TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки – 01.03.02 Прикладная математика и информатика
ООП/ОПОП – Прикладная математика в инженерии
Отделение школы (НОЦ) – Отделение экспериментальной физики

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Численные расчеты справедливых цен барьерных опционов

УДК 519.6:338.516.22:336.761.532.2:347.440.76

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0В91	Петров Денис Максимович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭФ	Крицкий Олег Леонидович	Кандидат ф. – м. наук, доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук Ирина Вадимовна	Кандидат технических наук, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Антоневич Ольга Алексеевна	Кандидат биологических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭФ ИЯТШ	Крицкий Олег Леонидович	Кандидат ф.– м. наук, доцент		

Томск – 2023 г.

TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки – 01.03.02 Прикладная математика и информатика
ООП/ОПОП – Прикладная математика в инженерии
Отделение школы (НОЦ) – Отделение экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП/ОПОП
_____ Крицкий О.Л.
(Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Обучающийся:

Группа	**ФИО**
0В91	Петров Денис Максимович

Тема работы:

Численные расчеты справедливых цен барьерных опционов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Зафиксированные постоянные коэффициенты на фондовом рынке.
Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке	1. Проведение расчётов цен барьерных опционов по аналитическим формулам 2. Проведение расчётов цен барьерных опционов методом биномиальных деревьев 3. Анализ сравнения полученных различными методами результатов 4. Разработка программного продукта с графическим интерфейсом на языке программирования

Перечень графического материала	1. Рисунок, визуализирующий структуру биномиального дерева 2. Графики, иллюстрирующие сходимость биномиальной цены к аналитической 3. Рисунки, демонстрирующие графический интерфейс

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Антоневич Ольга Алексеевна, доцент ООД ШБИП
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кащук Ирина Вадимовна, доцент ОСГН ШБИП

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0В91	Петров Денис Максимович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
0В91	Петрову Денису Максимовичу

Школа	Инженерная школа ядерных технологий	**Отделение школы (НОЦ)**	Экспериментальной физики
Уровень образования	Бакалавриат	**Направление/специальность**	01.03.02 Прикладная математика и информатика

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)	Расчёт конкурентоспособности SWOT-анализ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. Составление бюджета инженерного проекта (НИ)	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	
1. Оценка конкурентоспособности ИР 2. Матрица SWOT 3. Диаграмма Ганта 4. Бюджет НИ 5. Основные показатели эффективности НИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0В91	Петров Денис Максимович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО		
0В91	Петрову Денису Максимовичу		
Школа	Инженерная школа ядерных технологий	**Отделение (НОЦ)**	Экспериментальной физики
Уровень образования	Бакалавриат	**Направление/специальность**	01.03.02 Прикладная математика и информатика

Тема ВКР:

Численные расчеты справедливых цен барьерных опционов	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации	*Объект исследования:* аналитический и численный методы расчёта справедливых премий барьерных опционов *Область применения:* внебиржевые рынки, инвестиционные проекты *Рабочая зона:* офисное помещение *Размеры помещения:* 27,2 м^2 *Количество и наименование оборудования рабочей зоны:* 1 персональный компьютер *Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:* программная разработка с использованием персонального компьютера
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– ГОСТ 12.2.032-78 «Рабочее место при выполнении работ сидя» – Трудовой кодекс Российской Федерации: федер. Закон от 30 дек. 2001 г. №197-ФЗ Раздел 10 – СП 2.4.3648-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи"
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов	Опасные факторы: – Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, и статическим электричеством, под действия которых попадает работающий Вредные факторы: – Отклонение показателей микроклимата; – Недостаточная освещённость рабочей зоны; – Воздействие электромагнитного излучения монитора; – Повышенный уровень шума на рабочем месте; – Перенапряжение зрительных анализаторов
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения:	Анализ воздействия на литосферу: – Утилизация компьютерной техники; Анализ воздействия на гидросферу: – Производство компьютерной техники;

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	– Возникновение пожара на рабочем месте;
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Антоневич Ольга Алексеевна	к.б.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0В91	Петров Денис Максимович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 74 страницы, 5 рисунков, 28 таблиц и 35 источников.

Ключевые слова: Опцион, цена, барьер, аналитический и численный методы.

Цель работы – численные расчёты справедливых цен барьерных опционов.

В результате работы были проведены расчёты справедливых цен барьерных опционов по аналитическим формулам и методом биномиальных деревьев. Проведено сравнение полученных различными методами результатов, а также разработан программный продукт с графическим интерфейсом пользователя – калькулятор расчёта справедливых цен барьерных опционов.

Для разработки программного продукта был использован язык программирования Python. Графический интерфейс пользователя реализован с помощью фреймворка Tkinter.

Оглавление

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки 11
Введение 12
1. Понятие и классификация барьерных опционов 14
2. Ценообразование барьерных опционов 15
2.1 Связь между ванильными и барьерными опционами 15
2.2 Аналитические формулы 17
2.3 Барьерные опционы «In» 17
2.4 Барьерные опционы «Out» 19
2.5 Метод биномиальных деревьев 21
2.6 Метод биномиальных деревьев для барьерных опционов 23
3. Практическая часть 25
3.1 Результаты практических расчётов 25
3.2 Графический интерфейс 27
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 29
Введение 29
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 29
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений 29
4.1.2 SWOT-анализ 31
4.2 Планирование научно-исследовательских работ 33
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования 33
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения 34

4.3 Бюджет научно-технического исследования 37
4.3.1 Расчёт амортизации специального оборудования 37
4.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы 39
4.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) 41
4.3.4 Накладные расходы 41
4.3.5 Бюджет НИР 41
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования 42
Вывод по разделу 46
5. Социальная ответственность 47
Введение 47
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности 47
5.2 Производственная безопасность 49
5.2.1 Отклонение показателей микроклимата 50
5.2.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны 52
5.2.3 Воздействие электромагнитного излучения 53
5.2.4 Повышенный уровень шума на рабочем месте 53
5.2.5 Длительное сосредоточенное наблюдение 55
5.2.6 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий 55
5.3 Экологическая безопасность 56
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях 58

5.4.1 Пожар 58
Вывод по разделу 59
Заключение 60
Список использованных источников 61
Приложение 1 66

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Цена базового актива (БА) – цена актива, на котором основывается производный финансовый инструмент (фьючерс, опцион).

Фреймворк – программная платформа, позволяющая автоматизировать разработку и тестирование программного продукта.

GUI (Graphic User Interface) – графический интерфейс пользователя.

Python – языка программирования общего назначения.

Numpy – библиотека языка программирования Python, предназначенная для работы с многомерными массивами и математическими функциями.

Matplotlib – библиотека для визуализации данных на языке Python.

Scipy – библиотека языка программирования Python для выполнения научных и математических расчётов.

Tabulate – модуль в Python, позволяющий создавать табличные формы.

Введение

Фондовые биржы все больше располагают своим интересом многих людей по причине того, что они включают в себя большой пакет финансовых инструментов для торговли, такие как: акции, облигации, инвестиционные паи, опционы и многие другие.

Одним из самых популярных финансовых инструментов являются опционы. Они зарекомендовали себя еще в 1630-ом году и, по сей день, являются одним из производных финансовых инструментов или как еще их называют – деривативами.

Опционы представляют собой договор, который дает право, но не обязательство, потенциальному покупателю или продавцу совершить покупку или продажу базового актива по определенной цене в будущем. Самое главное отличие опционов от других финансовых инструментов в том, что покупатель имеет право не совершать сделку, то есть контракт исполняется или не исполняется по желанию покупателя [1]. Поэтому опцион – это самый приближенный инструмент по смыслу к страховке.

Как известно, существуют биржевые и внебиржевые рынки. Их отличие заключается в том, что на биржевом рынке параметры опционов устанавливаются организаторами торгов, а вот внебиржевый рынок интересен тем, что их опционы заключаются на произвольных условиях, которые обговаривают участники сделки. Для обозначения подобных деривативов в 90-ых годах американский финансист-теоретик Марк Рубинштейн ввел термин «Экзотические опционы» [2].

С появлением экзотических опционов, стандартные опционы, которые торгуются на биржевом рынке, начали называть «ванильными». Экзотических опционов не мало, но одним из самых популярных принято считать «Барьерные опционы». Особенность этих опционов заключается в том, что цены их ниже цен стандартных опционов европейского типа.

Целью данной работы являются численные расчёты справедливых цен барьерных опционов. Для достижения данной цели требуется выполнить следующие задачи:

– По аналитическим формулам провести расчёты цен некоторых видов барьерных опционов;

– Провести численные расчёты методом биномиальных деревьев;

– Провести сравнение результатов, полученных различными методами;

– Разработать программный продукт – калькулятор расчёта цен барьерных опционов с графическим интерфейсом.

Результаты проведенной работы представлены на XX Международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Перспективы развития фундаментальных наук» (Томск, 28.05.2023)[35].

1. Понятие и классификация барьерных опционов

Барьерными опционами называют опцион, прибыль которых зависит от того, превысит ли цена актива за определенный период времени заранее установленный «барьер» или нет. Данные опционы разделяются на включаемые (knock–in), которые вступают в силу только тогда, когда цена актива достигнет определенного уровня, и на выключаемые (knock-out), которые, наоборот, действуют до тех пор, пока цена актива не достигнет определенного уровня. В свою очередь, включаемые и выключаемые опционы подразделяются еще на два типа: up и down [3].

Таблица 1.1 – Классификация барьерных опционов

	Knock-in	Knock-out
Down	Опцион вступает в действие, если цена опустится до барьера	Опцион прекращает действие, если цена опустится до барьера
Up	Опцион вступает в действие, если цена поднимется до барьера	Опцион прекращает действие, если цена поднимется до барьера

Таким образом, выделяют восемь основных вариаций барьерных опционов:

– *Call up-and-out* – барьерный опцион покупателя, прекращающий свое действие, если цена базового актива растет и в определенный момент времени t достигает верхнего барьера $U > S_t$;

– *Call up-and-in* – барьерный опцион покупателя, вступающий в действие, если цена базового актива растет и в определенный момент времени t достигает верхнего барьера $U > S_t$;

– *Call down-and-out* – барьерный опцион покупателя, прекращающий свое действие, если цена базового актива падает и в определенный момент времени t достигает нижнего барьера $L < S_t$;

– *Call down-and-in* – барьерный опцион покупателя, вступающий в действие, если цена базового актива падает и в определенный момент времени *t* достигает нижнего барьера $L < S_t$;

– *Put up-and-out* – барьерный опцион продавца, прекращающий свое действие, если цена базового актива растет и в определенный момент времени *t* достигает верхнего барьера $U > S_t$;

– *Put up-and-in* – барьерный опцион продавца, вступающий в действие, если цена базового актива растет и в определенный момент времени *t* достигает верхнего барьера $U > S_t$;

– *Put down-and-out* – барьерный опцион продавца, прекращающий свое действие, если цена базового актива падает и в определенный момент времени *t* достигает нижнего барьера $L < S_t$;

– *Put down-and-in* – барьерный опцион продавца, вступающий в действие, если цена базового актива падает и в определенный момент времени *t* достигает нижнего барьера $L < S_t$;

Существует не менее 16 видов барьерных опционов, но в рамках данной работы рассматриваются основные вариации.

2. Ценообразование барьерных опционов

2.1 Связь между ванильными и барьерными опционами

Для удобства, опционы покупателя и продавца будем обозначать соответственно *C* и *P*, включающие в себя краткие названия по первым буквам слов. Для определения типа барьерного опциона будет приписываться соответствующий индекс, в зависимости от его вида. Например, C_{ui} – опцион покупателя up-and-in, а P_{do} – опцион продавца down-and-out.

Функции выплат по основным барьерным опционам имеют следующее математическое представление:

$$f_T\left(C_{ui}\right)=\left(S_T-E\right)^+ I_{\{H_T\geq U\}},\ f_T\left(C_{uo}\right)=\left(S_T-E\right)^+ I_{\{H_T<U\}},$$

$$f_T\left(P_{ui}\right)=\left(E-S_T\right)^+ I_{\{H_T\geq U\}},\ f_T\left(P_{uo}\right)=\left(E-S_T\right)^+ I_{\{H_T<U\}},$$

$$f_T\left(C_{di}\right)=\left(S_T-E\right)^+ I_{\{h_T\leq L\}},\ f_T\left(C_{do}\right)=\left(S_T-E\right)^+ I_{\{h_T>L\}},$$

$$f_T\left(P_{di}\right)=\left(E-S_T\right)^+ I_{\{h_T\leq L\}},\ f_T\left(P_{do}\right)=\left(E-S_T\right)^+ I_{\{h_T>L\}}.$$

где $H_T=\max\limits_{t\in[0,T]} S_t$, $h_T=\min\limits_{t\in[0,T]} S_t$, U – верхний заданный барьер, L – нижний заданный барьер, E – цена исполнения, S_T – цена базового актива в момент времени T.

Тогда справедливы следующие соотношения между ценами барьерных опционов [4]:

$$\begin{aligned} C_{di}+C_{do}&=C_{vanilla},\\ C_{ui}+C_{uo}&=C_{vanilla},\\ P_{di}+P_{do}&=P_{vanilla},\\ P_{ui}+P_{uo}&=P_{vanilla}. \end{aligned} \tag{2.1}$$

где $C_{vanilla}$ и $P_{vanilla}$ – цены обычных европейских опционов, рассчитывающиеся по формуле Блэка – Шоулза [5]:

$$C_{vanilla}=Se^{-qT}\Phi(d_1)-Ee^{-rT}\Phi(d_2) \tag{2.2}$$

$$P_{vanilla}=Ee^{-rT}\Phi(-d_2)-Se^{-qT}\Phi(-d_1) \tag{2.3}$$

Коэффициенты d_1 и d_2 определяются следующим образом:

$$d_1=\frac{\ln(S/E)+(r-q+\frac{\sigma^2}{2})T}{\sigma\sqrt{T}},$$

$$d_2=\frac{\ln(S/E)+(r-q-\frac{\sigma^2}{2})T}{\sigma\sqrt{T}}.$$

где S – текущая цена БА, E – страйк, T – период исполнения, σ – волатильность, r – безрисковая ставка, q – дивидендная доходность акции, Φ – стандартная функция нормального распределения.

