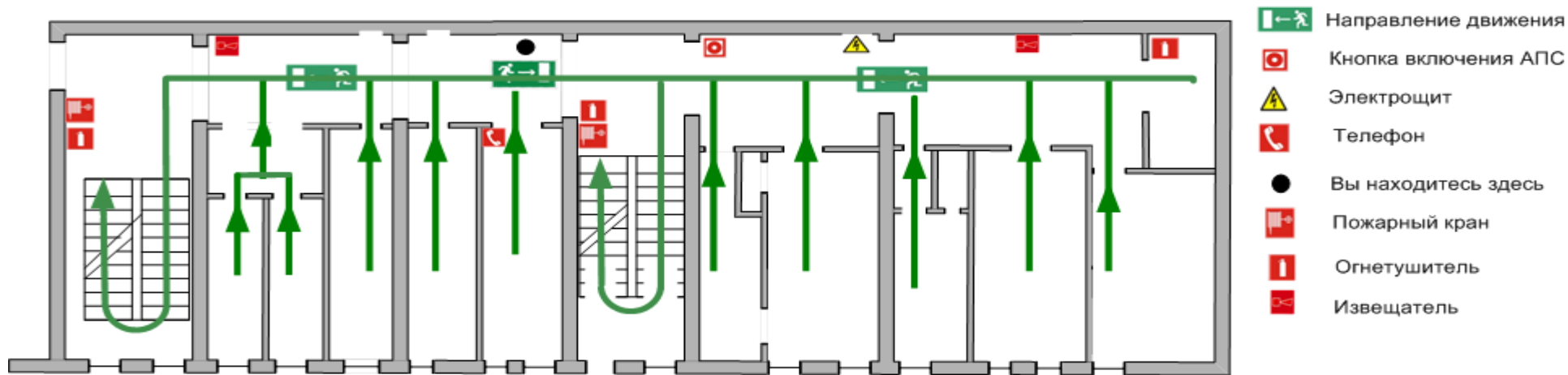
Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель, студент
	3	Проведение патентных исследований	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	5	Календарное планирование работ	Студент
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент
	7	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Студент
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, студент
	10	Определение целесообразности проведения ОКР	Научный руководитель, студент
<b>Проведение ОКР</b>			
Разработка технической документации и проектирование	11	Выбор и расчет конструкций	Научный руководитель, студент
	12	Оценка эффективности производства и применения проектируемого	Научный руководитель, студент









		изделия	
Изготовление и испытание макета (опытного образца)	13	Конструирование и изготовление макета (опытного образца)	Студент
	14	Лабораторные испытания макета	Студент
Оформление отчета на НИР (комплекта документации по ОКР)	15	Составление пояснительной записки	Студент
	16	Оформление патента	Научный руководитель, студент

## Приложение Г. План эвакуации в случае пожара




### ПЛАН ЭВАКУАЦИИ

#### 2-го этажа



-  Направление движения
-  Кнопка включения АПС
-  Электроцит
-  Телефон
-  Вы находитесь здесь
-  Пожарный кран
-  Огнетушитель
-  Извещатель

#### Действия при пожаре Сохранять спокойствие

<b>1</b>	Сообщить по телефону		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Адрес объекта</li> <li>• Место возникновения пожара</li> <li>• Свою фамилию</li> </ul>
<b>2</b>	Эвакуировать людей		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ориентироваться по знакам направления движения</li> <li>• Взять с собой пострадавших</li> </ul>
<b>3</b>	По возможности принять меры по тушению пожара		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Использовать средства противопожарной защиты</li> <li>• При необходимости обесточить помещение</li> </ul>

Ответственный за эвакуацию и включение системы оповещения

---



Приложение Д. Схема размещения светильников в плане помещения

