

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика»

Отделение экспериментальной физики

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Расчет извлеченной волатильности в рамках CEV модели</b>
УДК 519.24:336.763-021.388-026.567

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОВМ81	Гизатуллина Лилия Кашифовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭФ	Крицкий О.Л.	Кандидат ф.- м. наук		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Киселева Елена Станиславовна	к.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения ОД ШБИП	Романова Светлана Владимировна			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОМИ	Трифонов А.Ю.	Доктор ф.-м. наук		

Томск – 2020 г.

## Планируемые результаты обучения.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i><b>Профессиональные компетенции</b></i>	
ПК-1	К самостоятельной работе
ПК-2	Использовать современные прикладные программные средства и осваивать современные технологии программирования
ПК-3	Использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач на ЭВМ, отлаживать, тестировать прикладное программное обеспечение
ПК-4	Настраивать, тестировать и осуществлять проверку вычислительной техники и программных средств
ПК-5	Демонстрировать знание современных языков программирования, операционных систем, офисных приложений, Интернета, способов и механизмов управления данными; принципов организации, состава и схемы работы операционных систем
ПК-6	Решать проблемы, брать на себя ответственность
ПК-7	Проводить организационно-управленческие расчеты, осуществлять организацию и техническое оснащение рабочих мест
ПК-8	Организовывать работу малых групп исполнителей
ПК-9	Определять экономическую целесообразность принимаемых технических и организационных решений
ПК-10	Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
ПК-11	Знать основные положения законы и методы естественных наук; выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, использовать для их решения соответствующий естественнонаучный аппарат
ПК-12	Применять математический аппарат для решения поставленных задач, способен применять соответствующую процессу математическую модель и проверять ее адекватность
ПК-13	Применять знания и навыки управления информацией
ПК-14	Самостоятельно изучать новые разделы фундаментальных наук
<i><b>Универсальные компетенции</b></i>	
УК-1	Владеть культурой мышления, иметь способности к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения
УК-2	Логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь
УК-3	Уважительно и бережно относиться к историческому наследию и культурным традициям, толерантно воспринимать социальные и культурные различия; понимать движущие силы и закономерности исторического процесса, место человека в историческом процессе, политической организации общества

УК-4	Понимать и анализировать мировоззренческие, социально и личностно значимые философские проблемы
УК-5	Владеть одним из иностранных языков на уровне бытового общения, а также переводить профессиональные тексты с иностранного языка
УК-6	К кооперации с коллегами, работе в коллективе
УК-7	Находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и готов нести за них ответственность
УК-8	Использовать нормативно-правовые документы в своей деятельности
УК-9	Стремиться к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства
УК-10	Осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности
УК-11	Использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач
УК-12	Анализировать социально значимые проблемы и процессы
УК-13	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
УК-14	Понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, осознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
УК-15	Оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы
УК-16	Создавать и редактировать тексты профессионального назначения
УК-17	Использовать для решения коммуникативных задач современные технические средства и информационные технологии
УК-18	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.

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

---

Инженерная школа ядерных технологий  
Направление подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика»  
Отделение экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ Грифонов А.Ю.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

Студенту:

Группа	ФИО
ОВМ81	Гизатуллиной Лилии Кашифовне

Тема работы:

<b>Расчет извлеченной волатильности в рамках CEV модели</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020, № 59-75/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2020
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<i>В качестве объекта исследования были выбраны европейские опционы и значения тайваньского индекса TAIEX</i>
---------------------------------	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Провести аналитический обзор существующих методов и алгоритмов решения задачи;</li> <li>2. Сформировать выборку исходных данных;</li> <li>3. Рассчитать риск-нейтральную плотность вероятности и справедливую цену европейского call опциона в рамках CEV модели;</li> <li>4. Рассчитать извлеченную волатильность опционов в рамках CEV модели;</li> <li>5. Провести анализ полученных результатов.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Наблюдаемая плотность распределения «колл» опциона покупателя на фьючерсный контракт на акции РАО ЕЭС РТС с котировками в рублях.</li> <li>2. Области определения ядерных функций;</li> <li>3. График зависимости цены базового актива от номера рабочего дня</li> <li>4. График зависимости извлеченной волатильности в долях от номера рабочего дня</li> </ol>

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

*(если необходимо, с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Киселева Елена Станиславовна, доцент ОСГН ШБИП
Социальная ответственность	Романова Светлана Владимировна, старший преподаватель отделения ОД ШБИП
Иностранный язык	Пичугова Инна Леонидовна, старший преподаватель ОИЯ ШБИП

<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 ОЭФ	Крицкий Олег Леонидович	Кандидат ф.-м. наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0ВМ81	Гизатуллина Лилия Кашифовна		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
ОВМ81	Гизатуллиной Лилии Кашифовне

<b>Школа</b>	<b>ИЯТШ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Экспериментальной физики</b>
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	01.04.02 Прикладная математика и информатика

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ».</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>1.Тариф на электроэнергию 2.Коэффициенты для расчета заработной платы</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>1.Отчисления во внебюджетные фонды (30,2%)</i>

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

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>1.Анализ конкурентных технических решений; 2.SWOT – анализ.</i>
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>1.Цели и результаты научно-технического проекта 2.Организационная структура научно-технического проекта 3.Ограничения и допущения научно-технического проекта</i>
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>1. Структура работ в рамках научного исследования; 2.Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения научного исследования; 3.Бюджет научно - технического исследования (НТИ).</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>1. Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности НТИ 2. Расчет сравнительной эффективности НТИ</i>

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

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. «Портрет» потребителя результатов НТИ</li> <li>2. Сегментирование рынка</li> <li>3. Оценка конкурентоспособности технических решений</li> <li>4. Матрица SWOT</li> <li>5. График проведения и бюджет НТИ</li> <li>6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</li> <li>7. Потенциальные риски</li> </ol>
--

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Киселева Елена Станиславовна	К.Э.Н		15.03.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
ОВМ81	Гизатуллина Лилия Кашифовна		15.03.2020

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0BM81	Гизатуллина Лилия Кашифовна

Школа	ИЯТШ	Отделение (НОЦ)	Экспериментальной физики
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Прикладная математика и информатика

Тема ВКР:

<b>Расчет извлеченной волатильности в рамках CEV модели</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объектом исследования является расчет извлеченной волатильности в рамках CEV модели. На момент выполнения работы студент находится в лаборатории 10-го учебного корпуса.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Федеральный закон «Об основах охраны труда в Российской Федерации» от 17 июля 1999 г. № 181-ФЗ;</li> <li>– Санитарные нормы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»;</li> <li>– ТК РФ;</li> <li>– Типовая инструкция ТОО Р-45- 084-01.</li> </ul>
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>– Превышение уровня шума;</li> <li>– Отклонение показателей микроклимата;</li> <li>– Наличие электромагнитных и радиационных излучений;</li> <li>– Нервно-психические перегрузки</li> <li>– Повышенное значение напряжение в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- анализ воздействия при работе на ПЭВМ на атмосферу, гидросферу, литосферу;</li> <li>- наличие отходов (бумага, картриджи, компьютеры и т. д.);</li> <li>- методы утилизации отходов.</li> </ul>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Приводятся возможные для Сибири ЧС;</li> <li>Возможные ЧС: морозы, диверсия</li> <li>- разрабатываются превентивные меры по предупреждению ЧС;</li> </ul>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	<b>10.03.2020</b>
--	-------------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
-----------	-----	------------------------	---------	------

Старший преподаватель отделения ШБИП	ОД	Романова Светлана Владимировна			
---	----	-----------------------------------	--	--	--

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОВМ81	Гизатулина Лилия Кашифовна		



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 88 листов, 8 рисунков, 17 таблиц, 24 источника, 3 приложения.

МОДЕЛЬ ПОСТОЯННОЙ ЭЛАСТИЧНОСТИ ДИСПЕРСИИ, ЕВРОПЕЙСКИЙ ОПЦИОН, РИСК-НЕЙТРАЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ ВЕРОЯТНОСТИ, МОДЕЛЬ БЛЭКА-ШОУЛСА, ИЗВЛЕЧЕННАЯ ВОЛАТИЛЬНОСТЬ.

Объектом исследования являются европейские опционы и значения тайваньского индекса ТАИЕХ.

Цель работы: расчет извлеченной волатильности в рамках CEV модели.

Методы исследования: модель постоянной эластичности дисперсии, модель Блэка-Шоулса, изучение статей и периодических изданий по теме, анализ полученных данных.

Область применения: полученные результаты исследования могут быть использованы кредиторами, инвесторами, брокерскими компаниями.

## Оглавление

Введение.....	12
1. Теоретическая часть.....	14
1.1. Модель дисперсии с постоянной эластичностью (CEV модель) .	14
1.2. Формулы Блэка-Шоулса.....	16
1.3. Модель подразумеваемой волатильности.....	17
1.4. Волатильность.....	19
1.5. Риск-нейтральная функция плотности.....	22
1.6. Модель ядерной регрессии.....	23
1.6.1. Выбор ядра $K(u)$ и оптимальной ширины окна $h$ .....	25
2. Практическая часть.....	27
2.1. Выбор среды моделирования.....	27
2.2. Ценообразование опционов по CEV модели.....	27
2.3. Расчет извлеченной волатильности.....	31
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	32
3.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	32
3.2. Анализ конкурентных решений.....	33
3.3. SWOT-анализ.....	34
3.4. Инициация проекта.....	35
3.5. Цели и результаты проекта.....	36
3.6. Организационная структура проекта.....	37
3.7. Ограничения и допущения проекта.....	38
3.8. Планирование научно-исследовательских работ.....	38
3.8.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	38
3.8.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	39
3.8.3. Разработка диаграммы Гантта.....	40
3.9. Бюджет научно-исследовательского проекта.....	43
3.9.1. Расчет материальных затрат.....	43
3.9.2. Расчет заработной платы для исполнителей.....	44

3.9.3. Отчисления во внебюджетные фонды .....	45
3.9.4. Услуги сторонних организаций и накладные расходы.....	46
3.9.5. Формирование бюджета затрат НТИ .....	47
3.10. Реестр рисков проекта .....	47
3.11. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	47
4. Социальная ответственность .....	52
Введение. ....	52
4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	52
4.2. Производственная безопасность .....	56
4.2.1. Анализ опасных и вредных факторов проектируемой производственной среды .....	56
4.2.2. Отклонение показателей микроклимата.....	58
4.2.3. Недостаточная освещенность рабочей зоны .....	59
4.2.4. Превышение уровня шума .....	62
4.2.5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.....	65
4.3. Экологическая безопасность.....	65
4.4. Защита в чрезвычайных ситуациях .....	66
4.4.1. Пожарная безопасность .....	67
4.5. Выводы и рекомендации.....	69
Заключение. ....	70
Приложение А .....	73
Приложение Б.....	74
Приложение В .....	76

## **Введение.**

Исследование опционов на финансовом рынке является достаточно актуальной темой в современных условиях. Опцион — это договор, согласно которого покупатель опциона получает право продать или купить какой-либо актив (товар, ценная бумага, валюта и др.) в заданный момент времени по ранее определенной цене. Существует два типа опционов: европейские и американские. Отличие заключается в том, что европейские опционы позволяют затребовать исполнение контракта только в конкретную дату, в то время как американские опционы могут сделать это в любой момент его существования.

Для оценки опционов трейдеры в качестве ориентира на большинстве мировых срочных рынках пользуются классической моделью Блэка-Шоулса. Как мы знаем, модель Блэка-Шоулса плохо применима к действительности: у нее нет возможности моделировать скачки цен, она преуменьшает риски (эффект «тонких хвостов» распределения), а также не может описать эффект «улыбки волатильности». К недостаткам модели можно отнести предположение о постоянном уровне волатильности.

Волатильность является важнейшим параметром на рынке, т.к. именно она дает подсказку о том какое по величине движение способен сделать актив за определенный заранее промежуток времени. Для расчета рисков портфельные менеджеры применяют данные волатильности.

Извлеченная волатильность отражает ожидания трейдеров касательно исторической волатильности в будущем. Понять ожидают ли трейдеры роста волатильности актива или же ее падения можно использовать активность опционов на этот актив.

Частным случаем модели стохастической волатильности является модель постоянной эластичности дисперсии (constant elasticity of variance (CEV)), которая учитывает не только изменяющуюся

волатильность, но и эффект «левереджинга».

Цель данной работы заключается в расчете извлеченной волатильности в рамках CEV модели.

Для этого были поставлены следующие задачи:

1. Провести аналитический обзор существующих методов и алгоритмов решения задачи;
2. Сформировать выборку исходных данных;
3. Рассчитать риск-нейтральную плотность вероятности и справедливую цену европейского call опциона в рамках CEV модели;
4. Рассчитать извлеченную волатильность опционов в рамках CEV модели;
5. Провести анализ полученных результатов.

## 1. Теоретическая часть.

### 1.1. Модель дисперсии с постоянной эластичностью (CEV модель)

Модель постоянной эластичности дисперсии (CEV – constant elasticity of variance) построена на предположении о том, что риск-нейтральный процесс, который описывает поведение цены базового актива  $S$ , имеет следующий вид  $dS = \mu S dt + \delta S^{\beta/2} dW$ , здесь  $\delta$  – параметр волатильности,  $\mu$  – ожидаемая доходность базового актива,  $\beta$  – некоторый коэффициент,  $dW$  – винеровский процесс.

При  $\beta=2$  CEV модель является моделью геометрического броуновского движения. При  $\beta>2$ , с ростом цены базового актива увеличивается его волатильность [11]. Такое условие приводит к распределению вероятностей с менее тяжелым левым хвостом и тяжелым правым хвостом, которое отражает «улыбку волатильности». Для нее извлеченная волатильность является возрастающей функцией, которая зависит от цены базового актива. Такая ситуация иногда возможна у фьючерских опционов. При  $\beta<2$ , с уменьшением цены базового актива растет ее волатильность, что создает распределение вероятностей с менее тяжелым правым хвостом и тяжелым левым хвостом.

