

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

ФАТЬЯНОВА МАРГАРИТА ЭДУАРДОВНА

**МОДЕЛИ И СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОПЦИОННЫМ ПОРТФЕЛЕМ
СТРУКТУРИРОВАННОГО ПРОДУКТА**

Специальность 05.13.10 «Управление в социальных и экономических системах»

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
д. ф.-м. н., профессор,
Трифонов Андрей Юрьевич

Томск – 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОПЦИОННЫХ ПОРТФЕЛЕЙ	16
1.1 Деривативы в системе российского рынка финансовых продуктов	16
1.1.1 Развитие российского рынка деривативов.....	16
1.1.2 Спецификация фьючерсных контрактов	24
1.1.3 Спецификация опционных контрактов.....	26
1.2 Теоретические и практические основы использования опционных контрактов	29
1.2.1 Базовые и сложные опционные стратегии.....	29
1.2.2 Основные показатели чувствительности опционов.....	36
1.2.3 Определение и классификация структурированных продуктов	39
1.3 Обзор существующих моделей формирования опционных портфелей.....	41
1.3.1 Статические модели формирования опционных портфелей	42
1.3.2 Динамические модели формирования опционных портфелей.....	45
1.3.3 Меры риска при выборе оптимального опционного портфеля	47
1.4 Сценарный подход как инструмент управления риском.....	49
1.4.1 Сущность и развитие методологии сценарного подхода.....	50
1.4.2 Обзор методов генерации сценариев.....	52
Выводы по главе 1	54
ГЛАВА 2. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ОПЦИОННЫХ ПОРТФЕЛЕЙ СТРУКТУРИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ	55
2.1 Описание подхода к конструированию структурированных продуктов	55
2.2 Динамическая модель управления опционным портфелем	58
2.2.1 Постановка задачи.....	58
2.2.2 Метод решения задачи.....	66
2.2.3 Описание модели поведения цены базового актива	68
2.2.4 Описание методики построения дерева сценариев.....	70
2.3 Статическая модель формирования опционного портфеля.....	74
2.3.1 Постановка задачи.....	74
2.3.2 Стратегии роста, падения и колебания цены базового актива	78
Выводы по главе 2	80

ГЛАВА 3. СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ОПЦИОННЫМ ПОРТФЕЛЕМ СТРУКТУРИРОВАННОГО ПРОДУКТА	82
3.1 Описание системы поддержки принятия решений	82
3.2 Пример работы с разработанным программным продуктом	84
3.2.1 Конструирование структурированного продукта	84
3.2.2 Формирование опционных портфелей согласно динамической и статической моделям.....	87
3.3 Сравнение предложенной СППР с программными продуктами	92
Выводы по главе 3	93
ГЛАВА 4. ТЕСТИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА	95
4.1 Имитационное моделирование процесса управления опционным портфелем согласно динамической модели.....	96
4.1.1 Моделирование процесса управления опционным портфелем с возможностью его реформирования согласно динамической модели	96
4.1.2 Моделирование процесса управления опционным портфелем без возможности его реформирования согласно динамической модели	105
Выводы и сравнение полученных результатов	110
4.2 Апробация статической модели формирования опционного портфеля структурированного продукта в торговом терминале Quik	111
4.2.1 Апробация статической модели формирования опционного портфеля, рассчитанного на падение цены базового актива, в торговом терминале Quik..	112
4.2.2 Апробация статической модели формирования опционного портфеля, рассчитанного на рост цены базового актива, в торговом терминале Quik.....	116
4.2.3 Апробация статической модели формирования опционного портфеля, рассчитанного на колебание цены базового актива, в терминале Quik.....	118
Выводы и сравнение полученных результатов	120
4.3 Апробация динамической модели управления опционным портфелем структурированного продукта в торговом терминале Quik	122
4.3.1 Поэтапное рассмотрение формирования опционного портфеля.....	122
Выводы и сравнение результатов формирования шести опционных портфелей в торговом терминале Quik	126
4.4 Результаты апробации моделей в АО «Газпромбанк» и ООО «БрокерКредитСервис»	128

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	129
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	132
ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ	146
ГЛОССАРИЙ	151
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	153
Приложение А. Акт внедрения результатов диссертации АО «Газпромбанк»	154
Приложение Б. Акт внедрения результатов диссертации ООО «Компания БрокерКредитСервис» (БКС) (Томский филиал)	155
Приложение В. Свидетельство ГР программы для ЭВМ № 2019615189	156
Приложение Г. Свидетельство ГР программы для ЭВМ № 2019615033	157
Приложение Д. Справка о представлении результатов диссертации в ЦЕМИ РАН	158
Приложение Е. Справка о представлении результатов диссертации в ФИЦ ИУ РАН	159
Приложение Ж. Три справки о представлении результатов диссертации в МГУ им. Ломоносова	160
Приложение З. Промежуточные результаты формирования пяти опционных портфелей в торговом терминале Quik	163

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Формирование финансовых портфелей с элементами управления и минимальным риском является актуальной научной задачей как для сохранения, так и приумножения денежных средств населения страны. Наиболее значимыми представляются возможности по формированию финансовых портфелей с использованием производных финансовых инструментов (деривативов), позволяющих хеджировать риски и управлять доходностью сделок. Одним из примеров такого рода финансовых продуктов являются структурированные продукты, привлекающие инвесторов сочетанием параметров возможной высокой доходности и сбалансированного риска.

Несмотря на ежегодное совершенствование Московской биржей (МБ) линейки финансовых продуктов, тарифов, новых технологий, регламентов управления рисками, развитие портфельного инвестирования происходит крайне медленно. Это напрямую связано с особенностями Московской биржи в сравнении с биржевыми площадками США, Японии, Китая, Великобритании, а именно недостаточный набор финансовых инструментов, низкая ликвидность, асинхронность времени работы с основными мировыми торговыми площадками.

Кроме того, для большинства российских частных инвесторов самостоятельное формирование финансовых продуктов представляется невозможным ввиду высокой сложности понимания моделей и методов их конструирования. Вследствие этого инвестор готов переплачивать высокие комиссии банкам и брокерским компаниям за покупку готового «упакованного» финансового портфеля.

Анализ существующих программных комплексов для формирования финансовых портфелей лицами, принимающими решения (ЛПР), на российском рынке показал отсутствие таковых. Как правило, банки и брокерские компании предлагают своим клиентам «торговые роботы» - программы, торгующие по специально заданному алгоритму, которые имеют высокий риск потери первоначальной инвестированной суммы.

В этой связи **актуальность** диссертационного исследования обусловлена потребностью в усовершенствовании математических моделей формирования опционных портфелей для условий биржевого рынка, а также в разработке системы поддержки принятия решений для управления финансовым продуктом.

Объектом исследования является опционный портфель структурированного продукта. **Предметом исследования** являются модели и система поддержки принятия решений для управления опционным портфелем.

Анализ научной литературы и исследований по проблемам управления финансовым портфелем показал следующую **степень изученности проблемы**.

В 1952 г. были разработаны базовые положения теории портфельного инвестирования Г. Марковицем [1], основная концепция которых состояла в максимизации ожидаемого дохода при правильном распределении риска. В конце 50-х гг. XX в. Дж. Тобин [2] продолжил исследования путем преобразования имеющейся модели Г. Марковица за счет введения в финансовый портфель безрискового актива. Дальнейшее развитие теория портфельного инвестирования получила в исследованиях зарубежных ученых: У.Ф. Шарпа [3], Р.Ф. Энгла [4], Г. Дж. Александера [3, 5], Д. Кокса, С. Росса [6], Дж. В. Бейли [3], Дж. Литнера [7], а также в работах российских ученых: Ширяева А.Н. [8-10], Кабанова Ю.М. [11], а также его совместной работы с Пергаменчиковым С.М. [12], Берзона Н.И. [115], Аркина В.И. [13], Белкиной Т.А. [14], Терпугова А.Ф. [15], Миркина Я.М. [16], Мицеля А.А. [17], Пимонова А.Г. [18,19], Домбровского В.В. [20], Мельникова А.В. [21], Недосекина А.О. [22], Бронштейна Е.М. [23], Шапкина А.Ф. [24].

Для формирования финансового портфеля на основе использования опционных контрактов модель Г. Марковица [1] не применима ввиду наличия нелинейной зависимости между ценой опциона и соответствующей ценой его базового актива. основополагающие работы по нахождению справедливой цены опционного контракта принадлежат зарубежным ученым F. Black, M. Scholes [25] и R.C. Merton [26], а также теория ценообразования опционов изложена в трудах Д. Халла [27], Д. Кокса, С. Росса [6], Н. Бингхэма [28], П. Карра [29], П. Танкова [30], Смитсона С. [31], Фельдмана А.Б. [32], Вайна С. [33] и других.

Проблеме оптимального управления опционным портфелем посвящены исследования А.Н. Буренина [34-36], А.Б. Фельдмана [32], А.С. Долматова [37], А.М. Абрамова [38-41], Голембиовского Д.Ю. [42-45] и его совместные работы с А.С. Долматовым [46-50] и А.М. Абрамовым [51-53], С.В. Курочкина [54-57], Пичугина И.С. [58,59], Avellaneda A. [60,61], Topaloglou N. [62], Davari-Ardakani H. [63], Liu J. [64], Dempster M.A.H. [65].

Формированию инвестиционных портфелей, а также конструированию структурированных финансовых продуктов посвящены работы М.Ю. Глухова [66-69], В.В. Омельченко [70,71], Я.Л. Шляпочника [72], А.А. Мицеля [73-76] и В.А. Ефремова [77,78], М.Е. Семенова [79-80].

Основополагающие научные разработки в области статических моделей формирования портфеля представлены трудами авторов Rendleman R. [81], Horasanli M. [82], С.В. Курочкин [54-57], Пичугин И.С. [58,59], Lin С.-С. [83], Eichhorn A. [84], Wallace S. [85], Topaloglou N. [62], Пузановский А.А. [86]. Предложенные модели, сформулированные в виде задач линейного программирования, позволяют нейтрализовать риски. Однако авторы либо косвенно пытаются снизить потенциальные транзакционные расходы, либо не учитывают их полностью, что вызывает появление значительных погрешностей.

В работах авторов Yin L. [87], Papahristodoulou С. [88], Gao P.W. [89], Davari-Ardakani H. [63], Testuri С. и Uryasev S. [90], Johnson N.L. [91], Абрамова А.М. [38-41], Голембиовского Д.Ю. и Долматова А.С. [42-50], Мицеля А.А. и Красненко Н.П. [74], Рекундаль О.И. [75] рассматривается многопериодный подход с возможностью динамического пересмотра портфеля (динамические модели). При этом открытыми остаются вопросы периодичности реформирования и соизмеримости рисков.

Актуальной проблеме выбора мер риска для инвестиционного портфеля посвящены исследования Alexander S. [5], Rachev S.T. [92], Riedel F. [93], Rockafellar R. [94], Krokmal P. [95], Ponomareva K. [96], Alexander G.J [97]. Однако, предложенные динамические меры риска, не получили должного внимания при постановке задач оптимального выбора портфеля, что требует проведения дополнительных исследований.

Наряду с изучением существующих математических моделей проводился анализ имеющихся на российском рынке систем поддержки принятия решений (СППР) для управления финансовым портфелем. Первые автоматизированные финансовые советники, позволяющие формировать инвестиционные портфели с минимальным вмешательством человека, так называемые робоэдвайзеры (англ. «robo-advisor»), появились в США и России в 2008 и 2016 гг. [98,99]. В настоящее время наиболее известны российские платформы «Простые инвестиции» (ПАО «Сбербанк») [100], «Тинькофф инвестиции» (АО «Тинькофф Банк») [101], «Yammy» (ООО «Яндекс») [102], «Robo-Advisor» (АО «Инвестиционный холдинг Финам») [103], «Персональный

финансовый помощник» (ООО УК «Альфа-Капитал») [104], «SmartInvest» (ПАО «Росбанк») [105], «Финансовый автопилот» (УК «Финэкс Плюс») [106]. Все перечисленные автоматизированные платформы формируют финансовые портфели, как правило, состоящие из акций, облигаций или ПИФов. Однако их главный общий недостаток состоит в отсутствии возможности формирования сложных финансовых продуктов, например, структурированных продуктов или опционных портфелей.

Противоречие. В результате изучения темы исследования выявлено существование необходимости разрешения общего противоречия, которое заключается в отсутствии:

- 1) математической модели для формирования и управления опционным портфелем, учитывающей одновременное наличие всех рыночных показателей, а именно:
 - гарантийное обеспечение покупателя (ГО покупателя);
 - базовое гарантийное обеспечение непокрытых позиций (БГОНП);
 - базовое гарантийное обеспечение покрытых позиций (БГОП);
 - ликвидность финансовых инструментов;
 - цены покупки и продажи;
 - транзакционные расходы;
- 2) системы поддержки принятия решений для управления опционным портфелем структурированного продукта.

Проблема исследования. Выявленное противоречие определило проблему исследования, а именно каким образом необходимо:

- 1) усовершенствовать математическую модель для формирования и управления опционным портфелем с учетом совместного наличия всех вышеперечисленных параметров;
- 2) разработать систему поддержки принятия решений для управления опционным портфелем структурированного продукта.

Целью исследования является совершенствование моделей и разработка системы поддержки принятия решений для управления опционным портфелем структурированного продукта.

Гипотеза исследования. Для достижения поставленной цели была выдвинута гипотеза, согласно которой ЛПР сможет самостоятельно сформировать финансовый продукт, если существует система поддержки принятия решений, которая позволяет

сконструировать структурированный продукт или опционный портфель на основе усовершенствованной математической модели.

В соответствии с обозначенной проблемой, целью и гипотезой предполагается решить следующие **задачи исследования**:

1. теоретически обосновать современное состояние проблемы развития российского рынка деривативов и проанализировать существующие математические модели формирования опционных портфелей;
2. описать подход к конструированию структурированных продуктов;
3. предложить модификации статической и динамической моделей управления опционным портфелем структурированного продукта для их адаптации к условиям биржевого рынка;
4. создать систему поддержки принятия решений (СППР) для формирования и управления опционным портфелем структурированного продукта;
5. провести апробацию статической и динамической моделей в торговом терминале Quik в режиме реального времени, а также имитационное моделирование процесса управления опционным портфелем согласно динамической модели с учетом возможного реформирования и без него.

Методы. Для реализации вышеуказанных задач исследования использовались методы теории вероятностей и случайных процессов, математической статистики, стохастического программирования, ветвей и границ, симплекс-метод.

Программные продукты. Математическое моделирование проводилось с использованием следующих программных продуктов: Matlab, IBM ILOG CPLEX Optimization Studio, Quik, Microsoft Access, Microsoft Excel.

Научная новизна результатов исследования.

1. Предложена модификация динамической модели управления опционным портфелем структурированного продукта, *отличающаяся* наличием:

- классификации гарантийного обеспечения (ГО, БГОНП, БГОП), *позволяющей* лицу, принимающему решение (ЛПР) учитывать необходимые размеры денежных сумм, находящихся на брокерском счете для самостоятельного осуществления сделок в торговом терминале Quik;
- введенного ограничения в математическую постановку задачи, *позволяющего* избежать превышения суммарного гарантийного обеспечения портфеля над первоначальной суммой инвестиций;

- добавленных условий в математическую постановку задачи для ограничения общего количества продаваемых опционов, *позволяющих* уменьшить риск опционного портфеля при значительном изменении цены базового актива.

В предложенной модификации динамической модели управления опционным портфелем *исключено* выражение, *приводящее* к двойному учету ликвидационной стоимости опционного портфеля, что являлось ошибочным предположением.

2. Проведена модернизация статической модели формирования опционного портфеля структурированного продукта. Усовершенствованная модель *отличается* от исходной наличием:

- учета необходимого размера суммарного гарантийного обеспечения опционного портфеля, *позволяющего* правильно рассчитать входную денежную сумму для инвестирования;
- добавленного условия в математическую постановку задачи расчета транзакционных расходов, *позволяющего* определить суммарную денежную сумму, уплачиваемую в качестве комиссии брокерской компании.

3. Создана система поддержки принятия решений для формирования и управления опционным портфелем структурированного продукта, *отличающаяся* наличием:

- модуля построения структурированных продуктов, *позволяющего* ЛПП задать входные данные в виде актива, сценария изменения его цены в будущем, уровня допустимого риска, суммы инвестирования и, в результате, рассчитать необходимые денежные суммы для формирования безрисковой и рискованной составляющих структурированного продукта;
- модуля *первоначального формирования* опционного портфеля структурированного продукта согласно *статической модели*, *позволяющего* ЛПП указать предполагаемый сценарий изменения цены актива в будущем (рост, падение, колебание), ввести начальные входные данные и получить необходимое количество опционов для осуществления сделок в торговом терминале Quik;
- модуля *первоначального формирования* опционного портфеля структурированного продукта согласно *динамической модели*, *позволяющего* ЛПП построить портфель без указания будущего направления изменения цены

актива, задать входные данные и рассчитать необходимое количество опционов для покупки или продажи в торговом терминале Quik;

- модуля *переформирования* опционного портфеля структурированного продукта согласно **динамической модели, позволяющего** ЛПР управлять финансовым портфелем, а именно задать входные данные с учетом первоначального формирования и рассчитать необходимое количество опционов для осуществления сделок в торговом терминале Quik;
- базы данных, хранящей рыночные показатели выбранного актива, введенные входные данные пользователем, а также результаты расчетов.

Внедрение результатов диссертационного исследования

Модели и система поддержки принятия решений прошли успешное тестирование в двух организациях, а именно АО «Газпромбанк» (Приложение А) и ООО «Компания БрокерКредитСервис» (БКС) (Приложение Б), что подтверждается выданными актами внедрения.

Достоверность результатов диссертации

Достоверность корректной работоспособности разработанной системы поддержки принятия решения на основе статической и динамической моделей подтверждается:

- апробацией в торговом терминале Quik в режиме реального времени с фиксированием положительной доходности при формировании шести финансовых портфелей;
- результатами проведения имитационного моделирования, полученными в данной диссертационной работе,
- проведенным тестированием в компаниях АО «Газпромбанк» и ООО «Компании БрокерКредитСервис» (БКС) с получением положительной доходности, что подтверждают соответствующие акты внедрения (Приложения А и Б).

Достоверность научных положений подтверждается полнотой теоретических и практических исследований, а также положительной оценкой на научных семинарах (в том числе в ЦЕМИ РАН, ФИЦ ИУ РАН), конференциях, форумах.

Теоретическая значимость работы заключается в развитии подходов теории оптимального управления опционным портфелем. Предложенные модификации статической и динамической моделей позволяют формировать и управлять опционным портфелем в условиях биржевого рынка в режиме реального времени.

Описанный подход к конструированию структурированных продуктов позволяет ЛПП сформировать финансовый продукт самостоятельно, без помощи финансовых советников, тем самым уменьшить величину комиссий банков на 0.5-3% в зависимости от первоначальной суммы инвестирования.

Практическая значимость работы заключается:

- в разработанной системе поддержки принятия решения [203] (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019615189 от 19 апреля 2019 г.), реализующей применение усовершенствованных моделей, предложенных в данном диссертационном исследовании (Приложение В);
- в программе [204] для проведения имитационного моделирования процесса управления опционным портфелем (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019615033 от 17 апреля 2019 г.) (Приложение Г).

Основные положения, выносимые на защиту

1. динамическая модель управления опционным портфелем структурированного продукта, позволяющая формировать и реформировывать финансовый портфель в условиях соответствующей рыночной ситуации (*соответствует п.10 паспорта специальности 05.13.10*);
2. статическая модель формирования опционного портфеля структурированного продукта, обеспечивающая реализацию краткосрочных целей инвестора (*соответствует п.4 паспорта специальности 05.13.10*);
3. СППР, позволяющая решить актуальную задачу конструирования структурированных продуктов и опционных портфелей напрямую пользователем, без помощи финансовых советников брокерских компаний (*соответствует п.6 паспорта специальности 05.13.10*).