Эти соотношения послужат в качестве проверки корректности практических расчётов.

2.2 Аналитические формулы

Р. Мертон, М. Рубинштейн и Э. Рейнер разработали формулы для расчёта цен основных вариаций барьерных опционов. Во всех аналитических формулах используется общий набор параметров [6]:

$$A = \phi S e^{-qT} \Phi\left(\phi x_1\right) - \phi E e^{-rT} \Phi\left(\phi x_1 - \phi\sigma\sqrt{T}\right),$$

$$B = \phi S e^{-qT} \Phi\left(\phi x_2\right) - \phi E e^{-rT} \Phi\left(\phi x_2 - \phi\sigma\sqrt{T}\right),$$

$$C = \phi S e^{-qT} \left(\frac{U}{S}\right)^{2(\mu+1)} \Phi\left(\eta y_1\right) - \phi E e^{-rT} \left(\frac{U}{S}\right)^{2\mu} \Phi\left(\eta y_1 - \eta\sigma\sqrt{T}\right),$$

$$D = \phi S e^{-qT} \left(\frac{U}{S}\right)^{2(\mu+1)} \Phi\left(\eta y_2\right) - \phi E e^{-rT} \left(\frac{U}{S}\right)^{2\mu} \Phi\left(\eta y_2 - \eta\sigma\sqrt{T}\right).$$

где,

$$x_1 = \frac{\ln\left(S/E\right)}{\sigma\sqrt{T}} + \left(1+\mu\right)\sigma\sqrt{T} \qquad x_2 = \frac{\ln\left(S/U\right)}{\sigma\sqrt{T}} + \left(1+\mu\right)\sigma\sqrt{T}$$

$$y_1 = \frac{\ln\left(U^2/(SE)\right)}{\sigma\sqrt{T}} + \left(1+\mu\right)\sigma\sqrt{T} \qquad y_2 = \frac{\ln\left(U/S\right)}{\sigma\sqrt{T}} + \left(1+\mu\right)\sigma\sqrt{T} \qquad \mu = \frac{(r-q)-\sigma^2/2}{\sigma^2}$$

2.3 Барьерные опционы «In»

Формулы для расчёта цен включаемых барьерных опционов имеют следующее представление:

- *Call down-and-in*

При $S_t > U$:

$C_{di}(E \geq U) = C$ $\qquad \eta = 1, \phi = 1$

$C_{di}(E < U) = A - B + D$ $\qquad \eta = 1, \phi = 1$

При $S_t \leq U$:

$C_{di} = Call$

- *Call up-and-in*

При $S_t < U$:

$C_{ui}(E \geq U) = A$ $\qquad \eta = -1, \phi = 1$

$C_{ui}(E < U) = B - C + D$ $\qquad \eta = -1, \phi = 1$

При $S_t \geq U$:

$C_{ui} = Call$

- *Put down-and-in*

При $S_t > U$:

$P_{di}(E \geq U) = B - C + D \qquad \eta = 1, \phi = -1$

$P_{di}(E < U) = A \qquad \eta = 1, \phi = -1$

При $S_t \leq U$:

$P_{di} = Put$

- *Put up-and-in*

При $S_t < U$:

$P_{ui}(E > U) = A - B + D \qquad \eta = -1, \phi = -1$

$P_{ui}(E \leq U) = C \qquad \eta = -1, \phi = -1$

При $S_t \geq U$:

$P_{ui} = Put$

где *Call* и *Put* рассчитываются соответственно по формулам (2.2) и (2.3).

В развернутом виде формулы имеют следующий вид:

$$C_{di} = \begin{cases} Se^{-qT}\left(\frac{U}{S}\right)^{2(\mu+1)}\Phi\left(y_1\right) - Ee^{-rT}\left(\frac{U}{S}\right)^{2\mu}\Phi\left(y_1 - \sigma\sqrt{T}\right), U \leq E \cup S > U \\ Se^{-qT}[\Phi(x_1) - \Phi(x_2) + \left(\frac{U}{S}\right)^{2(\mu+1)}\Phi(y_2)] - Ee^{-rT}[\Phi(x_1 - \sigma\sqrt{T}) - \\ -\Phi(x_2 - \sigma\sqrt{T}) + \left(\frac{U}{S}\right)^{2\mu}\Phi(y_2 - \sigma\sqrt{T})], U > E \cup S > U \\ Call, S \leq U \end{cases} \tag{2.4}$$

$$C_{ui} = \begin{cases} Se^{-qT}\Phi\left(x_1\right) - Ee^{-rT}\Phi\left(x_1 - \sigma\sqrt{T}\right), U \leq E \cup S < U \\ Se^{-qT}[\Phi(x_2) - \Phi(-y_1) + \left(\frac{U}{S}\right)^{2(\mu+1)}\Phi(-y_2)] - Ee^{-rT}[\Phi(x_2 - \sigma\sqrt{T}) - \\ -\left(\frac{U}{S}\right)^{2\mu}\Phi(-y_1 + \sigma\sqrt{T}) + \left(\frac{U}{S}\right)^{2\mu}\Phi(-y_2 + \sigma\sqrt{T})], U > E \cup S < U \\ Call, S \geq U \end{cases} \tag{2.5}$$

$$P_{di} = \begin{cases} -Se^{-qT}\Phi\left(-x_1\right) + Ee^{-rT}\Phi\left(-x_1 + \sigma\sqrt{T}\right), U \geq E \cup S > U \\ -Se^{-qT}[\Phi(-x_2) - \Phi(y_1) + \left(\frac{U}{S}\right)^{2(\mu+1)}\Phi(y_2)] + Ee^{-rT}[\Phi(-x_2 + \sigma\sqrt{T}) - \\ -\left(\frac{U}{S}\right)^{2\mu}\Phi(y_1 - \sigma\sqrt{T}) + \left(\frac{U}{S}\right)^{2\mu}\Phi(y_2 - \sigma\sqrt{T})], U < E \cup S > U \\ Put, S \leq U \end{cases} \quad (2.6)$$

$$P_{ui} = \begin{cases} -Se^{-qT}\left(\frac{U}{S}\right)^{2(\mu+1)}\Phi\left(-y_1\right) + Ee^{-rT}\left(\frac{U}{S}\right)^{2\mu}\Phi\left(-y_1 + \sigma\sqrt{T}\right), U \geq E \cup S < U \\ -Se^{-qT}[\Phi(-x_1) - \Phi(-x_2) + \left(\frac{U}{S}\right)^{2(\mu+1)}\Phi(-y_2)] + Ee^{-rT}[\Phi(-x_1 + \sigma\sqrt{T}) - \\ -\Phi(-x_2 + \sigma\sqrt{T}) + \left(\frac{U}{S}\right)^{2\mu}\Phi(-y_2 + \sigma\sqrt{T})], U < E \cup S < U \\ Put, S \geq U \end{cases} \quad (2.7)$$

2.4 Барьерные опционы «Out»

Формулы для расчёта цен выключаемых барьерных опционов имеют следующее представление:

- *Call down-and-out*

При $S_t > U$:

$C_{do}(E \geq U) = A - C$ $\eta = 1, \phi = 1$

$C_{do}(E < U) = B - D$ $\eta = 1, \phi = 1$

При $S_t \leq U$:

$C_{do} = 0$

- *Call up-and-out*

При $S_t < U$:

$C_{uo}(E \geq U) = 0$ $\eta = -1, \phi = 1$

$C_{uo}(E < U) = A - B + C - D$ $\eta = -1, \phi = 1$

При $S_t \geq U$:

$C_{uo} = 0$

- *Put down-and-out*

При $S_t > U$:

$$P_{do}(E > U) = A - B + C - D \qquad \eta = 1, \phi = -1$$
$$P_{do}(E \le U) = 0 \qquad \eta = 1, \phi = -1$$

При $S_t \le U$:

$$P_{do} = 0$$

- *Put up-and-out*

При $S_t < U$:

$$P_{uo}(E > U) = B - D \qquad \eta = -1, \phi = -1$$
$$P_{uo}(E \le U) = A - C \qquad \eta = -1, \phi = -1$$

При $S_t \ge U$:

$$P_{uo} = 0$$

В развернутом виде:

$$C_{do} = \begin{cases} Se^{-qT}[\Phi(x_1) - \left(\frac{U}{S}\right)^{2(\mu+1)} \Phi\left(y_1\right)] + Ee^{-rT}[\left(\frac{U}{S}\right)^{2\mu} \Phi\left(y_1 - \sigma\sqrt{T}\right) - \\ -\Phi\left(x_1 - \sigma\sqrt{T}\right)], U \le E \cup S > U \\ Se^{-qT}[\Phi(x_2) - \left(\frac{U}{S}\right)^{2(\mu+1)} \Phi\left(y_2\right)] + Ee^{-rT}[\left(\frac{U}{S}\right)^{2\mu} \Phi\left(y_2 - \sigma\sqrt{T}\right) - \\ -\Phi\left(x_2 - \sigma\sqrt{T}\right)], U > E \cup S > U \\ 0, S \le U \end{cases} \quad (2.8)$$

$$C_{uo} = \begin{cases} 0, U \le E \cup S < U \\ Se^{-qT}[\Phi(x_1) - \Phi(x_2) + \left(\frac{U}{S}\right)^{2(\mu+1)} \Phi(-y_1) - \left(\frac{U}{S}\right)^{2(\mu+1)} \Phi(-y_2)] + \\ +Ee^{-rT}[\Phi(x_2 - \sigma\sqrt{T}) - \Phi(x_1 - \sigma\sqrt{T}) - \left(\frac{U}{S}\right)^{2\mu} \Phi(-y_1 + \sigma\sqrt{T}) + \left(\frac{U}{S}\right)^{2\mu} \times \\ \times\Phi(-y_2 + \sigma\sqrt{T})], U > E \cup S < U \\ 0, S \ge U \end{cases} \quad (2.9)$$

$$P_{do} = \begin{cases} 0, U \geq E \cup S > U \\ Ee^{-rT}[\Phi(-x_1 + \sigma\sqrt{T}) - \Phi(-x_2 + \sigma\sqrt{T}) + \left(\frac{U}{S}\right)^{2\mu}\Phi(y_1 - \sigma\sqrt{T}) - \left(\frac{U}{S}\right)^{2\mu} \times \\ \times\Phi(y_2 - \sigma\sqrt{T})] - Se^{-qT}[\Phi(-x_1) - \Phi(-x_2) + \left(\frac{U}{S}\right)^{2(\mu+1)}\Phi(y_1) - \\ -\left(\frac{U}{S}\right)^{2(\mu+1)}\Phi(y_2)], U < E \cup S > U \\ 0, S \leq U \end{cases} \quad (2.10)$$

$$P_{uo} = \begin{cases} Ee^{-rT}[\Phi\left(-x_1 + \sigma\sqrt{T}\right) - \left(\frac{U}{S}\right)^{2\mu}\Phi\left(-y_1 + \sigma\sqrt{T}\right)] - Se^{-qT} \times \\ \times[\left(\frac{U}{S}\right)^{2(\mu+1)}\Phi\left(-y_1\right) - \Phi(-x_1)], U \geq E \cup S < U \\ Ee^{-rT}[\Phi\left(-x_2 + \sigma\sqrt{T}\right) - \left(\frac{U}{S}\right)^{2\mu}\Phi\left(-y_2 + \sigma\sqrt{T}\right)] - Se^{-qT} \times \\ \times[\left(\frac{U}{S}\right)^{2(\mu+1)}\Phi\left(-y_2\right) - \Phi(-x_2)], U < E \cup S < U \\ 0, S \geq U \end{cases} \quad (2.11)$$

2.5 Метод биномиальных деревьев

Метод биномиальных деревьев является одним из самых популярных численных методов для оценки стоимости опционов. Данную модель ценообразования предложили Джон Кокс, Стивен Росс и Марк Рубинштейн. Модель теоретически описывает динамику стоимости опциона для дискретных интервалов времени в течение периода действия опциона. Стоит сказать, что модель биномиальных деревьев считается наиболее точной, чем модель Блэка – Шоулза, поскольку она более гибкая.

Биномиальная модель представляет собой двоичное дерево всех возможных цен базового актива опциона при равномерном разбиении временного отрезка с данного момента времени, в предположении, что на каждом шаге цена будет либо расти, либо падать на фиксированное число с определенными соответствующими вероятностями p_u и p_d. То есть, корнем

дерева является текущая цена базового актива, а каждый узел представляет собой все возможные цены в данный момент времени. Каждый узел со значением S имеет два дочерних узла S_u и S_d, где u и d – множители движения цены вверх и вниз соответственно за один шаг по времени Δt [7].