Для вычисления стоимости цены европейских опционов покупателя и продавца по CEV модели используют следующие формулы:

$$\begin{aligned} C &= S Q\left(2y; 2 + \frac{2}{2-\beta}, 2x\right) - E e^{-r(T-t)} Q\left(2y; 2 - \frac{2}{2-\beta}, 2x\right) = \\ &= S Q\left(2y; 2 + \frac{2}{2-\beta}, 2x\right) - E e^{-r(T-t)} \left(1 - Q\left(2x; \frac{2}{2-\beta}, 2y\right)\right), \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{где } x = k S^{2-\beta} \exp(r(2-\beta)(T-t)), \quad y = k E^{2-\beta}, \quad k = \frac{2r}{\delta^2(2-\beta)[\exp(r(2-\beta)(T-t)) - 1]},$$

$Q(2y; 2\nu, 2x)$  – хвостовое нецентральное  $\chi^2$ -распределение с числом степеней свободы  $2\nu$  и параметром сдвига  $2x$ , которое определяется формулой:

$$Q(2y; 2\nu, 2x) = \int_{2y}^{\infty} \frac{e^{-\frac{2x+u}{2}}}{2} \left(\frac{u}{2x}\right)^{\frac{\nu-2}{4}} I_{\frac{\nu-2}{2}}(\sqrt{2xu}) du = \sum_{n=1}^{\infty} g(n, x) G(n + \nu - 1, y), \quad (2)$$

где  $G(n + \nu - 1, y)$  – дополнительное хвостовое Гамма-распределение,  $G(n + \nu - 1, y) = \int_y^{\infty} g(n + \nu - 1, t) dt$ ,  $I_q(z) = \left(\frac{z}{2}\right)^q \sum_{j=0}^{\infty} \frac{(z^2/4)^j}{j! \Gamma(q + j + 1)}$  – модифицированная функция Бесселя первого рода порядка  $q$ ,

$g(n, x)$  – плотность дополнительного хвостового Гамма-распределения,  $g(n, x) = \frac{e^{-x} x^{n-1}}{\Gamma(n)}$ ,  $\Gamma(n)$  – гамма-функция,

Если значения параметров [3]  $x$ ,  $y$  достаточно велики, то функция  $Q(2y; 2\nu; 2x)$ , выраженная через  $G(n + \nu - 1, y)$  и  $g(n, x)$ , достаточно медленно сходится. [2] По этой причине для вычисления  $Q(2y; 2\nu, 2x)$  используем аппроксимацию вида:

$$Q(2y; 2\nu, 2x) = \Phi(R), \quad (3)$$

где  $R = \frac{1 - hp \left(1 - h + \left(1 - \frac{h}{2}\right) mp\right) - \left(\frac{y}{\nu + x}\right)^h}{h \sqrt{2p(1 + mp)}}$ ,  $h = 1 - \frac{2(\nu + x)(\nu + 3x)}{3(\nu + 2x)^2}$ ,  $p = \frac{(\nu + 2x)}{2(\nu + x)^2}$ ,  $m = (h - 1)(1 - 3h)$ .

$$P = -S_0 Q\left(2y; \frac{2}{2 - \beta}, 2x\right) + E e^{-r(T-t)} Q\left(2x; \frac{2}{2 - \beta}, 2y\right) \quad (4)$$

Для того чтобы сделать оценку экзотических опционов на обыкновенные акции особенно важна SEV модель. Используя модель постоянной эластичности дисперсии, можно найти параметры этой модели. Для этого необходимо минимизировать среднеквадратичное отклонение модельных цен от рыночных. Далее уже, когда будут

найденны параметры модели, можно аппроксимировать стоимость обычных опционов с достаточной точностью.

## 1.2. Формулы Блэка-Шоулса.

Формула Блэка-Шоулса имеет вид:

$$V(S, t) = \frac{e^{-r(T-t)}}{\sqrt{2\pi(T-t)}\sigma} \int_0^{\infty} \exp\left(-\frac{(\ln S - \ln S_0 + (r - 0.5\sigma^2)(T-t))^2}{2\sigma^2(T-t)}\right) \frac{V(S_0, T)}{S_0} dS_0, \quad (5)$$

здесь  $V(S_0, T)$  – функция вознаграждения во время окончания контракта.

Рассмотрим несколько частных случаев использования формулы Блэка-Шоулса.

а) Опцион покупателя (Put option)

Для опциона покупателя функция вознаграждения равна  $V(S_0, T) = \max\{S_0 - E, 0\}$  [2]. Таким образом, формула (5) приобретает вид:

$$V(S, t) = \frac{e^{-r(T-t)}}{\sqrt{2\pi(T-t)}\sigma} \int_{-\infty}^E \exp\left(-\frac{(\ln S - \ln S_0 + (r - 0.5\sigma^2)(T-t))^2}{2\sigma^2(T-t)}\right) \frac{(S_0 - E)}{S_0} dS_0. \quad (6)$$

Заменяем  $S_0 = \exp(x_0)$  и получаем:

$$V(S, t) = \frac{e^{-r(T-t)}}{\sqrt{2\pi(T-t)}\sigma} \int_{-\infty}^{\ln E} \exp\left(-\frac{(-x_0 + \ln S + (r - 0.5\sigma^2)(T-t))^2}{2\sigma^2(T-t)}\right) \exp(x_0) dx_0 - E \frac{e^{-r(T-t)}}{\sqrt{2\pi(T-t)}\sigma} \int_{-\infty}^{\ln E} \exp\left(-\frac{(-x_0 + \ln S + (r - 0.5\sigma^2)(T-t))^2}{2\sigma^2(T-t)}\right) dx_0. \quad (7)$$

Заменяя соответственно переменные под знаками двух интегралов, получаем:

$$V(S, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} S \int_{-\infty}^{d_1} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} E e^{-r(T-t)} \int_{-\infty}^{d_2} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt, \quad (8)$$

здесь

$$d_1 = \frac{\ln S - \ln E + (r + 0.5\sigma^2)(T-t)}{\sqrt{(T-t)}\sigma}, \quad d_2 = \frac{\ln S - \ln E + (r - 0.5\sigma^2)(T-t)}{\sqrt{(T-t)}\sigma} = d_1 - \sigma\sqrt{T-t}.$$

В итоге, для «пут» опциона справедливая цена равна



$$V(S, t) = S \Phi(d_1) - E e^{-r(T-t)} \Phi(d_2), \quad (9)$$

где  $\Phi(d_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{d_i} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt$  – подчиняется законам стандартного нормального распределения случайной величины,  $i = 1, 2$ .

#### б) Опцион продавца (Call option)

Для «колл» опциона функция вознаграждения [5] равна  $V(S_0, T) = \max\{E - S_0, 0\}$  [2]. Формула Блэка-Шоулса принимает следующий вид:

$$V(S, t) = \frac{e^{-r(T-t)}}{\sqrt{2\pi(T-t)}\sigma} \int_{-\infty}^E \exp\left(-\frac{(\ln S - \ln S_0 + (r - 0.5\sigma^2)(T-t))^2}{2\sigma^2(T-t)}\right) \frac{(E - S_0)}{S_0} dS_0. \quad (10)$$

Аналогично получаем [2], справедливая цена для опциона продавца равна

$$V(S, t) = -S \Phi(-d_1) + E e^{-r(T-t)} \Phi(-d_2), \quad (11)$$

где  $\Phi(d_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{d_i} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt$  – подчиняется законам стандартного нормального распределения случайной величины,  $i = 1, 2$ .

### 1.3. Модель подразумеваемой волатильности.

Для моделей, рассмотренных выше, параметры выбирались исходя из условия правильной аппроксимации цены обычных опционов в любой заданный момент времени. Тем не менее, в некоторых случаях финансовые компании выбирают не обходиться этим и строят модели, которые дают достоверные оценки простых опционов. Модель подразумеваемой волатильности (IVF – Implied volatility function) была разработана в 1994 году финансистами Кани (Kani), Дерман (Derman), Рубинштейн (Rubinstein) и Дюпире (Dupire). Также эту модель называют моделью подразумеваемого дерева (implied tree model). В рамках модели подразумеваемой волатильности точно вычисляются

текущие цены любых европейских опционов, даже несмотря на вид поверхности волатильности.

Модель подразумеваемой волатильности основана на предположении, что риск-нейтральный процесс, который описывает поведение цены базового актива, имеет следующий вид

$$dS = [r(t) - q(t)]S dt + \sigma(S, t)Sdz, \quad (12)$$

здесь  $q(t)$  - доходность актива (функция, которая зависит от времени  $t$ ), а  $r(t)$  - мгновенная форвардная процентная ставка по контракту, срок действия которого истекает в момент  $t$ . Волатильность  $\sigma(S, t)$  зависит от цены базового актива  $S$  и времени  $t$ . Волатильность подбирается из условия, при котором цены всех европейских опционов, полученные с использованием этой модели, совпадали бы с наблюдаемыми. Как показали Дюпире, Андерсен (Andersen) и Бразертон-Рэтклифф (Brotherton-Ratcliffe), функцию  $\sigma(S, t)$  можно вычислить по аналитической формуле:

$$[\sigma(K, T)]^2 = 2 \frac{\partial c_{mkt} / \partial T + q(T)c_{mkt} + K[r(T) - q(T)]\partial c_{mkt} / \partial K}{K^2 (\partial^2 c_{mkt} / \partial K^2)} \quad (13)$$

где  $c_{mkt}(K, T)$  - рыночная цена опциона продавца европейского типа со сроком действия  $T$  и ценой исполнения  $K$ . С помощью данной формула (13) можно рассчитать  $\sigma(S, t)$  - функцию волатильности, когда на рынке фиксируется довольно большое количество цен европейских опционов.

Андерсен и Бразертон-Рэтклифф создали свою модель с использованием формулы (13) в сочетании с неявным конечно-разностным методом. Другой подход реализации метода подразумеваемого дерева, предложили Дерман, Кани и Рубинштейн. Использование такого метода предполагает построение дерева, который показывает изменение цены актива и согласуется с рыночными ценами опционов.

В действительности модель подразумеваемой волатильности каждодневно сортируется по ценам простых опционов. Отметим, что целью модели IVF является оценка экзотических опционов, которая согласуется с простыми опционами. Риск-нейтральное распределение вероятных цен актива во все будущие моменты времени задаются при помощи простых опционов. Следовательно, модель подразумеваемой волатильности должна приводить к верному риск-нейтральному распределению вероятных будущих цен актива, иными словами опционы, дающие выигрыш только в один момент времени (например, «все или ничего» или «актив или ничего»), должны правильно оцениваться IVF моделью. Тем не менее, к недостаткам модели подразумеваемой волатильности можно отнести неверное оценивание совместного распределения вероятных цен базового актива в разные моменты времени. Следовательно, экзотические опционы (сложные и барьерные, например), могут оцениваться неправильно.

#### **1.4. Волатильность.**

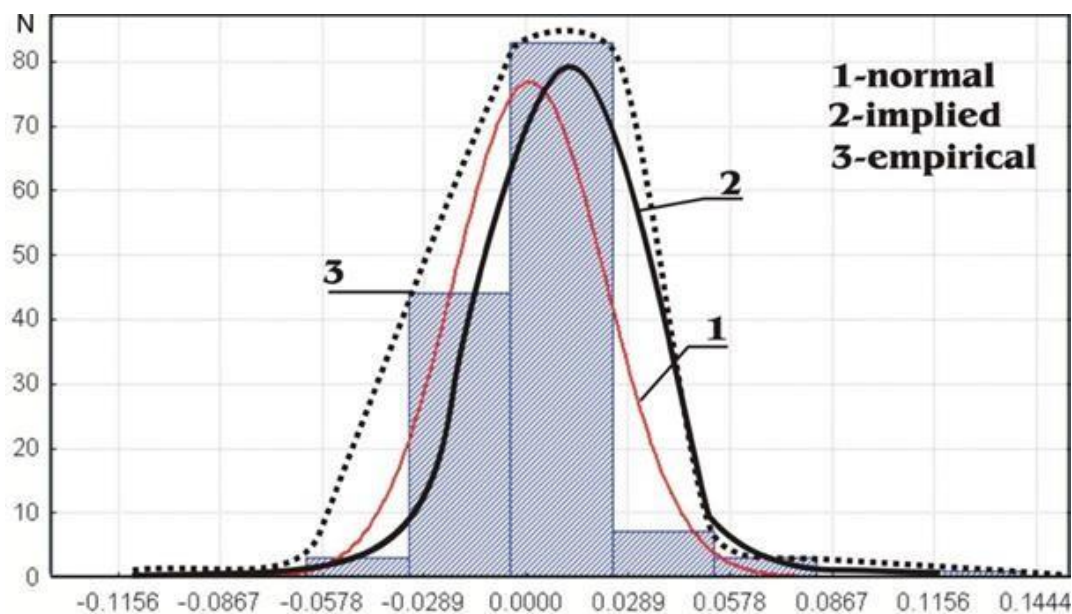
Для построения математических моделей финансовой математики важным этапом является прогнозирование волатильности рискованных активов. Оно применяется для расчета справедливой цены опционов, применяется для создания различных прибыльных стратегий портфелей ценных бумаг.

Первоначальные работы по изучению волатильности основывались на предположении о том, что данные дневных приращений цен акций подчинены нормальному закону распределения. Однако позже было опровергнуто это предположение[1]. Оказалось, что эмпирическая функция плотности распределения, которая построена на основе исторических данных (Рисунок 1), имеет асимметрию (*skew*) и ненулевой эксцесс (*kurtosis*). К тому же, в  $\varepsilon$ -окрестности точки математического ожидания еще существует и вытянутость функции

плотности, а также встречаются «толстые хвосты» (*fat-tails*). В таком случае вероятность значительных изменений ценовых приращений не ниже, чем для распределения, подчиненного нормальному закону. Если же говорить на математическом языке, то это означает, что случайный процесс является немарковским, негауссовым с долговременной зависимостью между данными.