Апробация результатов диссертационного исследования

Результаты проведенного диссертационного исследования представлены на мероприятиях российского и международного уровня:

1. семинар в лаборатории стохастической оптимизации и теории риска Отделения теоретической экономики и математических исследований Центрального экономико-математического института Российской академии наук (ЦЕМИ РАН), г. Москва, 2019 г. (Приложение Д);

2. семинар в Федеральном исследовательском центре «Информатика и управление» Российской академии наук (ФИЦ ИУ РАН), г. Москва, 2019 г. (Приложение Е);
3. два семинара в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова (МГУ), Механико-математический факультет, кафедра общих проблем управления, г. Москва, 2019 г. (Приложение Ж);
4. семинар в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова (МГУ), факультет Вычислительной математики и кибернетики, кафедра Исследования операций, г. Москва, 2019 г. (Приложение Ж);
5. международная научно-практическая конференция «Статистические методы анализа экономики и общества», НИУ ВШЭ, г. Москва, 2019 г.
6. международный молодежный научный форум «Ломоносов-2019», МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, 2019 г.;
7. международная научно-практическая конференция по проблемам развития экономики и общества, НИУ ВШЭ, г. Москва, 2017, 2018 гг.;
8. международная научно-практическая конференция «Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками», СГУ им. Н.Г. Чернышевского, г. Саратов, 2017 г.;
9. всероссийский конкурс научно-исследовательских работ «Шаг в науку», г. Томск, 2017 г.;
10. всероссийский молодежный научный форум «Наука будущего – наука молодых», г. Нижний Новгород, 2016, 2017 гг.;
11. международная научно-практическая конференция «Экономика, экология и общество России в 21-м столетии», г. Санкт-Петербург, 2014, 2017 г.;
12. международная научно-практическая конференция «Информационные технологии и нанотехнологии», г. Самара, 2017 г.;
13. всероссийский инженерный конкурс научно-исследовательских работ, г. Санкт-Петербург, 2016 г.;
14. международная научно-практическая конференция «Молодежь и современные информационные технологии», г. Томск, 2014, 2016 гг.;
15. международная научно-практическая конференция «Научная сессия ТУСУР», г. Томск, 2016 г.;
16. международная научно-практическая конференция «Перспективы развития фундаментальных наук», г. Томск, 2013, 2014, 2015, 2016 гг.;

17. международная научная конференция «Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине», г. Томск, 2014, 2015, 2016 гг.;
18. международная научно-практическая конференция «Экономика информационного общества», г. Томск, 2015 г.;
19. всероссийская конференция «Знания-Онтологии-Теории», г. Новосибирск, Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН, 2013, 2015 гг.;
20. всероссийская научно-практическая конференция «Ресурсоэффективным технологиям - энергию и энтузиазм молодых», г. Томск, 2015 г.;
21. всероссийская научно-практическая конференция «Технологии Microsoft в теории и практике программирования», г. Томск, 2015 г.;
22. всероссийская научно-практическая конференция «Россия Молодая», г. Кемерово, 2015 г.;
23. всероссийская научно-практическая конференция «Информационно-измерительная техника и технологии», г. Томск, 2015 г.;
24. всероссийская научно-практическая конференция «Современное состояние и проблемы естественных наук», г. Юрга, 2015 г.;
25. международная научная конференция «Импульс», г. Томск, 2013, 2014 гг.;
26. всероссийская научная конференция «Актуальные вопросы экономики и менеджмента: свежий взгляд и новые решения», г. Томск, 2014 г.;
27. всероссийская конференция по математике и механике, г. Томск, 2013 г.

Публикации

Результаты диссертационного исследования опубликованы в следующих изданиях:

- 6 статей в журналах, рекомендуемых ВАК;
- 1 статья в материалах конференции, индексируемой в SCOPUS;
- 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ;
- 34 статьи в сборниках трудов Международных и Всероссийских конференций.

Личный вклад автора

Все научные результаты диссертационного исследования и проведенной апробации получены автором самостоятельно. Среди публикаций, выполненных в соавторстве, личный вклад автора состоит в следующем: в [1] – разработка модификации динамической модели для ее адаптации к условиям биржевого рынка; в [2, 3] – постановка задачи, построение однопериодного дерева сценариев изменения цены актива, проведение анализа чувствительности, интерпретация результатов; в [5,

20-22] – постановка и реализация вычислительного эксперимента, интерпретация результатов; в [6,7,19, 29-31] – разработка кодов программы, реализация вычислительных экспериментов, интерпретация результатов; в [36,38,42,43] – совершенствование методики конструирования структурированных продуктов, реализация вычислительных экспериментов, проведение анализа чувствительности параметров, интерпретация результатов.

Структура и объем работы

Диссертация содержит введение, четыре главы, выводы к каждой главе, заключение, список использованной литературы из 205 наименований, 8 приложений. Диссертационная работа изложена на 167 страницах, в том числе содержит 131 страницу основного текста, 48 рисунков и 36 таблиц.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОПЦИОННЫХ ПОРТФЕЛЕЙ

1.1 Деривативы в системе российского рынка финансовых продуктов

Производные финансовые инструменты являются важнейшей частью финансового рынка. Первоначальное их значение состояло в страховании рисков в условиях нестабильности. Со временем произошло расширение функций рынка деривативов, и он стал использоваться для получения прибыли путем совершения спекулятивных сделок.

1.1.1 Развитие российского рынка деривативов

В настоящее время значительной частью финансовых портфелей являются опционные и фьючерсные контракты. В условиях экономической нестабильности они представляют особый интерес ввиду получения возможности ограничения убытков.

Российский рынок деривативов является динамично развивающейся составляющей финансового рынка. Использование срочных контрактов позволяет увеличивать скорость оборота инвестиций. Однако имеются некоторые проблемы, значительно тормозящие развитие срочного рынка. Например, недостаточно развитая инфраструктура влияет на скорость и организацию заключения и исполнения сделок особенно для внебиржевого сегмента. Отсутствие единой нормативно-правовой базы ведет к правовой незащищенности участников рынка и, следовательно, меньшей заинтересованности в заключении подобного рода сделок [107-109].

Рассмотрим в хронологическом порядке ряд основных мер, способствовавших становлению и развитию российского срочного рынка [110].

В августе 1998 года, несмотря на развитие масштабного экономического кризиса, секция срочных контрактов Фондовой биржи «Санкт-Петербург» обеспечила непрерывное функционирование и тем самым доказала надежность используемых биржей системы гарантий и технологий. Этот факт послужил основой в выборе создания рынка фьючерсов и опционов на Фондовой бирже РТС [111].

В сентябре 2001 года на фоне объединения усилий двух ведущих Фондовых бирж России - «Санкт-Петербург» и РТС появилась площадка FORTS (Futures&Options on RTS). Она стала отправной точкой цивилизованного рынка деривативов, построенного на основе многолетнего международного опыта [107].

В марте 2004 года начала свою деятельность Федеральная служба по финансовым рынкам (ФСФР), которая была призвана осуществлять нормативно-правовое регулирование в сфере финансовых рынков (кроме аудиторской и банковской деятельности) [110].

В 2006 году был создан ЗАО АКБ «Национальный клиринговый центр» (НКЦ) с целью совершенствования расчетно-клиринговой системы. Появилось разделение биржевых рисков торговой площадки и рисков клирингового центра, что повысило надежность и эффективность финансового рынка России [107].

После событий мирового финансового кризиса, в 2009 году, в Питтсбурге на ежегодном форуме «Большой двадцатки» обсуждался вопрос о необходимости регулирования обращения внебиржевых производных финансовых инструментов. Данный вопрос был актуален по причине недостаточного учета срочных сделок, что впоследствии привело к банкротству множества финансовых организаций и отсутствию достоверной оценки рисков. Решение данной проблемы состояло в создании института репозитариев, который выполнял бы функции учета внебиржевых срочных сделок [107].

В 2011 году изданы два Федеральных закона по регулированию инфраструктуры рынка. Первый из них послужил базой для создания центрального контрагента: ФЗ «О клиринге, клиринговой деятельности и центральном контрагенте», второй регулировал работу центрального депозитария: ФЗ «О центральном депозитарии». В этом же году появилась Московская биржа путем объединения двух торговых площадок – РТС (срочная секция) и ММВБ (валютная и фондовая секции) [107,112,113].

2012 год также оказался важным для совершенствования инфраструктуры рынка. Во-первых, закон «О рынке ценных бумаг» стал содержать дополнительную главу 3.2 «Репозитарий», которая раскрывала сущность деятельности нового института для ведения учета срочных сделок. Во-вторых, национальный расчетный депозитарий (НРД) приобрел статус Центрального депозитария РФ [107,110].

В 2013 году была упразднена ФСФР, которая передала свои полномочия службе Банку России по финансовым рынкам. Далее в связи с готовностью необходимой нормативно-правовой базы, НРД принял ряд дополнительных функций торгового депозитария. При этом Центральный контрагент стал выполнять функции клиринга стандартизованных ПФИ [107,110].

2014 год ознаменовался появлением большого ряда новых продуктов на срочном рынке. Ввели в обращение поставочные фьючерсы на акции ОАО «Магнит» и ОАО «Московская биржа», начались торги фьючерсами на еврооблигации Российской Федерации (Россия-2030) со сроком погашения в 2030 году. Высокая ликвидность евробондов привела к расширению возможностей по управлению финансовыми портфелями [107,110].

Также произошел запуск фьючерсных контрактов на индекс волатильности российского рынка (RVI), расчет которого производится с использованием методики, приближенной к международным стандартам. RVI послужил индикатором изменения рыночных ожиданий, который давал инвесторам возможность быстро реагировать на изменение событий микро- и макроэкономического характера [107,110].

В 2014 году произошли масштабные технологические изменения по совершенствованию торгово-клиринговых площадок фондового, срочного и валютного рынков: поставка фьючерсов перешла в режим T+2 (полный расчет по заключенной сделке будет производиться только на второй день), а также введение сервиса балансировки риска на валютном и срочном рынках. В данном случае выбор валютного рынка был неслучаен. В октябре 2014 года для клиентов появилась возможность внесения европейской валюты в качестве гарантийного обеспечения наряду с российскими рублями [107,110].

В марте 2015 года произошло расширение линейки ПФИ – введены в обращение фьючерсные контракты на валютные пары США, Канады, России, Китая и Турции. Были разработаны новые спецификации внебиржевых договоров, а также сняты существующие запреты на заключение внебиржевых сделок. Впервые в истории рынка ПФИ был осуществлен перевод гарантийного обеспечения и открытых позиций от одного участника клиринга к другому [110].

В 2016 году Московская биржа продолжила расширение продуктовой линейки. Введены в обращение опционные контракты на все торгуемые фьючерсы на акции эмитентов РФ. Был оптимизирован сервис балансировки риска на срочном и валютном рынках, а также появилась возможность маржирования по расчетным кодам, что в значительной степени позволило уменьшить требования по гарантийному обеспечению [110].

В октябре 2016 года появилась новая редакция тарифов срочного рынка, согласно которой тарификация осуществлялась в базисных пунктах (процент от суммы сделки). Данная реформа позволила выровнять тарифы между всеми рынками биржи.

Значительным событием международного уровня было получение биржей статуса FBOТ (Foreign Board of Trade), что обеспечило доступ клиентов из США к российской торговой площадке [110].

2017 год также ознаменовался рядом важнейших преобразований. В целях поддержки ликвидности рынка линейка инструментариев продолжала расширяться: появились первые недельные опционы на фьючерсы с базовыми активами - индекса РТС, валютных пар: доллар США / российский рубль, чуть позже появились: доллар США / японская йена, фунт стерлингов / доллар США [110]. На фоне снижения рыночных процентных ставок увеличивался спрос на ПФИ по управлению валютными и процентными рисками. Появилась возможность использования единого счета для фондового, срочного и валютного секций биржи в рамках осуществления проекта «Единый пул обеспечения». Кроме того, инициированная в 2016 году тарифная реформа успешно завершилась с результатом выравнивания тарифов в рамках срочной секции биржи [110].

В октябре 2017 года было принято соглашение с Санкт-Петербургской международной товарно-сырьевой биржей, которое предусматривало сотрудничество в сфере торговли деривативами. Данное событие положило начало дальнейшему расширению линейки ПФИ и товарных активов на российском рынке [110].

В 2018 году были запущены новые фьючерсные контракты для дальнейшего расширения возможностей торговли на глобальном финансовом рынке. В апреле ввели в обращение фьючерсные контракты на популярнейший сорт сырой нефти в мире марки Light Sweet Crude Oil. В июне начались торги фьючерсами на индекс акций американских эмитентов US500, базовым активом которого является показатель Solactive US Large Cap Index, основанный на расчете цен акций 500 компаний США. Также начались торги фьючерсными контрактами на цветные металлы (медь, никель, цинк, алюминий), поставочными фьючерсами на золото, а также расчетными фьючерсами на валютную пару «доллар США – индийская рупия». Появилась новая технология спонсируемого доступа (Sponsored Market Access, SMA), предоставляющая клиентам возможность прямого участия в торгах [110].

В 2019 году на срочном рынке продолжилось активное развитие линейки производных инструментов на различные виды активов. В марте начались торги поставочными фьючерсными контрактами и опционами на них на обыкновенные акции ПАО «Полюс» и ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат». В мае на срочном рынке стартовали торги расчетными фьючерсными контрактами на ставку

денежного рынка RUSFAR (Russian Secured Funding Average Rate). В октябре на срочном рынке начались торги поставочными фьючерсами на серебро. Была реализована возможность разделения торгового и клирингового членства. В результате иностранные компании получили возможность самостоятельно осуществлять клиринг и расчеты по собственным сделкам и сделкам своих клиентов, совершенным на рынках Биржи. В августе участникам срочного рынка предоставлен сервис онлайн-регистрации новых клиентов. Таким образом, онлайн-регистрация клиентов стала доступна на всех основных рынках Биржи: фондовом, валютном и срочном. С помощью нового сервиса клиенты участников торгов смогли получать доступ и начинать совершать операции с фьючерсами и опционами в течение нескольких секунд с момента заключения договора с брокером или банком. Ранее данная процедура занимала почти сутки. С момента предоставления сервиса на срочном рынке было открыто более 220 тыс. клиентских счетов [110].

Ограничительные меры в связи с распространением коронавируса в мире способствовали обновлению исторических максимумов для мировых рынков со времен 2008 года. В марте 2020 года общий объем торгов на рынках Московской биржи вырос на 48.8%, составив 98.8 трлн. рублей – максимальное значение за всю историю биржевых торгов. Положительную динамику продемонстрировали все основные рынки биржи: рынок акций (рост в четыре раза), срочный рынок (рост в 2.3 раза), денежный рынок (рост на 49.4%), валютный рынок (рост на 32%) и рынок облигаций (рост на 21.6%). Так, например, объем торгов фьючерсными контрактами в первом квартале 2020 года почти достиг показателя этого же квартала 2016 года. Рисунки 1.1.1 и 1.1.2 отражают объемы торгов фьючерсными и опционными контрактами по кварталам за период с 2011 по 2021 гг. (ось абсцисс – порядковый номер квартала (первая цифра) соответствующего года (указан после «Q»), ось ординат – объем торгов контрактами в млрд. руб. Например, запись «2Q2020» означает второй квартал 2020 года) [110].

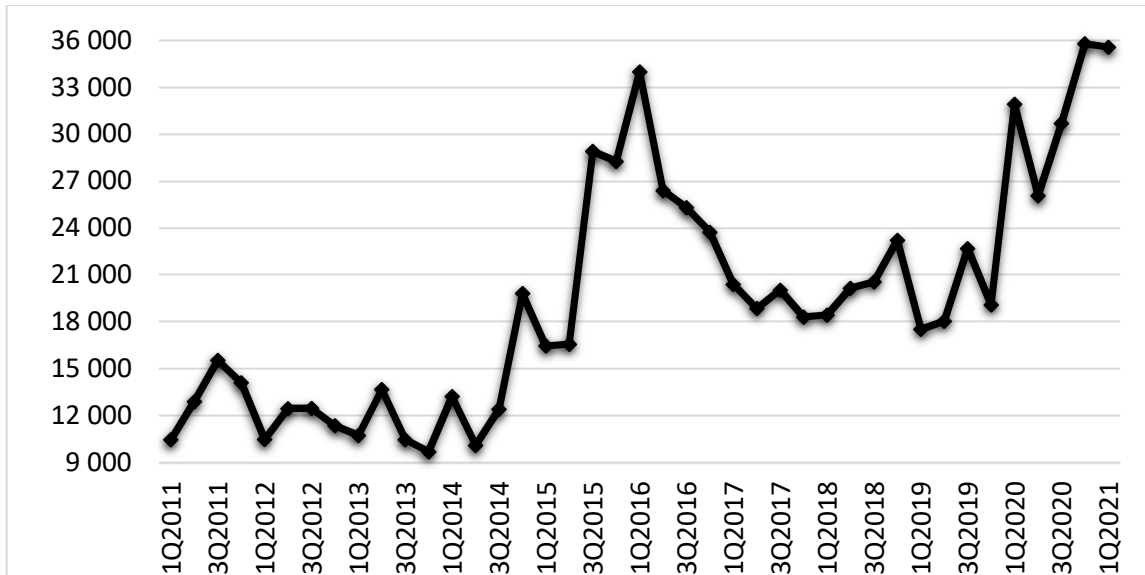


Рис. 1.1.1 - Объем торгов фьючерсными контрактами, млрд. руб.

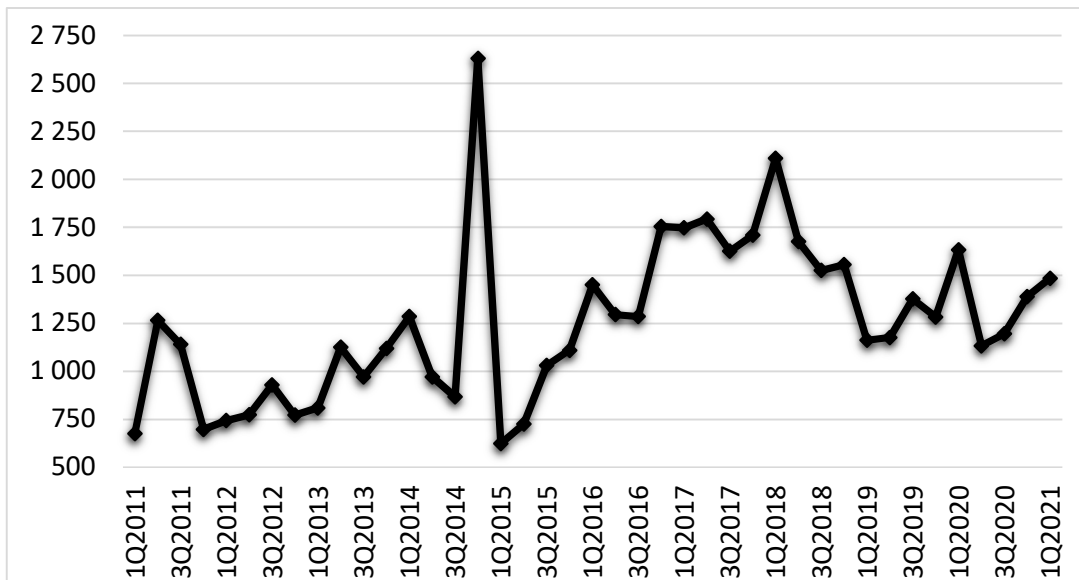


Рис. 1.1.2 - Объем торгов опционными контрактами, млрд. руб.

21 апреля 2020 г. впервые в истории клиринговая цена на нефть опустилась ниже нуля. Это произошло с держателями фьючерсных контрактов на нефть марки Light Sweet Crude Oil (WTI - West Texas Intermediate или Texas Light Sweet) на бирже NYMEX (CME Group), которые готовы были заплатить покупателям для избежания физической поставки нефти. Это событие привело к введению с 6 июля 2020 г. на Московской бирже новой версии торгово-клиринговой системы для поддержки отрицательных цен на срочном рынке. С июля 2020 г. функционал был доступен для фьючерсных контрактов на природный газ и на нефть марки Light Sweet Crude Oil, с ноября 2020 г. список доступных инструментов дополнили фьючерсы на нефть на нефть марки Brent [110].

В 2020 году произошел запуск новых биржевых производных инструментов: поставочные фьючерсные контракты пшеницу, а также на обыкновенные акции АФК "Система", Polymetal, Интер РАО ЕЭС и на глобальные депозитарные расписки Тинькофф Банка, X5 Retail Group, Mail.ru, недельные маржируемые опционы на нефть марки Brent, маржируемые опционы на фьючерсные контракты на природный газ и обыкновенные акции Яндекс. Также к новациям срочного рынка следует отнести: 1) введение нового вида заявки – айсберг-заявки, позволяющей скрыть определённую часть объема от рынка для минимизации влияния на рыночную цену; 2) продлены сроки контрактов с пяти до десяти лет; 3) добавлены новые ставки для заключения процентных свопов: трехмесячная ставка RUSFAR, ставки в валюте: Sofr, Estr, Saron.