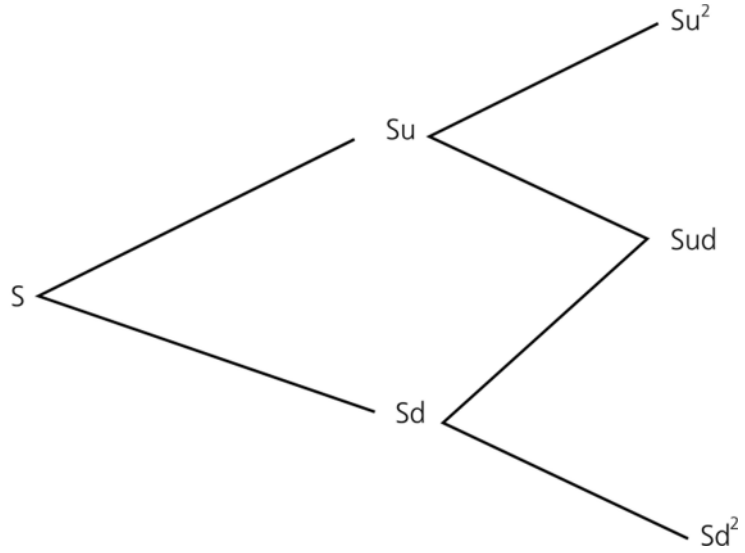

Рисунок 2.1 – Двухпериодное биномиальное дерево [8]

Коэффициенты движения вверх и вниз зависят от волатильности следующим образом:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}},\ d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}},\ ud = 1 \tag{2.12}$$

Вероятности роста и падения цены:

$$p_d = 1 - p_u \tag{2.13}$$

Предполагается, что за промежуток времени Δt доходность базового актива такая же, как и при отсутствии риска. Пусть за время t стоимость базового актива равна S, тогда в момент времени $t + \Delta t$ она будет равна $Se^{r\Delta t}$, где r – безрисковая ставка. Тогда получаем следующее уравнение:

$$Se^{r\Delta t} = Sup_u + Sdp_d \tag{2.14}$$

Подставив (2.13) в (2.14) и сократив S, получим p_u:

$$e^{r\Delta t} = up_u + dp_d$$
$$e^{r\Delta t} = up_u + d(1 - p_u)$$
$$e^{r\Delta t} = up_u + d - dp_u$$
$$e^{r\Delta t} = p_u(u - d) + d$$
$$p_u = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d}$$

Тогда с помощью такого представления можно получить цену в любом узле дерева. Для расчёта справедливой стоимости опциона потребуется вычислить все возможные цены опциона. Для опциона покупателя:

$$V_{call} = \max\{S - E; 0\}$$

Для опциона продавца:

$$V_{put} = \max\{E - S; 0\}$$

После чего, начать движение от узлов к корню дерева по формуле:

$$V_t = (p_u V_{u,t+1} + p_d V_{d,t+1})e^{-r\Delta t}$$

где $V_{u,t+1}$ и $V_{d,t+1}$ – цены опциона в дочерних узлах.

Для оценки европейских опционов адекватность использования метода биномиальных деревьев подтверждается формулой Кокса-Росса-Рубинштейна [9].

2.6 Метод биномиальных деревьев для барьерных опционов

В данной работе для вычисления справедливой стоимости барьерных опционов используется иной способ построения биномиального дерева – дерево с фиксированными вероятностями роста и падения цены [10]. Вместо ограничения из формулы (2.12) полагается, что $p = 0.5$, а коэффициенты u и d рассчитываются следующим образом:

$$u = e^{\left(r - q - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}}$$
$$d = e^{\left(r - q - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t - \sigma\sqrt{\Delta t}}$$

В данном методе нам требуется вычислить вероятность того, что придя в конкретный узел, цена БА пересекла барьер. Вероятность попадания цены

актива в конкретный узел равна:

$$\rho_{(n,i)} = \frac{n!}{i!(n-i)!}\rho^i(1-\rho)^{n-i}$$

где n – количество временных шагов Δt, а i – количество шагов, при которых цена акции увеличивается.

Для расчёта вероятности того, что цена акции пересекла барьер, дойдя до конкретного узла, можно использовать следующую формулу для опционов up-and-in и up-and-out:

$$\rho^U_{(n,i)} = f(x) = \begin{cases} e^{\frac{-2}{\sigma^2 n\Delta t}\left|\ln\left(\frac{S}{U}\right)\ln\left(\frac{Su^iSd^{n-i}}{U}\right)\right|}, & Su^iSd^{n-i} < U \\ 1, & Su^iSd^{n-i} \geq U \end{cases}$$

Для down-and-in и down-and-out:

$$\rho^U_{(n,i)} = f(x) = \begin{cases} e^{\frac{-2}{\sigma^2 n\Delta t}\left|\ln\left(\frac{U}{S}\right)\ln\left(\frac{U}{Su^iSd^{n-i}}\right)\right|}, & Su^iSd^{n-i} \geq U \\ 1, & Su^iSd^{n-i} < U \end{cases}$$

Цена опциона в текущий момент времени будет вычисляться следующим образом:

$$V_0 = e^{-rT}\left(\sum_{i=0}^{n}\frac{n!}{i!(n-i)!}\rho^i(1-\rho)^{n-i}\rho^U_{(n,i)}V_{(n,i)}\right)$$

где $V_{(n,i)}$ – цена опциона в каждом узле.

3. Практическая часть

3.1 Результаты практических расчётов

Практические расчёты в данной работе проводились с помощью программного комплекса, разработанного в программной среде Google Colaboratory на языке программирования Python [11]. Исходными данными являются зафиксированные постоянные коэффициенты на фондовом рынке, которые указаны в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Исходные данные

Цена исполнения (страйк) E	2700 у.е.
Текущая цена S_0	3000 у.е.
Период исполнения T	3 месяца
Волатильность σ	30 %
Безрисковая ставка r	6 %
Дивидендная доходность q	0%
Барьеры U	2200, 2700, 3200 у.е.

Значения барьерных уровней выбирались таким образом, чтобы рассмотреть все случаи их расположения относительно страйка и текущей цены, для того, чтобы убедиться в правильности расчёта для каждого случая. Полученные для исходных данных результаты с помощью аналитических формул (2.4 – 2.11) приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты расчётов аналитических цен барьерных опционов

Барьеры	C_{di}	C_{do}	C_{ui}	C_{uo}	P_{di}	P_{do}	P_{ui}	P_{uo}
U = 2200	0,03	390,8	390,83	0	17,82	32,81	50,63	0
U = 2700	61,77	329,07	390,83	0	50,63	0	50,63	0
U = 3200	390,83	0	364,24	26,59	50,63	0	9,22	41,41
Соотношения	390,83		390,83		50,63		50,63	

Проведена проверка опционных соотношений (2.1). Показано, что цены барьерных опционов вычислены корректно.

Для сравнения результатов полученных методом биномиальных деревьев и аналитическим методом, проведены расчёты цен опционов C_{di} и C_{do}, представленные в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Сравнение биномиальных цен с аналитическими

Барьеры	C_{di}*Binomial*	C_{di}*Analytic*	C_{do}*Binomial*	C_{do}*Analytic*
U = 2200	0,03	0,03	390,83	390,8
U = 2500	7,21	7,2	383,65	383,63
U = 2700	61,78	61,77	329,08	329,07

На рисунках 3.1 и 3.2 представлены графики сходимости биномиальной цены к аналитической при различных значениях временного шага n.

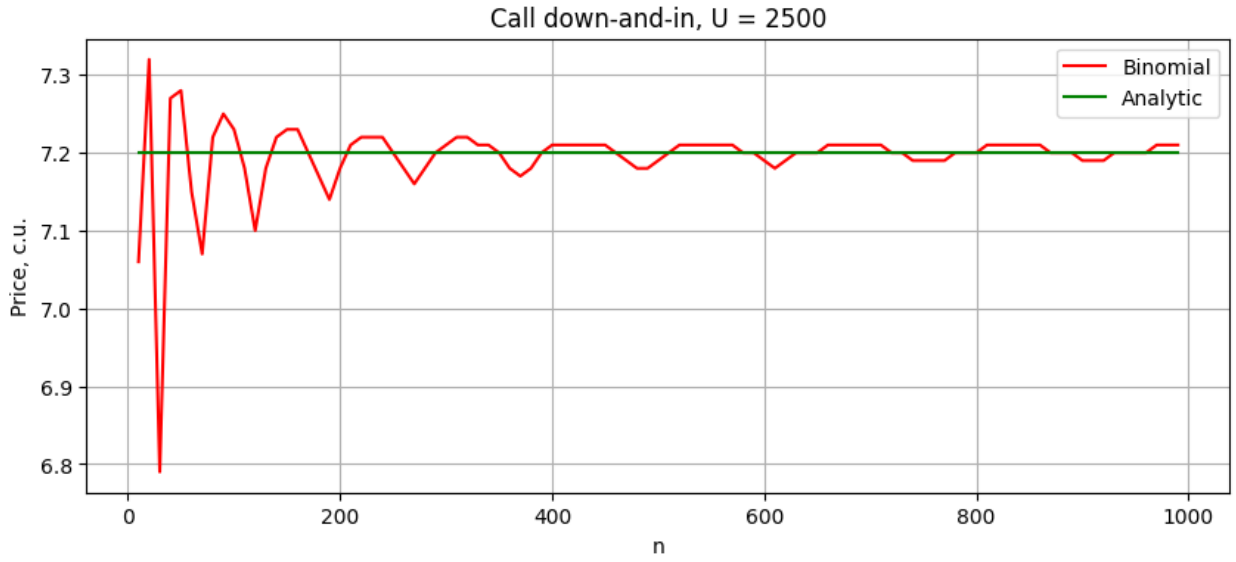

Рисунок 3.1 – График сходимости C_{di}*Binomial* к C_{di}*Analytic* (U = 2500)

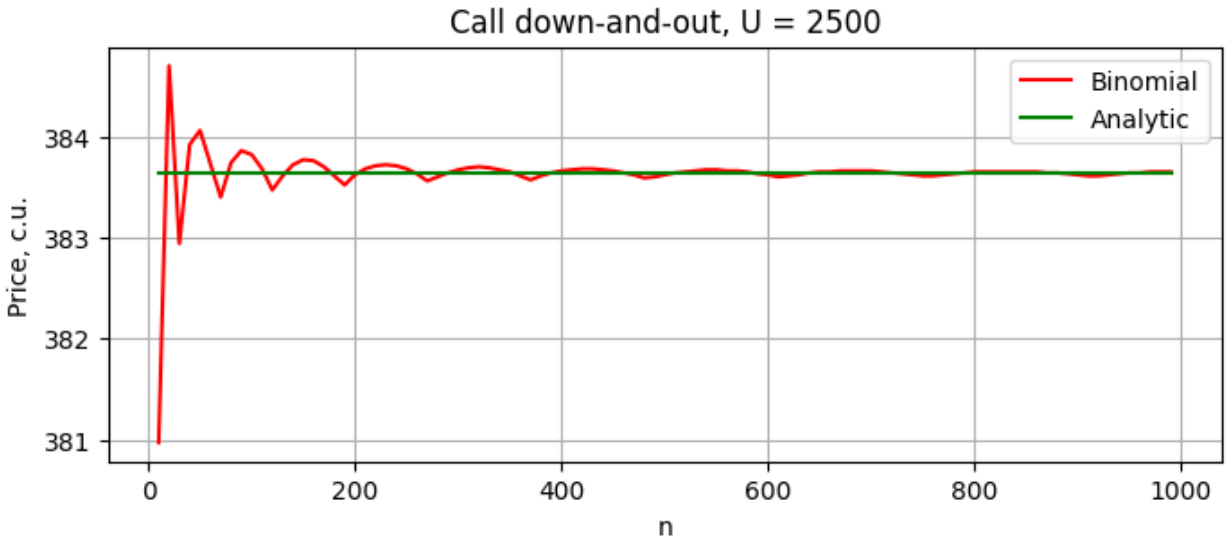

Рисунок 3.2 – График сходимости $C_{do}Binomial$ к $C_{do}Analytic$ (U = 2500)

Показано, что с ростом числа временных шагов биномиальная цена всё ближе сходится к аналитической цене опциона.

3.2 Графический интерфейс

При разработке графического интерфейса пользователя (GUI) для программного комплекса использовался фреймворк Tkinter [12] – графическая библиотека Python.

В интерфейсе имеется 7 полей ввода для параметров, используемых в аналитических формулах. После ввода значений для каждого параметра и нажатия кнопки «Calculate» приложение рассчитывает стоимость обычных европейских опционов (VANILLA PRICES) и стоимость барьерных опционов (BARRIER PRICES) для заданных значений.