Существует огромное число моделей, с помощью которых можно прогнозировать будущий уровень волатильности случайных процессов и изучать их распределения.

Самая популярная модель для опционов, которой пользуются большинство трейдеров, это модель Блэка – Шоулса, основанная на всеми известной формуле Блэка – Шоулса. С её помощью можно вычислить справедливую цену «колл» и «пут» опционов. Регистрируя различные сроки окончания действия контрактов  $T$  (*times to maturity*) и страйки  $E$  (*strike prices*), получаем так называемую «извлеченную волатильность» (*implied volatility*) и далее уже сравниваем ее с эмпирическими оценками волатильности  $\sigma$  по историческим данным. Модель Блэка-Шоулса позволяет более точно рассчитать волатильность, т.к. она дает возможность строить уже другое распределение (*implied-распределение*) приращений временного ряда (Рисунок 1), которое имеет уже более толстые хвосты в отличие от распределения Гаусса. Однако хвосты все еще по-прежнему будут «тонкими», не такими как распределения реальных данных финансовых рынков.



*Рис. 1. Наблюдаемая плотность распределения «колл» опциона покупателя на фьючерсный контракт на акции РАО ЕЭС РТС с котировками в рублях (торги за период 01.12.2004-05.06.2005гг, 143 торговых дня) в сравнении с другими плотностями (1 – нормальная плотность с  $a=10^{-3}$ ,  $\sigma=4,5 \times 10^{-4}$ ; 2 – implied-плотность; 3 – эмпирическая плотность с  $a=10^{-3}$ ,  $\sigma=4,5 \times 10^{-4}$ ),  $N$  – число наблюдений, попавших в соответствующий интервал [1].*

Часто «предполагаемая волатильность» опциона бывает более полезной оценкой, чем цена опциона. Причина в том, что цена опциона зависит напрямую от цены базового актива. Если опцион держится в составе дельта-нейтрального портфеля (то есть портфеля, который захеджирован против небольших движений базового актива), следующим по важности фактором в цене опциона будет вмененная волатильность.

Implied volatility так важна, что об опционах часто говорят в терминах волатильности, а не в терминах цены, особенно между профессиональными трейдерами.

Для вычисления «предполагаемой волатильности» опциона нет конкретной формулы, поэтому для ее нахождения необходимо решить

уравнение

$$C(S, t, \sigma, r, E, T) = C_{real} \quad (14)$$

где  $C(S, t, \sigma, r, E, T)$  - теоретическая справедливая цена опциона типа call, посчитанная по формуле Блэка-Шоулса или в рамках CEV модели,  $C_{real}$  – реальная цена опциона на рынке. В уравнении (14) известно всё, кроме  $\sigma$ , однако его решение является отдельной сложной задачей. Например, при выборе формулы Блэка-Шоулса (2) для расчета справедливой цены опциона необходимо использовать аппроксимацию Шапиро для функции распределения  $\Phi(x)$ .

$$\Phi(x) \approx 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} (AD + BD^2 + CD^3),$$

где  $A = 0,43613; B = -0,120167; C = 0,937298; D = (1 + 0.33267x)^{-1}$ .

В случае использования модели постоянной эластичности дисперсии для расчета справедливой цены опциона, «предполагаемая волатильность» рассчитывается по уравнению (14), где  $C(S, t, \sigma, r, E, T)$  - теоретическая справедливая цена опциона тип call, посчитанная по формуле (1). Для расчета  $Q(2y; 2v, 2x)$  целесообразно использовать ее асимптотики.

### 1.5. Риск-нейтральная функция плотности.

Рассмотрим портфель, состоящий из двух купленных call опционов, ценами исполнения которых равны  $E - \varepsilon$  и  $E + \varepsilon$  соответственно, здесь  $\varepsilon$  – это бесконечно малая величина. Когда цена базового актива выходит за границы заданного интервала  $[E - \varepsilon; E + \varepsilon]$ , тогда контрагент не получает ничего. При  $\varepsilon \rightarrow 0$  функция выплаты  $f^T$  стремится к дельта-функции с центром в точке  $E$  в момент времени  $T$ .

Формула для расчета цены «колл» опциона  $C(S_t, E, t)$  с ценой исполнения  $X$ , базовым активом стоимостью  $S_T$ , в произвольный момент времени  $t$  имеет следующий вид

$$C(S_T, E, t) = E^* \left( \frac{f_T}{e^{rt}} \right)$$

Здесь  $E^*$  - риск-нейтральное математическое ожидание с плотностью  $f^*$ ;

$r$  - безрисковая процентная ставка.

Найдем предел при  $\varepsilon \rightarrow 0$  и получим

$$C(S_T, E, t) = e^{-rt} f^*(X)$$

С другой стороны, цена справедливого опциона покупателя может быть записаны в виде

$$\frac{1}{\varepsilon^2} [-2C(S_T, E, t) + C(S_T, E - \varepsilon, t)] \rightarrow C''_{EE}(S_T, E, t)$$

Таким образом риск-нейтральную плотность можно записать в виде

$$f^*(X) = e^{rt} C''_{EE}(S_T, E, t) \quad (15)$$

Когда мы берем опцион произвольного типа, то плотность  $f^*$  нельзя представить в явном виде. Оценка плотности с использованием непараметрических подходов была предложена в исследовании [21]. На практике использовать этот метод не совсем рационально. Когда мы используем непараметрический подход, то нам нужно воспроизвести непрерывную функцию  $f^*$  по значениям  $C''_{EE}(S_T, E, t)$  второй производной только в некоторых точках  $X$ , которые уже известны (цена исполнения фиксируется с заданным шагом согласно спецификации контрактов). В итоге, в результате использования такого подхода мы получаем высокую вычислительную погрешность.

## 1.6. Модель ядерной регрессии.

Пусть задано пространство объектов  $X$  и множество возможных ответов  $Y$ . Существует неизвестная целевая зависимость  $f: X \rightarrow Y$ , значения которой известны только на объектах имеющейся выборки  $(X_i, Y_i)$ ,  $i = 1, n$ . Требуется построить алгоритм  $f: X \rightarrow Y$ , аппроксимирующий целевую зависимость  $f$ .

Непараметрические методы – это статистические приемы, которые не используют спецификации функциональных форм оцениваемых объектов, взамен этого сами данные заданным способом формируют модель.

Ядерное сглаживание представляет собой процесс, в котором последовательность весов  $\{W_i(x)\}, i=1, n$  задается таким образом, что, форма весовой функции  $W_i(x)$  воспроизводится посредством функции плотности со скалярным параметром  $h$  (ширина окна), регулирующем форму и размер весов около  $x$ . Такую функцию формы обычно называют ядром  $K$ .

Ядро – это вещественная, ограниченная функция  $K$ , интеграл которой равен единице:

$$\int_{-\infty}^{\infty} K(z) dz = 1$$

Формула для последовательности весов для ядерных оценок имеет следующий вид:

$$W_i(x) = \frac{K\left(\frac{x - X_i}{h}\right)}{\sum_{j=1}^n K\left(\frac{x - X_j}{h}\right)}$$

Для сглаживания в многомерном случае в основном применяют произведение одномерных ядер. В этом случае ядерная оценка регрессии имеет вид:

$$\hat{r}(x) = \sum_{i=1}^n Y_i W_i(x) = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i \prod_{j=1}^m K\left(\frac{x_j - X_{ij}}{h}\right)}{\sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^m K\left(\frac{x_j - X_{ij}}{h}\right)} \quad (16)$$

где  $j$  – номер фактора.



### 1.6.1. Выбор ядра $K(u)$ и оптимальной ширины окна $h$ .

Часто при рассмотрении ядерных функций имеют в виду следующие:

- Треугольное

$$K(u) = (1 - |u|)I\{|u| \leq 1\};$$

- Равномерное

$$K(u) = \frac{1}{2} I\{|u| \leq 1\};$$

- Епанечниково

$$K(u) = \frac{3}{4}(1 - u^2)I\{|u| \leq 1\};$$

- Гауссово (нормальное) ядро

$$K(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}};$$

Отметим, что областью определения трех первых ядер является отрезок  $[-1,1]$ , при этом последнее имеет бесконечный носитель (Рис. 2). Таким образом, когда мы используем треугольное, равномерное или Епанечниково ядро, ядерная оценка будет строиться в ограниченном интервале окрестности  $X$ , нежели оценка, которая строится на основе нормального ядра. В этом случае ядерная оценка строится на основе всех наблюдений.

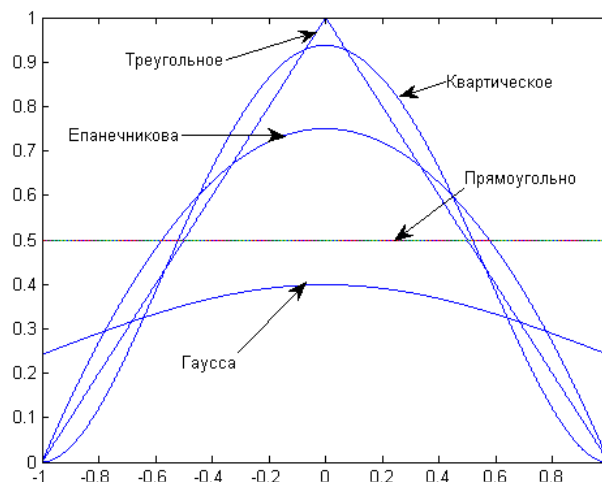


Рис.2. Распределение ядерных функций

Исходя из этого, для расчета ядерной оценки будет использоваться нормальное ядро:

$$K(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}} \quad (17)$$

Ещё одним важным фактором, который влияет на выполнение хорошей непараметрической оценки, это подбор соответствующей ширины окна. Достаточно важной в этой задаче является ядерная функция. Но, несмотря на это, все же основная цель ядерной функции это обеспечение гладкости и дифференцируемости получающихся оценок. В то же время, также важна ширина окна. Она характеризует поведение оценки в конечных выборках. К сожалению, ядерная функция не может сделать такую оценку. Рассмотрим два подхода к определению параметра размытости (ширины спектра):

1. Параметр размытости определяется как полуразмах выборки:

$$h_j = \frac{x_{\max}^j - x_{\min}^j}{2}, j = \overline{1, m}$$

2. Ширина спектра определяется как:

$$h_j = s_j n^{\frac{-1(8-2q)}{\ln(n)}}, j = \overline{1, m} \quad (18)$$

где  $q$  – порядок ядерной функции,  $s_j$  - безусловное стандартное отклонение для фактора  $j$ .

## **2. Практическая часть.**

### **2.1. Выбор среды моделирования.**

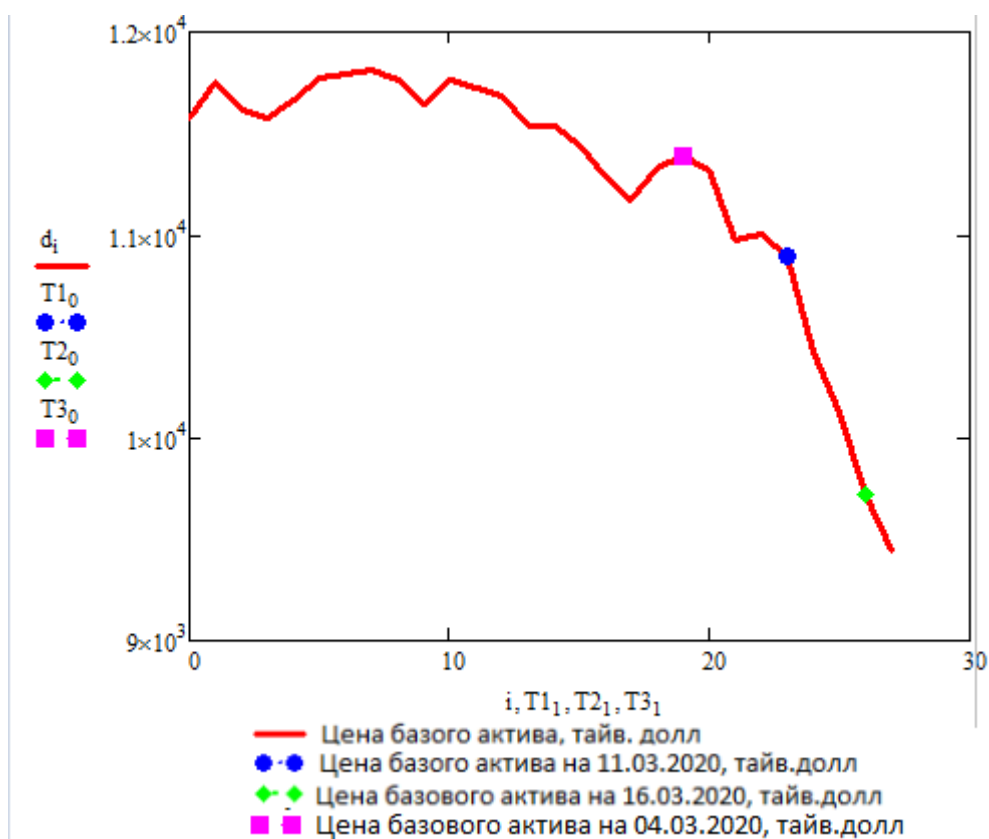
Для реализации модели существует множество языков программирования и сред разработки. В области математических исследований и разработок часто применяются такие программные комплексы, как MathCad, MATLAB, Microsoft Excel, и другие.

В рамках магистерской диссертации для выполнения поставленных задач были выбраны следующие программные среды: Microsoft Excel и MathCad. В первом пакете велась первичная обработка данных, второй пакет математических вычислений использовался для вычисления и программирования.