За 2020 год произошел значительный прирост количества физических лиц, имеющих брокерские счета (почти на 5 млн.). Общее число частных инвесторов составило 8,8 млн., таким образом в 2020 году на биржу пришло большее количество лиц, чем суммарно за предыдущие годы [110].

В 2021 году Московская биржа продолжила расширение линейки инструментов: начались торги поставочным фьючерсом на ценные бумаги OZON, а также расчетным мини-фьючерсом на привилегированные акции Транснефти. Ежемесячно фиксировались рекордные притоки частных инвесторов: январь – прирост на 626 тыс.чел., февраль – прирост на 883.4 тыс.чел., март – прирост на 754 тыс.чел. Таким образом, в конце марта 2021 года количество физических лиц, имеющих брокерские счета на Московской бирже, составило 11 млн., что показывает значительный интерес со стороны частных инвесторов.

Обзор нововведений в совершенствовании инфраструктуры срочного рынка РФ показывает, что он активно развивается, предлагая участникам новые технологии. Данный вывод можно сделать из рисунков 1.1.3 и 1.1.4, которые отражают объемы торгов фьючерсными и опционными контрактами в указанные года (ось абсцисс – объем торгов контрактами в млрд. руб., ось ординат – период в годах с 2009 по 2020 гг.) [110].

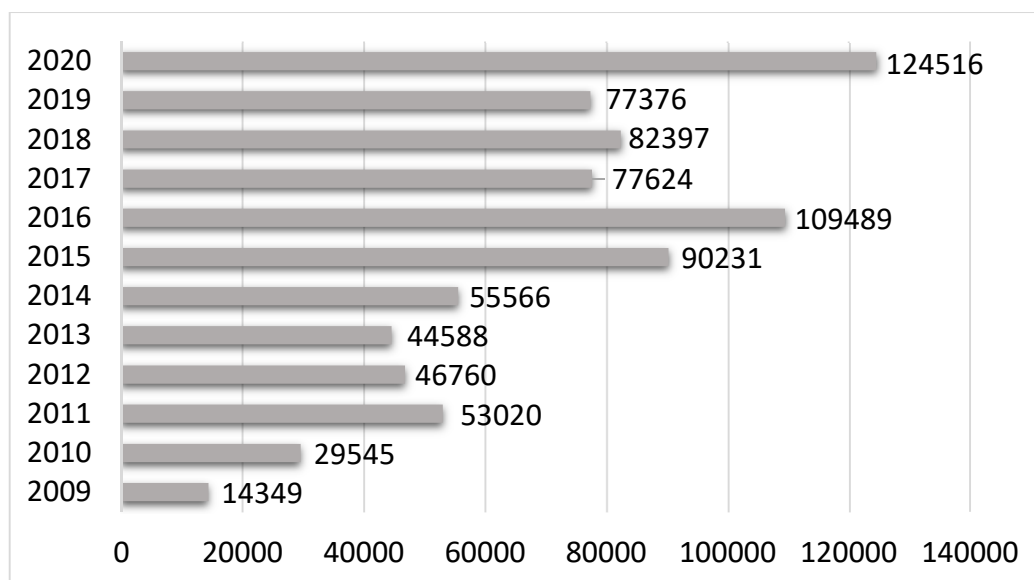


Рис. 1.1.3 - Объем торгов фьючерсными контрактами, млрд. руб.

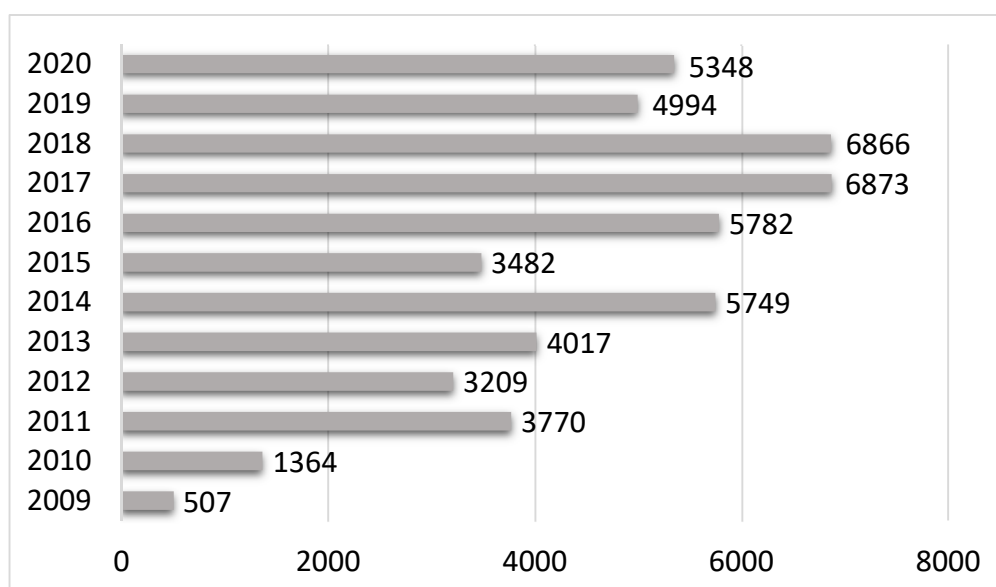


Рис. 1.1.4 - Объем торгов опционными контрактами, млрд. руб.

Из представленных диаграмм можно заметить, что с проведением регулятивных изменений после форума «Большой двадцатки» (2009 г.), рынок стал стремительно развиваться. Все последующие значимые события, а именно совершенствование нормативно-правовой документации, расширение продуктовой линейки ПФИ, создание отдельных структур: репозитария, Центрального депозитария и Центрального контрагента, привели к значительному совершенствованию инфраструктуры срочного рынка. Также важным фактором роста объема торговли опционными и фьючерсными контрактами является увеличение числа международных и российских институциональных инвесторов (фондов, банков), которые хеджируют риски на рынке ПФИ. Поэтому между развитием рынка и совершенствованием его инфраструктуры, существует прямая зависимость [107].

1.1.2 Спецификация фьючерсных контрактов

Фьючерсный контракт (фьючерс) – это биржевой договор о купле (продаже) актива по заранее оговоренной цене и в установленный срок. Основное назначение фьючерсов состоит в ограничении рисков, поэтому их часто используют спекулянты для хеджирования позиций по сделкам [32].

Фьючерсы бывают двух видов: расчетные и поставочные. Расчетные фьючерсные контракты предполагают, что физическая поставка актива, указанного в договоре, не осуществляется и между сторонами производятся только денежные расчеты. Поставочные фьючерсы, наоборот, предписывают, что продавец должен будет продать, а покупатель приобрести указанное в спецификации контракта количество базового актива (далее БА). Как правило, биржевые фьючерсные контракты являются расчетными и только приблизительно пять процентов всех сделок происходят с реальной поставкой базового актива [32,33].

В момент открытия позиции по фьючерсной сделке участник должен внести гарантийное обеспечение (деPOSITную маржу) – это денежная сумма в размере 2-10 % от текущей рыночной цены БА, взимаемая биржей. Данный взнос необходим для поддержания финансовой состоятельности расчетной палаты биржи в случае неисполнения одной из сторон условий по контракту. Гарантийное обеспечение (далее ГО) тесно связано с понятием «плечо» (финансовый левверидж, рычаг) – соотношение заемных средств к собственным. Таким образом, имея на брокерском счете 100 долларов, можно открывать сделки до 1000 долларов с плечом 1:10 [34].

Существует две рыночные позиции участника торгов: длинная и короткая. При покупке активов автоматически открывается длинная позиция, при продаже – короткая. Цель открытия длинной позиции – уверенность участника торгов в повышении цены актива в будущем и последующая его продажа по более высокой цене. В случае открытия короткой позиции предполагается снижение цены на продаваемый актив в будущем и дальнейшая его покупка по более низкой цене [32,35].

Рассмотрим три основных вида фьючерсов: процентный, индексный и валютный. Процентные фьючерсные контракты являются наиболее ликвидными с точки зрения открытых позиций и объема торгов. Они позволяют осуществлять управление риском изменения процентных ставок (ставки по облигациям, кредитам и т.п.). Каждый субъект экономики подвергается процентным рискам, именно поэтому эти инструменты являются актуальными и привлекательными в любое время [45].

Индексный фьючерсный контракт – это контракт, базовым активом которого является фондовый индекс, а не акции. В данном случае под базовым активом понимается некоторый условный портфель акций, которые входят в состав индекса. Наиболее распространенным примером подобного ликвидного российского контракта является фьючерс на индекс РТС. Широкое применение данного инструмента обусловлено ограничением общего риска при падении цен на акции, имеющиеся в портфеле [32-34].

Базовым активом валютных фьючерсных контрактов являются курсы валют. Такие фьючерсы являются только расчетными (поставка актива не осуществляется) и позволяют хеджировать валютные риски. Причем, инструмент тем ликвиднее, чем более изменчивы курсы валют на рынке. В таблице 1.1.1 представлены варианты рыночных позиций трех типов фьючерсов [32-34].

Таблица 1.1.1 – Обоснование применения рыночных позиций фьючерсов

Фьючерс	Длинная позиция	Короткая позиция
	защищает от	
Процентный	падения ставок	роста ставок
Индексный	роста индекса	падения индекса
Валютный	роста курса валютной пары	падения курса валютной пары

Так, например, при открытии длинной позиции на валютном рынке осуществляется покупка валюты с расчетом дальнейшей продажи в будущем в случае повышения ее стоимости. В случае продажи процентного фьючерса появляется короткая позиция, которая защищает от возможного будущего роста ставок [32-34].

Перечислим основные преимущества фьючерсов в сравнении с другими финансовыми инструментами: низкие транзакционные издержки в сравнении с сделками по акциям; высокая ликвидность; ограничение рисков; возможности диверсификации портфеля, применения разных торговых стратегий и плеча для получения большей потенциальной прибыли [32-34].

1.1.3 Спецификация опционных контрактов

Опционный контракт (опцион) – контракт, согласно которому покупатель приобретает право (без обязательства) купить либо продать определенное количество БА по установленной цене в определенную договором дату (дату исполнения) или на протяжении некоторого промежутка времени. В качестве базового актива могут выступать не только акции, валютные курсы и индексы, но и процентные ставки, товары и корзины активов [32-34].

Различают следующие типы опционов: европейский, американский, азиатский. Если погашение опциона осуществляется в строго фиксированную дату, то он называется европейским. В противном случае – американским. Азиатский опцион зачастую называют среднечасовым опционом, т.к. цена его исполнения рассчитывается исходя из среднего значения цены БА за определённый промежуток времени [32-34].

Опционные контракты бывают двух видов: «call» (колл) и «put» (пут). Опцион «call» («put») позволяет купить (продать) зафиксированное в договоре количество актива по определенной цене в будущем. Покупатель опциона имеет право, а продавец обязанность исполнения контракта (таблица 1.1.2) [34-36].

Опцион колл (пут) следует приобретать, если ожидается рост (падение) цены БА. На бирже опционы торгуются по двум ценам: «ask» - цена продажи, «bid» - цена покупки БА. Разница цен *ask* и *bid* называется спредом.

Таблица 1.1.2 – Права и обязанности продавца и покупателя опциона

Вид сделки	Опцион «call»	Опцион «put»
Покупка (длинная позиция)	Право (не обязательство) купить у продавца опциона определенное количество БА по цене исполнения	Право (не обязательство) продать продавцу опциона определенное количество БА по цене исполнения
Продажа (короткая позиция)	По требованию покупателя возникает обязательство продать указанное в контракте количество БА по цене исполнения	По требованию покупателя возникает обязательство купить указанное в контракте количество БА по цене исполнения

На основе таблицы 1.1.2 рассмотрим две типичные ситуации.

Ситуация № 1: владелец опциона колл хочет исполнить контракт, тем самым купив БА. В этом случае продавец обязан исполнить контракт, продав соответствующее количество БА.

Ситуация № 2: владелец опциона пут желает исполнить свой контракт, тем самым продать БА. Аналогично предыдущей ситуации продавец опциона должен будет выполнить свое обязательство – купить соответствующее количество БА. При этом премия, полученная продавцом от продажи контракта, остается у него как в случае исполнения контракта, так и в случае его неисполнения. Премия в данном случае понимается, как вознаграждение продавца за принимаемый риск [32-34].

Классификация опционов напрямую зависит от инструментов, являющихся базовыми активами данных контрактов. В зависимости от этого различают следующие типы наиболее распространенных опционов: фондовые, валютные, товарные, индексные, процентные, опционы на фьючерс. Рассмотрим подробнее каждый из них.

Базовым активом фондового опционного контракта являются либо акции одной компании, либо корзина акций нескольких организаций. Фондовый тип опционов в одинаковой степени популярен как для хеджирования, так и для получения прибыли в отличие, например, от валютного типа опционов [32-34].

Валютные опционы используются трейдерами в большей степени для получения прибыли, в меньшей степени – для хеджирования валютных рисков, в отличие от фьючерсов. Покупатель такого опционного контракта имеет право покупки (продажи) определенного количества валюты по зафиксированному курсу в контракте в установленный день.

Чаще всего именно с целью хеджирования возможных рисков используются товарные опционные контракты. Базовыми активами таких опционов являются: энергоносители (газ, мазут, нефть), металлы (медь, серебро, алюминий, золото), товары (хлопок, сахар, кукуруза и т.п.). В основном такие опционы обращаются на внебиржевом рынке и имеют небольшой срок действия [32-34].

Опцион, базовым активом которого является некоторый фондовый индекс, называется индексным. Такой вид контрактов включает в себя не отдельные виды акций, а их совокупный финансовый портфель, отражающий состояние определенного сегмента рынка. Ценообразование таких опционов происходит на основании экономических факторов, а именно волатильности, цены БА, ставки кредита и т.п. При этом исполнение индексного опциона происходит в виде денежного расчета.

Процентный опцион – это опционный контракт, БА которого является кредитный финансовый инструмент (например, облигация, вексель, депозит и т.п.) с соответствующей выплатой процентов. Поставочный процентный опцион дает право

его держателю купить / продать ценную бумагу. Однако зачастую на рынке обращаются именно расчетные опционы, которые рассчитываются на основе разницы между стоимостью БА и ценой исполнения.

Базовым активом опциона на фьючерс является фьючерсный контракт, соответственно, покупатель опциона имеет право купить (продать) фьючерс в установленную дату и по фиксированной цене [32-34].

В 2009 году на фондовой бирже РТС появилась возможность торговли маржируемыми опционами. Рассмотрим основное отличие маржируемого опциона от немаржируемого на следующем примере. В момент заключения сделки покупатель опциона не платит продавцу общую сумму премии, т.е. не происходит реального движения денежных средств. Однако в этот момент с продавца и покупателя удерживается гарантийное обеспечение (ГО). Также, как и для фьючерсов, ГО по опционной сделке - это денежная сумма, составляющая 10-25 % от стоимости БА, которая должна быть на счету клиента. Размер гарантийного обеспечения обязательно указывается в спецификации контракта и тесно связан с волатильностью цены БА. Под волатильностью понимается динамика изменения цены БА на рынке [34-36].

В дневной и вечерний клиринг (14:00 и 18:45 московского времени) на торговые счета продавца и покупателя поступает вариационная маржа – денежная сумма прибыли или убытка по опционной стратегии в зависимости от движения цены БА в течение торгового дня [110].

Рассмотрим основные преимущества и недостатки использования срочных контрактов в сравнении с фьючерсными. Общий недостаток фьючерсов и опционов состоит в высокой сложности восприятия их практического применения. При этом чем больше число биржевых сделок, тем больше расходы. Основное преимущество торговли опционами состоит в получении премии при осуществлении сделок, а также возможности хеджирования биржевых позиций [34-36].

Основным недостатком фьючерсов является обязанность исполнения контракта и неограниченные риски в случае короткой позиции без покрытия. Последнее означает продажу фьючерса, которым он не владеет. Такую позицию занимают в предположении понижения цены БА. В случае использования опционных контрактов ЛПР получает два основных преимущества: ограниченный риск и право исполнения опционного контракта [34-36].

1.2 Теоретические и практические основы использования опционных контрактов

1.2.1 Базовые и сложные опционные стратегии

Существует большое множество различных комбинаций опционных стратегий. Для упрощения рассмотрим их в контексте двух классификаций: базовых стратегий и сложных. Различают четыре базовые опционные стратегии, состоящие из покупки (продажи) опциона колл (пут). Сложные стратегии являются комбинациями базовых стратегий [34, 116].

Так, например, при покупке опциона колл инвестор ожидает роста стоимости БА, соответственно, продавец – падения. Графическая иллюстрация такой стратегии приведена на рисунке 1.2.1 (ось абсцисс – цена актива в руб., ось ординат – финансовый результат стратегии в руб.).

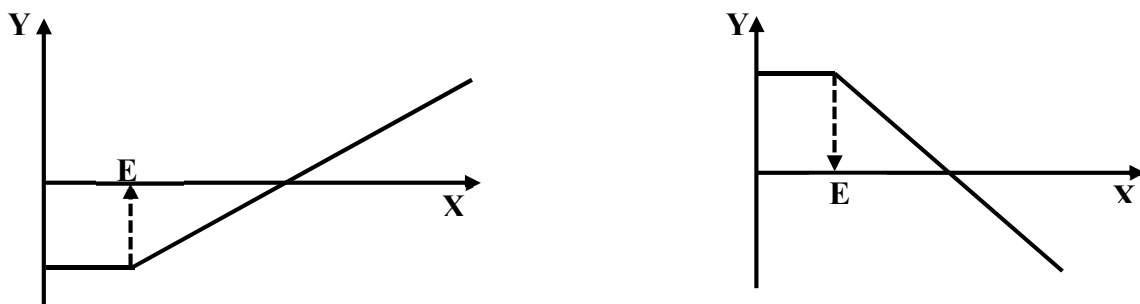


Рис. 1.2.1 - Графики функции выплат стратегии покупателя (слева) и продавца (справа) опциона колл

В случае, если ожидания инвестора оправдались, ему необходимо исполнить опцион (купить БА у продавца) и затем продать БА на рынке по более высокой цене. Финансовый результат покупателя опциона колл определяется по формуле (1), продавца – по формуле (2) [34, 116]:

$$S = \begin{cases} P - E - I, & P > E \\ -I, & P \leq E \end{cases} \quad (1)$$

где P – спотовая цена БА, руб.;

E – цена исполнения (цена страйк), руб.;

I – премия (цена опциона), руб.

$$S = \begin{cases} -(P - E) + I, & P > E \\ I, & P \leq E \end{cases} \quad (2)$$

Знак минус в формуле (2) указывает на отрицательный финансовый результат.

В дальнейшем изложении будут представлены расчетные формулы только для покупателя опциона, которые прямо противоположны результатам продавца.

При покупке опциона пут инвестор ожидает падения курса актива, соответственно, продавец – роста [34, 116]. Графическая иллюстрация такой стратегии приведена на рисунке 1.2.2 (ось абсцисс – цена актива в руб., ось ординат – финансовый результат стратегии в руб.)

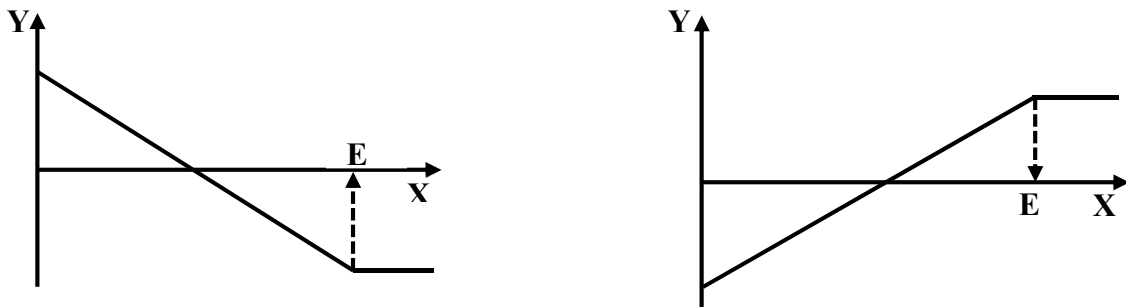


Рис. 1.2.2 - Графики функции выплат стратегии покупателя (слева) и продавца (справа) опциона пут

Уровни нижней и верхней горизонтальных линий на рисунках 1.2.1 и 1.2.2 соответствуют значению цены опциона I . Наклонные линии свидетельствуют о направленности стратегии - роста или падения. Расчет финансового результата для покупателя опциона пут представлен формулой (3) [34, 116]:

$$S = \begin{cases} E - P - I, & P < E \\ -I, & P \geq E \end{cases} \quad (3)$$

В момент исполнения опционного контракта в зависимости от соотношения цены страйк и спотовой цены различают три вида опционных контрактов: «вне денег» (OTM, от англ. out of the money), «около денег» (ATM, от англ. at the money), «в деньгах» (ITM, от англ. in the money) (таблица 1.2.1). Опционы категории OTM считаются неприбыльными, категории ATM – прибыльными [34-36].