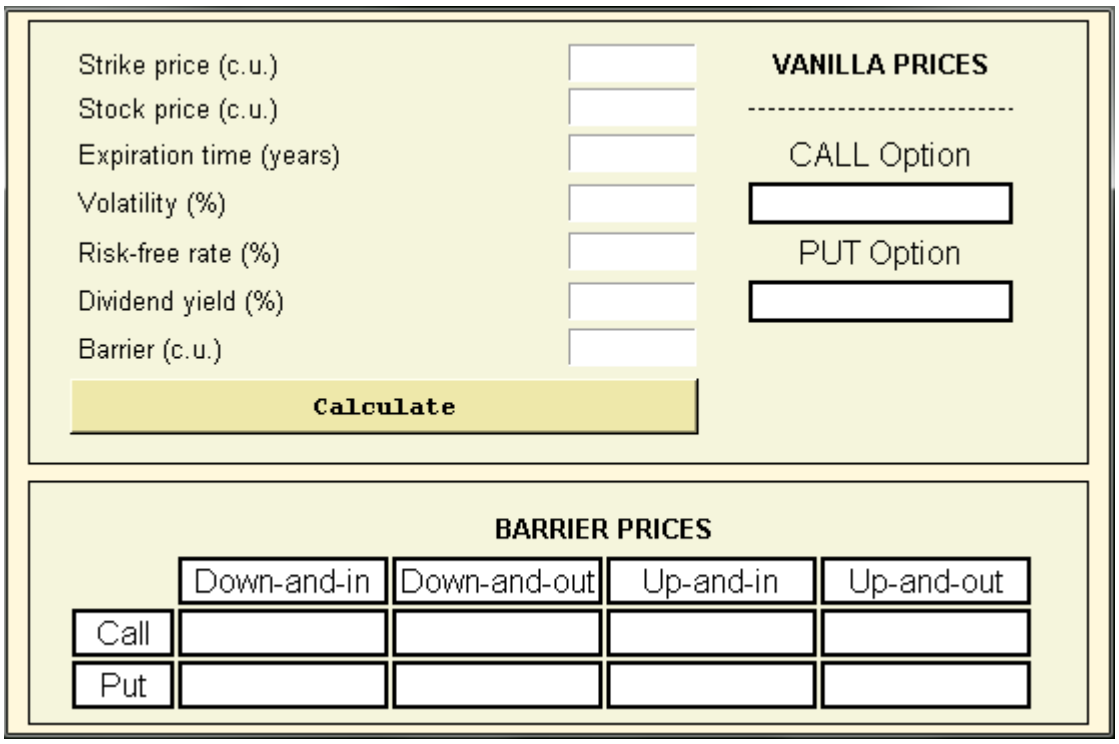

Рисунок 3.3 – Интерфейс приложения

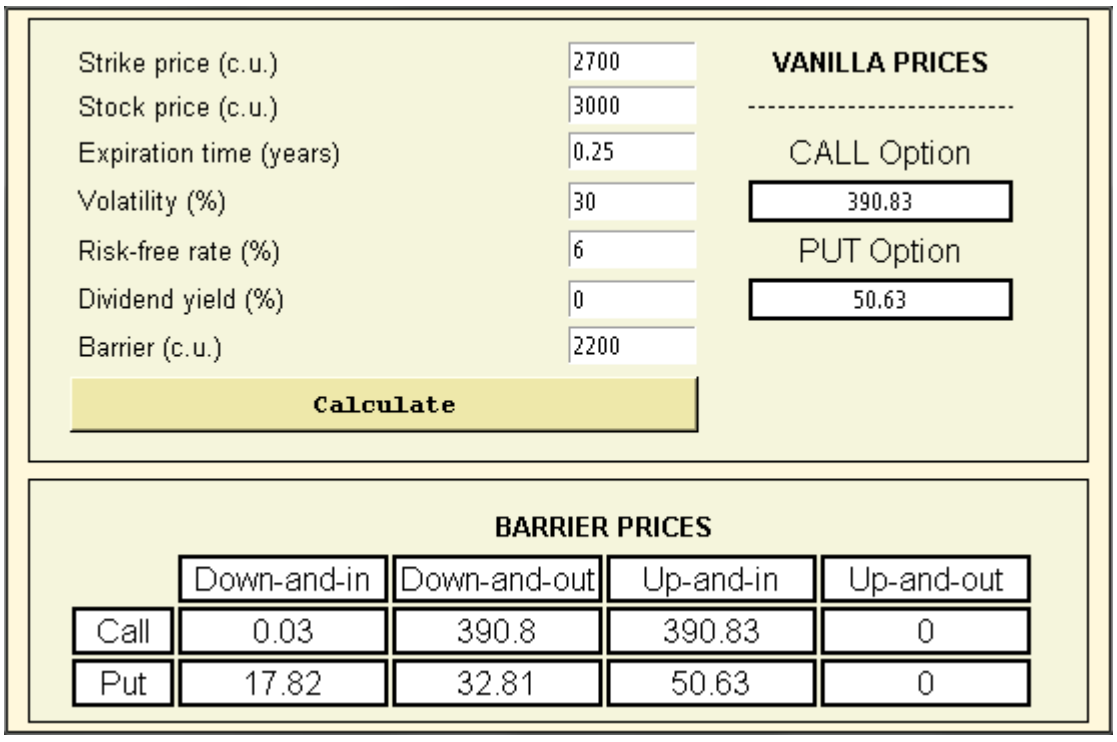

Рисунок 3.4 – Результат функционирования интерфейса

Программный код реализации продукта и графического интерфейса представлен в приложении 1.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчёт бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель данной ВКР – численные расчёты справедливых цен барьерных опционов.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

На данном этапе выбираются конкурентные технические решения, схожие по функционалу с объектом исследования. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

В качестве конкурентов были выбраны:

1. «MATLAB» - высокоуровневый интерпретируемый язык программирования вместе с пакетом прикладных программ и интегрированной средой для разработки, выполнения инженерных и математических расчётов и визуализации;

2. «Microsoft Visual Studio» - комплексная интегрированная среда разработки, которая используется для написания, редактирования, отладки и сборки программного кода, а затем для развертывания приложения.

Таблица 4.1 – Оценочная карта конкурентоспособности

Критерии оценки	**Вес критерия**	**Баллы**			**Конкуренто-способность**		
		$Б_ф$	$Б_{к1}$	$Б_{к2}$	$К_ф$	$К_{к1}$	$К_{к2}$
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Актуальность исследования	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
2. Решение стохастических ДУ	0,15	5	5	4	0,75	0,75	0,6
3. Разработка графического интерфейса	0,1	5	1	5	0,5	0,1	0,5
4. Функциональная мощность	0,2	4	2	5	0,8	0,4	1
5. Время отладки программного кода	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
6. Потребность в ресурсах памяти	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Стоимость продукта	0,15	4	2	2	0,6	0,3	0,3
2. Срок экспулатации	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
3. Необходимость в финансировании	0,1	5	2	2	0,5	0,2	0,2
Итого	**1**	**40**	**26**	**34**	**4,2**	**2,75**	**3,75**

В данной таблице использовались следующие обозначения: $Б_ф$ – баллы, начисляемые за разработанный программный комплекс; $Б_{к1}$ – баллы, начисляемые MATLAB; $Б_{к2}$ – баллы, начисляемые Microsoft Visual Studio;

Конкурентоспособность оценивается по формуле:

$$K_i = BБ_i, \text{ где } B \text{ – вес критерия.}$$

Получены следующие значения: $К_ф$ = 4,2 ед., $К_{к1}$ = 2,75 ед., $К_{к2}$ = 3, 75 ед.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность. Стоит отметить, что веса критериев подбирались

таким образом, чтобы выделить сильные качества среды разработки, которая использовалась для реализации собственного программного комплекса.

4.1.2 SWOT-анализ

Данный инструмент предназначен для детальной оценки внутренней и внешней среды проекта – выделяются сильные и слабые стороны внутренней среды проекта, а также угрозы и возможности внешней среды проекта.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	**Слабые стороны**
С1. Низкая стоимость разработки	Сл1. Узконаправленное применение
С2. Наличие графического интерфейса	Сл2. Необходимость в доработке
С3. Новизна разработки	Сл3. Среднее качество продукта
С4. Получение расчётов различными методами	Сл4. Эффективность продвижения
С5. Среда реализации	
Возможности	**Угрозы**
В1. Увеличение команды разработчиков	У1. Отсутствие возможности расчёта цен барьерных опционов особого типа
В2. Применение численных методов для расчётов цен опционов	У2. Ограничение доступа к открытой библиотеке среды реализации
В3. Интеграция разработанного продукта в продукты конкурентов	
В4. Использование низкоуровневых языков программирования	

Следующим этапом служит выявление соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды – интерактивная матрица проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Соотношения параметров представлены в таблицах 4.3–4.6.

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	-	+	+	+	-
	В2	-	+	+	+	+
	В3	-	+	+	+	-
	В4	-	+	+	+	+

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	В1	-	+	+	-
	В2	-	+	+	-
	В3	-	+	+	+
	В4	-	+	+	-

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	-	-	-	+	-
	У2	-	+	-	+	+

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	+	-	-
	У2	-	+	-	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта С1. Низкая стоимость разработки. С2. Наличие графического интерфейса. С3. Новизна разработки. С4. Получение расчётов различными методами. С5. Среда реализации.	**Слабые стороны научно-исследовательского проекта** Сл1. Узконаправленное применение. Сл2. Необходимость в доработке. Сл3. Среднее качество продукта. Сл4. Эффективность продвижения.
Возможности В1. Увеличение команды разработчиков. В2. Применение численных методов для расчётов цен опционов. В3. Интеграция разработанного продукта в продукты конкурентов. В4. Использование низкоуровневых языков программирования.	**Направления развития** В1В2В3В4С2С3С4. Все возможные улучшения и модернизации программного продукта сохранят уникальность продукта – расчёт справедливых цен барьерных опционов, расширят количество методов, применяемых для расчётов, а также расширят возможности графического интерфейса. В2В4С5. При применении различных методов расчёта для программного комплекса, а также при расширении функционала, среда разработки не изменится, что	**Сдерживающие факторы** В1В2В3В4Сл2Сл3. Команда разработчиков, дополнительные методы расчёта и низкоуровневые языки программирования помогут в доработке и улучшении качества продукта. В3Сл4. Интеграция программного продукта в продукты конкурентов поможет в продвижении разработки.

	повлияет на интерес со стороны разработчиков.	
Угрозы У1. Отсутствие возможности расчёта цен барьерных опционов особого типа. У2. Ограничение доступа к открытым библиотекам среды реализации.	**Угрозы развития** У2С2. Ограничение доступа к открытым графическим библиотекам на языке Python приведет к смене языка программирования для реализации графического интерфейса. У1У2С4. Ограничение доступа к открытым библиотекам и появление особых типов барьерных опционов поспособствуют применению новых методов расчёта. У2С5. Ограничение доступа к различным библиотекам Python приведет к смене среды реализации.	**Уязвимости:** У1У2Сл2. Ограничение доступа к открытым графическим библиотекам на языке Python и появление особых типов барьерных опционов приведут к неактуальности программного комплекса, вследствие чего, потребуется доработка.

В результате SWOT-анализа можно сделать вывод, что преимущества данного проекта преобладают над недостатками. А некоторые слабые стороны и угрозы алгоритма способствуют нахождению новых векторов развития и приобретения сильных сторон.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Для разработки программного комплекса сформируем рабочую группу, которая будет состоять из разработчика и научного руководителя. В таблице 4.8 представлен порядок выполнения работ разработки.

Таблица 4.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение	Научный руководитель

		плана-графика	
	2	Календарное планирование выполнения работ	Разработчик, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Разработчик, научный руководитель
	4	Обзор фреймворков среды реализации	Разработчик
Разработка программного продукта	5	Практическая проверка корректных расчётов численным методом	Разработчик, научный руководитель
	6	Реализация программного кода	Разработчик
	7	Отладка программы	Разработчик
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных результатов	Разработчик
	9	Оценка эффективности, модернизация программного продукта	Разработчик, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	Разработчик

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления сметы.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{\text{ожі}} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (4.1)$$

где $t_{\text{ожі}}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i-ой работы, человеко-дни;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы, человеко-дни;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i-ой работы в рабочих днях T_{pi}, при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями.

Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{\text{р}_i} = \frac{t_{\text{ожі}}}{\text{Ч}_i}, \tag{4.2}$$

где $T_{\text{рі}}$ – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{\text{ожі}}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни (4.1);

Ч_i – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (4.3):

$$T_{кі.инж} = T_{рі} \cdot k_{кал}, \tag{4.3}$$

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

$T_{\text{рі}}$ – продолжительность выполнения i-й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48, \tag{4.4}$$

где $T_{кал}$ – общее количество календарных дней в году; $T_{вых}$ – общее количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году (2022 год).

Расчёты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	**Трудоёмкость работ**						**Длительность работ в рабочих днях** $T_{\text{р}i}$	**Длительность работ в календарных днях** $T_{\text{к}i}$
	t_{min}, чел-дни		t_{max}, чел-дни		$t_{ожі}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	-	2	-	5	-	3,2	3,2	4
2. Календарное планирование выполнения работ	2	2	4	4	2,8	2,8	2,8	4
3. Обзор научной литературы	7	3	10	5	8,2	3,8	6	8
4. Обзор фреймворков среды реализации	8	-	15	-	10,8	-	10,8	15
5. Практическая проверка корректных расчётов численным методом	1	1	3	3	1,8	1,8	1,8	2
6. Реализация кода	15	-	35	-	23	-	23	34
7. Отладка программы	5	-	30	-	15	-	15	22
8. Обработка полученных результатов	3	-	10	-	5,8	-	5,8	8
9. Оценка эффективности, модернизация алгоритма	3	3	6	6	4,2	4,2	4,2	6
10. Составление пояснительной записки	12	-	17	-	14	-	14	20
Итого:	56	11	130	23	85,6	15,8	**86,6**	**123**

На основе таблицы составлен календарный план–график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 4.10).

Таблица 4.10 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	$T_{кi}$, кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп2	4												
2	Календарное планирование выполнения работ	Исп1 Исп2	4												
3	Обзор научной литературы	Исп1	8												

№	Вид работ	Исп	$T_{кi}$, кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
4	Обзор фреймворков среды реализации	Исп1	15												
5	Практическая проверка корректности расчётов численным методом	Исп1 Исп2	2												
6	Реализация кода	Исп1	34												
7	Отладка программы	Исп1	22												
8	Обработка полученных результатов	Исп1	8												
9	Оценка эффективности, модернизация алгоритма	Исп1 Исп2	6												
10	Составление пояснительной записки	Исп1	20												

Примечание:

– Исп. 1 (разработчик), – Исп. 2 (научный руководитель)

4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

4.3.1 Расчёт амортизации специального оборудования

Расчёт амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \tag{4.5}$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A И}{12} \cdot m, \tag{4.6}$$

где $И$ – итоговая сумма, тыс. руб.; m – время использования, мес.

Данный проект подразумевает научный подход для реализации. По этой причине затраты на сырьё, комплектующие и различные материалы будут отсутствовать. Перейдем сразу к затратам на специальное оборудование.