### **2.2. Ценообразование опционов по SEV модели.**

В качестве исходных данных были взяты значения тайваньского индекса ТАІЕХ в период с 05 февраля по 18 марта 2020 года, квартальные опционы. Всего в данный период получилось 29 торговых дней. Для этого базового актива существует европейский опцион, тикер группы опционов – ТХО. Индекс ТАІЕХ (Taiwan Capitalization Weighted Stock Index) ключевой фондовый индекс Тайваньской фондовой биржи со штаб-квартирой в Тайбэе. Он является одним из самых старых в мире и действует с 05 января 1967 года. Особенностью данного индекса является привязка к предприятиям высокотехнологичного сектора, а также особый экономический режим, связанный с КНР.

Изобразим график зависимости базового актива от номер рабочего дня.



*Рис.3. График зависимости цены базового актива от номера рабочего дня*

Отметим специфику исходных данных. В данное время после мощного обвала цен на нефть на фоне эпидемии коронавируса и провала переговоров ОПЕК+ рухнули важнейшие биржевые индексы целого ряда стран.

Индекс ТАИЕХ ("Тайэкс") Тайваньской фондовой биржи за неделю торгов упал на фоне ситуации с распространением в мире нового коронавируса. Об этом свидетельствуют данные графика. Падение стоимости акций на Тайваньской бирже последовало за обвалом котировок на Нью-Йоркской биржевой площадке.

Негативная динамика сохраняется на фондовых рынках Китая и всего Азиатского региона в марте. Эксперты связывают это с ухудшением ситуации вокруг распространения вируса за пределами Китая, объявлением ВОЗ пандемии коронавируса, а также падением цен на нефть.

Очередным обвалом котировок открылись торги на крупнейшей в Азии Токийской фондовой бирже на фоне общемирового снижения из-за угрозы распространения коронавируса.

Ключевой индекс Nikkei, который отражает колебания курсов акций ведущих компаний страны, упал более чем на восемь процентов.

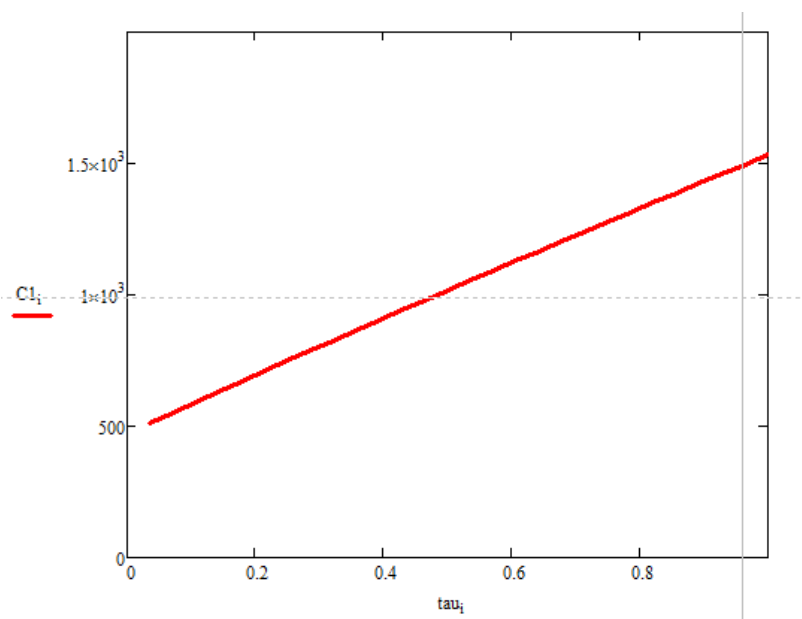
Также рухнул более чем на семь процентов основной индекс Гонконгской фондовой биржи после открытия торгов; индекс Шанхайской фондовой биржи опустился приблизительно на четыре процента,

Между тем цены на нефть потерпели наиболее сильный обвал со времен войны в Персидском заливе в 1991 году. Через несколько часов после начала биржевых торгов в Азии котировки рухнули примерно на 30 процентов.

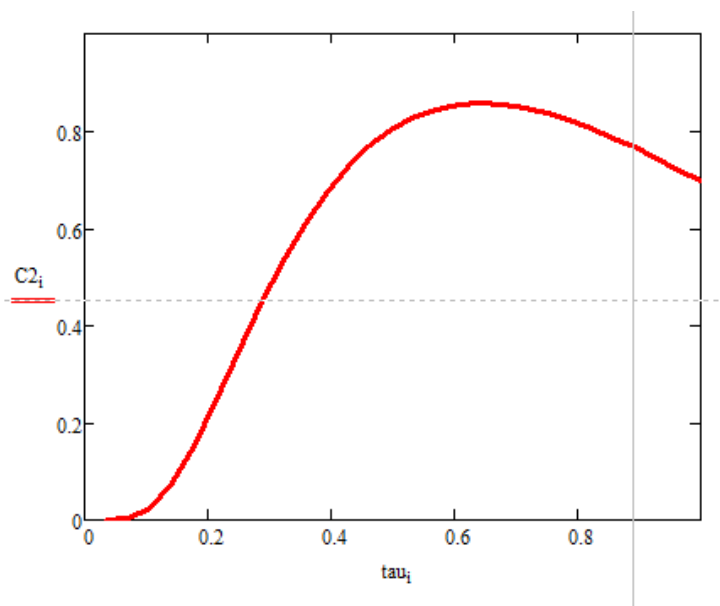
Обвал цен на нефть произошел после краха переговоров ОПЕК+ 6 марта в Вене. Организация стран - экспортеров нефти (ОПЕК) предложила 14 странам, входящим в объединение, во втором квартале 2020 года сократить ежедневную добычу нефти на 1 миллион баррелей, а 10 партнерам организации, в том числе России, - взять на себя еще 500 тысяч баррелей. РФ отказалась от предложения, объясняемого необходимостью удерживать цены на нефть от дальнейшего снижения на фоне эпидемии коронавируса Covid-19 и опасений, связанных с возможностью нового экономического кризиса.

Вычислим значения цены call и put опционов в рамках CEV модели с использованием риск-нейтральной плотности вероятности. В рамках CEV модели произведен подбор параметра  $\beta=1,92$  из условия минимума евклидова расстояния между исходными данными и найденными численно данными в тех же узлах. Численное решение проведено методом Рунге- Кутты четвертого порядка точности, в

котором число узлов взято в 50 раз больше числа торговых дней.  
Графически результаты можно представить следующим образом:



*Рис.4. Цена Call опциона, тау-время до исполнения в долях*



*Рис.5. Цена Put опциона, тау-время до исполнения в долях*

Как и предполагалось, т.к. в будущем рынок ожидает серьёзные колебания в преддверии важных событий (падение цен на нефть, коронавирус COVID-19, экономический кризис), то, в связи с изменением цены на базовый актив, цены на опционы будут расти, причем дорожают как call опцион, так и put опцион.

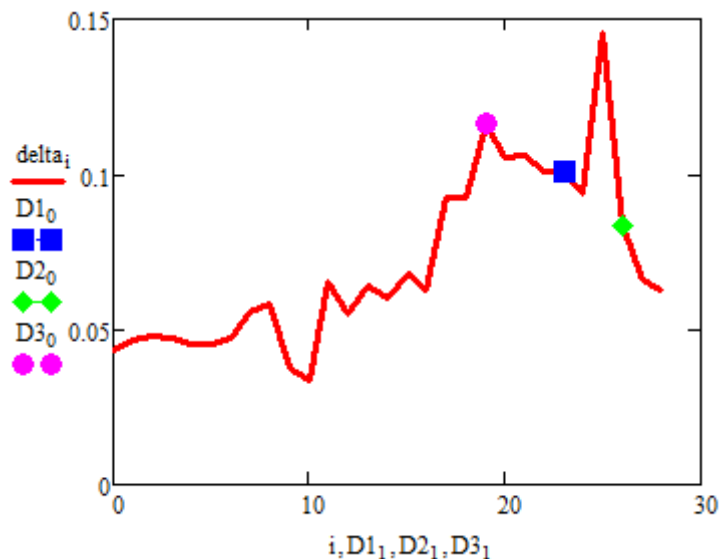
### 2.3. Расчет извлеченной волатильности.

Расчет извлеченной волатильности проводится по формуле (14), где где  $C(S,t,\sigma,r,E,T)$  - теоретическая справедливая цена опциона тип call, посчитанная по формуле (1). Для расчета  $Q(2y;2v,2x)$  целесообразно использовать ее асимптотики  $E \rightarrow \infty$ . Таким образом, формула (14) принимает вид

$$C(S,t,\sigma,r,E,T) = C_{real}$$

$$\text{где } C(S,t,\sigma,r,E,T) = S \sqrt{\frac{1}{2\pi}} \int_{\sqrt{2x(\sqrt{y/x}-0-1)}}^{\infty} e^{-p^2/2} dp - E e^{-r(T-t)} \left[ 1 - \sqrt{\frac{1}{2\pi}} \int_{\sqrt{2x(\sqrt{y/x}-0-1)}}^{\infty} e^{-p^2/2} dp \right]$$

На рисунке 6 представлен график зависимости извлеченной волатильности от номера рабочего дня тайваньской биржи.



*Рис.6. График зависимости извлеченной волатильности в долях от номера рабочего дня*

На графике зависимости извлеченной волатильности обозначены те же моменты, что и на графике цен зависимости базового актива. Как видно из графика, при  $\beta < 2$ , волатильность увеличивается в моменты, когда уменьшается цена базового актива. Как уже говорилось выше, увеличение волатильности связано с важными событиями в экономике (падение цен на нефть, коронавирус).

### **3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.**

Целью магистерской диссертации является расчет извлеченной волатильности в рамках SEV модели.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является оценка извлеченной волатильности в рамках SEV модели с позиции ресурсоэффективности и конкурентоспособности.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ конкурентных технических решений проекта;
- выполнить планирование научно-исследовательской работы;
- определить бюджет научного проекта;
- определить ресурсоэффективность проекта.

#### **3.1. Потенциальные потребители результатов исследования**

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

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

В процессе написания выпускной квалификационной работы были определены следующие потенциальные потребители разработанного продукта:

- финансовые холдинги;
- банки;
- консалтинговые компании;
- брокеры.



### 3.2. Анализ конкурентных решений

Существуют различные модели для ценообразования опционов европейского типа. В данной работе мы используем CEV-модель (модель постоянной эластичности дисперсии ( $\Phi$ )). Также существует модель Блэка-Шоулса ( $K1$ ), являющейся частным случаем CEV-модели. Каждая из них имеет свои особые признаки, анализ которых представлен в Таблице 1. Для оценочной карты были выбраны следующие критерии:

- риск-нейтральный подход;
- анализ реальных рисковых активов;
- учитывает случайность и изменчивость функции волатильности;

Таблица 1. Оценочная карта для сравнения конкурентных решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		K1	$\Phi$	K1	$\Phi$
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Анализ реальных рисковых активов	0,5	2	4	1	2
2. Учитывает случайность и изменчивость функции волатильности	0,3	3	5	0,9	1,5
3. Риск-нейтральный подход	0,2	5	5	1	1
Итого	1	10	14	2,9	4,5

Позиция разработки оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Анализ конкурентных решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot \Phi_i \quad (19)$$

где  $K$  – конкурентоспособность решения или конкурента,  $B_i$  – вес показателя (в долях единицы),  $\Phi_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Таким образом, можно сделать вывод, что CEV-модель по многим

показателям является более предпочтительной, чем другие модели ценообразования опционов (значение 5 является максимальным).

### 3.3. SWOT-анализ

SWOT-анализ представляет собой сводную таблицу, иллюстрирующую связь между внутренними и внешними факторами компании. Целью SWOT-анализа является предоставление возможности оценки риска и конкурентоспособности компании или товара в данной отрасли производства.

Методика SWOT-анализа необходима, для того, чтобы определить наиболее прозрачное на положение компании, продукции или услуги в данной отрасли.

Приведем матрицу SWOT-анализа для CEV-модели.

Таблица 2. Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны	Слабые стороны
	<p>С1. Используется локальная волатильность</p> <p>С2. Существует аналитическая формула цены (не для всех моделей есть)</p>	<p>Сл1. Используется сложный математический аппарат Бесселевых функций</p> <p>Сл2. Сложность численного вычисления (при большом количестве итераций возникает неопределенность)</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Заинтересованность со стороны инвесторов</p>	<p>В1С2</p> <p>Определение аналитической цены</p>	<p>В1Сл2</p> <p>Ограничить число данных для</p>

в расчете справедливой цены опциона В2. Опционные программы вознаграждения	опциона В1С1 Модель учитывает параметры базового актива, как следствие, получается более точная справедливая цена	уменьшения погрешности при расчете цены опциона
Угрозы У1. Финансовый кризис У2. Изменение ставки ФРС (безрисковая процентная ставка)	У2С1С2 Получить большее преимущество для трейдера при наличии сильных движений	У1Сл1 Развитие новых финансовых инструментов

### 3.4. Инициация проекта

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.

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 проекта данной ВКР имеет следующую структуру:

- цели и результат проекта;
- организационная структура проекта;

- ограничения и допущения проекта.

### 3.5. Цели и результаты проекта

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. Информацию по заинтересованным сторонам приведём в таблице 3.

Таблица 3. Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
<ul style="list-style-type: none"> <li>• «Открытие Брокер»»;</li> <li>• Трейдеры, работающие на бирже TAIFEX.</li> </ul>	Программа для расчета справедливой стоимости опциона на базовый актив, учитывающая случайность и изменчивость функции волатильности, и применимая для реальных данных

Под целями и результатом проекта необходимо приведем информацию о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей согласно таблице 4.

Таблица 4. Цели и результаты проекта

Цели проекта:	Получение ядерной оценки для CEV модели, анализ и сравнение с другими моделями и методиками расчета, моделирование на реальных данных.
Ожидаемые результаты проекта:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Построена ядерная оценка CEV модели</li> <li>• Проведено сравнение с моделью Блэка-Шоулса</li> <li>• Моделирование на реальных данных тайваньской биржи TAIFEX</li> </ul>
Критерии приемки результата проекта	

Требования к результату проекта:	к	Требование:
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Подбор оптимальных параметров</li> <li>• Вычисленные справедливые цены опционов должны отличаться от реальных не более чем на 5-10%</li> </ul>

### 3.6. Организационная структура проекта

В части «организационная структура проекта» необходимо принять решение о количестве человек, которые будут входить в рабочую группу, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эта информация представлена в таблице 5.