Таблица 1.2.1. Виды опционов

Виды опционов	Опцион колл	Опцион пут
ATM (at the money)	$P = E$	$P = E$
ITM (in the money)	$P > E$	$P < E$
OTM (out of the money)	$P < E$	$P > E$

Величина премии опциона I тесно связано с тремя категориями опционов и находится по формуле: $I = P_{ins} + P_{tem}$, (4)

где $P_{ins} = P - E$ - внутренняя стоимость опциона (для категории ITM), P_{tem} - временная стоимость опциона, которая зависит от срока до истечения контракта. Чем меньше срок, тем меньше временная стоимость. Премии опционов категорий ATM и OTM состоят только из временной стоимости (внутренняя стоимость $P_{ins} = 0$) [34-36].

Существует большое множество сложных комбинаций опционных стратегий, основные из которых направлены на реализацию трех сценариев изменения цены БА: роста («бычий» тренд), падения («медвежий» тренд), колебания.

В таблице 1.2.2 представлено описание наиболее часто используемых стратегий, которые предполагают покупку (продажу) опционов на один и тот же БА. Также приведены графики функции выплат с указанием всех имеющихся страйков (ось абсцисс – цена актива в руб., ось ординат – финансовый результат стратегии в руб.) [34, 116].

Таблица 1.2.2 – Наиболее распространенные опционные стратегии

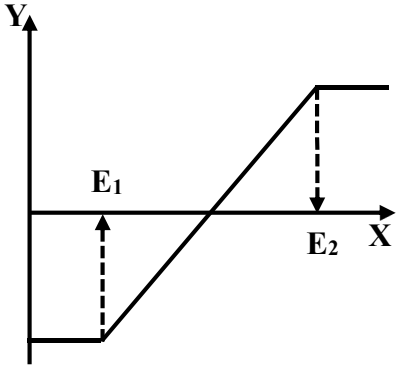
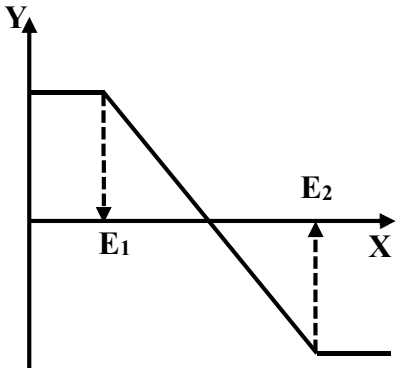
	<p><i>Название:</i> бычий колл спред</p> <p><i>Описание стратегии:</i> покупка опциона колл со страйком E_1 и продажа опциона колл со страйком E_2, причем $E_2 > E_1$. Контракты имеют одинаковый срок погашения.</p> <p><i>Сценарий:</i> рост цены БА; <i>уровень прибыли:</i> ограничен; <i>уровень убытка:</i> ограничен.</p> <p><i>Финансовый результат стратегии:</i></p> $S = \begin{cases} -I, & P \leq E_1 \\ P - E_1 - I, & E_1 < P < E_2 \\ E_2 - E_1 - I, & P \geq E_2 \end{cases}$ <p>где E_1 - цена исполнения купленного опциона колл, E_2 - цена исполнения проданного опциона колл.</p>
	<p><i>Название:</i> медвежий пут спред</p> <p><i>Описание стратегии:</i> продажа опциона пут со страйком E_1 и покупка опциона пут со страйком E_2, причем $E_2 > E_1$. Контракты имеют одинаковый срок погашения.</p> <p><i>Сценарий:</i> падение цены БА; <i>уровень прибыли:</i> ограничен; <i>уровень убытка:</i> ограничен.</p> <p><i>Финансовый результат стратегии:</i></p> $S = \begin{cases} I, & P \leq E_1 \\ -(P - E_1) + I, & E_1 < P < E_2 \\ -(E_2 - E_1) + I, & P \geq E_2 \end{cases}$ <p>где E_1 - цена исполнения опциона пут на продажу, E_2 - цена исполнения опциона пут на покупку.</p>

Таблица 1.2.2 Продолжение

	<p><i>Название:</i> длинный стрэддл</p> <p><i>Описание стратегии:</i> покупка опционов колл и пут со страйком E. Контракты имеют одинаковый срок погашения.</p> <p><i>Сценарий:</i> колебание цены БА в узком диапазоне значений.</p> <p><i>Уровень прибыли:</i> не ограничен; <i>уровень убытка:</i> ограничен.</p> <p><i>Финансовый результат стратегии:</i></p> $S = \begin{cases} E - P - I, & P < E \\ -I, & P = E \\ P - E - I, & P > E \end{cases}$
	<p><i>Название:</i> короткий стрэддл</p> <p><i>Описание стратегии:</i> продажа опционов колл и пут со страйком E. Контракты имеют одинаковый срок погашения.</p> <p><i>Сценарий:</i> колебание цены БА в узком диапазоне значений</p> <p><i>Уровень прибыли:</i> ограничен</p> <p><i>Уровень убытка:</i> не ограничен</p> <p><i>Финансовый результат стратегии:</i></p> $S = \begin{cases} E - P + I, & P < E \\ I, & P = E \\ P - E + I, & P > E \end{cases}$

Таблица 1.2.2 Продолжение

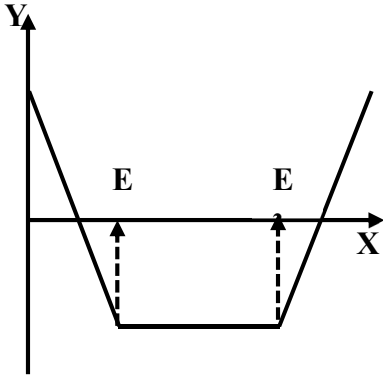
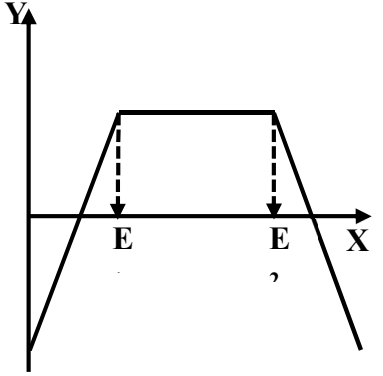
	<p><i>Название:</i> длинный стрэнгл</p> <p><i>Описание стратегии:</i> покупка опционов пут со страйком E_1 и колл со страйком E_2, причем $E_2 > E_1$. Контракты имеют одинаковый срок погашения.</p> <p><i>Сценарий:</i> колебание цены БА в широком диапазоне значений</p> <p><i>Уровень прибыли:</i> не ограничен</p> <p><i>Уровень убытка:</i> ограничен</p> <p><i>Финансовый результат стратегии:</i></p> $S = \begin{cases} E_1 - P - I, & P \leq E_1 \\ -I, & E_1 < P < E_2 \\ P - E_2 - I, & P \geq E_2 \end{cases}$
	<p><i>Название:</i> короткий стрэнгл</p> <p><i>Описание стратегии:</i> продажа опционов пут со страйком E_1 и колл со страйком E_2, причем $E_2 > E_1$. Контракты имеют одинаковый срок погашения.</p> <p><i>Сценарий:</i> колебание цены БА в широком диапазоне значений</p> <p><i>Уровень прибыли:</i> ограничен</p> <p><i>Уровень убытка:</i> не ограничен</p> <p><i>Финансовый результат стратегии:</i></p> $S = \begin{cases} E_1 - P + I, & P \leq E_1 \\ I, & E_1 < P < E_2 \\ P - E_2 + I, & P \geq E_2 \end{cases}$

Таблица 1.2.2 Продолжение

	<p><i>Название:</i> бабочка</p> <p><i>Описание стратегии:</i> покупка двух опционов колл со страйками E_1 и E_3 и продажа двух опционов колл со страйком E_2, причем $E_3 - E_2 = E_2 - E_1$. Обычно значение страйка E_2 должно быть близким к значению спотовой цены БА в момент заключения контракта. Срок погашения всех контрактов является одинаковым.</p> <p><i>Сценарий:</i> не ожидается значительного роста или падения цены БА</p> <p><i>Уровень прибыли:</i> ограничен</p> <p><i>Уровень убытка:</i> ограничен</p> <p><i>Финансовый результат стратегии:</i></p> $S = \begin{cases} -I, & P \leq E_1 \\ P - E_1 - I, & E_1 < P \leq E_2 \\ E_3 - P - I, & E_2 < P \leq E_3 \\ -I, & P \geq E_3 \end{cases}$
--	--

1.2.2 Основные показатели чувствительности опционов

Цена опционного контракта зависит от множества рыночных факторов: цены БА, времени до экспирации, волатильности БА, изменения процентных ставок и т.д. Для анализа чувствительности цены опциона к данным факторам используется ряд показателей, именуемых греческими коэффициентами («греками»). Рассмотрим пять наиболее часто используемых на практике греческих коэффициента опционов: дельта, гамма, тета, вега и ро [34-36].

Дельта. В рыночной ситуации непрерывным образом происходят изменения цены БА, лежащего в основе опциона. В свою очередь, это приводит к изменению цены опционного контракта. Если инвестор заинтересован в страховании своей финансовой стратегии от небольших колебаний цены БА, используется техника хеджирования дельтой [34-36].

Дельта – это коэффициент, равный отношению изменения цены опциона к изменению цены БА: $\Delta = \Delta C / \Delta P$, (5)

где ΔC и ΔP - изменение цен опционного контракта и БА за небольшой промежуток времени. Коэффициент дельта отражает скорость изменения цены опционного контракта относительно цены его БА. Тогда при изменении цены БА на один пункт, дельта показывает степень изменения цены опциона. Так, например, коэффициент $\Delta = 0.25$ означает, что цена опционного контракта изменится на 25% от изменения цены БА. Таким образом, знание коэффициента дельты помогает определить динамику цены опционного контракта при различном движении цены БА, а также оценить выгоду от его возможной перепродажи на рынке. С точки зрения хеджирования финансовой стратегии, зная коэффициент дельты, можно найти число единиц БА, которое необходимо купить или продать для соответствующего числа опционных контрактов [34-36].

Коэффициенты дельты опционов колл и пут на фьючерсный контракт можно определить:

$$\Delta_c = \exp(-r \cdot T) \cdot N(d_1), \quad \Delta_p = \exp(-r \cdot T) \cdot (N(d_1) - 1), \quad (6)$$

$$\text{где } d_1 = \frac{\ln(P/E) + (\sigma^2/2) \cdot T}{\sigma \cdot \sqrt{T}}, \quad \Delta_c \in [0; 1] \text{ и } \Delta_p \in [-1; 0],$$

r - безрисковая процентная ставка, T – срок экспирации, $N(d_1)$ - функция нормального распределения, определяющая вероятность, при которой нормальная переменная меньше d_1 .

С теоретической точки зрения цена опционного контракта не может меняться (уменьшаться или увеличиваться) быстрее цены его БА. Согласно формулам (6) верхней границей дельты опциона колл является единица (категория ITM), нижней границей – ноль (категория OTM). Дельта опциона пут содержит отрицательные значения. Это объясняется противоположной направленностью изменения цен опциона и БА: чем больше цена БА, тем меньше стоимость опциона пут. Таким образом, верхняя граница опциона пут равна нулю (категория OTM), нижняя граница равна минус единице (категория ITM) [34-36].

Трейдеры, зачастую зная значение дельты, формируют дельта нейтральную позицию – это портфель, состоящий из определенного числа опционных контрактов и единиц БА, лежащего в основе данных контрактов, в котором изменение цены опциона будет скомпенсировано изменением цены БА в течение короткого будущего промежутка времени ($|\Delta| \approx 0$). Смысл создания дельта нейтрального портфеля заключается в страховании трейдера от будущих возможных изменений стоимости БА, которые могут принести убыток [34-36].

С точки зрения экономической интерпретации дельта отражает ожидания инвесторов относительно динамики цены БА в будущем. Поэтому, при значении $|\Delta| \approx 1$ большинство участников рынка рассчитывают, что опционный контракт исполнится «в деньгах» (категория ITM). Если $|\Delta| \approx 0$, то ожидается исполнение опциона «вне денег» (категория OTM) [34-36].

Гамма. В случае необходимости страхования финансовой стратегии от значительных колебаний цены БА используется показатель гамма. Гамма – коэффициент, отражающий скорость изменения дельты опционного контракта относительно изменения цены его БА: $\Gamma = \delta^2 C / \delta S^2$, (7) где Γ - это коэффициент гамма [34-36].

С точки зрения графической интерпретации гамма показывает степень кривизны дельты, т.е. скорость изменения ее наклона по отношению к цене БА. Низкие значения коэффициента гаммы говорят о том, что его дельта будет принимать малое значение при изменении цены БА. Большое значение абсолютной величины гаммы говорит о возможном значительном риске изменения цены опционного контракта в связи с изменением цены БА. Поэтому именно второй случай требует наличие частого пересмотра позиции для поддержания дельта нейтрального портфеля. В противном случае возникает большой риск потери вложенных средств.

Гамму опционов колл и пут на фьючерсный контракт можно определить по формуле: $\Gamma = N'(d_1) \cdot \exp(-r \cdot T) / F \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}$, (8)

где F - цена фьючерса в настоящий момент времени [34-36].

Тэта – это коэффициент, отражающий скорость изменения цены опциона по мере приближения даты экспирации контракта при прочих равных рыночных условиях. Коэффициент тэта можно вычислить по формуле: $\Theta = \Delta C / \Delta T$. (9)

Колебания цены БА вызывают изменения цены опционного контракта. Однако если цена БА является постоянной величиной, то цена опциона будет уменьшаться на величину, которую отражает показатель тэта. При этом наиболее высокие значения тэта принимает непосредственно перед экспирацией опциона.

Коэффициент тэта для опционов на фьючерсный контракт рассчитывается по-разному, в зависимости от типа опционов [34-36]. Тэта для опционов колл Θ_C и для опционов пут Θ_P :

$$\Theta_C = -\frac{F \cdot N'(d_1) \cdot \sigma \cdot \exp(-r \cdot T)}{2\sqrt{T}} + r \cdot S \cdot N(d_1) \cdot \exp(-r \cdot T) - r \cdot E \cdot N(d_2) \cdot \exp(-r \cdot T), \quad (10)$$

$$\Theta_P = -\frac{F \cdot N'(d_1) \cdot \sigma \cdot \exp(-r \cdot T)}{2\sqrt{T}} - r \cdot S \cdot N(d_1) \cdot \exp(-r \cdot T) + r \cdot E \cdot N(-d_2) \cdot \exp(-r \cdot T), \quad (11)$$

где $d_2 = d_1 - \sigma \cdot \sqrt{T}$.

Вега – это коэффициент, показывающий скорость изменения цены опционного контракта при изменении волатильности БА, лежащего в основе данного опциона. Вега равна: $Vega = \Delta C / \Delta \sigma$. (12)

Вега является всегда положительной величиной, т.к. повышение волатильности БА ведет к росту премии опционов колл и пут и вероятности выгодной их перепродажи [34-36].

Вегу опционов колл и пут на фьючерсный контракт можно определить по формуле:

$$Vega = F \cdot \sqrt{T} \cdot N(d_1) \cdot \exp(-r \cdot T). \quad (13)$$

1.2.3 Определение и классификация структурированных продуктов

Структурированный (структурный) финансовый продукт (СП) – это разработанная индивидуально для клиента инвестиционная стратегия, основанная на сочетании безрисковых активов с производными финансовыми инструментами [117].

СП позволяет с помощью комбинации различных финансовых инструментов с разным уровнем риска предложить инвестору эффективное управление капиталом с потенциальной доходностью выше банковского депозита.

В основу СП финансовые инженеры закладывают нужное инвестору соотношение «риск-доходность», т.е., создают синтетический инструмент. Такая «синтетика» наделена свойствами, которыми не обладает ни один из стандартных инструментов. В простом виде это сочетание инструментов срочного рынка с инструментами, позволяющими получать фиксированный доход [118].

Простейший СП гарантирует возврат капитала и генерирует доходность, пропорциональную росту (или падению) базового актива. Подобный продукт состоит из депозитной и опционной части («call» – если продукт рассчитан на рост базового актива и «put» – если он рассчитан на падение) [118].

За сохранность первоначально-инвестированной денежной суммы отвечает депозитная часть СП. Чем больше процентная ставка и срок СП, тем меньше сумму депозитной части. Несмотря на свое название для формирования данной части СП могут использоваться иные инструменты, например, облигации. Тем не менее, чаще всего ее называют именно «депозитной».

Опционная часть генерирует доход в случае совпадения с направлением движения базового актива. Благодаря тому, что в ситуации падения БА ориентированного на рост, можно не исполнять опцион, убытка не возникает. Однако в случае роста БА формируется прибыль. [118]

Гибкость опциона заключается в том, что его свойства позволяют смоделировать функцию дохода, т.е. стоимость, которую пользователь продукта получит при его погашении в зависимости от поведения базового актива, лежащего в основе опциона.

Даже небольшая доля опционной части (например, 10 %) способна формировать существенную доходность. Поэтому этот принцип используют при формировании СП и других различных инвестиционных продуктов, которые отличаются друг от друга только опционными стратегиями [117].

СП занимают промежуточное положение между консервативным размещением средств и рискованным инвестированием. Это достигается за счет того, что большая часть инвестированных средств вкладывается в депозиты или облигации и работает на возврат капитала. На остаток приобретаются опционы, которые при удачном стечении обстоятельств могут принести прибыль, намного превышающую ставку банковского депозита. Доля рискованных ценных бумаг в СП в большинстве случаев составляет от 2% до 20%.

Комбинирование различных финансовых инструментов в структуре таких продуктов дает неограниченные возможности для создания самых разнообразных типов СП любой степени сложности, исходя из целей и намерений инвестора и компании или банка, разрабатывающего и выпускающего такой продукт [117].

1.3 Обзор существующих математических моделей формирования опционных портфелей

Выбор и использование стандартных опционных стратегий хеджирования, например, стренгл, бабочка, стрэддл, спред (strangles, butterfly, straddle, spread) [119,120], в основе которых лежит один базовый актив, определяется на основе (точечной или интервальной) оценки (прогноза) будущих цен базового актива. В опционных стратегиях в дополнение к прогнозу цены базового актива могут быть учтены различные параметры: цена исполнения (exercise price), волатильность базового актива (volatility), время до срока исполнения (the time to expiration), безрисковая процентная ставка (the risk-free interest rate), премия (цена) опциона (option premium), транзакционные расходы (transaction costs). При этом даже незначительное изменение количества, учитываемых в модели параметров опциона, приводит к экспоненциальному росту количества возможных опционных комбинаций. В работах [63,121,122], а также в публикациях, процитированных в статье [122], отмечается что транзакционные расходы при динамическом управлении портфелем опционов являются одним из ключевых факторов, без учета которого невозможно говорить о возможности практического использования предлагаемых моделей. Использование опционных стратегий, включающих покрытые опционы, приводит к деформации исходного распределения доходностей – оно становится усеченным и ассиметричным. Функция выплат по опционному портфелю ассиметричная и нелинейная [123], поэтому с точки зрения управления рисками использование портфеля с различными опционными контрактами является более предпочтительным и эффективным [62,63,87], но при этом проблема выбора оптимального портфеля существенно усложняется. Классическая оптимизация портфеля по Марковицу [1] не решает задачу оптимального выбора.

Задача оптимального выбора хеджирующего портфеля опционов может быть сформулирована в виде многомерной задачи оптимизации (математического программирования) с ограничениями. В зависимости от вида целевой функции и допустимого множества решений можно выделить: линейные [81,82,88,89] и нелинейные задачи программирования [5,86,124,125], дискретного программирования [126,127], кусочно-линейного программирования [58], задачи программирования в нечеткой постановке [83], выпуклого программирования [121], стохастические модели программирования [62], динамического стохастического программирования [63,87]. В некоторых случаях, нелинейные задачи, в которых критерий оптимальности

записан в виде нелинейной функции, могут быть сведены к линейным, например, с помощью разложения Корниша-Фишера [86], введения вспомогательных (auxiliary, extra) переменных [5,63,125], а затем решены с помощью стандартных методов условной оптимизации.

При дальнейшем рассмотрении математических моделей будем проводить их классификацию на основе возможности переформирования портфеля (portfolio rebalancing) на интервале планирования (planning horizon). Модели, которые допускают такую возможность, будем называть динамическими, модели без возможности переформирования – статическими.