Таблица 4.11 – Затраты на программное оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
1.	**Ноутбук** Dell Inspiron 15 3511-0758	1	30 000	30 000
2.	**Ноутбук** Acer Nitro-5 AN515-57-59F2	1	80 000	80 000
3.	**Операционная система -** Windows Pro	2	30 000	60 000

Стоит отметить, что учитываться затраты будут только на амортизационные отчисления, так как у рабочей группы уже имеются ноутбуки. Лицензия операционной системы приобретается на бессрочный период, но так как ресурс ноутбука, на который устанавливается ПО, ограничен (в среднем 8 лет), то перерасчёт производится на количество времени, затраченное на проект (2,3 месяца). Стоимость одной лицензии – 30 000 рублей.

Норма амортизационных отчисления на приобретение лицензии:

$$H_A = \frac{1}{8} \times 100 = 12{,}5\%$$

Из этого следует, что размер амортизации составит:

$$A_{лиц} = \frac{30000 \times 2}{12} \times 0{,}125 \times 4{,}1 = 2562{,}5 \; руб.$$

Затраты на установку ОС на 2 устройства:

$$A_{устан} = 5000 \; руб.$$

Также дистрибутив языка программирования и данные анализа хранятся в открытом доступе (тип лицензии).

Рассчитаем амортизацию оборудования линейным способом. Производитель даёт гарантию на модель 5 лет. Соответственно, рассчитаем размер амортизационных отчислений за специальное оборудование (компьютеры) за время разработки алгоритма:

$$A_{лиц} = \frac{110000}{5 \times 12} \times 4{,}1 = 7516{,}6 \ руб.$$

Итоговая сумма затрат использование программного оборудования:

$$З_{оборуд} = A_{устан} + A_{лиц} + A_{лиц} = 5000 + 2562{,}5 + 7516{,}6 = 15079{,}1 \ руб.$$

4.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата разработчика и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_р, \quad (4.7)$$

где $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.; $T_р$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 4.9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается следующим образом:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя научного руководителя):

$$З_{дн} = \frac{З_м \cdot M}{F_д} = \frac{71994 \cdot 10{,}3}{246} = 3014{,}4 \ руб., \quad (4.8)$$

где $З_м$ – месячный должностной оклад работника, руб.; $F_д$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня – M = 11,2 месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – M = 10,3 месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя разработчика):

$$З_{дн} = \frac{З_м \cdot M}{F_д} = \frac{42900 \cdot 11,2}{213} = 2255,8 \ руб. \quad (4.9)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для научного руководителя:

$$З_м = З_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_д) k_р = 36920 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 71994 \ руб. \quad (4.10)$$

– для разработчика:

$$З_м = З_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_д) k_р = 22000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 42900 \ руб., \quad (4.11)$$

где $З_{тс}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; $k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3; $k_д$ – коэффициент доплат и надбавок, равный 0,2; $k_р$ – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

В таблице 4.12 представлены показатели рабочего времени, исходя от вида рабочей недели. В таблице 4.13 представлены расчёты основной заработной платы рабочей группы.

Таблица 4.12 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Разработчик
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	52/14	104/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48/5	24/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 4.13 – Расчёт основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$З_{тс}$, *руб*	$k_{пр}$	$k_д$	$k_р$	$З_м$, *руб*	$З_{дн}$, *руб*	$Т_р$, *раб.дн.*	$З_{осн}$, *руб*
Научный руководитель	36920	0,3	0,2	1,3	71994	3014,4	15,8	47627,5
разработчик	22000	0,3	0,2	1,3	42900	2255,8	85,6	193096,5
Итого:								240724

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{доп} = k_{доп} \times З_{осн} = 0{,}15 \times 47627{,}5 = 7144{,}1 \ руб. \quad (4.12)$$

– для разработчика:

$$З_{доп} = k_{доп} \times З_{осн} = 0{,}15 \times 193096{,}5 = 28964{,}5 \ руб., \quad (4.13)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (принимаем равным 0,15).

4.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для научного руководителя:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \times \left(З_{осн} + З_{доп} \right) = 0.3 \times 54771{,}6 = 16431{,}5 \ руб. \quad (4.14)$$

– для инженера:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \times \left(З_{осн} + З_{доп} \right) = 0.3 \times 222061 = 66618{,}3 \ руб., \quad (4.15)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

4.3.4 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты: оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{накл} = \left(З_{внеб} + З_{осн} + З_{оборуд} \right) \times k_{нр}, \quad (4.16)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных взята в размере 16%. Тогда отчисления по накладным расходам составят:

$$З_{накл} = \left(83049{,}8 + 240724 + 15079{,}1 \right) \times 0{,}16 = 252844{,}2 \times 0{,}16 = 54216{,}5 \ руб. \quad (4.17)$$

4.3.5 Бюджет НИР

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости ВКР «Численные расчёты справедливых цен барьерных опционов» по форме, приведенной в таблице

4.14. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих проектов.

Таблица 4.14 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	MATLAB	Microsoft Visual Studio	
1	Материальные затраты НИР	-	-	-	-
2	Затраты на специальное оборудование	15079,1	82500	100000	Пункт 4.3.1
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	240724	554370	845935	Пункт 4.3.2
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	36108,6	83155,5	126890,3	-
5	Отчисления во внебюджетные фонды	83049,8	191257,7	291847,6	Пункт 4.3.3
6	Накладные расходы	54216,5	119300,4	198045,2	Пункт 4.3.4
Бюджет затрат НИР		429178	1030584	1562718	

4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования при помощи определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех конкурирующих проекта. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчёта (как знаменатель), с которым соотносится финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

1) «MATLAB»;

2) «Microsoft Visual Studio».

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{исп.i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\max}}, \quad (4.18)$$

где $I_{\text{финр}}^{исп.i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость *i*-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{текущ.проект}$ = 429178 руб., $\Phi_{исп.1}$ = 1030584 руб., $\Phi_{исп.2}$ = 1562718 руб.

$$I_{финр}^{тек.пр.} = \frac{\Phi_{тек.пр.}}{\Phi_{max}} = \frac{429178}{1562718} = 0,275,$$

$$I_{финр}^{исп.2} = \frac{\Phi_{исп.2}}{\Phi_{max}} = \frac{1030584}{1562718} = 0,66,$$

$$I_{финр}^{исп.3} = \frac{\Phi_{исп.3}}{\Phi_{max}} = \frac{46807192}{46807192} = 1.$$

В результате расчёта с точки зрения финансовой эффективности текущий проект является более привлекательным и выгодным в несколько раз.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 4.15).

Таблица 4.15 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования / **Критерии**	**Весовой коэффициент параметра**	**Текущий проект**	**Исп.2**	**Исп.3**
1. Решение стохастических ДУ	0,2	5	5	4
2. Разработка графического интерфейса	0,3	5	1	5
3. Функциональная мощность	0,2	4	2	4

4. Время отладки программного кода	0,1	5	4	4
5. Потребность в ресурсах памяти	0,2	4	3	4
ИТОГО	1	6,1	5,4	5,6

Расчёт интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,2 \times 5 + 0,3 \times 5 + 0,2 \times 4 + 0,1 \times 5 + 0,2 \times 4 = 4,6;$$

$$I_{p2} = 0,2 \times 5 + 0,3 \times 1 + 0,2 \times 2 + 0,1 \times 4 + 0,2 \times 3 = 2,7;$$

$$I_{p3} = 0,2 \times 4 + 0,3 \times 5 + 0,2 \times 4 + 0,1 \times 4 + 0,2 \times 4 = 4,3.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I^{исп.i}_{финр}} \tag{4.19}$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,6}{0,275} = 16,7; I_{исп.2} = \frac{2,3}{0,66} = 3,48; I_{исп.3} = \frac{4,3}{1} = 4,3$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица 4.16) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($Э_{ср}$):

$$Э_{ср} = \frac{I_{исп.2}}{I_{исп.1}}$$

Таблица 4.16 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,275	0,66	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	2,3	4,3
3	Интегральный показатель эффективности	16,7	3,48	4,3
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,20834	0,2575

Проанализировав сравнительную эффективность разработки, можно

сделать вывод о том, что данный проект является более эффективным, в сравнении с другими конкурентами, в связи с тем, что он эффективнее справляется с реализацией методов расчёта для цен барьерных опционов.

Вывод по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Исходя из анализа конкурентных технических решений, данный проект является коммерчески выгодным и эффективным;

2. Было проведено планирование научно-исследовательской работы, подсчитаны временные показатели занятости рабочей группы, составлен календарный план-график с использованием диаграммы Ганта;

3. Проведен расчёт бюджета исследовательской работы, который оказался равным приблизительно 430 тыс. руб. Основные расходы были направлены на: затраты на специальное оборудование, затраты по основной заработной плате рабочей группы, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы;

4. Проведен интегральный анализ финансовой и ресурсной эффективности проекта, исходя из которого можно сделать следующие выводы:

- Интегральный показатель финансовой эффективности составил 0.275, что является хорошим показателем коммерческой выгоды;
- Значение интегрального показателя ресурсоэффективности составило 4,6, по сравнению с 2,3 и 4,3;
- Общий интегральный показатель эффективности составил 16,7, что на порядок выше, чем у конкурентов – 3,48 и 4,3.

5. Социальная ответственность

Введение

Объектом исследования данной ВКР являются аналитический и численный методы для расчёта справедливых цен барьерных опционов. Под численным методом рассматривается метод биномиальных деревьев, а под аналитическим – известные аналитические формулы.

Опционы – один из производных финансовых инструментов. В отличие от простых финансовых инструментов, таких как акций или облигаций, опционы представляют собой договор, который дает право, но не обязательство, потенциальному покупателю или продавцу совершить покупку или продажу базового актива по определенной цене в будущем. Барьерные опционы – один из видов «экзотических» опционов. Прибыль таких опционов зависит от того, превысит ли цена актива за определенный период времени заранее установленный «барьер» или нет.

Метод биномиальных деревьев позволяет рассчитать справедливую цену опциона любого типа, достаточно близкую к аналитической цене. В ВКР разработан программный комплекс для расчёта цен барьерных опционов с помощью данных методов. Областью применения данного комплекса могут служить внебиржевые рынки, инвестиционные проекты и другие области, связанные с тематикой опционов.

Проект выполняется на персональном компьютере (ПК), поэтому в данном разделе проводится анализ опасных и вредных факторов при работе с ПК, влияния этих факторов на окружающую среду и мероприятий по её защите.

Предметом исследования является рабочая зона разработчика, включая компьютерный стол, ПК, клавиатуру, компьютерную мышь и стул. Работы выполнялись в компьютерном классе 427А 10 корпуса ТПУ.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Специальная оценка условий труда является единым комплексом

последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти нормативов (гигиенических нормативов) условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников [17]. По результатам проведения специальной оценки условий труда устанавливаются классы (подклассы) условий труда. Согласно трудовому кодексу РФ работникам высшей категории (офисные работники) предусматриваются:

1. Понятие рабочего времени. Нормальная продолжительность рабочего времени [ТК РФ Статья 91];
2. Предоставления работникам предусмотренных ТК РФ перерывов в работе, выходных и нерабочих праздничных дней [ТК РФ г. 18], а также оплачиваемые отпуска [ТК РФ г. 19];
3. Обеспечение нормальных условий труда для выполнения норм выработки [ТК РФ Статья 163];
4. Установления работникам предусмотренных ТК РФ гарантий и компенсаций [ТК РФ г. 28].

Разработка программного обеспечения происходит за компьютерным столом. Рабочее место разработчика должно быть организовано согласно требованиям, представленным в «Типовая инструкция по охране труда для пользователей персональными электронно-вычислительными машинами (ПЭВМ) в электроэнергетике» [18]:

1) При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами, должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м;

2) Рабочие места с ПЭВМ в помещениях с источниками вредных производственных факторов должны размещаться в изолированных кабинах с организованным воздухообменом;

3) Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов;

4) Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики;

5) Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления.

При разработке программного комплекса для формирования оптимального графика ППР было предоставлено рабочее место, где соблюдены все требования по организации труда с ЭВМ.

5.2 Производственная безопасность

При разработке программного комплекса разработчик подвергается воздействию различных вредных и опасных факторов, которые представлены в таблице 5.1. В таблице также представлены соответствующие нормативные документы и этапы работ, во время которых разработчики могут столкнуться с их влиянием.

Таблица 5.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Отклонение показателей микроклимата	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или)

	безвредности для человека факторов среды обитания» [19]
Недостаточная освещённость рабочей зоны	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [20]
Повышенная световая и цветовая контрастность	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [20]
Повышенный уровень шума на рабочем месте	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [21] СП 51.13330.2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003» [32]
Длительное сосредоточенное наблюдение	МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности» [22]
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ Р 58698-2019 «Защита от поражения электрическим током» [24]

Таким образом, на разработчика программного комплекса могут воздействовать только физические и психологические факторы, а химические и биологические факторы отсутствуют.

5.2.1 Отклонение показателей микроклимата

Отклонение показателей микроклимата на рабочем месте от комфортных непосредственно влияет на здоровье работников. Повышение скорости движения воздуха и понижение температуры может привести к переохлаждению организма путем усиления теплообмена и процесса теплоотдачи при испарении пота. Недостаточная влажность в свою очередь ведет к интенсивному испарению влаги со слизистых оболочек. Это может привести к пересыханию, растрескиванию и затем к заражению болезнетворными бактериями. При разработке алгоритма используются персональные компьютеры, которые могут непосредственно влиять на микроклимат путем снижения относительной влажности и повышению температуры в рабочем помещении.

Общие требования к микроклимату производственных помещений регламентируются СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и

требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [19]. Санитарные нормы регулируют оптимальные и допустимые значения показателей в рабочей зоне, соответствующие физиологическим потребностям организма человека, для создания комфортных и безопасных условий труда.