В ходе реализации научного проекта, помимо магистранта, задействован ряд специалистов:

Руководитель проекта – отвечает за реализацию проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координирует деятельность участников проекта. В большинстве случаев эту роль выполняет руководитель магистерской диссертации.

Исполнитель по проекту – специалист, выполняющий отдельные работы по проекту. В случае, если магистерская работа является законченным научным исследованием – исполнителем проекта является магистрант. В случае, если магистерская работа является частью научного проекта, исполнителей может быть несколько.

Таблица 5. Рабочая группа проекта

№п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.

1	Крицкий Олег Леонидович, ТПУ, доцент	Руководитель	Составление и утверждение научного задания, оценка эффективности полученных результатов	42
2	Гизатуллина Лилия Кашифовна, ТПУ, инженер	Исполнитель	Выполнение поставленных задач, составление пояснительной записки к ВКР	474
ИТОГО:				516

### 3.7. Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта.

Таблица 6. Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	78211,48 руб.
3.1.1.Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	С 29.01.2019 до 27.05.2019
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	06.02.2019
3.2.2. Дата завершения проекта	27.05.2019
3.3. Прочие ограничения и допущения	отсутствуют

### 3.8. Планирование научно-исследовательских работ

#### 3.8.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование выполнения комплекса работ по ВКР 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 работы должна быть сформирована рабочая группа, в состав которой входит научный руководитель проекта (НР) и инженер (И). После чего, в рамках проведения научного исследования, необходимо было выполнить ряд основных этапов, представленных в Таблице 7.

Таблица 7. Комплекс работ по разработке проекта

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителей
Подготовительный	1	Составление и утверждение задания ВКР	И, НР
	2	Календарное планирование работ по теме	И
	3	Изучение материалов по теме	И
Исследование и анализ предметной области	4	Анализ исходных данных индекса ТАИЕХ	И
	5	Выбор метода выполнения работы	И, НР
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Написание программы для выбранной модели	И
	7	Тестирование программы	И
Обобщение и оценка результатов	8	Анализ результатов работы	И, НР
	9	Составление отчета по работе	И

### 3.8.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение

трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (20)$$

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:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} \quad (21)$$

где  $T_{pi}$  – 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.

### 3.8.3. Разработка диаграммы Гантта

Одним из наиболее удобных и наглядных способов представления календарного плана работы является построение ленточного графика проведения ВКР в форме диаграммы Гантта.

Диаграмма Гантта - это горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.



Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (22)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности, который определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (23)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году (365);  $T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году (52 дня при шестидневной рабочей неделе);  $T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году (14). Таким образом, коэффициент календарности  $k_{\text{кал}}$  равен 1,23. Временные показатели проведения научной работы представлены на Таблице 8.

Таблица 8. Временные показатели проведения научной работы

№ раб.	Трудоемкость работ, чел-дни			Исполнитель и	$T_{pi}$	$T_{ki}$
	$t_{\min i}$	$t_{\max i}$	$t_{\text{ож}i}$			
1	1	5	3	И, НР	1	1
2	2	3	2	И	3	4
3	20	25	22	И	27	33
4	7	13	10	И	12	15
5	1	3	2	И, НР	1	1
6	15	25	19	И	23	28
7	2	7	4	И	5	6
8	5	7	6	И, НР	4	5
9	7	10	8	И	10	12

Приведем диаграмму Гантта на Таблице 9.

Таблица 9. Календарный план-график проведения работ

№ раб	Наименование работы	Исполнители	Т <sub>кал</sub> , кал-дн	Продолжительность выполнения работ, декада													
				март			апрель			май			июнь				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2			
1.	Составление и утверждение задания ВКР	И, НР	1	■													
2.	Календарное планирование работ по теме	И	4	■													
3.	Подбор и изучение материалов по теме	И	33		■	■	■										
4.	Анализ исходных данных индекса ТАИЕХ	И	15					■	■	■							
5.	Выбор метода выполнения работы	И, НР	1							■							
6.	Написание программы для выбранной модели	И	28								■	■	■				
7.	Тестирование программы	И	6												■		

8.	Анализ результатов работы	И, НР	5														
9.	Составление отчета по работе	И	12														

### 3.9. Бюджет научно-исследовательского проекта

При планировании бюджета научно-исследовательского проекта должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. Определение полных затрат на выполнение ВКР производится путем суммирования расходов по следующим статьям:

- материальные затраты;
- основная заработная плата исполнителей;
- дополнительная заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- услуги сторонних организаций;
- накладные расходы.

#### 3.9.1. Расчет материальных затрат

Покажем отражение стоимости всех материалов, используемых при разработке проекта, включая расходы на их приобретение и, при необходимости, доставку. Расчет затрат на материалы производится по форме, приведенной в Таблице 10.

Таблица 10. Материальные затраты

Наименование материалов	Единица измерения	Кол-во	Цена за ед., руб.	Сумма, руб.
Бумага, формат А4	Пачка	1	293	293
Flashcard, 32 Гб	Штук	1	930	930
Итого				1223

### 3.9.2. Расчет заработной платы для исполнителей

В данной статье расходов планируется и учитывается основная заработная плата исполнителей, непосредственно участвующих в проектировании выпускной квалификационной работы:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (24)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p \quad (25)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (26)$$

где  $F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (Таблица 11);

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

$Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.

Таблица 11. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:	66	66

• Выходные дни и праздничные дни		
Потери рабочего времени • отпуск • невыходы по болезни	48	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_d + k_{пр}) \cdot k_p \quad (27)$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке руководителя, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 г.Томск.

Таблица 12. Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{ок}$ , руб	$k_{пр}$	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб	$T_p$ , дн	$Z_{осн}$ , руб
Руководитель	35120	0,3	1,3	59352,80	2459,24	7	17214,68
Инженер	12000	0,3	1,3	20280,00	840,29	105	88230,45
Итого							105445,13

### 3.9.3. Отчисления во внебюджетные фонды

Отчисления во внебюджетные фонды являются обязательными по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда

работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) \quad (28)$$

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность водится пониженная ставка – 30,2%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в Таблице 13.

Таблица 13. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.
Научный руководитель	17214,68
Инженер	88230,45
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302
Отчисления во внебюджетные фонды	
Научный руководитель	5198,83
Инженер	26645,60
Итого отчислений во внебюджетные фонды	31844,43

#### **3.9.4. Услуги сторонних организаций и накладные расходы**

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Рассчитаем затраты на электроэнергию, потребляемую оборудованием.

Компьютер потребляет примерно 220 Вт/ч, учитывая 6 часов в день непрерывной работы с компьютером получаем  $220 \cdot 6 \cdot 70 = 92400$  Вт,  $92,4 \cdot 5,8 = 535,92$  руб.

### **3.9.5. Формирование бюджета затрат НИИ**

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в Таблице 14.

Таблица 14. Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты	1223
Основная заработная плата	105445,13
Отчисления во внебюджетные фонды	31844,43
Накладные расходы	535,92
Бюджет затрат НИИ	217259,96

### **3.10. Реестр рисков проекта**

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Информацию по данному разделу необходимо свести в Приложении А.

### **3.11. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его

нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (29)$$

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-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги). За максимально возможную стоимость исполнения примем 150000 руб.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (30)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в Таблице 15.

Таблица 15. Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности.

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Оценка	Максимальная оценка
----------	-------------------------------	--------	---------------------



Статистическая значимость	0,2	5	5
Требует наличия исторических данных	0,25	5	5
Простота применения	0,15	4	5
Конкурентоспособность (с другими моделями)	0,25	4	5
Возможность применения любым предприятием	0,15	3	5
ИТОГО:	1	4,3	5

$$I_{ршис} = 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 = 4,3;$$

$$I_{ршис} = 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 = 5$$

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

$$I_{исп1} = \frac{I_{р-исп1}}{I_{финр1}}, I_{исп2} = \frac{I_{р-исп2}}{I_{финр2}}$$

и т.д.

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{ср}$ ):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}}$$

Так как исследование выполнено в одном варианте исполнения, рассчитаем интегральный показатель эффективности относительно максимально возможного варианта. Сравнительная эффективность разработки представлена в Таблице 16.

Таблица 16. Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Исп.1	Исп. max
Интегральный финансовый показатель	0,89	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,45	5
Интегральный показатель эффективности	5	5
Сравнительный показатель эффективности	1	

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Вывод по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Оценочная карта сравнения технических решений конкурентов показала, что SEV-модель по многим показателям является более предпочтительной, чем другие модели ценообразования опционов

2. В ходе планирования научно-исследовательской работы определён перечень работ, выполняемый рабочей группой. В данном случае рабочая группа состоит из двух человек: руководитель и инженер. Согласно составленному плану работ длительность трудовой занятости сотрудников исследовательского проекта составила 112 дней (105 дней – занятость студента, 7 дней – длительность работы руководителя). На основе временных показателей по каждой из произведенных работ был построен календарный план-график, построенный на основе диаграммы Ганта, по которому можно увидеть, что самая продолжительная по времени работа – подбор и изучение материалов по теме и написание программы для выбранной модели.

3. Бюджет научно-технического исследования составил 217 259,96 руб. Бюджет НТИ состоит из материальных затрат (1 223 рубля), затрат на оплаты труда (105 445,13 рублей), отчислений во внебюджетные фонды (31 844,43 рубль) и накладных расходов (535,92 рубля).

4. Проведена оценка результатов ресурсоэффективности, которая составила 4,45 из 5, что говорит о хорошей эффективности реализации технического проекта.

## **4. Социальная ответственность**

### **Введение.**

В настоящее время большое внимание уделяется вопросам безопасности трудящихся на рабочем месте. Одной из основных задач является охрана здоровья сотрудников предприятий, сведение к минимуму или ликвидация различных видов производственных травм и снижение риска заболеваний.

Скорость создания и усовершенствования электронно-вычислительных машин (ЭВМ) привела к их повсеместному внедрению как на производстве, так в научно-исследовательских и конструкторских целях, а также в сфере управления и образования. Компьютеры на данный момент являются одной из важных составляющих деятельности большинства предприятий и организаций, а также в домашних условиях. Однако компьютер является источником вредного воздействия на организм человека, а, следовательно, и источником профессиональных заболеваний. Это влечет за собой требование: каждый пользователь персонального компьютера должен быть осведомлен о вредном воздействии ПЭВМ на организм человека и необходимых мерах защиты от этих воздействий.

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды.

Также необходимо учитывать возможность чрезвычайных ситуаций. Так как рабочая зона находится в городе Томске, наиболее типичной ЧС является мороз. Так же, в связи с беспокойной ситуацией в мире, одной из возможных ЧС может быть диверсия.

### **4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Безопасность условий труда – это главное условие при создании рабочих мест. В Типовой инструкции по ОТ № Р-45-084-01 закреплены негативные факторы, которые могут оказывать воздействие на организм

служащих, продолжительное время работающих с компьютером:

1. Низкий уровень ионизации воздуха;
2. Увеличенные показатели электромагнитных излучений и статического электричества;
3. Повышенные нагрузки на зрение трудящегося;
4. Длительное статическое физическое напряжение.

Помимо этого, длительное нахождение в сидячем положении нередко приводит к венозной недостаточности, искривлению позвоночника, ухудшению зрения и хроническому стрессу. Впрочем, большинства этих проблем можно избежать при правильной организации рабочего пространства. Поэтому требования касающиеся оборудования трудовых мест пользователей ПК включают обеспечение правильной мебелью, создание комфортных микроклиматических условий и необходимого уровня освещения.

Среди нормативных актов, регулирующих санитарно-гигиенические условия труда с компьютерами, помимо указанной выше Типовой инструкции: СанПиН 2.2.2./2.4. 1340-03, Приказ Минздравсоцразвития РФ №302н, Приказ №426-ФЗ.

В Трудовом кодексе РФ закреплены правила, касающиеся продолжительности рабочих смен и обязательных перерывов на отдых (ст.108 ТК РФ). Если на предприятии в процессе проведения оценки данные рабочие площадки были определены, как имеющие вредные факторы воздействия, то согласно ст.117 ТК, служащие, трудящиеся на них, имеют право на получение дополнительных дней ежегодного отдыха, в количестве не менее семи. Работодатель имеет право увеличить продолжительностью дополнительного отпуска путем фиксирования данного правила в локальных актах предприятия. Отзыв из дополнительного отдыха не допускается, как и замена его, денежной компенсацией. Исключением является только каналный расчет при увольнении служащего.

Конкретные правила работы с ПК установлены СанПиНом

2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы", утвержденным в 2003 году. В нем оговариваются правила работы с компьютерной техникой. Нормативы, прописанные в СанПиНе, устанавливают, что в зависимости от степени нагрузки работник обязан получать дополнительное время отдыха, которое в отличие от перерыва на обед не может увеличить общее время труда.

Санитарные нормы предполагают совокупную продолжительность времени отдыха на протяжении одной рабочей смены от 50 до 140 минут. Более конкретные определения зависят от вида выполняемой на компьютере работы и уровня нагрузки. 1 июля 2001 года была введена в действие типовая инструкция ТОО Р-45-084-01 по охране труда при работе на персональном компьютере. В ней более детально расписан вопрос кратковременных перерывов. В частности, оговорено, что отдыхать следует с интервалом не менее одного раза в два часа. При этом отдых подразумевает отвлечение от монитора и физическую разминку.

В данной работе рассмотрено рабочее место и помещение, в котором оно находится.