1.3.1 Статические модели формирования опционных портфелей

Одним из подходов к принятию решений в условиях риска является контроль и нейтрализация рисков (управление рисками), связанных с параметрами хеджирования (греческие коэффициенты, греки) [92,119]. Основным теоретическим аспектам их применения был посвящен раздел 1.2.2.

Для теоретической оценки стоимости опционов могут быть использованы различные модели, например, модель Блэка-Шоулза [25] для европейских опционов, биномиальная модель Кокса-Росса-Рубинштейна [128] для опционов американского типа.

Нейтрализация греческих рисков подразумевает создание портфеля, в котором поддерживается равенство греков нулю при изменении параметров базового актива в небольшом диапазоне. При этом портфель, состоящий из базовых активов и опционов (т.е. покрытый опционный портфель), может обеспечить арбитражную прибыль. В работах [81,82,88] предложены модели, сформулированные в виде задач линейного программирования, которые позволяют нейтрализовать риски. В статье Rendleman R. [81] рассмотрена модель, с помощью которой решается задача поиска максимального значения целевой функции, записанной как разница между теоретической и рыночной цены опциона при ограничениях, которые нейтрализуют некоторые из греческих рисков (дельта, гамма, вега). В статье Papahristodoulou C. [88] система ограничений расширена, и она учитывает большинство рисков для одного базового актива, но при этом модель не учитывает транзакционных расходов. Оценка чувствительности опционной стратегии к соответствующим факторам риска усложняется при включении в портфель нескольких базовых активов и опционов на них. Это связано с тем, что зависимость между ценой опциона и ценой базового актива нелинейная,

греческие риски опциона (например, дельта) могут изменяться асинхронно (несимметрично, нелинейно) по отношению к изменению параметров базовых активов. Дальнейшее развитие модель [88] получила в работе Horasanli M. [82], где учтены все греческие риски для портфеля на примере трех опционных контрактов. В модели [82] ограничение на каждый из греческих рисков записано в виде строгого равенства: для нейтрализации определенного риска сумма рисков по всем активам портфеля должна быть равна нулю, т.е. предполагается, что изменение цены одного актива может нейтрализовать риск для другого актива, что на практике не реализуется.

В статье [83] предложена модель для построения хеджирующего портфеля опционов в нечеткой постановке оптимизационной задачи. В предложенной модели за основу взята система ограничений из работы [82] со следующими уточнениями: нейтрализация определенного (дельта-, гамма-, гамма-) риска по определенному опциону возможна только за счет соответствующего ему (опциону) базового актива. Ограничения для нейтрализации тета- и ро-риска записаны в модели [83] аналогично модели [82], т.е. в виде ограничений для всего портфеля в целом. Это возможно при соблюдении следующих условий: у всех опционов одна дата исполнения (time to maturity) и безрисковая процентная ставка постоянна (risk-free interest rate). В предложенной модели [83] явно не учитываются транзакционные расходы, но предлагаемая в модели нечеткая целевая функция (fuzzy goal) и функции принадлежности (membership functions), введенные в систему ограничений, нацелены на минимизацию транзакционных лотов (transaction lots). Таким образом, авторы модели косвенно пытаются снизить потенциальные транзакционные расходы.

Альтернативным способом формирования портфеля опционов являются стохастические модели программирования. Они получили широкое применение в различных предметных областях: финансовое планирование [62,63,87], управление энергетическими системами [84], страхование, логистические цепочки поставок материально-технического обеспечения. Обширное обсуждение областей применения стохастического программирования можно найти в работе [85].

Стохастическое программирование включает в себя задачу оптимизации, в которой (некоторые) параметры не определены, но могут быть описаны через распределение вероятностей. Необходимо найти допустимое решение для всех (почти всех) возможных значений исходных данных, максимизирующее математическое ожидание заданной функции. Обычно для поиска аналитического или численного решения задач стохастического программирования исходное распределение

вероятностей доходностей активов необходимо аппроксимировать, например, дискретным распределением с конечным числом исходов (сценариев, *scenarios*).

В работах [62,63,87] предложены модели стохастического программирования для решения задачи выбора оптимального портфеля с учетом транзакционных расходов и запретом коротких позиций. В работе Topaloglou et al. [62] предложена модель формирования международного хеджирующего портфеля, который включает валютные форварды, опционы европейского типа, котируемые в разных валютах на биржах США, Великобритании, Германии и Японии. На основании теста Харке-Бера (*Jarque-Bera statistic*) гипотеза о нормальности месячных доходностей активов отвергается для большинства случаев. В качестве целевой функции использована мера риска CVaR, которая учитывает асимметричность и «тяжелые» хвосты распределения доходностей. Предложенная модель однопериодная (статичная), горизонт планирования один месяц, после чего возможен пересмотр структуры портфеля.

В завершении данного раздела отметим работы российских авторов – Пичугина И.С. [58,59] и Пузановского А.А. [86].

В диссертационной работе Пичугина И.С. [58,59] представлена модель построения и оптимизации сложных опционных комбинаций (портфеля опционов) с учетом эффекта наклона волатильности («улыбка волатильности»). Для решения оптимизационной задачи требуется указать точечный прогноз цены базового актива. Модель имеет три явных преимущества: 1) заложена возможность покупки и продажи (в том числе короткой продажи) стандартных опционных контрактов; 2) цена покупки не равна цене продажи опциона, что соответствует действительности; 3) имеется возможность ограничения (частичное либо полное) убытков. Наряду с указанными преимуществами имеется ряд существенных недостатков: 1) модель абсолютно не учитывает величину суммарного гарантийного обеспечения по опционному портфелю. Однако на реальном рынке она является существенным показателем для формирования портфеля ввиду ограниченности денежных средств клиента; 2) модель не содержит расчет транзакционных расходов, поэтому выходное оптимальное количество опционов для покупки или продажи зачастую оказывается завышенным; 3) модель предполагает использование опционов с любыми страйками («ближними» и «дальними»), однако «дальние» страйки зачастую являются неликвидными на реальном рынке, что приводит к отсутствию возможности сформировать портфель; 4) имеется допущение использования нецелого количества опционов для покупки (продажи), что также противоречит условиям действительности.

В диссертационной работе Пузановского А.А. [86] предложена модель построения опционного портфеля для осуществления торговли волатильностью с ограничением «риск-доходность». Нелинейная оптимизационная задача сформулирована исходя из минимизации показателя риска VaR для заданного уровня доходности. В качестве инструментов выбраны опционы американского типа на фьючерсы, котируемые на срочной секции Российской торговой системы (до объединения с ММВБ в 2011 году РТС – отдельная биржевая площадка). Система ограничений включает условие для управления вега-риском. В работе учтена низкая ликвидность российского рынка производных инструментов и предложен метод приведения в соответствие биржевых данных о ценах опционов с данными о ценах фьючерсов. При этом в указанных выше моделях [58,86] транзакционные расходы не учитываются.

1.3.2 Динамические модели формирования опционных портфелей

Модель, предложенная в работе Yin et al. [87], является обобщением однопериодной модели [62] на многопериодный случай с возможностью динамического пересмотра портфеля. В модели введена возможность управления рисками через контроль параметров хеджирования. Приведено сравнение эффективности предложенного динамического управления рисками с альтернативными торговыми стратегиями: статическое дельта хеджирование, статическое дельта-вега хеджирование, динамическое дельта-вега хеджирование, динамическое дельта-гамма-хеджирование и динамическое дельта-тета хеджирование. Система ограничений для контроля рисков [87] заимствована из работы [88], позднее обобщенной в статье [89]. Модели [88,89] не учитывают транзакционные расходы и маржинальных требований. В работе Gao P.W. [89] впервые предложен подход для проведения постоптимального анализа решения исходной задачи. Данный подход предполагает решение оптимизационной задачи, в которой целевая функция записана в виде взвешенной суммы греческих рисков. При этом указанные риски несоизмеримы (неаддитивны), а полученная в итоге постоптимального анализа опционная стратегия может включать последовательную покупку и продажу одного и того же контракта. Попытка учесть и преодолеть указанные недостатки приведена в работе [87], где приведены результаты численного эксперимента постоптимального анализа для рисков. В качестве численного эксперимента были проварьированы допустимые границы параметров хеджирования,

что позволило получить добавленную стоимость (added value). Авторы [87] также указывают порядок нейтрализации рисков: дельта-, гамма-, вега-, затем тетта- и ро-риск. При этом дополнительная свобода выбора при использовании опционов американского типа – раннее исполнение (early exercise) [119] – может привести к изменению указанного порядка нейтрализации и придать большую значимость тетта-рisku.

В статье Davari-Ardakani et al. [63] предложена многопериодная модель построения хеджирующего портфеля, который включает опционы европейского типа, котируемые в долларах на Нью-Йоркской бирже (NYSE). Целевая функция записана в виде разности между ожидаемой стоимостью портфеля и «ожидаемым сожалением» (expected regret) инвестора [90]. В отличие от вышеперечисленных моделей [62,87] в данной модели рассматривается портфель для долгосрочного инвестора (long-term investor), для этого: а) в целевой функции введен новый параметр - уровень неприятия риска (risk aversion level), который может меняться во время горизонта планирования; б) использованы опционы с разными сроками исполнения. При построении хеджирующего портфеля применяется нормализация исходных данных через преобразование Джонсона [91], что позволяет использовать различные комбинации моделей типа GARCH/ARIMA для учета гетероскедастичности исходных данных. Для проверки качества нормализации использован непараметрический критерий согласия Андерсона-Дарлинга (Anderson-Darling normality test).

Практические проблемы, возникающие при финансовом планировании, оперативном управлении, многократном реформировании портфеля [84,85,90,128], подверженные случайным возмущениям, могут быть рассмотрены как многоэтапные стохастические задачи со статистическими вероятностными и жесткими ограничениями [91,129,130]. Обзор истории развития такого рода задач имеется в [131]. Методология стохастического программирования подробно приведена в работах [132-137]

В исследовании Golembiovsky D., Abramov A. [51-53] предложена модель многоэтапного стохастического программирования с вероятностными ограничениями. Методологию построения данного типа задач можно найти в [81,82,85,138,139]. К преимуществам вышеуказанной модели относятся возможности ограничения риска и перестройки портфеля. При этом имеются недостатки. Во-первых, модель использует параметр волатильности, как постоянную величину для всех страйков опционов. На самом деле, каждый страйк опциона имеет собственное

значение волатильности, меняющееся со временем. В-вторых, расчет величины гарантийного обеспечения для опциона к продаже не учитывает тип опциона: покрытый (или непокрытый). При торгах на реальном рынке величина гарантийного обеспечения проданного покрытого опциона значительно меньше непокрытого.

1.3.3 Меры риска при выборе оптимального опционного портфеля

Выбор меры риска для инвестиционного портфеля продолжает оставаться предметом дискуссий и интенсивных исследований в области управления инвестициями, так как существующие меры риска имеют свои недостатки и ограничения [92,93,140,414]. Исторически, стандартное отклонение является одним из самых широкого используемых мер риска доходностей инвестиционного портфеля, но данная мера не позволяет учитывать риск маловероятных событий. Центральные моменты k -го порядка, квантили позволяют учитывать влияние маловероятных, но больших по абсолютной величине значений случайной величины, что позволяет выявить специфические свойства законов распределения, например, асимметрию, тяжелые «хвосты» плотности распределения [92]. При построении математической модели оптимизации мера риска может быть использована в качестве числового критерия оптимизации [5,94-96,126], так и в качестве ограничений на управляемые переменные [97,124] или даже в обоих случаях [95].

Одним из важных этапов в развитии теории финансовых рисков стала работа Artzner et al. [140], в которой был введен класс когерентных мер риска. Авторы выделяют следующие методы измерения рыночного риска: а) методика расчёта минимальных требований к размеру гарантийного обеспечения SPAN (Standard Portfolio Analysis of Risk, анализ риска стандартного портфеля), разработанная на Чикагской товарной бирже (Chicago Mercantile Exchange), б) маржинальные правила Комиссии по ценным бумагам и биржам США (Securities and Exchanges Commission, USA), а также в) стоимость под риском (Value at Risk, VaR). Последняя мера риска – VaR – является стандартом Базель II [19] и широко используется банками и инвестиционными компаниями.

VaR – это величина, отражающая возможные потери за некоторый период времени. Она выражается в денежных единицах и характеризуется установленной вероятностью [92,86]. Два значимых параметра определяют VaR, а именно уровень допустимого риска и временной интервал. Согласно стандарту Базель II [142]

временной горизонт равен 10 дней, доверительный уровень допустимого риска 99 %, длина исторической выборки не менее 250 дней.

При этом VaR не является когерентной мерой риска в контексте портфельного инвестирования, в частности VaR комбинации двух портфелей может быть больше, чем сумма VaR отдельных портфелей. Кроме этого при расчете VaR предполагается, что доходности нормально распределены, а в работах [62,87,92,] показано, что нормальное распределение доходностей встречается на практике редко. При минимизации VaR в задачах выбора оптимального портфеля может быть обнаружен локальный минимум, т.к. мера риска VaR – невыпуклая функция.

Для преодоления указанных недостатков VaR, как меры риска в статьях Pflug G. [143], Rockafellar et al. [125] предложена новая меры риска, получившая название условная стоимость под риском (Conditional Value-at-Risk, CVaR), в литературе встречаются также другие названия – mean excess loss, expected shortfall, expected tail loss, tail VaR, Average Value at Risk [92, 125].

Позднее в работах [94, 125] авторы приводят теоретическое обобщение возможности использования CVaR на случай как непрерывного, так и дискретного распределений, а также показаны преимущества предложенной меры риска CVaR над широко используемой мерой VaR.

В работе [5] авторы приводят сравнение свойств VaR и CVaR, и отмечают, что CVaR позволяет учитывать не только вероятность потерь, но и их размер. Для демонстрации преимуществ использования в качестве меры риска CVaR авторы [5] используют «искусственный» портфель, составленный из европейских опционов с возможностью коротких продаж. Критерий оптимизации (целевая функция) сформулирована в виде минимизации нелинейной непрерывной функции CVaR при линейных ограничениях, определяющих бюджетное ограничение, ограничение на ожидаемую доходность и допустимое множество значений управляемых переменных. В качестве управляемых переменных выбрано количество контрактов. В случае реализации коротких продаж переменные принимают отрицательное значение. Далее авторы предлагают использовать в качестве критерия оптимизации минимизацию комбинации CVaR и стоимости формирования портфеля, при тех же линейных ограничениях. Стоимость формирования портфеля зависит от расходов, связанных с включением контракта в портфель. При этом исходная задача минимизации может быть сведена к эквивалентной задаче минимизации ограниченной кусочно-линейной функции при тех же линейных ограничениях, а затем решена с использованием

стандартных решателей. В работе [5] показано, аппроксимация целевой (непрерывной дифференцируемой) функции с использованием метода Монте-Карло приводит к тому, что размер системы ограничений увеличивается с ростом итераций, что естественно приводит к увеличению времени расчетов. Для решения указанного недостатка авторы предлагают использовать для аппроксимации целевой функции непрерывную дифференцируемую квадратичную функцию, зависящую от параметра (resolution parameter), который принимает значения из интервала $[0.005; 0.05]$.

В работах [96,126] приводится постановка задачи для нахождения mean-CVaR портфелей, при этом в отличие от портфельной теории Марковица (Markowitz mean-variance portfolio theory) [1] предположение о нормальности распределения доходностей не требуется. Пользуясь свойством выпуклости CVaR, показанной в статье [125], авторы сформулировали оптимизационную задачу в виде целочисленной задачи линейного программирования, которую можно решить с использованием стандартных решателей.

В работе [124] авторы предлагают использовать функцию от CVaR в качестве ограничений (CVaR-Like Constraints) оптимизационной задачи. Авторы приводят способ линеаризации этих ограничений. При этом свойства CVaR позволяют получить оптимальное решение, которое учитывает предпочтения инвестора в асимметрии (skewness) функции плотности распределения доходностей активов портфеля.

В статье [93] Riedel F. развивает аксиоматический подход, предложенный в [140] и представляет аксиомы, которые описывают свойства динамической меры риска: предсказуемая инвариантность относительно сдвига (predictable translation invariance) и динамической согласованность (dynamic consistency). Данные свойства позволяют учитывать динамичный характер финансовых рынков. В работе Sereda et al. [141] авторы выделяют 11 классов мер риска и вводят новый класс – мера искажения риска (distortion risk measures), при этом CVaR может быть записана как мера искажения риска.

1.4 Сценарный подход как инструмент управления риском

В условиях неопределенности на финансовом рынке использование традиционных методов прогнозирования зачастую приводит к большим погрешностям. Это напрямую связано с влиянием человеческого фактора в интерпретации первоначальных данных. В решении подобного рода задач хорошие результаты дает сценарный подход, который предполагает рассмотрение основных сценариев - вариантов изменения событий в будущем [80,144].

1.4.1 Сущность и развитие методологии сценарного подхода

Сценарный подход нашел применение в различных областях: стратегическом планировании и анализе рисков [145-147], менеджменте и портфельном инвестировании, а также в финансовой математике [148,149].

Развитие методологии сценарного подхода началось в 1960-х годах. В это время были даны первые определения понятию «сценарий» и разработана методологическая база проведения анализа. Первые исследования были посвящены прогнозированию рыночных цен нефти [150,151], а также политических и социальных процессов [152]. Ряд других авторов (P. Hawken, P. Schwartz, J.Ogilvy) использовали основы сценарного подхода в сфере стратегических управленческих решений, другие исследователи (A. Tversky, D. Kahneman) изучали психологические аспекты построения сценариев [80,144]. Данные работы позволяют выделить следующие цели сценарного анализа:

- 1) предвидение возможных будущих потерь с учетом различных факторов [153];
- 2) выявление подходящего стратегического решения в ситуации наступления соответствующего события [154];
- 3) пересмотр текущего положения решений с учетом знаний будущего положения дел.

В таблице 1.4.1 представлено обобщение двух подходов к раскрытию определения «сценарий», выявленное в результате анализа литературы. Первая колонка таблицы 1.4.1 раскрывает понятие «сценарий» с точки зрения «проектирования развития вероятных будущих стратегий», в то время как вторая - подчеркивает необходимость использования методов [80,144].

Таблица 1.4.1 - Обобщение подходов к раскрытию определения «сценарий»

Подход 1	Подход 2
1) внутреннее представление о будущем, причем это не прогноз, а некоторый вариант возможного будущего последствия (1985 г., М. Porter); 2) набор разнообразных, но достаточно вероятных событий будущего (1996, VanderHeijden); 3) последовательность событий, которая, возможно, будет иметь место в будущем (1998 г., М. Jarke); 4) множество стратегий, имеющих различные исходы в будущем (2000 г., Roubelat).	1) рациональный метод поиска различных стратегий будущего (1995 г., Р. Schoemaker); 2) инструмент для упорядочивания альтернативных вариантов будущего (1996 г., Р. Schwartz)

Зачастую понятие «сценарий» используют в некорректном смысле, заменяя его понятиями «прогноз», «видение». Однако приведенные в таблице 1.4.1 определения показывают, что сценарий – это не прогноз (описание относительно предсказуемого исхода событий настоящего времени). В то же время сценарий не является видением (картина желаемого будущего). Сценарий – это возможность найти основательно продуманный, а зачастую подтвержденный расчетами ответ на вопрос: «Что может произойти, если...?».

В таблице 1.4.2 представлено наглядное фундаментальное сравнение трех понятий «видение», «прогноз» и «сценарий» [155,205]. Можно заметить, что главное отличие понятия «сценарий» от двух других – возможность управлять рисками, в то время как «видение» и «прогноз» содержат тенденцию их скрывать [80,144].

Таблица 1.4.2 - Сравнение трех понятий «видение», «прогноз» и «сценарий»

Видение	Прогноз	Сценарий
желаемый исход будущего	вероятный исход будущего	возможный, наиболее вероятный исход будущего
побуждает принять решение	помогает осмелиться и принять решение	необходим для осмысленного понимания выбора того или иного решения
<i>основан на ...</i>		
ценностях личности	связях, построенных определенным образом	неопределенности
скрывают риски		показывает риски
как правило, качественное	в основном, количественный	качественный или количественный
применяется		
относительно часто		редко
<i>эффективен ...</i>		
как механизм запуска для будущих сознательных преобразований	в краткосрочном интервале времени (низкая степень неопределенности)	в среднем и долгосрочном интервале времени (высокая или средняя степень неопределенности)

1.4.2 Обзор методов генерации сценариев

Будем понимать под понятием «дерево сценариев» - множество возможных исходов будущего с оценкой вероятности каждого промежуточного и результирующего сценариев [80,144].