Работа, выполняемая разработчиком программного комплекса, по энергозатратам относится к категории Iа (производится сидя, сопровождается незначительными физическими усилиями). В таблицах 5.2 и 5.3 представлены оптимальные и допустимые значения показателей микроклимата на рабочих местах для данной категории.

Таблица 5.2 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	21-25	60-40	0,1
Тёплый	23-25	22-26	60-40	0,1

Таблица 5.3 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	20,0 – 21,9	24,1 – 25,0	19,0 – 26,0	15 – 75	0,1	0,1
Тёплый	21,0 – 22,9	25,1 – 28,0	20,0 – 29,0	15 – 75	0,1	0,1

В производственных помещениях, где поддерживать допускаемые нормативные величины локального микроклимата не представляется

возможным, необходимо проводить мероприятия по защите работников от возможного перегревания и охлаждения. Это достигается разными способами: использование систем местного кондиционирования воздуха; регламентацией периодов работы в неблагоприятном локальном микроклимате и отдыха в помещении с микроклиматом, нормализующим тепловое состояние; уменьшение длительности рабочей смены и др.

5.2.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточная освещенность рабочей зоны является вредным производственным фактором, приводящим к повышенной утомляемости и снижению работоспособности человека на предприятии. Продолжительная работа в условиях низкой освещенности приводит к ухудшению зрения.

Нормы естественного, искусственного и совместного освещения регламентируются СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [20]. Разработка программного комплекса относится к категории работ высокой точности – Б (наименьший или эквивалентный объект различения 0,30 – 0,50 мм), подразряд 1 (относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность не менее 70%).

В таблице 5.4 представлены требования к освещению рабочего помещения для разряда Б1.

Таблица 5.4 – Требования к освещению рабочего помещения

Искусственное освещение				Естественное освещение	
Освещенность на рабочей поверхности от системы общего освещения, лк	Цилиндрическая освещенность	Объединенный показатель дискомфорта, не более	Коэффициент пульсации освещенности, Кп, %, не более	Коэффициент естественной освещенности, %, при	
				верхнем или комбинированном	боковом
300	100	21	15	3	1

Яркий свет в зоне периферийного зрения заметно увеличивает глазное напряжение. Для снижения влияния вредного фактора недостаточной

освещенности необходимо, чтобы уровень естественного освещения рабочего пространства приблизительно совпадал с яркостью дисплея. Проблему недостаточной освещенности помещения можно решить при помощи установки дополнительных осветительных приборов, расширения световых проемов.

5.2.3 Воздействие электромагнитного излучения

От постоянной работы за компьютером при воздействии электромагнитного излучения (ЭМИ) у человека сокращается количество поступающего кислорода, вследствие этого густеет кровь. Иммунная система уменьшает выброс в кровь защитных ферментов, происходит ослабление системы клеточного иммунитета. Страдает гормональный фон. Допустимые уровни ЭМИ, создаваемых ЭВМ представлены в таблице 5.5 [34].

Таблица 5.5 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Для защиты от электромагнитного излучения ЭВМ системный блок следует размещать под столом, а ноутбук не рекомендуется держать на коленях. При работе с такой техникой важно делать больше перерывов, поскольку помимо расстояния имеет значение время воздействия электромагнитных полей. Также следует использовать монитор, экран которого покрыт прозрачным слоем металла, который заземляется.

5.2.4 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Превышение уровня шума на рабочем месте создает психологический и физический стресс, снижающий производительность, концентрацию, внимание, повышает утомляемость. Повышение уровня шума на рабочем месте возможно из-за фона, создаваемого работой персональных

компьютеров, наличия центральной системы вентиляции и кондиционирования воздуха.

Предельно допустимые показатели уровня звука, звукового давления регламентируются СП 51.13330.2011 «Защита от шума» [21]. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003. Для разработчика программного комплекса, эти показатели представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Предельно допустимые и допустимые уровни звукового давления, уровни звука, эквивалентные и максимальные корректированные по А уровни звука в помещениях производственных, жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 [32].

Назначение помещений или территорий	Время суток, ч	Для источников постоянного шума										Для источников непостоянного шума	
		Уровни звукового давления дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука корректированный по А, LA, дБ	Эквивалентный корректированный по А уровень звука LАэкв, дБ	Максимальный корректированный по А уровень звука LАмакс, дБ
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
Помещения офисов, рабочие помещения и кабинеты административных зданий, научно-исследовательских организаций	-	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50	50	65

Для снижения уровня шума в производственном помещении можно использовать защитные звукопоглощающие экраны. Для любого оборудования необходимо регулярно проводить техническое обслуживание, так как загрязнение может увеличить производимый шум.

5.2.5 Длительное сосредоточенное наблюдение

При разработке программного комплекса необходим контроль над программным кодом, который вызывает зрительную и умственную нагрузку на организм человека.

При умственной нагрузке необходима длительность сосредоточенного внимания, выраженная ответственность, плотность сигналов и сообщений в единицу времени по МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности» [22]. Нагрузка оказывает угнетающее влияние на психическую деятельность: ухудшаются функции внимания (объем, концентрация, переключение), памяти (кратковременной и долговременной), восприятия (появляется большое число ошибок).

При зрительной нагрузке необходима высокая координация сенсорных и моторных элементов зрительной системы. Вызывает головную боль, ухудшение зрения, астенопию – патологического состояния, связанного с быстрым переутомлением глаз.

Для устранения накопленной усталости и нагрузки на организм человека необходимо выполнять комплекс физических упражнений на координацию движений, концентрацию внимания, комплекс упражнений на глаз, использовать методику психической саморегуляции.

5.2.6 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий

Вследствие работы с электрооборудованием и ЭВМ возникает вероятность прохождения электрического тока через тело человека. Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока проявляются в виде электротравм (судороги, остановка сердца, остановка дыхания, ожоги и др.) и заболеваний. Результат воздействия тока на человека зависит от величины силы тока, его рода и частоты, продолжительности воздействия и множества других факторов. Причиной поражения электрическим током в условиях

лаборатории могут стать случайное прикосновение к токоведущим частям или появление напряжения на металлических частях оборудования.

Под электробезопасностью подразумевается система технических и организационных мероприятий, направленных на защиту людей от опасного воздействия электрического тока, статического электричества и электромагнитного поля. Значения вышеперечисленных факторов регулируются ГОСТ Р 58698-2019 [24].

Таблица 5.7 – Пороги напряжения прикосновения для реагирования

Характер реагирования	Пороги напряжения, В
Реакция испуга	2 (переменный ток)
	8 (постоянный ток)
Мышечная реакция	20 (переменный ток)
	40 (постоянный ток)

Меры предосторожности для основной защиты от поражения электрическим током:

– Использование защитных ограждений или оболочек;

– Размещение опасных для жизни и здоровья человека участков электропроводов и приборов вне зоны досягаемости рукой;

– Ограничение напряжения или питание должно осуществляться от безопасного источника питания;

– Автоматическое отключение питания (защитное устройство, которое будет отключать систему, питающую электрическое оборудование в случае замыкания)

Защита от поражения электрическим током может осуществляться посредством системы безопасного сверхнизкого напряжения (БСНН) и защитного сверхнизкого напряжения (ЗСНН).

5.3 Экологическая безопасность

Программное обеспечение не оказывает влияния на окружающую среду, так как его разработка и использование происходит при помощи ЭВМ,

однако использование самой ЭВМ может оказывать влияние на окружающую среду.

ПЭВМ состоит из различных деталей, которые имеют различный класс опасности. Ртутные лампы, материнские платы и аккумуляторы содержат свинец, литий, кадмий; материнские платы содержат олово; трансформаторы содержат обмотку из меди, а также железный сердечник; преобразователи и проводка содержат алюминий магнид; корпус состоит из металла и пластика. Класс опасности и предельно-допустимая концентрация указаны в таблице 5.8 [33].

Таблица 5.8 – Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	Формула	Величина ПДК, мг/м^3	Класс опасности
Ртуть	Hg	0,01/0,05	I
Литий и его неорганические соединения	Li	0,02	I
Свинец и его неорганические соединения	Pb	-/0,05	I
Олово фторид	FSn	1/0,2	II
Железо	Fe	-/10	IV
Полиэтенилхлорид	$[C_2H_3Cl]x$	6	III
Алюминий магнид	AlMg	-/6	IV

Для оказания наименьшего влияния на окружающую среду, необходимо проводить специальную процедуру утилизации ПЭВМ и оргтехники, при которой разбирается, сортируется и более 90% отправится на вторичную переработку и менее 10% будут отправлены на свалки. При этом она должна соответствовать процедуре утилизации ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла

отходов» [26].

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Пожар

Причинами возникновения пожара при работе с ЭВМ может служить короткое замыкание проводки, в том числе, вследствие неисправности прибора, сильный перегрев ЭВМ в результате его использования в режиме повышенной нагрузки.

Для предотвращения возникновения пожара, необходимо проводить периодическую своевременную диагностику оборудования и электрической проводки, соблюдать нормы при работе с ЭВМ.

На основании Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. От 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" помещения учебной аудитории оборудованы следующими средствами пожаротушения: огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, пожарный кран с рукавом, также аудитория оборудована системой противопожарной сигнализации [28]. Помещение аудитории категории помещения группы – В4, возможный класс пожара – Е.

При появлении возгорания необходимо сообщить в службу пожарной охраны адрес и место возникновения пожара.

Вывод по разделу

В данном разделе были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, аспекты производственной и экологической безопасности, а также рассмотрен вопрос безопасности работника при чрезвычайном происшествии. В результате можно сделать вывод, что для разработчика, как работника высшей категории, предусматриваются все аспекты оценки условий труда согласно ТК РФ и согласно [19] имеет категорию Iа тяжести труда (работа производится сидя, сопровождается незначительными физическими усилиями).

Рабочая зона разработчика соответствует оптимальным значениям показаний микроклимата, освещения и ЭМИ. Также, согласно [29] имеет категорию помещения по электробезопасности – без повышенной опасности. Плюс ко всему, помещение аудитории относится к категории В4 (пожароопасное), но оборудовано необходимыми средствами для пожаротушения, а также соблюдаются меры предосторожности для защиты от поражения электрическим током.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы были проведены расчёты справедливых цен барьерных опционов с помощью аналитических формул и методом биномиальных деревьев, а также проведено сравнение полученных данными методами результатов. Как итог, метод биномиальных деревьев позволяет оценить справедливую стоимость опциона и делает это тем лучше, чем больше число временных шагов.

Разработан программный продукт – калькулятор расчёта справедливых цен барьерных опционов. Реализация представлена на языке программирования Python с использованием ряда библиотек, таких как Numpy [13], Scipy [14], Matplotlib [15], tabulate [16]. Для комфортного пользования калькулятором реализован графический интерфейс пользователя с помощью библиотеки Tkinter.

Список использованных источников

1. Как устроены опционы, и что они из себя представляют [Электронный ресурс]// bcs-express.ru URL: https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/kak-ustroeny-optsiony-i-chto-oni-iz-sebia-predstavliaiut (Дата обращения: 18.03.2023)

2. Что такое экзотические опционы [Электронный ресурс]// journal.open-broker.ru URL: https://journal.open-broker.ru/economy/chto-takoe-ekzoticheskie-opciony/ Дата обращения (19.03.2023)

3. Что такое барьерные опционы [Электронный ресурс]// journal.open-broker.ru URL: https://journal.open-broker.ru/trading/barernye-opciony/ Дата обращения (20.03.2023)

4. Крицкий О.Л. Стохастические дифференциальные уравнения: монография. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2023. – 68 - 69 с.

5. Модель Блэка-Шоулза: формула, условия, примеры [Электронный ресурс]// finopedia.ru URL: https://finopedia.ru/model-bleka-shoulza-formula Дата обращения (05.04.2023)

6. Халл Д.К. Опционы, фьючерсы, и другие производные финансовые инструменты; пер. с англ. – СПб.: Вильямс, 2008. – 726 - 729 с.

7. Биномиальная модель оценки опционов [Электронный ресурс]// algowiki-progect.org URL: https://algowiki-project.org/ru/Биномильная_модель_оценки_опционов (Дата обращения: 15.04.2023)

8. Модели оценки опционов [Электронный ресурс]// studref.com URL: https://studref.com/567645/ekonomika/modeli_otsenki_optsionov (Дата обращения: 01.05.2023)

9. Модель Кокса-Росса-Рубинштейна [Электронный ресурс]// sa.cs.msu.su URL: http://sa.cs.msu.su/sites/default/files/Лекция%2020_10_2021.pdf (Дата обращения: 08.04.2023)

10. Haug E. The complete guide to option pricing formulas. – McGraw Hill. – P. 306 – 2006.

11. Программный комплекс расчёта справедливых цен барьерных опционов [Электронный ресурс]// Доступ свободный. URL: https://colab.research.google.com/drive/1KB3Cb8Gaf51cR3BJO5MN_cFqk0IMIkrO?usp=sharing

12. Руководство по программированию на Tkinter и Python [Электронный ресурс]// metanit.com URL: https://metanit.com/python/tkinter/ (Дата обращения: 08.05.2023)

13. Библиотека Numpy [Электронный ресурс]// pythonworld.ru URL: https://pythonworld.ru/numpy/1.html (Дата обращения: 24.04.2023).

14. Библиотека SciPy [Электронный ресурс]// pythonru.com URL: https://pythonru.com/biblioteki/scipy-python (Дата обращения: 24.04.2023).