Характеристика помещения, где была разработана магистерская диссертация: ширина комнаты составляет  $b=4$  м, длина  $a=6$  м, высота  $H=2,8$  м. Тогда площадь помещения будет составлять  $S=a*b=24$  м<sup>2</sup>, объем помещения  $S=a*b*H=67,2$  м<sup>3</sup>. В помещении имеется окно, через которое осуществляется вентиляция помещения. В помещении отсутствует принудительная вентиляция. В зимнее время помещение отапливается. В помещении используется комбинированное освещение - искусственное и естественное. Искусственное освещение создается люминесцентными лампами типа ЛБ. Рабочая поверхность имеет высоту 0,75 м. Электроснабжение сети переменного напряжения 220 В. Помещение без повышенной опасности в отношении поражения человека электрическим током по ГОСТ Р 12.1.019- 2009.

Компьютер, расположенный на рабочей поверхности высотой 0,75 м, обладает следующими характеристиками: процессор Intel Core i5, оперативная память 6 ГБ, операционная система Microsoft Windows 10, частота процессора 2,5ГГц, дисплей HD с диагональю 39,6 см (15,6 дюйма) разрешением 1366 на 768.

Основными элементами рабочего места являются стол и стул, т.к. рабочим положением является положение сидя. Рациональная планировка рабочего места определяет порядок и местоположение предметов, в особенности тех, которые для работ необходимы чаще.

Основные зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости показаны на рис. 7.

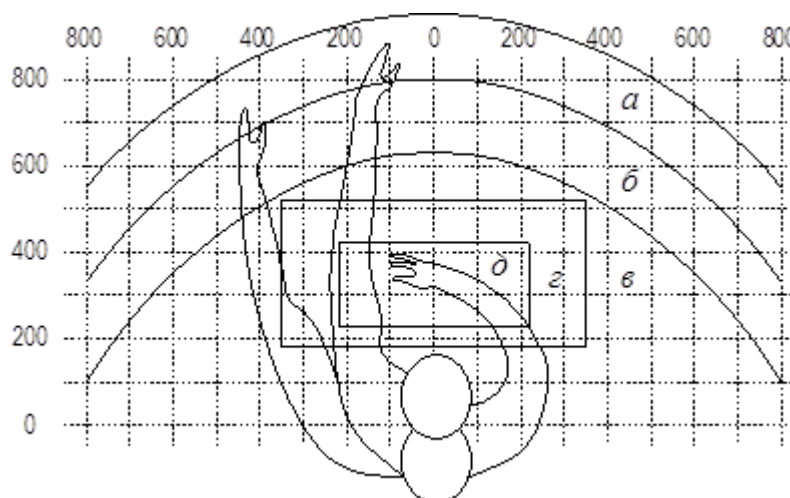


Рисунок 7 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости: а – зона максимальной досягаемости; б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в – зона легкой досягаемости ладони; г – оптимальное пространство для грубой ручной работы; д – оптимальное пространство для тонкой работы

В соответствии с этим рассмотрим оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук:

1. Дисплей размещается в зоне а (в центре);
2. Клавиатура - в зоне г/д;
3. Системный блок размещается в зоне б (слева);
4. Принтер (если он есть) находится в зоне а (справа);
5. Документация располагается в зоне легкой досягаемости ладони - в

(слева) - литература и документация, необходимая при работе или в выдвижных ящиках стола - литература, неиспользуемая постоянно.

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования.

Высота рабочей поверхности стола рекомендуется в пределах 680–800 мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм. Рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм. Должно иметься пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной — не менее 500 мм, глубиной на уровне колен — не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног — не менее 650 мм.

Рабочее кресло должно быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки до переднего края сиденья. Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420–550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм.

Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500–600 мм. Согласно нормам, угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45° к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30°. Кроме того должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране. Должна предусматриваться возможность регулирования экрана.

Рабочие места с компьютерами должны размещаться так, чтобы расстояние от экрана одного монитора до тыла другого было не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями мониторов - не менее 1,2 м.

## **4.2. Производственная безопасность**

### **4.2.1. Анализ опасных и вредных факторов проектируемой производственной среды**

Для идентификации потенциальных факторов используется ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». В таблице 16 представлен перечень опасных и вредных



факторов, характерных для проектируемой производственной среды:

Таблица 16 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
2. Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	СанПиН 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение»
3. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»
4. Превышение уровня шума		+	+	СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»; СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»

#### 4.2.2. Отклонение показателей микроклимата

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.

Оптимальные микроклиматические условия 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.

Нормы оптимальных и допустимых показателей микроклимата при работе с ЭВМ устанавливает СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений изложены в СанПиН 2.2.4.548-96. 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 17.

Таблица 17 – Допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		Фактическое значение	Допустимое значение	Фактическое значение	Допустимое значение	Фактическое значение	Допустимое значение

Холодный	Ia	(20÷24)	(15÷28)	55	(15÷75)	0.1	≤ 0.1
Теплый	Ia	(23÷25)	(15÷28)	55	(15÷75)	0.1	≤ 0.2

Анализируя таблицу 1, можно сделать вывод, что в рассматриваемом помещении параметры микроклимата соответствуют нормам СанПиН. Допустимый уровень микроклимата помещения обеспечивается системой водяного центрального отопления и естественной вентиляцией.

В производственных помещениях, где допустимые нормативные величины микроклимата поддерживать не представляется возможным, необходимо проводить мероприятия по защите работников от возможного перегревания и охлаждения. Это достигается различными средствами:

- применением систем местного кондиционирования воздуха;
- использованием индивидуальных средств защиты от повышенной или пониженной температуры;
- регламентацией периодов работы в неблагоприятном микроклимате. и отдыха в помещении с микроклиматом, нормализующим тепловое состояние;
- сокращением рабочей смены и др.

Профилактика перегревания работников в нагревающем микроклимате включает следующие мероприятия: нормирование верхней границы внешней термической нагрузки на допустимом уровне применительно к 8-часовой рабочей смене; регламентация продолжительности воздействия нагревающей среды (непрерывно и за рабочую смену) для поддержания среднесменного теплового состояния на оптимальном или допустимом уровне.

#### **4.2.3. Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Свет является естественным условием жизни человека. Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

Существует три вида освещения: естественное – за счёт солнечного излучения, искусственное – за счёт источников искусственного света и совмещенное – освещение, включающее в себя как естественное, так и искусственное освещения. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий изложены в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

Оценка освещенности рабочей зоны проводится в соответствии с СанПиНом 2.2.2/2.4.1.1340-03.

В данном рабочем помещении используется комбинированное освещение: искусственное и естественное. Искусственное освещение создается люминесцентными лампами типа ЛД.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения  $a = 6$  м, ширина  $b = 4$  м, высота  $H = 2,8$  м. Высота рабочей поверхности над полом  $h_p = 0,75$  м. Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина  $\lambda$ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3.

Выбираем лампу дневного света ЛД-40, световой поток которой равен  $\Phi_{ЛД} = 2300$  Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 925 мм, ширина – 265 мм.

На первом этапе определим значение индекса освещенности  $i$ .

$$i = \frac{S}{(a+b) \cdot h} \quad (31)$$

Где  $S$  – площадь помещения;

$h$  – расчетная высота подвеса светильника, м;

$a$  и  $b$  – длина и ширина помещения, м.

Высота светильника над рабочей поверхностью  $h$

$$h = H - h_p - h_c = 2,8 - 0,75 - 0,3 = 1,55, \quad (32)$$

где  $H$  – высота помещения, м;

$h_p$  – высота рабочей поверхности, м;

$h_c$  – расстояние светильников от перекрытия (свес).

В результате проведенных расчетов, индекс освещенности  $i$  равен

$$i = \frac{S}{(a+b) \cdot h} = \frac{24}{(4+6) \cdot 1,55} = 1,5 \quad (33)$$

Размещаем светильники в три ряда. План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами представлен на рисунке 8.

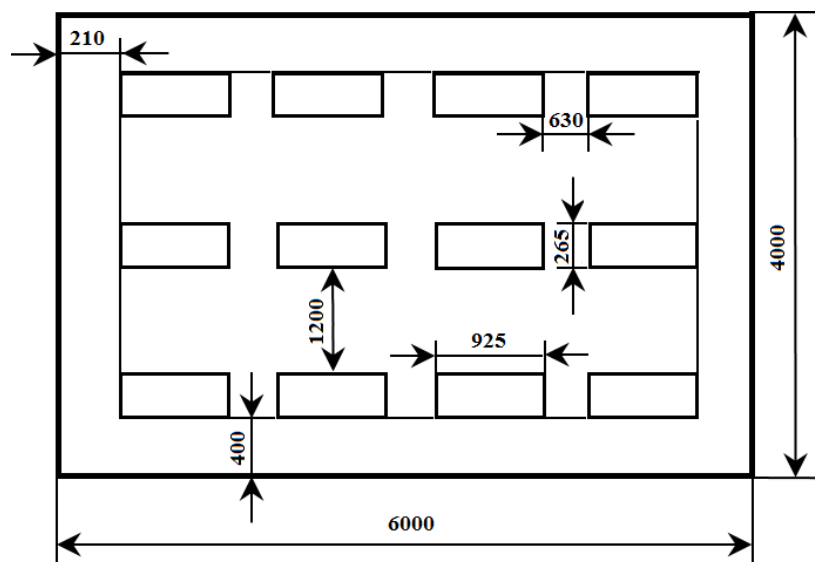


Рисунок 8 – План размещения светильников с люминесцентными лампами  
(размеры указаны в мм)

Световой поток лампы определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} \quad (34)$$

где  $E_H$  – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05-95, лк;

$S$  – площадь освещаемого помещения, м<sup>2</sup>;

$K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т.е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере цеха дыма, пыли;

$Z$  – коэффициент неравномерности освещения, отношение

Для люминесцентных ламп он равен 1,1;

$N$  – число ламп в помещении;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока.

Данное помещение относится к типу помещения со средним выделением пыли, поэтому коэффициент запаса  $K_3=1,5$ ; состояние потолка свежепобеленный, поэтому значение коэффициента отражения потолка  $\rho_n=70\%$ ; состояние стен – побеленные бетонные стены, поэтому значение коэффициента отражения стен  $\rho_c=50\%$ . Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при  $\rho_n=70\%$ ,  $\rho_c=50\%$  и индексе помещения  $i=1,5$  равен  $\eta=0,47$ .

Нормируемая минимальная освещенность при использовании ЭВМ и одновременной работе с документами должна быть равна 600 лк.

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{600 \cdot 24 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{24 \cdot 0,47} = 2106 \text{ Лм} \quad (35)$$

Для люминесцентных ламп с мощностью 40 Вт и напряжением сети 220В, стандартный световой поток ЛД равен 2300 Лм.

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%$$

Подставляя данные, получим:

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{2300 - 2106}{2300} \cdot 100\% = 8,43\%$$

$$-10\% \leq 8,43\% \leq 20\%$$

Таким образом необходимый световой поток лампы не выходит за пределы требуемого диапазона.

#### 4.2.4. Превышение уровня шума

Шумы ухудшают условия труда тем, что оказывают вредные действия на человека. 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.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума – это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Основные источники шума в компьютерном классе – монитор, системный блок, клавиатура, мышь; дополнительные – многофункциональное устройство.

Главными источниками шума в компьютере являются моторы и вращающиеся детали, такие как жесткий диск, вентиляторы охлаждения корпуса, процессора и блока питания. Особенно много шума создают последние два. Кроме того, вентиляторы и жесткие диски являются источником вибрации, шум от которой усиливается конструкцией корпуса и поверхностью, на которой установлены устройства.

Чем выше быстродействие процессоров, жестких дисков и видеокарт, тем больше они выделяют тепла и тем сильнее нуждаются в охлаждении - а охлаждение, как правило, связано с шумом.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-2014 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Уровень шума на рабочем месте математиков-программистов и операторов видеоматериалов не должен превышать 50дБА, а в залах обработки информации на вычислительных машинах - 65дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

#### 1. СКЗ

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;

- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звукоизоляции (бетон, кирпич, гипсокартон и другие материалы, способные отражать звук) и звукопоглощения (стекловата, минеральная вата, многослойная панель);

- применение средств, снижающих шум на пути их распространения;

## 2. СИЗ

- применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

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.

В нашем случае используются пластиковые прокладки для изолирования вентилятора процессора. При такой защите уровень шума отдельных элементов составляет: монитор ( $L_1 = 17$  дБ), системный блок ( $L_2 = 45$  дБ), клавиатура ( $L_3 = 10$  дБ), мышь ( $L_4 = 8$  дБ); дополнительные – многофункциональное устройство ( $L_5 = 42$  дБ).

Рассчитаем уровень звукового давления от нескольких источников шума (монитор, системный блок, клавиатура, мышь и многофункциональное устройство) по формуле:

$$L_{\Sigma} = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i} = 10 \log(10^{1.7} + 10^{4.5} + 10^{1.0} + 10^{0.8} + 10^{4.2})$$
$$= 46.77 \text{ дБА}$$

Расчет показал, что уровень звукового давления в рабочем помещении при работе ЭВМ и МФУ  $L_{\Sigma} = 46,77$  не превышает допустимого значения, установленного по ГОСТ 12.1.003 – 2014.



#### **4.2.5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека**

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статистического электричества.

Электроустановки классифицируют по напряжению: с номинальным напряжением до 1000 В (помещения без повышенной опасности), до 1000 В с присутствием агрессивной среды (помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000 В (помещения особо опасные).

Помещение, где была разработана магистерская диссертация, принадлежит к категории помещений без повышенной опасности по степени вероятности поражения электрическим током, вследствие этого к оборудованию предъявляются следующие требования:

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

Перед началом работы следует убедиться в отсутствии свешивающихся со стола или висящих под столом проводов электропитания, в целостности вилки и провода электропитания, в отсутствии видимых повреждений аппаратуры и рабочей мебели, в отсутствии повреждений.

#### **4.3. Экологическая безопасность**

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения - это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства.

С точки зрения потребления ресурсов компьютер потребляет сравнительно небольшое количество электроэнергии, что положительным образом сказывается на общей экономии потребления электроэнергии в целом.