В построении дерева сценариев важным вопросом остается определение оптимального количества нужных наборов. М. Porter предлагает использовать набор из трех сценариев: оптимистичного, пессимистичного и базового (как более вероятного). В работе [156] отмечается, что такая классификация вовсе не неидеальная, в связи с тем, что базовый сценарий может вступать в противоречие с двумя другими. Для разрешения данного противоречия автор предлагает разработать два или три макросценария, которые впоследствии будут иметь свои индивидуальные сценарии, что обеспечит логическую целостность дереву [80,144].

В основе стохастических моделей [62,63,87] лежат различные методы генерации сценариев (scenario generation). Подробный обзор различных способов генерации сценариев приведен в работе [129]. Перечислим лишь некоторые из них: выборка из исторических данных, стохастическая аппроксимация [130], скрытая марковская модель [131], метод сравнения моментов (moment-matching methods) [96,132,133]. Процесс аппроксимации имеет важное значение для получения допустимого решения: с помощью «плохих» сценариев (например, содержащих арбитражные возможности или приводящие к решению невыпуклой задачи оптимизации) невозможно получить «хорошее» приближение истинного оптимального решения [96,132]. В исследовании [134] авторы описали класс портфельных стратегий, которые включают длинную, короткую позиции, как на базовые активы, так и на опционы, и установили, что четыре первых центральных момента – математическое ожидание, стандартное отклонение, асимметрия и эксцесс распределения доходностей базовых активов – определяют выбор оптимальной стратегии, максимизирующей прибыль.

Для генерации сценариев в работах Topaloglou et al., Yin et al. [62,87] использован метод моментов [132] с проверкой и исключением арбитражных возможностей [135], в работе Davari-Ardakani et al. [63] предложен оригинальный метод генерации сценариев.

Для получения аппроксимации (дискретизации) непрерывного многомерного совместного распределения случайной величины (например, доходности базовых активов) в работе [132] предложен метод сравнения моментов, в котором четыре первых центральных момента и матрица корреляций вычислены по историческим

данным. Предложенный метод включает решение нелинейной оптимизационной задачи на минимум. Целевая функция записана в виде квадрата разности между оцененными и требуемыми статистическими свойствами распределения. Оптимизационная задача в этом случае может быть невыпуклой, и глобальный минимум может быть не найден, что может привести к различным аппроксимациям, т.е. различным дискретным многомерным распределениям. Для выхода из данной ситуации авторы предлагают повторить поиск решения задачи оптимизации из другой стартовой точки (starting point). Практически сразу после опубликования указанного метода [132] появляется публикация [135], в которой показано, что предложенный метод может сгенерировать сценарии с арбитражными возможностями. Было предложено два варианта решения указанной проблемы: а) процедура определения и удаления таких сценариев из уже сгенерированных, б) расширение системы ограничений, при которых решение исходной оптимизационной задачи не приводит к сценариям с арбитражными возможностями.

В статье Davari-Ardakani et al. [63] предложен алгоритм построения дерева сценариев со встроенной проверкой, позволяющей исключить сценарии с арбитражными возможностями. Предложенный метод не накладывает никаких специальных ограничений на тип совместной функции распределения доходностей базовых активов, включенных в портфель. В алгоритме используется прямое (и обратное) преобразование Джонсона [91] для нормализации исходных данных (а затем осуществляется возврат к исходному распределению), а также разложение Холецкого ковариационной матрицы.

В работе Ponomareva et al. [96] предложен алгоритм для генерации сценариев, который имеет преимущество перед существующими. В алгоритме предусмотрена процедура, которая позволяет определить вероятностные веса (probability weights) для каждого сценария. Это особенность алгоритма избавляет исследователя от необходимости задавать (указывать) при решении задачи стохастического программирования вероятности осуществления каждого сценария. В то время как в работе [132] использовано равновероятное наступление каждого сценария.

В работе Абрамова А.М. [39-41] представлен метод построения дерева сценариев, в основе которого лежит модель геометрического (броуновского) движения. Данный подход является схожим с алгоритмом [96], поскольку позволяет сформировать множество сценариев с учетом определения вероятностных весов перехода из одной вершины в другую. При этом метод, представленный в работах [39-41] имеет два

преимущества перед вышеизложенными. Во-первых, он исключает возможность арбитража. Во-вторых, можно варьировать количество вершин дерева сценариев каждого этапа при реформировании портфеля, что обеспечивает достижение необходимого распределения цены БА [41].

Выводы по главе 1

1. В настоящее время российский рынок деривативов в малой степени отвечает потребностям развития экономики, несмотря на ежегодные совершенствования финансовых инструментов, проводимых Московской биржей. Рынок обладает огромным потенциалом в части диверсификации и управления риском, однако, на данный момент, преобладает спекулятивный характер осуществления сделок. Недостаточная финансовая грамотность взрослого населения, а также отсутствие активной политики государства, направленной на развитие и стимулирование рынка деривативов, порождают низкую ликвидность ограниченного набора финансовых инструментов.

2. Анализ научных исследований по проблемам управления опционным портфелем показал необходимость совершенствования имеющихся математических моделей для получения возможности применения их на биржевом рынке. Существующие модели не учитывают важнейшие рыночные показатели, а именно виды гарантийного обеспечения портфеля, транзакционные расходы, ликвидность, разницу в ценах покупки и продажи финансовых инструментов. По этой причине корректное применение моделей на практике не представляется возможным. Таким образом, актуальность диссертационного исследования обусловлена потребностью в совершенствовании математических моделей формирования опционных портфелей для условий биржевого рынка.

3. Выбор меры риска для финансового портфеля по-прежнему остается предметом дискуссий и интенсивных исследований в области управления инвестициями. В данном диссертационном исследовании в качестве инструмента управления риском выбран сценарный подход, включающий построение дерева сценариев, которое отражает множество альтернативных исходов будущего с соответствующей оценкой вероятности. В основе метода построения дерева сценариев лежит модель геометрического (броуновского) движения.

ГЛАВА 2. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ОПЦИОННЫХ ПОРТФЕЛЕЙ СТРУКТУРИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ

2.1 Описание подхода к конструированию структурированных продуктов

Разработку структурированного продукта следует начинать с определения рискованного профиля инвестора и анализа его предпочтений. В российской практике можно выделить следующие рискованные профили инвесторов: консервативные, рациональные, агрессивные и их сочетания. Консервативный инвестор выбирает продукты с малой степенью риска (до 5%), умеренный – стремится соблюдать баланс между риском (до 15%) и доходностью, агрессивный – характеризуется стремление увеличить риск (до 35%) с целью повышения доходности [66-69].

Представление об условиях и структуре выплат по СП выражается через экономические параметры (количественные характеристики свойств продукта). Параметры СП можно условно разделить на следующие составляющие [118]:

I) входные параметры – условия, которые выбирает клиент. Входные параметры СП задаются при конструировании. К данной группе относятся следующие составляющие:

1. Базовый актив. СП могут быть привязаны к самым разным базовым активам: отдельные акции, фондовые индексы, товары, валютные курсы, корзины активов, процентные ставки.

2. Страйк – фиксированная в опционном контракте цена, по которой может быть куплен или продан базовый актив в случае исполнения опциона. По-другому может называться ценой начала участия или ценой исполнения, может выражаться в абсолютных и относительных единицах. Чаще всего страйк продукта принимается равным текущему значению базового актива (цене спот) на момент создания / приобретения продукта [118];

3. Срок – период времени, в течение которого существует СП. Выражается в долях в расчете на год. При этом не учитываются выходные и праздничные дни

4. Степень гарантии возврата капитала – уровень защиты вложенного капитала, выражается в процентах. Когда говорят о «защите капитала» по СП, имеется в виду, что в дату истечения продукта инвестор получит денежную сумму, равную или большую той, которую он инвестировал в начальный момент времени. Различают полную, частичную, условную защиту или ее отсутствие [118].

5. Сценарий поведения базового актива – прогноз движения базового актива (рост, падение, колебание цены БА), при котором СП генерирует повышенную доходность. Некоторые продукты могут быть рассчитаны на несколько сценариев одновременно – например, на рост и на падение. На самом деле, перечень возможных сценариев не может быть полным. Могут быть сконструированы продукты, рассчитанные, например, на то, что сначала рынок растет, затем падает, а после этого не изменяется [118].

II) рыночные данные – это исходные данные, необходимые для оценки параметров СП. Определяются текущей ситуацией, сложившейся на рынке, и не зависят от предпочтений клиентов и компаний-разработчиков. К ним относятся:

Текущее значение базового актива на момент создания продукта – значение стоимости базового актива на момент создания/приобретения СП.

Депозитная ставка – это банковская процентная ставка, используемая для вычисления суммы, которую необходимо разместить на депозит (т. е. вложить в инструменты с фиксированной доходностью) [118].

Волатильность – это статистический финансовый показатель, характеризующий изменчивость цены базового актива.

Безрисковая ставка – это процентная ставка, по которой оцениваются деривативы (чаще всего, опционы и форварды или фьючерсы), встраиваемые в продукт. Эти ставки необязательно должны совпадать, депозитная ставка может быть равна или больше безрисковой.

III) комиссия – это денежная сумма, уплачиваемая компании-брокеру за формирование СП [118].

Ниже приведено описание процесса конструирования структурированных продуктов с указанием всех необходимых формул [118, 201].

Сумма, необходимая для покупки инструментов с фиксированной доходностью (например, банковский депозит):

$$D = S \cdot g^{sp} \cdot \exp(-r_d \cdot t^{sp}), \quad (14)$$

где $t^{sp} = t/365$, t - число дней до экспирации СП, S - общая сумма для инвестирования в СП в начальный момент времени, r_d - депозитная процентная ставка, g^{sp} - степень гарантии возврата капитала.

Сумма, необходимая для покупки опционов:

$$S_{opt} = S - D. \quad (15)$$

Количество опционов, встраиваемых в продукт:

$$Q^i = \left[S_{opt} / a^i \right], \quad (16)$$

где операция $\left[\right]$ означает взятие целой части, a^i - цена покупки одного опциона, $I = \{ \text{call}, \text{put} \}$ - множество, состоящее из типов опционов колл и пут, i - индекс соответствующего типа опциона, $i \in I$ [118, 201].

Скорректированная с учетом целочисленности сумма для покупки опционов:

$$S_{opt}^i = Q^i \cdot a^i. \quad (17)$$

Общее гарантийное обеспечения опционного портфеля:

$$G^i = Gb^i \cdot Q^i, \quad (18)$$

где Gb^i - гарантийное обеспечение покупателя (ГО покупателя) опциона соответствующего типа i , $i \in I$.

Общая сумма транзакционных расходов для формирования портфеля:

$$C^i = c \cdot Q^i, \quad (19)$$

где c - биржевой сбор за регистрацию одной сделки, руб.

Скорректированная с учетом целочисленности сумма для формирования банковского депозита:

$$D = S - S_{opt}^i - G^i - C^i, \quad (20)$$

Доходность по СП при условии, что $P_s \neq E$ и $G \neq 100\%$:

$$d^{sp} = \max \left\{ -r_{\min}; -r_{\min} + 100 \cdot (P_1 - P_s) / P_s \right\}, \quad (21)$$

где P_1 - значение базового актива в момент истечения срока СП, руб.

P_s - значение базового актива на момент приобретения СП, руб.

r_{\min} - минимальная доходность СП, % [118, 201].

Формула доходности (21) не учитывает дополнительную комиссию, удерживаемую финансовой организацией за конструирование финансового продукта, поскольку ЛПР формирует СП самостоятельно, без помощи финансовых советников банков или брокерских компаний. Ввиду этого, описанный подход позволяет уменьшить величину комиссий на 0.5-3% в зависимости от первоначальной суммы инвестирования, уплачиваемых финансовой организации за создание СП.

2.2 Динамическая модель управления опционным портфелем

2.2.1 Постановка задачи

В основу динамической модели управления опционным портфелем Абрамова А.М. [39-41] структурированного продукта положена задача многоэтапного стохастического программирования с вероятностными ограничениями [138,139]. Наряду с имеющимися преимуществами, выявленные недостатки модели [39-41] в п. 1.3.2 не позволяют корректно использовать ее на биржевом рынке [157]. Ввиду этого, динамическая модель была усовершенствована, что позволило проводить формирование опционного портфеля в торговом терминале в режиме реального времени. В таблице 2.2.1 перечислены в последовательном порядке внесенные изменения в динамическую модель управления опционным портфелем Абрамова А.М. [39-41].

Таблица 2.2.1. Усовершенствования динамической модели Абрамова А.М. [39-41]

№	Исходная модель Абрамова А.М. [39-41]	Усовершенствованная модель [157]
1	Модель использует параметр волатильности, как постоянную величину для всех страйков опционов	Каждый страйк опциона имеет собственное значение волатильности, зависящее от времени. Параметр волатильности необходим для нахождения теоретической цены по формуле Блэка-Шоулса, которая служит индикатором превышения (занижения) цен покупки (ask) и продажи (bid) опционов
2	Расчет величины гарантийного обеспечения для опциона к продаже не учитывает тип опциона: покрытый (или непокрытый)	В модели используется классификация гарантийного обеспечения согласно положениям срочного рынка Московской биржи: ГО покупателя, базовое гарантийное обеспечение непокрытых позиций (БГОНП), базовое гарантийное обеспечение покрытых позиций (БГОП).
3	Исходная модель дважды учитывает ликвидационную стоимость портфеля на текущем и предыдущем этапах, что является ошибочным предположением. Данный факт приводит к значительному увеличению результирующей стоимости портфеля, что не соответствует действительности.	В расчете стоимости реформирования портфеля исключено слагаемое, отвечающее за учет ликвидационной стоимости на текущем этапе (формула 27). Однако в оценке стоимости портфеля до реформирования учет ликвидационной стоимости необходим (формула 34).
4	ГО рассчитывается по методике SPAN	Используются реальные значения ГО, транслируемые в торговом терминале Quik [200]

Продолжение таблицы 2.2.1

5	Нет ограничения	Введено ограничение для общего ГО портфеля $S \geq Sg_{v,\tau}$ и создана формула для $Sg_{v,\tau}$
6	Нет ограничений	Добавлены условия для осуществления хеджирования торговой опционной стратегии от возможных сильных колебаний цены базового актива.

Внесенные изменения в динамическую модель управления опционным портфелем, перечисленные в таблице 2.2.1, позволили адаптировать ее к реальным рыночным условиям. Усовершенствованная динамическая модель управления опционным портфелем учитывает:

- ограничение риска;
- плановую перестройку портфеля;
- требования гарантийного обеспечения;
- транзакционные расходы [157].

Задача многоэтапного стохастического программирования включает построение дерева сценариев - модель случайного процесса с дискретным распределением. Абрамовым А.М. было экспериментально доказано отсутствие возможности арбитража в случае достаточно хорошей аппроксимации деревом сценариев непрерывного процесса изменения цены БА [39-41].

Введем ряд обозначений для построения динамической модели управления опционным портфелем [157]:

T – количество этапов дерева сценариев.

τ - номер этапа, на котором происходит формирование, переформирование либо совершение офсетных сделок опционного портфеля структурированного продукта, $\tau = \overline{1, T}$.

t_T - количество дней от этапа $\tau = 1$ до этапа $\tau = T$;

td – количество торговых дней в году;

N – общее количество всех возможных сценариев на этапе T .

ν - номер сценария, $\nu = \overline{1, N}$.

(ν, τ) - вершина дерева сценариев, соответствующая сценарию ν этапа τ .

P_ν - вероятность реализации сценария ν .

M_τ - множество, содержащее все имеющиеся сроки экспирации опционов на этапе τ

\overline{M}_τ - множество, содержащее только сроки экспирации опционов, соответствующие этапу τ , $\overline{M}_\tau \subset M_\tau$

m - индекс срока экспирации опциона, $m \in M_\tau$.

$I = \{ call, put \}$ - множество, состоящее из типов опционов колл и пут.

i - индекс соответствующего типа опциона, $i \in I$.

$H_{\nu, \tau}^m$ - множество, состоящее из страйков опционов, имеющих срок экспирации m в вершине дерева сценариев (ν, τ) .

h - индекс соответствующего страйка опциона, $h \in H_{\nu, \tau}^m$.

$x_{\nu, \tau}^{mih}, y_{\nu, \tau}^{mih}$ - количество опционов для покупки и продажи в вершине (ν, τ) ,
 $x_{\nu, \tau}^{mih} \in Z, y_{\nu, \tau}^{mih} \in Z, m \in (M_{\tau} \setminus \overline{M_{\tau}}), i \in I, h \in H_{\nu, \tau}^m, \tau = \overline{1, T}, \nu = \overline{1, N}$.

Если вершина (ν, τ) содержит опционы с датой экспирации, совпадающей с этапом τ , то дальнейшая торговля ими невозможна.

$z_{\nu, \tau}^{mih}$ - число опционов, находящихся в портфеле, до его пересмотра в вершине (ν, τ) ,
 $\tau = \overline{1, T}, \nu = \overline{1, N}, m \in M_{\tau}, i \in I, h \in H_{\nu, \tau}^m$. Принято называть опционную позицию «короткой», если $z_{\nu, \tau}^{mih} < 0$ и «длинной» в противном случае.

z_0^{mih} - количество опционов, находящихся в портфеле в момент времени $\tau = 1$.

C - биржевой сбор за регистрацию одной сделки (покупка / продажа).

U - минимальная ожидаемая стоимость опционного портфеля в момент времени T .

$C_{\nu, \tau}$ - общая сумма транзакционных расходов для формирования / перестроения портфеля.

$a_{\nu, \tau}^{mih}, b_{\nu, \tau}^{mih}$ - цены покупки и продажи опциона в вершине (ν, τ) ,

$m \in (M_{\tau} \setminus \overline{M_{\tau}}), i \in I, h \in H_{\nu, \tau}^m, \tau = \overline{1, T}, \nu = \overline{1, N}$.

$A_{\nu, \tau}$ - денежная сумма, имеющаяся на счете до перестроения портфеля в вершине $(\nu, \tau), \tau = \overline{1, T}, \nu = \overline{1, N}$.

A_0 - денежная сумма, имеющаяся на счете в момент времени $\tau = 1$.

$L_{\nu, \tau}$ - денежная сумма, необходимая для совершения офсетных сделок (ликвидационная стоимость). Если $L_{\nu, \tau} > 0$, то на счет необходимо внести денежные средства в объеме $L_{\nu, \tau}$. Если $L_{\nu, \tau} < 0$, то в результате совершения офсетных сделок можно получить денежные средства в размере $L_{\nu, \tau}$.

$W_{\nu, \tau}$ - общая стоимость опционного портфеля до его перестроения.

$Gb_{\nu, \tau}^{mih}$ - гарантийное обеспечение покупателя опциона в вершине (ν, τ) (ГО покупателя).

$G_{\nu, \tau}^{mih}$ - базовое гарантийное обеспечение по непокрытым позициям (ГО продавца) в вершине (ν, τ) .

$Sg_{\nu, \tau}$ - общее гарантийное обеспечение опционного портфеля в вершине (ν, τ)

$S_{\nu, \tau}$ - сумма денежных средств, необходимая для покрытия общего гарантийного обеспечения портфеля $Sg_{\nu, \tau}$ в вершине (ν, τ) .

G_{τ} - число непересекающихся множеств $U_{\varphi, \tau}$.

$U_{\varphi, \tau}$ - множество сценариев, элементы которого совпадают на этапе τ , $\varphi = \overline{1, G_{\tau}}$, $\tau = \overline{1, (T-1)}$, $\nu = \overline{1, N}$.

u - минимальная стоимость портфеля в момент времени T .

r^+ - годовая доходность портфеля для сценария ν в момент времени T .

r^- - минимизированная сумма вероятностей неактивных сценариев - риск опционного портфеля.

Укажем все необходимые ограничения усовершенствованной динамической модели управления опционным портфелем структурированного продукта [157].