15. Библиотека Matplotlib [Электронный ресурс]// pythonworld.ru URL: https://pythonworld.ru/novosti-mira-python/scientific-graphics-in-python.html(Дата обращения: 27.04.2023)

16. Модуль tabulate – Python для сетевых инженеров [Электронный ресурс]// readthecods.io URL: https://pyneng.readthedocs.io/ru/latest/book/12_useful_modules/tabulate.html (Дата обращения: 25.04.2023)

17. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200003913 (дата обращения: 14.05.2023);

18. РД 153-34.0-03.298-2001 Типовая инструкция по охране труда для пользователей персональными электронно-вычислительными машинами (ПЭВМ) в электроэнергетике // Электронный фонд правовой и нормативно-

технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200031404 (дата обращения: 14.05.2023);

19. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. 2021. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/573500115 (дата обращения: 14.05.2023);

20. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/456054197 (дата обращения: 14.05.2023);

21. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум. Общие требования безопасности» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200118606 (дата обращения: 14.05.2023);

22. МР 2.2.9.2311-07 «Состояние здоровья работающих в связи с состоянием производственной среды» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200072234 (дата обращения: 14.05.2023);

23. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200003608 (дата обращения: 14.05.2023);

24. ГОСТ Р 58698-2019 «Защита от поражения электрическим током» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200170001 (дата обращения: 14.05.2023).

25. Трудовой кодекс (ТК РФ) «Рабочее время»// Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://base.garant.ru/12125268/ (дата обращения: 14.05.2023);

26. ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200081740 (дата обращения: 14.05.2023);

27. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности;

28. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/902111644 (дата обращения: 14.05.2023);

29. «Правила устройства электроустановок» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200030216 (дата обращения: 14.05.2023);

30. Приказ «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/573264184 (дата обращения: 14.05.2023);

31. Постановление «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/573292854 (дата обращения: 14.05.2023);

32. СП 51.13330.2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200084097 (дата обращения: 14.05.2023);

33. ГН 2.2.5.3532-18 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны" // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/557235236 (дата обращения: 14.05.2023);

34. СП 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ» // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/901865498 (дата обращения: 19.05.2023);

35. Сборник научных трудов XX Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук» (в печати).