Основными отходами при выполнении данной бакалаврской работы являются черновики бумаги, отработавшие люминесцентные лампы и картриджи. Израсходованная бумага не содержала никаких закрытых сведений, поэтому была направлена на утилизацию без использования шредера, а люминесцентные лампы собраны и направлены на утилизацию в соответствующую организацию. Израсходованные картриджи аналогично были разобраны на отдельные комплектующие (пластик, винты, графит и т.д.) и были отправлены в соответствующие организации.

#### **4.4. Защита в чрезвычайных ситуациях**

В Томске преобладает континентально-циклонический (переходный от европейского умеренно континентального к сибирскому резко континентальному) климат. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.) отсутствуют. Возможными ЧС могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. Кроме того, необходимо иметь альтернативные источники тепла, электроэнергии и транспорта.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще. Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в

полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

#### **4.4.1. Пожарная безопасность**

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории А<sub>н</sub>, Б<sub>н</sub>, В<sub>н</sub>, Г<sub>н</sub> и Д<sub>н</sub>.

Согласно НПБ 427-10 класс или офисное помещение относится к категории В - горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б. По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудно сгораемым материалам). Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера. Основной причиной возникновения пожара неэлектрического характера в офисном помещении может стать халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня). Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Согласно общим требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 для устранения причин возникновения пожаров в помещении должны проводиться следующие мероприятия:

- а) использование только исправного оборудования;
- б) проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;

- в) назначение ответственного за пожарную безопасность помещений;
- г) издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности
- д) отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;
- е) курение в строго отведенном месте;
- ж) содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Воздушно-пенные огнетушители очагов пожара, без наличия электроэнергии. Углекислотные и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов.

Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый закачной огнетушитель ОП-3. Тушение электроустановок нужно производить на расстоянии не менее 1 метра (имеется в виду расстояние от сопла огнетушителя до токоведущих частей). Зарядку порошковых огнетушителей следует производить один раз в пять лет. При возникновении необходимости ремонта или зарядки, следует обращаться в специализированные фирмы.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации,

порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу (Приложение А).

#### **4.5. Выводы и рекомендации**

Проанализировав условия труда на рабочем месте, где была разработана магистерская диссертация, можно сделать вывод, что помещение удовлетворяет необходимым нормам и в случае соблюдения техники безопасности и правил пользования компьютером работа в данном помещении не приведет к ухудшению здоровья работника.

Само помещение и рабочее место в нем удовлетворяет всем нормативным требованиям. Кроме того, действие вредных и опасных факторов сведено к минимуму, т.е. микроклимат, освещение и электробезопасность соответствуют требованиям, предъявленным в соответствующих нормативных документах.

Относительно рассмотренного вопроса об экологической безопасности можно сказать, что деятельность помещения не представляет опасности окружающей среде.

Важно добавить, что монитор компьютера служит источником ЭМП – вредного фактора, который отрицательно влияет на здоровье работника при продолжительной непрерывной работе и приводит к снижению работоспособности. Поэтому во избежание негативного влияния на здоровье необходимо делать перерывы при работе с ЭВМ и проводить специализированные комплексы упражнений для глаз.

## Заключение.

В рамках написания магистерской диссертации были исследованы классические модели ценообразования опционов и непараметрические подходы для построения оценки риск-нейтральной плотности вероятности. Сформированы и проанализированы исходные данные.

В рамках CEV модели подобран параметр  $\beta=1.92$ . Посчитана извлеченная волатильность с использованием асимптотики  $E \rightarrow \infty$ . Выявлено, что поведение извлеченной волатильности отражает важные экономические новости в стране (коронавирус, падение цен на нефть).

С помощью асимптотик для нецентрированных функций плотности  $\chi^2$ -распределения была посчитана риск-нейтральная плотность вероятности и справедливые цены европейских опционов типа call.

## Список литературы.

1. Хадд, Джон К. Опционы, фьючерсы и другие производные финансовые инструменты, 6-е издание. : Пер.с англ. – М. : ООО «И.Д. Вильямс», 2007. – 1056 с.: ил. – Парал.тит.англ.
2. Крицкий О.Л. Курс лекции теории случайных процессов.
3. John C.Hull. Options, futures, and other derivatives, seventh edition, 219- 234.
4. Курс теории случайных процессов: Учебное пособие / А. Д. Вентцель.—2-е изд., доп.—М.: Наука; Физматлит, 1996.—398 с.
5. Теория стохастических систем: Учебное пособие / В. С. Пугачев, И. Н. Сеницын.—М.: Логос, 2000.—1000 с.
6. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров.—М.: Наука, 1991.—384 с.
7. Курс теории случайных процессов: Учебное пособие для университетов / А. Д. Вентцель. — М.: Наука: Физматлит, 1975.—319 с.
8. P. Wilmott, Derivatives. The theory and practice of financial engineering, New York, John Wiley & Sons, 1999.
9. Schroder M. Computing the Constant Elasticity of Variance Option Pricing Formula// Journal of Finance, 1989, Vol. 44, No. 1, pp. 211-219.
10. Larguinho M., Dias J.C., Braumann C.A. On the computation of option prices and Greeks under the CEV model// Quantitative Finance, 2013, V. 13, Issue 6, p. 907–917.
11. Феллер, Вильям. Введение в теорию вероятностей и её приложения: Пер. с англ.: В 2 т. / В. Феллер.—М.: Мир, 1984- Т. 1.— 1984.— 527 с.
12. Прикладная статистика: Основы эконометрики: Учебник: В 2-х т.—М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001/ С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян.— 2001.—656 с.

13. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
14. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
15. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
16. СанПиН 2.2.2.542-96 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
17. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение
18. СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки
19. ГОСТ 12.1.003-2014 ШУМ. Общие требования безопасности
20. ГОСТ Р 12.1.019-2017. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
21. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
22. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования
23. СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений
24. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.



# Приложение А

## План эвакуации в случае пожара



### Приложение Б

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Ошибка в исходных данных	Некорректная работа программы	2	4	Средний	Работа с надежными сайтами/поставщиками информации	Человеческий фактор, технический сбой
2	Отсутствие положительных результатов в сравнении с другими моделями	Невозможность дальнейшего применения программы	1	4	Низкий	Использование большого объема данных	Маленький объем исходных данных
3	Ошибка в коде	Невозможность дальнейшего применения программы	3	5	Высокий	Обучение, внимательность, многократная проверка	Ошибки при выборе исполнителей, сжатые сроки
4	Некорректная работа ПК	Некорректная работа про-	3	5	Высокий	Использование ПК нового поколения	ПК с маленький оперативной

		граммы, невозможность дальнейшей работы над проектом					памятью и т.п.
--	--	--	--	--	--	--	----------------

**Приложение В**  
(справочное)

**Estimation of implied volatility within the CEV model.**

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0BM81	Гизатуллина Лилия Кашифовна		

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крицкий Олег Леонидович	к.ф.-м.н., доцент		

Консультант-лингвист Отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Пичугова Инна Леонидовна			

## **Introduction.**

The study of options in the financial market is actual topic in modern conditions. An option is a contract under which the buyer of the option receives the right to buy / sell any asset (product, security, currency, etc.) at a certain point in time at a predetermined price. There are two types of options: American and European. The difference is that American options allow you to demand execution at any moment of its existence, while European options make it possible to do this only on a specific date.

To evaluate options, the classic Black-Scholes model is used as a guide for traders in most global derivatives markets. However, it is well known that this model does not correspond well with reality: in particular, it underestimates the risks (the effect of “thin tails” of the distribution), does not provide an opportunity to simulate price hikes, and cannot explain the effect of the “smile of volatility”. The disadvantages of the model include the assumption of a constant level of volatility.

Volatility is the most important parameter in the market, as it is volatility which gives a hint about magnitude of change an asset can make in a predetermined period of time. Portfolio managers use volatility data to calculate risks.

The implied volatility reflects the expectations of traders regarding historical volatility in the future. To understand whether traders expect an increase in the volatility of an asset or whether its lowering helps the activity of options on this asset.

A particular case of the stochastic volatility model is the constant elasticity of variance (CEV) model, which takes into account not only the changing volatility, but also the “leverage” effect.

The aim of this work is to estimate implied volatility within the CEV model.

## 1. Theoretical part.

### 1.1. The CEV model.

The constant elasticity of variance (CEV) model assumes that the risk-neutral process for a stock price,  $S$ , is  $dS = \mu S dt + \delta S^{\beta/2} dW$ , where  $\mu$  – is the risk-free rate,  $\delta$  – is a volatility parameter,  $dW$  – is a Wiener process and  $\beta$  – is a positive constant.

When  $\beta=2$ , the CEV model is the geometric Brownian motion model we have been using up to now. When  $\beta<2$ , the volatility increases as the stock price decreases. This creates a probability distribution similar to that observed for equities with a heavy left tail and a less heavy right tail. When  $\beta>2$ , the volatility increases as the stock price increases giving a probability distribution with a heavy right tail and less heavy left tail. This corresponds to a volatility smile where the implied volatility is an increasing function of the strike price. This type of volatility smile is sometimes observed for options on futures.

The valuation formulas for European call and put options under the CEV model is

$$C = S Q\left(2y; 2 + \frac{2}{2-\beta}, 2x\right) - E e^{-r(T-t)} Q\left(2y; 2 - \frac{2}{2-\beta}, 2x\right) =$$

$$= S Q\left(2y; 2 + \frac{2}{2-\beta}, 2x\right) - E e^{-r(T-t)} \left(1 - Q\left(2x; \frac{2}{2-\beta}, 2y\right)\right), \quad (1)$$

$$\text{where } x = k S^{2-\beta} \exp(r(2-\beta)(T-t)), \quad y = k E^{2-\beta}, \quad k = \frac{2r}{\delta^2(2-\beta)[\exp(r(2-\beta)(T-t))-1]},$$

$Q(2y; 2\nu, 2x)$  – is the cumulative probability that variable with a noncentral  $\chi^2$ -distribution with noncentrality parameter  $2\nu$  and  $2x$  degrees of freedom is less than  $2y$ . A procedure for computing is as follows:

$$Q(2y; 2\nu, 2x) = \int_{2y}^{\infty} \frac{e^{-\frac{2x+u}{2}}}{2} \left(\frac{u}{2x}\right)^{\frac{\nu-2}{4}} I_{\frac{\nu-2}{2}}(\sqrt{2xu}) du = \sum_{n=1}^{\infty} g(n, x) G(n + \nu - 1, y), \quad (2)$$

where  $g(n, x)$  – density of tail (additional) gamma distribution,  $g(n, x) = \frac{e^{-x} x^{n-1}}{\Gamma(n)}$ ,

$\Gamma(n)$  – gamma-function,  $G(n + \nu - 1, y)$  – tail gamma distribution;

$G(n + \nu - 1, y) = \int_y^\infty g(n + \nu - 1, t) dt$ ,  $I_q(z) = \left(\frac{z}{2}\right)^q \sum_{j=0}^\infty \frac{(z^2/4)^j}{j! \Gamma(q + j + 1)}$  – modified Bessel

function of the first kind of order  $q$ .

For large values of the parameters  $x, y$  function  $Q(2y; 2\nu; 2x)$ , expressed in terms of  $G(n + \nu - 1, y)$  and  $g(n, x)$ , converges rather slowly. Therefore, for the calculation, you can use the approximation of the form:

$$Q(2y; 2\nu, 2x) = \Phi(R), \quad (3)$$

$$\text{where } R = \frac{1 - hp \left( 1 - h + \left( 1 - \frac{h}{2} \right) mp \right) - \left( \frac{y}{\nu + x} \right)^h}{h \sqrt{2p(1 + mp)}}, \quad h = 1 - \frac{2(\nu + x)(\nu + 3x)}{3(\nu + 2x)^2},$$

$$p = \frac{(\nu + 2x)}{2(\nu + x)^2}, \quad m = (h - 1)(1 - 3h).$$

$$P = -S_0 Q\left(2y; \frac{2}{2 - \beta}, 2x\right) + Ee^{-r(T-t)} Q\left(2x; \frac{2}{2 - \beta}, 2y\right) \quad (4)$$

A constant elasticity of variance model is especially useful for evaluating exotic common stock options. By minimizing the standard deviation of model prices from market prices, you can find the parameters of this model that allow you to approximate the cost of ordinary options as accurately as possible.

## 1.2. Black-Sholes model.

The underlying asset may take a different form: stocks, oil, currency, certain goods, etc. In addition, it is obvious that the closer the price of the underlying asset to the level at which insurance begins to pay, the more expensive insurance becomes (so payment on it becomes more likely).

Black and Scholes in 1973 obtained the basic formula for determining the contract price, which is based on the assumption that the price of the

underlying asset  $S$  changes continuously with time  $t$ , and its future value is a logarithmic normal distribution. The equation of the process described is:

$$dS = \mu S dt + \delta S dW \quad (5)$$

where  $\mu$  is the expected return of the underlying asset,  $\delta$  is volatility,  $dW$  is the Wiener process that controls the stochastic price change. According to this model, the interest rate of return  $ds/S$  on the interval  $dt$  has a normal distribution with mean  $\mu$  and variance  $\sigma^2$ .

In the Black-Scholes model, the fair value of an option is defined as

$$V(S,t) = S \Phi(d_1) - E e^{-r(T-t)} \Phi(d_2) \quad (6)$$

where  $\Phi(d_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{d_i} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt$  – distribution function of a standard normal random variable.,  $i = 1, 2$ .

The main disadvantage of the Black-Scholes model is the assumption of a constant level of volatility  $\sigma = const$ . It most significantly limits the analysis of real risk assets traded on stock markets, since often these financial instruments have variable volatility with a functional dependence of the form  $\sigma = \sigma(t, S)$  or more complex when  $\sigma$  is a stochastic process.

### 1.3. THE IVF MODEL

The parameters of the models we have discussed so far can be chosen so that they provide an approximate fit to the prices of plain vanilla options on any given day. Financial institutions sometimes want to go one stage further and use a model that provides an exact fit to the prices of these options. In 1994 Derman and Kani, Dupire, and Rubinstein developed a model that is designed to do this. It has become known as the implied volatility function (IVF) model or the implied tree model. It provides an exact fit to the European option prices observed on any given day, regardless of the shape of the volatility surface.