Неотрицательность переменных:

$$\begin{aligned} x_{\nu, \tau}^{mih} &\geq 0, \quad y_{\nu, \tau}^{mih} \geq 0, \\ x_{\nu, \tau}^{mih} &\in Z, \quad y_{\nu, \tau}^{mih} \in Z, \\ \tau &= \overline{1, T}, \nu = \overline{1, N}, \\ m &\in (M_{\tau} \setminus \overline{M_{\tau}}), i \in I, h \in H_{\nu, \tau}^m. \end{aligned} \tag{22}$$

Условия равенства количества покупаемых и продаваемых опционов на этапе τ :

$$\begin{aligned} x_{\nu_1, \tau}^{mih} &= x_{\nu_2, \tau}^{mih}, \\ y_{\nu_1, \tau}^{mih} &= y_{\nu_2, \tau}^{mih}, \\ \tau &= \overline{1, (T-1)}, \varphi = \overline{1, G_{\tau}}, \\ \nu_1, \nu_2 &\in U_{\varphi, \tau}, \\ m &\in (M_{\tau} \setminus \overline{M_{\tau}}), i \in I, h \in H_{\nu, \tau}^m. \end{aligned} \tag{23}$$

Количество опционов в портфеле момент времени $\tau = 1$:

$$\begin{aligned} z_{\nu, \tau}^{mih} &= z_0^{mih}, \\ \tau &= 1, \nu = \overline{1, N}, \end{aligned} \tag{24}$$

$$m \in M_\tau, i \in I, h \in H_{\nu, \tau}^m$$

Количество опционов в портфеле до его переформирования:

$$z_{\nu, \tau}^{mih} = z_{\nu, \tau-1}^{mih} + x_{\nu, \tau-1}^{mih} - y_{\nu, \tau-1}^{mih},$$

$$\tau = \overline{2, T}, \nu = \overline{1, N} \quad (25)$$

$$m \in (M_\tau \setminus \overline{M_\tau}) \cap M_{\tau-1}, i \in I, h \in H_{\nu, \tau}^m.$$

Общая сумма транзакционных расходов для формирования / переформирования портфеля:

$$C_{\nu, \tau} = c \cdot \sum_{m \in (M_\tau \setminus \overline{M_\tau})} \sum_{h \in H_{\nu, \tau}^m} \sum_{i \in I} (x_{\nu, \tau}^{mih} + y_{\nu, \tau}^{mih}), \quad (26)$$

$$\tau = 1, \nu = \overline{1, N}.$$

Денежная сумма, взимаемая / получаемая после переформирования портфеля:

$$Z_{\nu, \tau} = \sum_{m \in (M_\tau \setminus \overline{M_\tau})} \sum_{h \in H_{\nu, \tau}^m} \sum_{i \in I} (a_{\nu, \tau}^{mih} \cdot x_{\nu, \tau}^{mih} - b_{\nu, \tau}^{mih} \cdot y_{\nu, \tau}^{mih}) + C_{\nu, \tau}, \quad (27)$$

$$\tau = 1, \nu = \overline{1, N}.$$

Денежная сумма, имеющаяся на счете в момент времени $\tau = 1$ в вершине (ν, τ) :

$$A_{\nu, \tau} = A_0, \quad (28)$$

$$\tau = 1, \nu = \overline{1, N}.$$

Денежная сумма, имеющаяся на счете до переформирования портфеля:

$$A_{\nu, \tau} = A_{\nu, \tau-1} - Z_{\nu, \tau-1}, \quad (29)$$

$$\tau = \overline{2, T}, \nu = \overline{1, N}.$$

При этом должны выполняться следующие условия:

$$A_{\nu, \tau} \geq 0 \text{ и } A_{\nu, \tau} \geq Z_{\nu, \tau}, \quad (30)$$

$$\tau = 1, \nu = \overline{1, N}.$$

Ликвидационная стоимость портфеля до его переформирования:

$$L_{\nu, \tau} = \begin{cases} - \sum_{m \in (M_\tau \setminus \overline{M_\tau})} \sum_{h \in H_{\nu, \tau}^m} \sum_{i \in I} (b_{\nu, \tau}^{mih} \cdot z_{\nu, \tau}^{mih}), & z_{\nu, \tau}^{mih} > 0 \\ - \sum_{m \in (M_\tau \setminus \overline{M_\tau})} \sum_{h \in H_{\nu, \tau}^m} \sum_{i \in I} (a_{\nu, \tau}^{mih} \cdot z_{\nu, \tau}^{mih}), & z_{\nu, \tau}^{mih} \leq 0 \end{cases}, \quad (31)$$

$$\tau = 1, \nu = \overline{1, N}.$$

Общее гарантийное обеспечение опционного портфеля в вершине (ν, τ) :

$$Sg_{\nu, \tau} = \begin{cases} \sum_{m \in (\overline{M_\tau} \setminus M_\tau)} \sum_{h \in H_{\nu, \tau}^m} \sum_{i \in I} (Gb_{\nu, \tau}^{mih} \cdot (x_{\nu, \tau}^{mih} + z_{\nu, \tau}^{mih}) + Gs_{\nu, \tau}^{mih} \cdot y_{\nu, \tau}^{mih}), & z_{\nu, \tau}^{mih} > 0 \\ \sum_{m \in (M_\tau \setminus \overline{M_\tau})} \sum_{h \in H_{\nu, \tau}^m} \sum_{i \in I} (Gs_{\nu, \tau}^{mih} \cdot (y_{\nu, \tau}^{mih} + z_{\nu, \tau}^{mih}) + Gb_{\nu, \tau}^{mih} \cdot x_{\nu, \tau}^{mih}), & z_{\nu, \tau}^{mih} \leq 0 \end{cases}, \quad (32)$$

$$m \in (\overline{M_\tau} \setminus M_\tau) \cap M_{\tau-1}, \quad i \in I, \quad h \in H_{\nu, \tau}^m,$$

$$\tau = \overline{2, T}, \quad \nu = \overline{1, N}.$$

Во избежание ситуации недостаточной суммы общего размера гарантийного обеспечения опционного портфеля должно выполняться условие:

$$S_{\nu, \tau} \geq Sg_{\nu, \tau}, \quad \tau = 1, \quad \nu = \overline{1, N}. \quad (33)$$

Общая стоимость опционного портфеля до его переформирования:

$$W_{\nu, \tau} = A_{\nu, \tau} - L_{\nu, \tau}, \quad (34)$$

$$\tau = 1, \quad \nu = \overline{1, N}.$$

Для осуществления хеджирования торговой опционной стратегии от возможных сильных колебаний цены базового актива следует использовать условия:

$$\sum_{m \in (\overline{M_\tau} \setminus M_\tau)} \sum_{h \in H_{\nu, \tau}^m} \sum_{i \in I} x_{\nu, \tau}^{mih} = \sum_{m \in (M_\tau \setminus \overline{M_\tau})} \sum_{h \in H_{\nu, \tau}^m} \sum_{i \in I} y_{\nu, \tau}^{mih}, \quad i = \{call\}, \quad (35)$$

$$\sum_{m \in (M_\tau \setminus \overline{M_\tau})} \sum_{h \in H_{\nu, \tau}^m} \sum_{i \in I} x_{\nu, \tau}^{mih} = \sum_{m \in (\overline{M_\tau} \setminus M_\tau)} \sum_{h \in H_{\nu, \tau}^m} \sum_{i \in I} y_{\nu, \tau}^{mih}, \quad i = \{put\}, \quad (36)$$

$$\tau = 1, \quad \nu = \overline{1, N}.$$

Критерием оптимизации r^- опционного портфеля является выражение:

$$r^- = \min \sum_{\nu=1}^N \alpha_\nu \cdot p_\nu, \quad (37)$$

где переменная α_ν определяется с учетом выполнения указанного ограничения:

$$\alpha_\nu = \begin{cases} 0, & W_{\nu, T} \geq u, & \nu - \text{активный сценарий} \\ 1, & W_{\nu, T} < u, & \nu - \text{неактивный сценарий} \end{cases}. \quad (38)$$

Ожидаемая доходность портфеля для сценария ν в момент времени T :

$$r^+ = \left(1 + \frac{W_{\nu, T} - A_0}{A_0} \right)^{td/tT} - 1. \quad (39)$$

Задача формирования оптимального портфеля, состоящего из $x_{v,\tau}^{mih}$ и $y_{v,\tau}^{mih}$ опционов структурированного продукта с ценами покупки $a_{v,\tau}^{mih}$ и продажи $b_{v,\tau}^{mih}$ и суммарным гарантийным обеспечением $Sg_{v,\tau}$ имеет три основных этапа [157,158]:

1) Первоначальное формирование портфеля. Данный этап включает построение дерева сценариев изменения цены БА и последующее решение задачи многоэтапного стохастического программирования с вероятностными ограничениями в начальный момент времени $\tau = 1$.

2) Переформирование портфеля. Данный этап необходим для осуществления пересмотра портфеля в установленные моменты времени $\tau = \overline{2, (T-1)}$. Для этого необходимо построить дерево сценариев с учетом изменившейся текущей цены БА и решить задачу многоэтапного стохастического программирования с вероятностными ограничениями.

3) Осуществление офсетных сделок. Последний этап необходим для закрытия позиций по опционным контрактам, в том случае, если дата их экспирации не совпадает с периодом времени T .

2.2.2 Метод решения задачи

Динамическая модель управления опционным портфелем структурированного продукта, представленная формулами (22-39) с критерием оптимизации (37), включает построение дерева сценариев и решение задачи стохастического целочисленного программирования с вероятностными ограничениями [138,139]. В исследованиях [159-164] представлен обзор литературы, посвященный вопросам становления и развития класса задач стохастического программирования с целочисленными переменными.

Одним из широко применяемых эффективных подходов к решению задач стохастического программирования является метод ветвей и границ (МВГ), который использует принцип декомпозиции [165-167]. Основная идея применения данного принципа лежит в сведении задач большой размерности к решению множества задач малой размерности. Теория декомпозиции изложена в работах [168-170].

За последние несколько десятков лет появилось достаточно много работ, исследующих метод ветвей и границ в части оценки его эффективности по сравнению с существующими методами [171-180].

Метод ветвей и границ подразумевает деление некоторого дискретного множества допустимых целочисленных наборов значений на подмножества до тех пор, пока последние не станут одноэлементными, в этом случае можно найти оптимальное решение задачи [181]. В ходе деления к каждой усеченной подзадаче применяется «оракул» - особая вычислительная или экспертная процедура оценивания перспективности дальнейшего деления текущей подобласти. В случае минимизации критерия задачи оракул дает приближенную нижнюю оценку его значения на текущей подобласти. В том случае, если установленная оценка хуже имеющегося «рекордного» значения критерия оптимизации, подобласть исключается из дальнейшего дробления [181].

Будем называть подзадачу *активной*, если она не передавалась оракулу, не подвергалась делению и не исключена из дальнейшего рассмотрения. Каждый этап вычислений содержит множество *активных* задач. На первом шаге такое множество состоит из одной задачи. Таким образом, традиционная работа метода ветвей и границ заключается в циклическом повторении следующих этапов [181]:

1. из имеющегося множества активных задач выбирается задача (правила выбора могут различаться);
2. выбранная задача исключается из множества активных задач и подвергается делению на ряд новых подзадач с более узкими допустимыми областями, но с тем же критерием оптимизации;
3. для каждой созданной подзадачи определяется нижняя граница значения критерия оптимизации на допустимом множестве (для этого используют различные достаточно эффективные приближенные методы, не требующие больших затрат – они играют роль оракула);
4. если при определении нижней границы получено оптимальное решение подзадачи, то оно сравнивается с ранее найденным и лучшее из них становится «рекордом». Далее сама задача не рассматривается [181];
5. если подзадача содержит пустую допустимую область, то она также не рассматривается;
6. текущая подзадача присоединяется к множеству активных подзадач, если случаи 4 и 5 не удовлетворяют;
7. множество активных задач пересматривается: все подзадачи со значением нижней границы, большей или равной найденного «рекорда», удаляются (в качестве первичного значения рекорда можно брать значение критерия

оптимизации на уже известном допустимом наборе значений переменной задачи);

8. указанные этапы циклично повторяются до тех пор, пока множество активных задач станет пустым. Вычисления также можно остановить, если разность между значением минимальной из нижней границ и рекордом станет меньше указанной величины погрешности (точности решения).

Для динамической модели, представленной формулами (22-39) с критерием оптимизации (37) необходимо найти целочисленный оптимальный набор значений. Следствием ограничения целочисленности является достаточно высокая сложность решения подобного рода задач, заключающаяся в экспоненциальном росте вычислительных затрат с увеличением количества ограничений и переменных. Зачастую в таких случаях для вычислительных методов эффективно использовать механизмы параллельной реализации многопроцессорных компьютерных систем [181,182].

В диссертационном исследовании задача стохастического программирования (22-39) с целочисленными переменными и критерием оптимизации (37) была решена в среде «IBM ILOG CPLEX Optimization Studio V12.6.1». Коммерческий пакет оптимизации CPLEX компании IBM с закрытым исходным кодом занимает ведущее положение на рынке солверов и позволяет находить решение целочисленных задач линейного программирования достаточно большой размерности с высокой скоростью вследствие использования крупноблочной схемы распараллеливания [183]. Солвер CPLEX решает задачу методом ветвей и границ, включающим в себя декомпозицию Бендерса. Методология применения данного алгоритма подробно изложена в работах [184-191].

2.2.3 Описание модели поведения цены базового актива

Простейшей моделью изменения цены БА является линейная модель Л. Башелье (Bachelier, 1900) [192]: $S_t = S_0 + r \cdot t + \sigma \cdot W_t$, (40)

где S_t - цена актива в момент времени t , S_0 - цена актива в начальный момент времени, r - безрисковая процентная ставка, σ - волатильность. Под винеровским процессом W_t понимают математическую модель стандартного броуновского движения, которую построил в 1923 году Н. Винер [193] на основе работ Л. Башелье (Bachelier, 1900). Также следует отметить, W_t - это модель случайного блуждания с

непрерывными траекторией и временем, а также с независимыми гауссовскими (нормальными) приращениями [80,144].

Именно ему принадлежало первое эмпирическое исследование, связанное с оценкой гипотезы случайных блужданий. Модель случайных блужданий предполагает, что финансовый результат от инвестиций в активы не имеет серийной корреляции, а также присутствует инвариантность распределения их вероятностей. Модель Башелье имеет основной недостаток - возможность получения отрицательного значения S_t [80,144].

Более реалистична модель броуновского (также говорят - геометрического, экономического) движения [194], где S_t представлена в виде стохастического дифференциального уравнения:

$$dS_t = r \cdot S_t \cdot dt + \sigma \cdot S_t \cdot dW_t \quad \text{или} \quad \frac{dS_t}{S_t} = r \cdot dt + \sigma \cdot dW_t. \quad (41)$$

Используя формулу Ито, найдем дифференциал $\ln S_t$ для выражения (41):

$$d \ln S_t = \left(r - \frac{1}{2} \cdot \sigma^2 \right) dt + \sigma \cdot dW_t. \quad (42)$$

Применив интегрирование для выражения (42) по интервалу $[0; t]$, получим решение уравнения (41) в виде: $S_t = S_0 \cdot e^{H_t}$, (43)

где $H_t = \left(r - \frac{1}{2} \cdot \sigma^2 \right) \cdot t + \sigma \cdot W_t = \ln \left(\frac{S_t}{S_0} \right)$ [80,144].

При этом $H = (H_t)_{t \geq 0}$ - процесс броуновского движения [17] с волатильностью (иногда называют диффузией) σ^2 и локальным сносом $\left(r - \frac{1}{2} \cdot \sigma^2 \right)$. Последнее характеризует среднюю скорость изменения процесса $H = (H_t)_{t \geq 0}$, при этом коэффициент r выступает в качестве параметра потенциального роста актива, коэффициент σ^2 определяет дисперсию данного мгновенного темпа изменения финансового результата (волатильности). При этом случайные величины имеют следующие характеристики [80,144]:

$$H_t \sim N \left(\left(r - \frac{\sigma^2}{2} \right) \cdot t, \sigma^2 \cdot t \right), \quad S_t \sim \text{LogN} \left(\exp\{r \cdot t\} \cdot S_0, \exp\{2 \cdot r \cdot t\} \cdot S_0^2 \cdot \left(\exp\{\sigma^2 \cdot t\} - 1 \right) \right).$$

В данном диссертационном исследовании поведение цены БА описывается математической моделью геометрического (броуновского) движения (43). Предполагается, что сделки осуществляются с расчетными европейскими опционами на один БА. На рынке обращаются опционные контракты всех имеющихся страйков, установленных Московской биржей. Неторговые дни отсутствуют. Календарный месяц имеет 21 день, в любой из которых опционный портфель можно переформировывать.

2.2.4 Описание методики построения дерева сценариев

Рассмотрим формирование дерева сценариев для финансового опционного портфеля, используя математическую модель геометрического (броуновского) движения [39-41]. В этом случае, оно будет представлять дискретную модель развития некоторого случайного процесса ξ_t . Время представлено дискретной шкалой, каждая точка которой соответствует одному календарному дню. Портфель состоит из опционных контрактов расчетного и европейского типа на один БА. В целях упрощения возможность заключения сделок с БА не используется.

Введем основные определения, связанные с построением дерева сценариев [195].

- 1) Каждый этап дерева сценариев содержит узлы (вершины).
- 2) Ветви – это направленные дуги, соединяющие вершины.
- 3) Корень дерева (корневая вершина) – это исходная вершина первого этапа, соответствующая текущему рыночному значению цены БА.
- 4) Все узлы второго этапа соединены дугой с корневой вершиной. Данное соединение показывает наличие возможности перехода из первой вершины во вторую.
- 5) Степенью вершины называется число дуг, выходящее из нее.
- 6) Степенью дерева называется наибольшая степень вершины, имеющейся на данном дереве.
- 7) Сильноветвящееся дерево – это дерево, которое имеет степень больше двух.
- 8) Листьями дерева называются вершины, которые имеют нулевую степень.
- 9) Уровень вершины – это удаленность вершины от корня дерева. Уровень корневой вершины равен нулю.
- 10) Высота (глубина) дерева сценариев – это число уровней, на каждом из которых имеются вершины.

- 11) Вершины, которые имеют входящие ветви и исходят из одного общего узла, называются потомками. Данный общий узел называется предком.
- 12) Уровень потомка больше уровня предка на единицу. Листья дерева не содержат потомков, а корневая вершина не имеет предка.
- 13) Дерево называется упорядоченным, если ветви, исходящие из каждого узла, упорядочены по некоторому критерию.
- 14) Дерево, которое имеет полностью заполненные вершинами уровни, называется полным, в противном случае – неполным.

На основании вышеизложенного сформулируем специфические особенности построения дерева сценариев согласно модели геометрического движения:

- 1) имеется корневая вершина (корень дерева), в которую не входит ни одной дуги;
- 2) в каждую вершину, за исключением корневой, входит только одна дуга;
- 3) дерево сценариев является сильноветвящимся, упорядоченным и полным;
- 4) высота (глубина) дерева равна числу этапов τ дерева и равна количеству операций возможного переформирования финансового портфеля.

Таким образом, этап $\tau = 1$ - это текущий момент времени с известной ценой БА. Этап $\tau = T$ – это момент исполнения портфеля (инвестиционный горизонт). На этапах $\tau = \overline{2, T-1}$ предполагается, что цена БА неизвестна.

Введем категории обозначений для построения дерева сценариев, конкретизирующих предназначение того или иного параметра [144,157].

Категория № 1. Этапы.

T – количество этапов дерева сценариев;

τ - порядковый номер этапа дерева сценариев, $\tau = \overline{1, T}$;

ξ_t - некоторый случайный процесс на этапе t дерева сценариев, $t = \overline{2, T}$;

Категория № 2. Вершины.

N_τ - число вершин на этапе τ ;

n – порядковый номер вершины дерева на этапе τ , $n = \overline{1, N_\tau}$;

(n, τ) – вершина дерева с номером n на этапе τ ;

Категория № 3. Сценарии.

N – общее количество всех возможных сценариев на этапе T ;

ν - номер сценария, $\nu = \overline{1, N}$;

Категория № 4. Вероятности.

P_v^t - условная вероятность получения потомка из вершины-предка на этапе t для сценария v , $t = \overline{2, T}$;

P_v - вероятность реализации сценария v .

Категория № 5. Связь вершин «предок – потомок».

$S_{(n, \tau)}$ – стоимость базового актива в вершине-предке (n, τ) ;

i – порядковый номер потомка, $i = \overline{1, N_{(n, \tau)}}$;

$S_{(n, \tau)}^i$ - стоимость БА в i -ом потомке вершины-предка (n, τ) ;

$N_{(n, \tau)}$ – число потомков вершины-предка (n, τ) ;

$N_{(n, \tau)}^{up}$ - число потомков вершины-предка (n, τ) в случае $S_{(n, \tau)}^i > S_{(n, \tau)}$;

$N_{(n, \tau)}^{down}$ - число потомков вершины-предка (n, τ) в случае $S_{(n, \tau)}^i < S_{(n, \tau)}$;

Δ – разность между значениями стоимости БА в соседних вершинах-потомках, относящихся к одной вершине-предку (также этот параметр называют шагом цены БА), $\Delta > 0$.