Приложение 1

```
from tkinter import *
from tkinter import messagebox
from idlelib.tooltip import *
import numpy as np
import sympy as sp
import matplotlib.pyplot as plt
import scipy.stats as sts
import math

window = Tk()
window.title('Barrier Option Price Calculator')
window.geometry('550x360')
window['bg'] = '#FFF8DC'

frame1 = Frame(window, borderwidth=1, relief=SOLID, padx= 20, pady = 10)
frame1.pack(pady = 4, fill = X, anchor = NW, padx = 10)
frame1['bg'] = '#F5F5DC'

frame2 = Frame(window, borderwidth=1, relief=SOLID, padx = 20, pady = 10)
frame2.pack(pady = 4, fill = X, padx = 10)
frame2['bg'] = '#F5F5DC'

Vanillalabel = Label(frame1, text="VANILLA PRICES", font = ('Arial', 10,
'bold'), anchor = CENTER, width = 22)
Vanillalabel.grid(row = 1, column = 2)
Vanillalabel['bg'] = '#F5F5DC'

VanCalllabel = Label(frame1, text="CALL Option", width = 18, font = ('Arial',
12))
VanCalllabel.grid(row = 3, column = 2)
VanCalllabel['bg'] = '#F5F5DC'

VanPutlabel = Label(frame1, text="PUT Option", width = 18, font = ('Arial',
12))
VanPutlabel.grid(row = 5, column = 2)
VanPutlabel['bg'] = '#F5F5DC'

VanClabel = Label(frame1, text="", width = 18, relief = SOLID)
VanClabel.grid(row = 4, column = 2, pady = 2)
VanClabel['bg'] = 'white'

VanPlabel = Label(frame1, text="", width = 18, relief = SOLID)
VanPlabel.grid(row = 6, column = 2, pady = 2)
VanPlabel['bg'] = 'white'

Probel = Label(frame1, text="--------------------------", width = 18, anchor
= N)
Probel.grid(row = 2, column = 2)
Probel['bg'] = '#F5F5DC'

Elabel = Label(frame1, text="Strike price (c.u.)", width = 30, anchor = W,
font = ('Arial', 10))
Elabel.grid(row=1, column=0)
Elabel['bg'] = '#F5F5DC'

Hovertip(Elabel, text = "Цена исполнения (условные единицы)")
```

```
Slabel = Label(frame1, text="Stock price (c.u.)", width = 30, anchor = W,
font = ('Arial', 10))
Slabel.grid(row=2, column=0)
Slabel['bg'] = '#F5F5DC'

Hovertip(Slabel, text = "Текущая цена (условные единицы)")

Tlabel = Label(frame1, text="Expiration time (years)  ", width = 30, anchor =
W, font = ('Arial', 10))
Tlabel.grid(row=3, column=0)
Tlabel['bg'] = '#F5F5DC'

Hovertip(Tlabel, text = "Период исполнения (лет)")

Sigmalabel = Label(frame1, text="Volatility (%)  ", width = 30, anchor = W,
font = ('Arial', 10))
Sigmalabel.grid(row=4, column=0)
Sigmalabel['bg'] = '#F5F5DC'

Hovertip(Sigmalabel, text = "Волатильность (%)")

rlabel = Label(frame1, text="Risk-free rate (%)  ", width = 30, anchor = W,
font = ('Arial', 10))
rlabel.grid(row=5, column=0)
rlabel['bg'] = '#F5F5DC'

Hovertip(rlabel, text = "Безрисковая ставка (%)")

qlabel = Label(frame1, text="Dividend yield (%)", width = 30, anchor = W,
font = ('Arial', 10))
qlabel.grid(row=6, column=0)
qlabel['bg'] = '#F5F5DC'

Hovertip(qlabel, text = "Дивидендная доходность (%)")

Ulabel = Label(frame1, text="Barrier (c.u.)", width = 30, anchor = W, font =
('Arial', 10))
Ulabel.grid(row=7, column=0)
Ulabel['bg'] = '#F5F5DC'

Hovertip(Ulabel, text = "Барьерный уровень (условные единицы)")


Eentry = Entry(frame1, width = 10)
Eentry.grid(row=1, column=1)

Sentry = Entry(frame1, width = 10)
Sentry.grid(row=2, column=1)

Tentry = Entry(frame1, width = 10)
Tentry.grid(row=3, column=1)

Sigmaentry = Entry(frame1, width = 10)
Sigmaentry.grid(row=4, column=1)

rentry = Entry(frame1, width = 10)
rentry.grid(row=5, column=1)
```

```
qentry = Entry(frame1, width = 10)
qentry.grid(row=6, column=1)

Uentry = Entry(frame1, width = 10)
Uentry.grid(row=7, column=1)

Txlabel = Label(frame2, text = 'BARRIER PRICES', font = ('Arial', 10,
'bold'))
Txlabel.grid(row = 0, column = 2,columnspan = 5,  padx = 1, pady=2)
Txlabel['bg'] = '#F5F5DC'

Putlabel = Label(frame2, text = 'Put', font = 14, width = 5, relief = SOLID)
Putlabel.grid(row = 3, column = 1,  padx = 1, pady=1)
Putlabel['bg'] = 'white'

Calllabel = Label(frame2, text = 'Call', font = 14, width = 5, relief =
SOLID)
Calllabel.grid(row = 2, column = 1, padx = 1, pady=1)
Calllabel['bg'] = 'white'

dilabel = Label(frame2, text = 'Down-and-in', font = 14, width = 11, relief =
SOLID)
dilabel.grid(row = 1, column = 2, padx = 1, pady=1)
dilabel['bg'] = 'white'

dolabel = Label(frame2, text = 'Down-and-out', font = 14, width = 11, relief
= SOLID)
dolabel.grid(row = 1, column = 3, padx = 1, pady=1)
dolabel['bg'] = 'white'

uilabel = Label(frame2, text = 'Up-and-in', font = 14, width = 11, relief =
SOLID)
uilabel.grid(row = 1, column = 4, padx = 1, pady=1)
uilabel['bg'] = 'white'

uolabel = Label(frame2, text = 'Up-and-out', font = 14, width = 11, relief =
SOLID)
uolabel.grid(row = 1, column = 5, padx = 1, pady=1)
uolabel['bg'] = 'white'

Pdolabel = Label(frame2, text = '', font = 14, width = 11, relief = SOLID)
Pdolabel.grid(row = 3, column = 3, padx = 1, pady=1)
Pdolabel['bg'] = 'white'

Puilabel = Label(frame2, text = '', font = 14, width = 11, relief = SOLID)
Puilabel.grid(row = 3, column = 4, padx = 1, pady=1)
Puilabel['bg'] = 'white'

Puolabel = Label(frame2, text = '', font = 14, width = 11, relief = SOLID)
Puolabel.grid(row = 3, column = 5, padx = 1, pady=1)
Puolabel['bg'] = 'white'

Pdilabel = Label(frame2, text = '', font = 14, width = 11, relief = SOLID)
Pdilabel.grid(row = 3, column = 2, padx = 1, pady=1)
Pdilabel['bg'] = 'white'


Cdolabel = Label(frame2, text = '', font = 14, width = 11, relief = SOLID)
Cdolabel.grid(row = 2, column = 3, padx = 1, pady=1)
```

```
Cdolabel['bg'] = 'white'


Cuilabel = Label(frame2, text = '', font = 14, width = 11, relief = SOLID)
Cuilabel.grid(row = 2, column = 4, padx = 1, pady=1)
Cuilabel['bg'] = 'white'


Cuolabel = Label(frame2, text = '', font = 14, width = 11, relief = SOLID)
Cuolabel.grid(row = 2, column = 5, padx = 1, pady=1)
Cuolabel['bg'] = 'white'


Cdilabel = Label(frame2, text = '', font = 14, width = 11, relief = SOLID)
Cdilabel.grid(row = 2, column = 2, padx = 1, pady=1)
Cdilabel['bg'] = 'white'


# Функционирование интерфейса

def BlackShowlsCall():
  E = int(Eentry.get())
  S = int(Sentry.get())
  T = float(Tentry.get())
  sigma = float(Sigmaentry.get())/100
  r = float(rentry.get())/100
  q =float(qentry.get())/100
  U = int(Uentry.get())
  t = 0
  d1 = (np.log(S / E) + ((r - q)  + (sigma ** 2) / 2) * (T - t)) / (sigma *
np.sqrt(T - t))
  d2 = (np.log(S / E) + ((r - q) - (sigma ** 2) / 2) * (T - t)) / (sigma *
np.sqrt(T - t))
  C = np.round(S * np.exp(-q * T) * sts.norm().cdf(d1) - E * np.exp(-r * (T -
t)) * sts.norm().cdf(d2), 2)
  return C


def BlackShowlsPut():
  E = int(Eentry.get())
  S = int(Sentry.get())
  T = float(Tentry.get())
  sigma = float(Sigmaentry.get())/100
  r = float(rentry.get())/100
  q =float(qentry.get())/100
  U = int(Uentry.get())
  t = 0
  d1 = (np.log(S / E) + ((r - q) + (sigma ** 2) / 2) * (T - t)) / (sigma *
np.sqrt(T - t))
  d2 = (np.log(S / E) + ((r - q) - (sigma ** 2) / 2) * (T - t)) / (sigma *
np.sqrt(T - t))
  P = np.round(E * np.exp(-r * (T - t)) * sts.norm().cdf(-d2) - S * np.exp(-q
* T) * sts.norm().cdf(-d1), 2)
  return P

def Call_uo():
  E = int(Eentry.get())
  S = int(Sentry.get())
  T = float(Tentry.get())
```

```
  sigma = float(Sigmaentry.get())/100
  r = float(rentry.get())/100
  q =float(qentry.get())/100
  U = int(Uentry.get())
  t = 0
  lambd = ((r - q) - (sigma ** 2) / 2) / (sigma ** 2)
  y = (np.log((U ** 2) / (S * E)) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1)
* sigma * np.sqrt(T - t))
  d1 = (np.log(S / E) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1) * sigma *
np.sqrt(T - t))
  y1 = (np.log(U / S) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1) * sigma *
np.sqrt(T - t))
  x1 = (np.log(S / U) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1) * sigma *
np.sqrt(T - t))
  if S < U:
    if U <= E:
      Cuo = 0
    else:
      Cuo = np.round(S * np.exp(-q * T) * (sts.norm().cdf(d1) -
sts.norm().cdf(x1)) + E * np.exp(-r * (T - t)) * (sts.norm().cdf(x1 - sigma *
np.sqrt(T - t)) - sts.norm().cdf(d1 - sigma * np.sqrt(T - t)))
    + S * np.exp(-q * T) * ((U / S) ** (2 * lambd + 2)) * (sts.norm().cdf(-y)
- sts.norm().cdf(-y1)) + E * np.exp(-r * (T - t)) * ((U / S) ** (2 * lambd ))
* (-sts.norm().cdf(-y + sigma * np.sqrt(T - t))
    + sts.norm().cdf(-y1 + sigma * np.sqrt(T - t))), 2)
  else:
    Cuo = 0
  Cuoresult = str(Cuo)
  Cuolabel['text'] = Cuoresult

def Call_ui():
  E = int(Eentry.get())
  S = int(Sentry.get())
  T = float(Tentry.get())
  sigma = float(Sigmaentry.get())/100
  r = float(rentry.get())/100
  q =float(qentry.get())/100
  U = int(Uentry.get())
  t = 0
  C = BlackShowlsCall()
  lambd = ((r - q) - (sigma ** 2) / 2) / (sigma ** 2)
  y = (np.log((U ** 2) / (S * E)) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1)
* sigma * np.sqrt(T - t))
  d1 = (np.log(S / E) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1) * sigma *
np.sqrt(T - t))
  y1 = (np.log(U / S) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1) * sigma *
np.sqrt(T - t))
  x1 = (np.log(S / U) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1) * sigma *
np.sqrt(T - t))
  if S < U:
    if U <= E:
      Cui = np.round(S * np.exp(-q * T) * sts.norm().cdf(d1) - E * np.exp(-r
* (T - t)) * sts.norm().cdf(d1 - sigma * np.sqrt(T - t)), 2)
    else:
      Cui = np.round(S * np.exp(-q * T) * (sts.norm().cdf(x1) - ((U / S) **
(2 * lambd + 2)) * sts.norm().cdf(-y) + ((U / S) ** (2 * lambd + 2)) *
sts.norm().cdf(-y1))
      - E * np.exp(-r * (T - t)) * (sts.norm().cdf(x1 - sigma * np.sqrt(T -
t)) - ((U / S) ** (2 * lambd)) * sts.norm().cdf(-y + sigma * np.sqrt(T - t))
```

```
+ ((U / S) ** (2 * lambd)) * sts.norm().cdf(-y1 + sigma * np.sqrt(T - t))),
2)
  else:
    Cui = C
  Cuiresult = str(Cui)
  Cuilabel['text'] = Cuiresult

def Call_di():
  E = int(Eentry.get())
  S = int(Sentry.get())
  T = float(Tentry.get())
  sigma = float(Sigmaentry.get())/100
  r = float(rentry.get())/100
  q =float(qentry.get())/100
  U = int(Uentry.get())
  t = 0
  C = BlackShowlsCall()
  lambd = ((r - q) - (sigma ** 2) / 2) / (sigma ** 2)
  y = (np.log((U ** 2) / (S * E)) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1)
* sigma * np.sqrt(T - t))
  d1 = (np.log(S / E) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1) * sigma *
np.sqrt(T - t))
  y1 = (np.log(U / S) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1) * sigma *
np.sqrt(T - t))
  x1 = (np.log(S / U) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1) * sigma *
np.sqrt(T - t))
  if S > U:
    if U <= E:
      Cdi = np.round(S * np.exp(-q * T) * ((U / S) ** (2 * lambd + 2)) *
sts.norm().cdf(y) - E * np.exp(-r * (T - t)) * ((U / S) ** (2 * lambd )) *
sts.norm().cdf(y - sigma * np.sqrt(T - t)), 2)
    else:
      Cdi = np.round(S * np.exp(-q * T) * (sts.norm().cdf(d1) -
sts.norm().cdf(x1) + ((U / S) ** (2 * lambd + 2)) * sts.norm().cdf(y1)) - E *
np.exp(-r * (T - t)) * (sts.norm().cdf(d1 - sigma * np.sqrt(T - t))
      - sts.norm().cdf(x1 - sigma * np.sqrt(T - t)) + ((U / S) ** (2 * lambd
)) * sts.norm().cdf(y1 - sigma * np.sqrt(T - t))), 2)
  else:
    Cdi = C
  Cdiresult = str(Cdi)
  Cdilabel['text'] = Cdiresult

def Call_do():
  E = int(Eentry.get())
  S = int(Sentry.get())
  T = float(Tentry.get())
  sigma = float(Sigmaentry.get())/100
  r = float(rentry.get())/100
  q =float(qentry.get())/100
  U = int(Uentry.get())
  t = 0
  lambd = ((r - q) - (sigma ** 2) / 2) / (sigma ** 2)
  y = (np.log((U ** 2) / (S * E)) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1)
* sigma * np.sqrt(T - t))
  d1 = (np.log(S / E) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1) * sigma *
np.sqrt(T - t))
  y1 = (np.log(U / S) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1) * sigma *
np.sqrt(T - t))
```

```
  x1 = (np.log(S / U) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1) * sigma *
np.sqrt(T - t))
  if S > U:
    if U <= E:
      Cdo = np.round(S * np.exp(-q * T) * (sts.norm.cdf(d1) - ((U / S) ** (2
* lambd + 2)) * sts.norm().cdf(y)) + E * np.exp(-r * (T - t)) * (((U / S) **
(2 * lambd )) *
      sts.norm().cdf(y - sigma * np.sqrt(T - t)) - sts.norm().cdf(d1 - sigma
* np.sqrt(T - t))), 2)
    else:
      Cdo = np.round(S * np.exp(-q * T) * (sts.norm().cdf(x1) - ((U / S) **
(2 * lambd + 2)) * sts.norm().cdf(y1)) + E * np.exp(-r * (T - t)) * (((U / S)
** (2 * lambd )) *
      sts.norm().cdf(y1 - sigma * np.sqrt(T - t)) - sts.norm().cdf(x1 - sigma
* np.sqrt(T - t))), 2)
  else:
    Cdo = 0
  Cdoresult = str(Cdo)
  Cdolabel['text'] = Cdoresult

def put_uo():
  E = int(Eentry.get())
  S = int(Sentry.get())
  T = float(Tentry.get())
  sigma = float(Sigmaentry.get())/100
  r = float(rentry.get())/100
  q =float(qentry.get())/100
  U = int(Uentry.get())
  t = 0
  lambd = ((r - q) - (sigma ** 2) / 2) / (sigma ** 2)
  y = (np.log((U ** 2) / (S * E)) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1)
* sigma * np.sqrt(T - t))
  d1 = (np.log(S / E) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1) * sigma *
np.sqrt(T - t))
  y1 = (np.log(U / S) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1) * sigma *
np.sqrt(T - t))
  x1 = (np.log(S / U) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1) * sigma *
np.sqrt(T - t))
  if S < U:
    if U < E:
      Puo = np.round(S * np.exp(-q * T) * (((U / S) ** (2 * lambd + 2)) *
sts.norm().cdf(-y1) - sts.norm().cdf(-x1)) + E * np.exp(-r * (T - t)) *
(sts.norm().cdf(-x1 + sigma
      * np.sqrt(T - t)) - ((U / S) ** (2 * lambd)) * sts.norm().cdf(-y1 +
sigma * np.sqrt(T - t))), 2)
    else:
      Puo = np.round(S * np.exp(-q * T) * (((U / S) ** (2 * lambd + 2)) *
sts.norm().cdf(-y) - sts.norm().cdf(-d1)) + E * np.exp(-r * (T - t)) *
(sts.norm().cdf(-d1 + sigma
      * np.sqrt(T - t)) - ((U / S) ** (2 * lambd)) * sts.norm().cdf(-y +
sigma * np.sqrt(T - t))), 2)
  else:
    Puo = 0
  Puoresult = str(Puo)
  Puolabel['text'] = Puoresult

def put_ui():
  E = int(Eentry.get())
  S = int(Sentry.get())
```

```
  T = float(Tentry.get())
  sigma = float(Sigmaentry.get())/100
  r = float(rentry.get())/100
  q =float(qentry.get())/100
  U = int(Uentry.get())
  t = 0
  P = BlackShowlsPut()
  lambd = ((r - q) - (sigma ** 2) / 2) / (sigma ** 2)
  y = (np.log((U ** 2) / (S * E)) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1)
* sigma * np.sqrt(T - t))
  d1 = (np.log(S / E) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1) * sigma *
np.sqrt(T - t))
  y1 = (np.log(U / S) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1) * sigma *
np.sqrt(T - t))
  x1 = (np.log(S / U) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1) * sigma *
np.sqrt(T - t))
  if S >= U:
    Pui = P
  else:
    if U < E:
      Pui = np.round(E * np.exp(-r * (T - t)) * (sts.norm().cdf(-d1 + sigma *
np.sqrt(T - t)) - sts.norm().cdf(-x1 + sigma * np.sqrt(T - t)) + ((U / S) **
(2 * lambd ))
      * sts.norm().cdf(-y1 + sigma * np.sqrt(T - t))) - S * np.exp(-q * T) *
(sts.norm().cdf(-d1) - sts.norm().cdf(-x1) + ((U / S) ** (2 * lambd + 2)) *
sts.norm().cdf(-y1)), 2)
    else:
      Pui = np.round(E * np.exp(-r * (T - t)) * ((U / S) ** (2 * lambd )) *
sts.norm().cdf(-y + sigma * np.sqrt(T - t)) - S * np.exp(-q * T) * ((U / S)
** (2 * lambd + 2)) * sts.norm().cdf(-y) , 2)
  Puiresult = str(Pui)
  Puilabel['text'] = Puiresult

def put_di():
  E = int(Eentry.get())
  S = int(Sentry.get())
  T = float(Tentry.get())
  sigma = float(Sigmaentry.get())/100
  r = float(rentry.get())/100
  q =float(qentry.get())/100
  U = int(Uentry.get())
  t = 0
  P = BlackShowlsPut()
  lambd = ((r - q) - (sigma ** 2) / 2) / (sigma ** 2)
  y = (np.log((U ** 2) / (S * E)) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1)
* sigma * np.sqrt(T - t))
  d1 = (np.log(S / E) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1) * sigma *
np.sqrt(T - t))
  y1 = (np.log(U / S) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1) * sigma *
np.sqrt(T - t))
  x1 = (np.log(S / U) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1) * sigma *
np.sqrt(T - t))
  if S > U:
    if U < E:
      Pdi = np.round(S * np.exp(-q * T) * (((U / S) ** (2 * lambd + 2)) *
(sts.norm().cdf(y) - sts.norm().cdf(y1)) - sts.norm().cdf(-x1)) + E *
np.exp(-r * (T - t)) * (sts.norm().cdf(-x1 + sigma
      * np.sqrt(T - t)) - ((U / S) ** (2 * lambd)) * (sts.norm().cdf(y -
sigma * np.sqrt(T - t)) - sts.norm().cdf(y1 - sigma * np.sqrt(T - t)))), 2)
```

```
    else:
      Pdi = np.round(E * np.exp(-r * (T - t)) * sts.norm().cdf(-d1 + sigma *
np.sqrt(T - t)) - S * np.exp(-q * T) * sts.norm().cdf(-d1), 2)
  else:
    Pdi = P
  Pdiresult = str(Pdi)
  Pdilabel['text'] = Pdiresult

def put_do():
  E = int(Eentry.get())
  S = int(Sentry.get())
  T = float(Tentry.get())
  sigma = float(Sigmaentry.get())/100
  r = float(rentry.get())/100
  q =float(qentry.get())/100
  U = int(Uentry.get())
  t = 0
  lambd = ((r - q) - (sigma ** 2) / 2) / (sigma ** 2)
  y = (np.log((U ** 2) / (S * E)) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1)
* sigma * np.sqrt(T - t))
  d1 = (np.log(S / E) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1) * sigma *
np.sqrt(T - t))
  y1 = (np.log(U / S) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1) * sigma *
np.sqrt(T - t))
  x1 = (np.log(S / U) / (sigma * np.sqrt(T - t))) + ((lambd + 1) * sigma *
np.sqrt(T - t))
  if S > U:
    if U < E:
      Pdo = np.round(S * np.exp(-q * T) * (sts.norm.cdf(-x1) -
sts.norm().cdf(-d1) - ((U / S) ** (2 * lambd + 2)) * (sts.norm().cdf(y) -
sts.norm().cdf(y1))) + E * np.exp(-r * (T - t)) *
      (sts.norm().cdf(-d1 + sigma * np.sqrt(T - t)) - sts.norm().cdf(-x1 +
sigma * np.sqrt(T - t))) + E * np.exp(-r * (T - t)) * (((U / S) ** (2 *
lambd)) *
      (sts.norm().cdf(y - sigma * np.sqrt(T - t)) - sts.norm().cdf(y1 - sigma
* np.sqrt(T - t)))), 2)
    else:
      Pdo = 0
  else:
    Pdo = 0
  Pdoresult = str(Pdo)
  Pdolabel['text'] = Pdoresult

def Call():
  E = int(Eentry.get())
  S = int(Sentry.get())
  T = float(Tentry.get())
  sigma = float(Sigmaentry.get())/100
  r = float(rentry.get())/100
  q =float(qentry.get())/100
  U = int(Uentry.get())
  t = 0
  d1 = (np.log(S / E) + ((r - q)  + (sigma ** 2) / 2) * (T - t)) / (sigma *
np.sqrt(T - t))
  d2 = (np.log(S / E) + ((r - q) - (sigma ** 2) / 2) * (T - t)) / (sigma *
np.sqrt(T - t))
  C = np.round(S * np.exp(-q * T) * sts.norm().cdf(d1) - E * np.exp(-r * (T -
t)) * sts.norm().cdf(d2), 2)
  Cr = str(C)
```

```
  VanClabel['text'] = Cr

def Put():
  E = int(Eentry.get())
  S = int(Sentry.get())
  T = float(Tentry.get())
  sigma = float(Sigmaentry.get())/100
  r = float(rentry.get())/100
  q =float(qentry.get())/100
  U = int(Uentry.get())
  t = 0
  d1 = (np.log(S / E) + ((r - q) + (sigma ** 2) / 2) * (T - t)) / (sigma *
np.sqrt(T - t))
  d2 = (np.log(S / E) + ((r - q) - (sigma ** 2) / 2) * (T - t)) / (sigma *
np.sqrt(T - t))
  P = np.round(E * np.exp(-r * (T - t)) * sts.norm().cdf(-d2) - S * np.exp(-q
* T) * sts.norm().cdf(-d1), 2)
  Pr = str(P)
  VanPlabel['text'] = Pr

def res():
    BlackShowlsCall()
    BlackShowlsPut()
    Call_uo()
    Call_ui()
    Call_di()
    Call_do()
    put_ui()
    put_uo()
    put_do()
    put_di()
    Call()
    Put()



Complbutton = Button(frame1, text='Calculate', width = 38, command = res,
font = ('Courier',10, 'bold'))
Complbutton.grid(row=8, column=0, columnspan = 2, pady = 4)
Complbutton['bg'] = '#EEE8AA'


window.mainloop()
```