The risk-neutral process for the asset price in the model has the form



$$dS = [r(t) - q(t)]S dt + \sigma(S, t)Sdz, \quad (12)$$

where  $r(t)$  is the instantaneous forward interest rate for a contract maturing at time  $t$ , and  $q(t)$  is the dividend yield as a function of time. The volatility  $\sigma(S, t)$  is a function of both  $S$  and  $t$  and is chosen so that the model prices all European options consistently with the market. It is shown both by Dupire and by Andersen and Brotherton-Ratcliffe that  $\sigma(S, t)$  can be calculated analytically:

$$[\sigma(K, T)]^2 = 2 \frac{\partial c_{mkt} / \partial T + q(T)c_{mkt} + K[r(T) - q(T)]\partial c_{mkt} / \partial K}{K^2 (\partial^2 c_{mkt} / \partial K^2)} \quad (13)$$

where  $c_{mkt}(K, T)$  is the market price of a European call option with strike price  $K$  and maturity  $T$ . If a sufficiently large number of European call prices are available in the market, this equation can be used to estimate the  $\sigma(S, t)$  function.

Andersen and Brotherton-Ratcliffe implement the model by using equation (13) together with the implicit finite difference method. An alternative approach, the implied tree methodology suggested by Derman and Kani and Rubinstein, involves constructing a tree for the asset price that is consistent with option prices in the market.

When it is used in practice the IVF model is recalibrated daily to the prices of plain vanilla options. It is a tool to price exotic options consistently with plain vanilla options. Vanilla options define the risk-neutral probability distribution of the asset price at all future times. It follows that the IVF model gets the risk-neutral probability distribution of the asset price at all future times correct. This means that options providing payoffs at just one time (e.g., all-or-nothing and asset-or-nothing options) are priced correctly by the IVF model. However, the model does not necessarily get the joint distribution of the asset price at two or more times correct. This means that exotic options such as compound options and barrier options may be priced incorrectly.

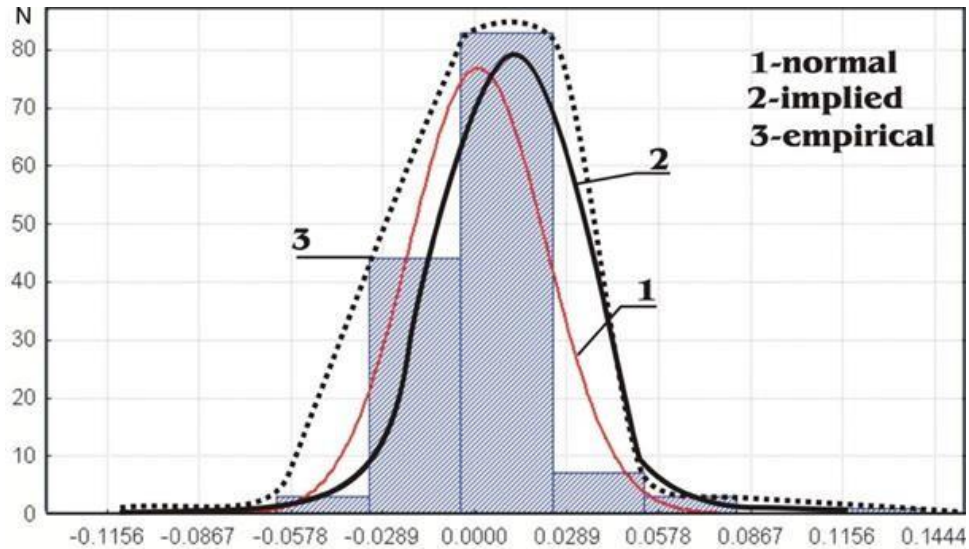
## 1.4. Volatility

Forecasting the volatility of risky assets is an important step in the construction of mathematical models of financial mathematics. It is used to calculate the fair price of options and is used to develop various profitable strategies for securities portfolios.

The empirical density function of the distribution, built on the basis of historical data (Figure 1), has a non-zero excess (kurtosis) and asymmetry (skew). In addition, there is an elongation of the density function in the  $\varepsilon$  – neighborhood of the expectation point, as well as the so-called “fat tails”, when the probability of significant changes in price increments is higher than for the normal distribution. Mathematically, this means that the random process is a non-Gaussian, non-Markovian process with a long-term correlation between the data.

To study the distribution of such random processes and predict the future level of their volatility, a large number of models have been proposed. The most studied is the Black-Scholes model for options. It is based on the Black-Scholes formula for calculating the equilibrium price of buyer and seller options.

By fixing in it various execution prices  $E$  (strike prices) and expiration dates of contracts  $T$  (times to maturity), we get the so-called “estimated volatility”, which is compared with empirical estimates according to historical data. This model allows us to construct a new distribution (implied – distribution) of increments of the time series, which will already have thicker tails (Figure 1) compared to the normal distribution and, as a result, makes it possible to calculate the volatility more accurately. However, the tails remain quite “thin” compared with the distribution of data from real financial markets.



*Figure 1. Empirical distribution density for a buyer's option (call option) on a futures contract on RAO UES shares of RTS with quotations in rubles (code ES7000F5 [1], trading took place from December 1, 2004 to July 5, 2005, a total of 143 quotes) in comparison with other densities (1 – normal density with  $a=10^{-3}$ ,  $\sigma=4,5 \times 10^{-4}$ ; 2 – implied – density; 3 – empirical density with  $a=10^{-3}$ ,  $\sigma=4,5 \times 10^{-4}$ ),  $N$  – s the number of observations that fell into the corresponding interval.*

Often, the “assumed volatility” of an option is a more useful estimate than the price of an option. The reason is that the price of an option depends directly on the price of the underlying asset. If an option is held in a delta-neutral portfolio (that is, a portfolio that is hedged against small movements of the underlying asset), the next most important factor in the price of the option will be imputed volatility.

Implied volatility is so important that options are often spoken in terms of volatility, and not in terms of price, especially between professional traders.

To calculate the implied volatility of the option, there is no specific formula [20], therefore, to find it, it is necessary to solve the equation

$$C(S,t,\sigma,r,E,T) = C_{real} \quad (14)$$

where  $C(S,t,\sigma,r,E,T)$  – is the theoretical fair price of a call option calculated using the Black-Scholes formula or as part of the CEV model,  $C_{real}$  the real price of the option on the market. In equation (14) everything is known, except  $\sigma$ , however, its solution is a separate complex problem. For example, when choosing the Black-Scholes formula (2), to calculate the fair price of an option, it is necessary to use the Shapiro approximation for the distribution function  $\Phi(x)$ .

$$\Phi(x) \approx 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} (AD + BD^2 + CD^3),$$

where  $A = 0,43613; B = -0,120167; C = 0,937298; D = (1 + 0.33267x)^{-1}$ .

In the case of using the model of constant elasticity of dispersion to calculate the fair price of an option, “estimated volatility” is calculated using equation (14), where  $C(S,t,\sigma,r,E,T)$  is the theoretical fair price of the call option calculated by formula (1). For the calculation  $Q(2y; 2\nu, 2x)$  it is advisable to use its asymptotics.

### 1.5. Risk - neutral density function

Let us consider a portfolio that consists of two purchased buyer's options with exercise prices  $E - \varepsilon$  and  $E + \varepsilon$ , where  $\varepsilon$  is an infinitely small value. If the underlying asset has a price that goes beyond the boundaries of the interval  $[E - \varepsilon; E + \varepsilon]$ , the counterparty receives nothing. If we push  $\varepsilon$  to zero, then we can see that the payout function  $f_T$  at time  $T$  tends to the delta function with center at point  $E$ .

The price of the call option  $C(S_T, E, t)$  with the underlying asset value  $S_T$ , the strike price  $X$  at an arbitrary point in time  $t$  is equal to

$$C(S_T, E, t) = E^* \left( \frac{f_T}{e^{rt}} \right)$$

where  $r$  – the risk-free interest rate;

$E^*$  – risk-neutral expectation with density  $f^*$ .

We turn to the limit  $\varepsilon \rightarrow 0$  and get

$$C(S_T, E, t) = e^{-rt} f^*(X)$$

On the other hand, the price of the buyer's fair option may be written as

$$\frac{1}{\varepsilon^2} [-2C(S_T, E, t) + C(S_T, E - \varepsilon, t)] \rightarrow C''_{EE}(S_T, E, t)$$

Thus, risk neutral density can be written as

$$f^*(X) = e^{rt} C''_{EE}(S_T, E, t) \quad (15)$$

In the case of an option of an arbitrary type, density  $f^*$  cannot be represented as an explicit analytical formula. In [21], it was proposed to estimate the density using non-parametric approaches. For practical calculations, the approach is inconvenient, since it is necessary to restore a continuous function  $f^*$  from the values of the second derivative  $C''_{EE}(S_T, E, t)$  only at a few known points  $X$  (strikes are fixed with a certain step according to the specification of contracts). Thus, this approach is associated with high computational error.

## 1.6. Nuclear Regression Model

Let be given an object place  $X$  and  $Y$  is the set of possible answers. There is an unknown target dependence  $f: X \rightarrow Y$  whose values are known only on the objects of the available sample  $(X_i, Y_i)$ ,  $i = 1, n$ . It is required to construct an algorithm  $\hat{f}: X \rightarrow Y$ , which approximates the target dependence  $f$ .

Non-parametric methods are such statistical techniques that do not require the specification of functional forms of the evaluated objects, instead, the data themselves form a model in a certain way.

The idea of nuclear smoothing is to represent the sequence of weights  $\{(x)\}$ ,  $i = 1, n$ , where the shape of the weight function  $W_i(x)$  is described using the density function with the scalar parameter  $h$  (window width), which adjusts the size and shape weights about  $x$ . This form function is commonly called the kernel  $K$ .

The kernel is a bounded, real function  $K$  with the unit integral:

$$\int_{-\infty}^{\infty} K(z) dz = 1$$

The sequence of weights for nuclear assessments is defined as:

$$W_i(x) = \frac{K\left(\frac{x - X_i}{h}\right)}{\sum_{j=1}^n K\left(\frac{x - X_j}{h}\right)}$$

For smoothing in the multidimensional case, the product of one-dimensional kernels is mainly used. In this case the nuclear regression estimate is:

$$\hat{r}(x) = \sum_{i=1}^n Y_i W_i(x) = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i \prod_{j=1}^m K\left(\frac{x_j - X_{ij}}{h}\right)}{\sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^m K\left(\frac{x_j - X_{ij}}{h}\right)}$$

where  $j$  is the factor number.

### 1.6.1. Selection of the kernel $K(u)$ and the optimal width of the window

Usually the following functions are considered as nuclear functions:

- Uniform

$$K(u) = \frac{1}{2} I\{|u| \leq 1\};$$

- Triangular

$$K(u) = (1 - |u|) I\{|u| \leq 1\};$$

- Yepanechnikovo

$$K(u) = \frac{3}{4} (1 - u^2) I\{|u| \leq 1\};$$

- Gaussian (normal) kernel

$$K(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}};$$

It should be noted that the definition domain of the first three nuclei is the segment  $[-1,1]$ , while the latter has infinite media (Figure 2). Consequently, when using a uniform, triangular, or Yepanechnikovo kernel, the estimate will use the information in a limited window in neighborhood of  $X$ , and the estimate using the Gaussian core will use information from all observations.

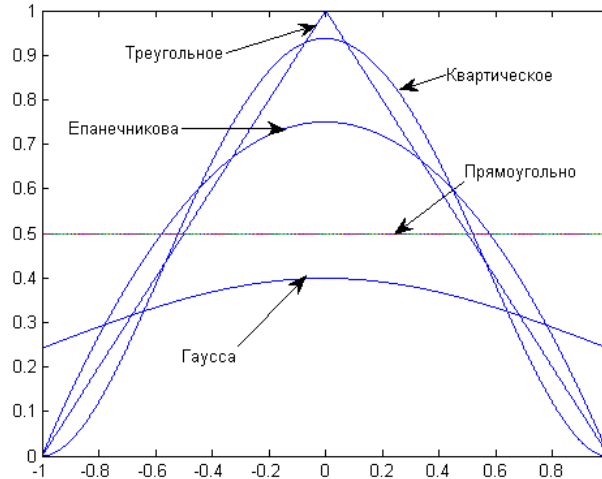


Figure 2. Domains of the kernel functions

Based on this, the normal core will be used to calculate the nuclear estimate:

$$K(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}} \quad (17)$$

Another important factor in conducting high-quality non-parametric estimation is the selection of an appropriate window width for the task at hand. Although the nuclear function remains important, its main role is to ensure the differentiability and smoothness of the resulting estimates. The window width, on the other hand, determines the evaluation behavior in finite samples, which the nuclear function is simply not able to do. Let us consider two approaches to determine the blur parameter (width of the spectrum):

1. The blur parameter is defined as half the sample size:

$$h_j = \frac{x_{\max}^j - x_{\min}^j}{2}, j = \overline{1, m}$$

2. The width of the spectrum is defined as:

$$h_j = s_j n^{\frac{-1(8-2q)}{\ln(n)}}, j = \overline{1, m} \quad (18)$$

where  $q$  is the order of the nuclear function,  $s_j$  –  $s$  the unconditional standard deviation for the factor  $j$ .

### **Conclusion**

In this work classic option pricing models and non-parametric approaches have been used to construct an estimate of risk-neutral probability density. Basic data have been obtain and analysed.

Within the CEV model, the parameter  $\beta=1.92$  has been selected. The implied volatility counted at asymptotic of  $E \rightarrow \infty$ . It is found that the behavior of the extracted volatility reflects the economic news in the country.

Using asymptotics for non-centered density functions of the  $\chi^2$  distribution, the risk-neutral probability density and the fair prices of European call options have been calculated.