$P_{(n, \tau)}^i$ - условная вероятность получения i -ой вершины-потомка из вершины-предка (n, τ) ;

t_τ - количество дней от этапа τ до следующего этапа $(\tau + 1)$;

td – количество торговых дней в году;

δ - коэффициент, показывающий ширину интервала нахождения цены БА $[a_\tau; b_\tau]$, который определяется исходя из желаемой вероятности попадания Pr цены БА в интервал $[a_\tau; b_\tau]$.

Pr - вероятность нахождения цены БА в момент экспирации финансового портфеля в диапазоне δ стандартных отклонений [144,157].

При формировании дерева сценариев будем придерживаться следующих правил [144,157]:

- 1) первая (последняя) вершина-потомок на этапе $\tau = \overline{1, T}$ соответствует максимально (минимально) допустимой цене БА;
- 2) значение цены БА в соседних вершинах-потомках должно отличаться на величину Δ , равную шагу цены БА;

3) логарифмы отношения цен БА в первой $S_{(n,\tau)}^1$ и последней $S_{(n,\tau)}^{N(n,\tau)}$ вершинах-потомках к цене БА в соответствующей вершине-предке $S_{(n,\tau)}$ должны полностью покрывать интервал $[a_\tau; b_\tau]$:

$$H_{(n,\tau)}^{N(n,\tau)} = \ln\left(\frac{S_{(n,\tau)}^{N(n,\tau)}}{S_{(n,\tau)}}\right) < a_\tau, \quad S_{(n,\tau)}^{N(n,\tau)} < S_{(n,\tau)} \quad \text{и} \quad H_{(n,\tau)}^1 = \ln\left(\frac{S_{(n,\tau)}^1}{S_{(n,\tau)}}\right) > b_\tau, \quad S_{(n,\tau)}^1 > S_{(n,\tau)}; \quad (44)$$

4) нижняя и верхняя границы интервала $[a_\tau; b_\tau]$ определяются по формулам:

$$a_\tau = \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot \left(\frac{t_\tau}{td}\right) - \delta \cdot \sigma \cdot \sqrt{\frac{t_\tau}{td}}, \quad b_\tau = \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot \left(\frac{t_\tau}{td}\right) + \delta \cdot \sigma \cdot \sqrt{\frac{t_\tau}{td}}. \quad (45)$$

Определим условную вероятность $p_{(n,\tau)}^i$ получения i -ой вершины-потомка из вершины-предка (n, τ) по правилу [144,157]:

$$p_{(n,\tau)}^i = \begin{cases} 1 - N(x_-^i), & i = 1 \\ N(x_+^i) - N(x_-^i), & i = 2, \dots, (N_{(n,\tau)} - 1), \\ N(x_+^i), & i = N_{(n,\tau)} \end{cases} \quad (46)$$

где $N(x_\pm^i) \sim \left(\left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot \frac{t_\tau}{td}, \sigma \cdot \sqrt{\frac{t_\tau}{td}} \right)$.

Значение x_\pm^i будем вычислять по формуле:

$$x_\pm^i = \ln\left(\frac{S_{(n,\tau)}^i \pm \Delta/2}{S_{(n,\tau)}}\right), \quad i = \overline{1, N_{(n,\tau)}}. \quad (47)$$

Число потомков вершины-предка: $N_{(n,\tau)} = N_{(n,\tau)}^{up} + N_{(n,\tau)}^{down} + 1$, (48)

Вероятность реализации сценария: $P_\nu = \prod_{t=2}^T P_\nu^t$, (49)

Для контроля вычисляемых значений вероятностей реализации сценариев P_ν и вероятностей получения потомков из вершины (n, τ) должны выполняться

следующие условия: $\sum_{\nu=1}^N P_\nu = 1$ и $\sum_{i=1}^{N(n,\tau)} p_{(n,\tau)}^i = 1$ (50)

2.3 Статическая модель формирования опционного портфеля

2.3.1 Постановка задачи

Практическая реализация динамической модели на реальном рынке имеет значительное преимущество перед использованием статической модели. Оно заключается в возможности переформирования портфеля опционов структурированного продукта в любой момент времени. Статическая модель не предусматривает возможности перестройки портфеля, поэтому ее рекомендуют использовать для краткосрочного горизонта инвестирования.

В данной работе с целью сравнения результатов было принято решение провести формирование портфеля опционов как для динамической, так и для статической моделей. В исследовании Пичугина И.С. [58,59] предложена статическая модель построения и оптимизации сложных опционных комбинаций с учетом эффекта наклона волатильности («улыбка волатильности»). В разделе 3.1 перечислены имеющиеся преимущества и недостатки модели. В таблице 2.3.1 перечислены в последовательном порядке внесенные изменения в статическую модель Пичугина И.С. [58,59] управления опционным портфелем структурированного продукта.

Таблица 2.3.1. Усовершенствования статической модели Пичугина И.С [58,59]

№	Исходная модель Пичугина И.С. [58,59]	Усовершенствованная модель
1	Не учитывает величину суммарного гарантийного обеспечения по опционному портфелю	Введен расчет суммарного гарантийного обеспечения по опционному портфелю
2	Не содержит расчет транзакционных расходов	Модель содержит расчет транзакционных расходов
3	Не учитывает ликвидность опционов на реальном рынке	Для применения модели используются только ликвидные опционы, которые выявляются на основе анализа «открытого интереса» по опционному контракту, а также его показателей чувствительности
4	В работе имеется допущение использования нецелого количества опционов для покупки (продажи)	Оптимальное количество опционов для покупки (продажи) является целочисленным

В отличие от динамической модели Абрамова А.М. [39-41] статическую модель Пичугина И.С. [58,59] можно использовать на реальном рынке, однако ввиду наличия выявленных недостатков в разделе 3.1 результаты расчетов будут недостоверными, вследствие чего может возникнуть ситуация убыточных позиций по портфелю. Во избежание подобных ситуаций статическая модель Пичугина И.С. [58,59] была усовершенствована, что позволило проводить формирование опционного портфеля в торговом терминале в режиме реального времени.

Внесенные изменения в статическую модель [58,59] управления опционным портфелем, перечисленные в таблице 2.3.1, позволили ее адаптировать к рыночным условиям реального рынка. Усовершенствованная статическая модель управления опционным портфелем структурированного продукта учитывает:

- ограничение риска;
- ликвидность опционов;
- требования гарантийного обеспечения;
- транзакционные расходы.

Введем ряд обозначений для построения статической модели управления опционным портфелем [196,202,157]:

T - день экспирации опционного портфеля структурированного продукта.

τ - день формирования опционного портфеля, $\tau = \overline{1, T}$.

M_1 - рыночная цена БА опционного контракта в момент времени $\tau = 1$.

M_e - предполагаемая цена БА опционного контракта в момент времени $\tau = T$.

M_T - рыночная цена БА опционного контракта в момент времени $\tau = T$.

$I = \{ call, put \}$ - множество, состоящее из типов опционов колл и пут.

i - индекс соответствующего типа опциона, $i \in I$.

n - количество опционов одного типа колл (пут).

k - индекс страйка опциона, $k = \overline{1, n}$.

d - количество уникальных (неповторяющихся) страйков опционов колл и пут.

E_k^i - страйк опциона соответствующего типа, $k = \overline{1, n}$, $i \in I$.

H_q - множество, содержащее все имеющиеся уникальные (неповторяющиеся) страйки опционов колл и пут, $q = \overline{1, d}$.

x_k^i - количество опционов для покупки и продажи с соответствующим страйком E_k^i , $k = \overline{1, n}$, $i \in I$, $x_k^i \in Z$.

V_k^i - выплата (премия) по одному опциону колл и пут в момент времени $\tau = T$.

S^i - суммарная общая выплата по опционному портфелю в момент времени $\tau = T$, $i \in I$.

a_k^i, b_k^i - цены покупки и продажи опциона, $k = \overline{1, n}$, $i \in I$.

L - величина максимального допустимого убытка опционного портфеля.

Gb_k^i - гарантийное обеспечение покупателя (ГО покупателя) опциона соответствующих типа и порядкового номера с индексами i и k , $i \in I$, $k = \overline{1, n}$.

Gs_k^i - базовое гарантийное обеспечение по непокрытым позициям (ГО продавца) опциона соответствующих типа и порядкового номера с индексами i и k , $i \in I$, $k = \overline{1, n}$.

G - общее гарантийное обеспечения опционного портфеля.

S^g - сумма денежных средств, необходимая для покрытия общего гарантийного обеспечения портфеля.

S^d - сумма денежных средств, необходимая для покупки опционов.

S - денежная сумма, необходимая для формирования опционного портфеля структурированного продукта в момент времени $\tau = 1$.

$J(M_e)$ - финансовый результат опционного портфеля в момент времени $\tau = T$ с прогнозной ценой БА M_e .

Укажем все необходимые ограничения усовершенствованной статической модели управления опционным портфелем структурированного продукта [196,202,157].

Условие, определяющее количество опционов для покупки и продажи:

$$x_k^i = \begin{cases} > 0, \text{ покупка по цене } a_k^i \\ < 0, \text{ продажа по цене } b_k^i \end{cases}, \quad x_k^i \in Z, \quad k = \overline{1, n}. \quad (51)$$

Выплата (премия) по одному опциону колл и пут в момент времени $\tau = T$:

$$V_k^i(M_T) = \begin{cases} \max(M_T - E_k^i; 0), & i = \{call\} \\ \max(E_k^i - M_T; 0), & i = \{put\} \end{cases}, \quad k = \overline{1, n} \quad (52)$$

Суммарная выплата по опционному портфелю в момент времени $\tau = T$.

$$S^i = \begin{cases} \sum_{k=1}^n x_k^i \cdot V_k^i(M_T), & i = \{call\} \\ \sum_{k=1}^n x_k^i \cdot V_k^i(M_T), & i = \{put\} \end{cases}, \quad k = \overline{1, n}, \quad i \in I \quad (53)$$

Условие для покрытия общей суммы гарантийного обеспечения опционного портфеля в момент времени $\tau = 1$: $S^g \geq G$, (54)

$$G = \sum_{i \in I} \sum_{k=1}^n x_k^i \cdot go_k^i, \quad go_k^i = \begin{cases} Gb_k^i, & x_k^i > 0 \\ Gs_k^i, & x_k^i < 0, \\ 0, & x_k^i = 0 \end{cases}, \quad k = \overline{1, n}, \quad i \in I. \quad (55)$$

Сумма денежных средств, необходимая для покупки опционов с учетом полученных инвестиций от продажи опционов:

$$S^I = \sum_{i \in I} \sum_{k=1}^n r_k^i, \quad \text{где } r_k^i = \begin{cases} x_k^i \cdot a_k^i, & x_k^i > 0 \\ -x_k^i \cdot b_k^i, & x_k^i < 0 \end{cases}. \quad (56)$$

Денежная сумма, необходимая для формирования портфеля в момент времени $\tau = 1$:

$$S = S^I + S^g. \quad (57)$$

Финансовый результат опционного портфеля в момент времени $\tau = T$ с прогнозной ценой БА M_e должен быть положительным [196,202]:

$$J(M_e) > 0, \quad J(M_e) = \sum_{i \in I} \sum_{k=1}^n x_k^i \cdot \left[-\left(b_k^i \vee a_k^i\right) + V_k^i(M_e) \right]. \quad (58)$$

Рассматривается задача инвестирования денежных средств S для формирования рискованной части структурированного продукта, состоящей из x_k^i опционных контрактов одного срока экспирации с ценами покупки a_k^i и продажи b_k^i , суммарным гарантийным обеспечением G . Задача имеет три основных этапа:

- 1) формирование опционного портфеля. Данный этап включает решение задачи линейного программирования комбинаторного типа, состоящей из $2 \cdot n$ переменных (по n опционов колл и пут). Необходимо найти максимум целевой функции $J(M_e)$, представленной формулой (58), при заданном ряде ограничений в виде неравенств и равенств в начальный момент времени $\tau = 1$;
- 2) формирование опционного портфеля в торговом терминале Quik [200] путем осуществления заявок на покупку или продажу;

3) осуществление офсетных сделок. Последний этап необходим для закрытия позиций по опционным контрактам, в том случае, если дата их экспирации не совпадает с периодом времени T [196,202,157].

2.3.2 Стратегии роста, падения и колебания цены базового актива

Для решения оптимизационной задачи статической модели требуется указать сценарий движения цены базового актива: рост («бычий» наклон графика выплаты целевой функции), падение («медвежий» наклон), колебание («бычий» и «медвежий» наклоны). Рассмотрим необходимые ограничения для формирования опционного портфеля структурированного продукта, рассчитанного на рост, падение и колебание цены БА [196,202,56,58].

В таблице 2.3.2 представлены возможные ограничения убытка и прибыли статической модели на «начальном» $M_T \in [0; \min(E_1^{call}; E_1^{put})]$ и «конечном» $M_T \in [\max(E_n^{call}; E_n^{put}); +\infty]$ интервалах страйков графика функции $J(M_e)$.

Таблица 2.3.2. Ограничения на начальном и конечном интервалах страйков

Интервал	Ограничения для сценария		
	Рост	Падение	Колебание
$M_T \in [0; e_1], e_1 = \min(E_1^{call}; E_1^{put})$	$\sum_{k=1}^n x_k^{put} > 0$	$\sum_{k=1}^n x_k^{put} < 0$	$\sum_{k=1}^n x_k^{put} = 0$
	$J(e_1) = -L, L \geq 0$ (*)		
$M_T \in [e_2; +\infty],$ $e_2 = \max(E_n^{call}; E_n^{put}), k = \overline{1, n}$	$\sum_{k=1}^n x_k^{call} > 0$	$\sum_{k=1}^n x_k^{call} < 0$	$\sum_{k=1}^n x_k^{call} = 0$
	$J(e_2) = -L, L \geq 0$ (**)		

Ограничения (*) и (**) используются в случае добавления ограничения величины возможного убытка L .

На интервале страйков $M_T \in [\min(E_1^{call}; E_1^{put}); \max(E_n^{call}; E_n^{put})]$ графика целевой функции $J(M_e)$ следует задавать ограничения между двумя соседними страйками $(H_q; H_{q+1}) \in [\min(E_1^{call}; E_1^{put}); \max(E_n^{call}; E_n^{put})], q = \overline{1, d}$ (табл. 3.3.3).

Предложенные неравенства-ограничения (табл. 2.3.2-2.3.3) позволяют смоделировать сценарии роста, падения и колебания цены базового актива опционного портфеля, а также установить уровень максимального убытка [196,202,56,58].

Таблица 2.3.3. Ограничения модели между двумя соседними страйками.

Ограничения для сценария	Интервал $(H_q; H_{q+1}) \in [\min(E_1^{call}; E_1^{put}); \max(E_n^{call}; E_n^{put})]$
Рост	$\sum_{E_k^{call} \leq H_q} x_k^{call} - \sum_{E_k^{put} \geq H_{q+1}} x_k^{put} \geq 0, \quad k = \overline{1, n}, \quad q = \overline{1, d}$
Падение	$\sum_{E_k^{call} \leq H_q} x_k^{call} - \sum_{E_k^{put} \geq H_{q+1}} x_k^{put} \leq 0, \quad k = \overline{1, n}, \quad q = \overline{1, d}$
Колебание	$\sum_{E_k^{call} \leq H_q} x_k^{call} - \sum_{E_k^{put} \geq H_{q+1}} x_k^{put} = 0, \quad k = \overline{1, n}, \quad q = \overline{1, d}$

Выводы по главе 2

1. Конструирование структурированных продуктов может проводить как финансовая организация, так и ЛПР. В настоящее время не существует единой методики создания подобного рода продуктов. Банки данную информацию не распространяют, при этом включают в методику существенный размер комиссии, взимаемой с клиента. В данном диссертационном исследовании описан подход к конструированию структурированных продуктов, *отличающийся* возможностью сформировать финансовый продукт ЛПР, без помощи финансовых советников брокерских компаний, что *позволяет* уменьшить величину комиссий на 0.5-3% в зависимости от первоначальной суммы инвестирования, удерживаемых банком. Данный подход также *позволяет* рассчитать необходимые денежные суммы для формирования безрисковой («депозитной») и рискованной («опционной») составляющих структурированного продукта, рассчитанного на рост или падение цены базового актива.

2. На основе проведенного анализа существующих моделей управления опционным портфелем были выбраны две модели для последующего совершенствования математической постановки задачи с целью корректного их использования на практике, а именно динамическая модель Абрамова А.М. [39-41] и статическая модель Пичугина И.С. [58,59].

3. В основе исходной динамической модели лежит задача многоэтапного стохастического программирования с вероятностными ограничениями. К преимуществам вышеуказанной модели относятся возможности ограничения риска и перестройки портфеля, а также учет транзакционных издержек и гарантийного обеспечения. При этом выявленные существенные недостатки модели (Таблица 2.2.1) не позволили корректно использовать ее на биржевом рынке. В данном диссертационном исследовании предложена модификация динамической модели управления опционным портфелем структурированного продукта, представленной в работах Абрамова А.М. [39-41], *отличающаяся* от исходной наличием:

- классификации гарантийного обеспечения (ГО, БГОНП, БГОП), *позволяющей* ЛПР учитывать необходимые размеры денежных сумм, находящихся на брокерском счете для самостоятельного осуществления сделок в торговом терминале Quik;

- введенного ограничения в математическую постановку задачи, *позволяющего* избежать превышения суммарного гарантийного обеспечения портфеля над первоначальной суммой инвестиций;
- добавленных условий в математическую постановку задачи для ограничения общего количества продаваемых опционов, *позволяющих* уменьшить риск опционного портфеля при значительном изменении цены базового актива [157].

В предложенной измененной динамической модели управления опционным портфелем структурированного продукта *исключено* выражение из ограничения (27) задачи стохастического программирования, имеющееся в исходной модели Абрамова А.М. [39-41], *приводящее* к двойному учету ликвидационной стоимости опционного портфеля, что являлось ошибочным предположением.

4. В основе исходной статической модели лежит задача линейного программирования комбинаторного типа. Модель имеет три явных преимущества: 1) заложена возможность покупки и продажи опционных контрактов; 2) цена покупки не равна цене продажи опциона (как в случае многих рассмотренных ранее моделей); 3) имеется возможность ограничения убытков. Однако наряду с указанными преимуществами недостатки модели не позволили корректно применить ее на практике (Таблица 2.3.1). В данном диссертационном исследовании проведена модернизация статической модели, представленной в работе Пичугина И.С. [58,59]. Усовершенствованная модель *отличается* от исходной наличием:

- учета необходимого размера суммарного гарантийного обеспечения опционного портфеля, *позволяющего* правильно рассчитать входную денежную сумму для инвестирования;
- добавленного условия в математическую постановку задачи расчета транзакционных расходов, *позволяющего* определить суммарную денежную сумму, уплачиваемую в качестве комиссии брокерской компании.

5. Предложенные модификации динамической и статической моделей учитывают все необходимые рыночные показатели для их успешного применения при формировании опционного портфеля структурированного продукта. Потенциальная возможность их использования на биржевом рынке обеспечивается соответствующим актами внедрения, а также проведенной апробацией формирования финансовых портфелей в торговом терминале Quik в режиме реального времени.

ГЛАВА 3. СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ОПЦИОННЫМ ПОРТФЕЛЕМ СТРУКТУРИРОВАННОГО ПРОДУКТА

3.1 Описание системы поддержки принятия решений

В диссертационной работе под системой поддержки принятия решения (СППР) подразумевается программное приложение [203], позволяющее пользователю принять решение относительно количественного состава опционного портфеля структурированного продукта. Ввиду того, что СППР предлагает конкретное решение, то по характеру взаимодействия с пользователем СППР является активной. По способу поддержки СППР относится к классу модельно-ориентированных СППР с использованием внутренних и внешних данных [197-199].

Идея создания СППР возникла на этапе постановки задачи диссертационного исследования ввиду того, что существует ряд сложностей, с которыми сталкивается ЛПР при самостоятельном формировании структурированного продукта:

- 1) выбор финансовых активов и определение их рыночных показателей;
- 2) разделение первоначальной денежной суммы для инвестирования в безрисковую и рисковую составляющие;
- 3) формирование опционного портфеля с учетом ограничения возможного риска и сохранения потенциальной прибыли;
- 4) управление сформированным опционным портфелем структурированного продукта.

На рисунке 3.1.1 представлена схема описанной СППР, которая позволяет пользователю самостоятельно сконструировать структурированный продукт, не прибегая к помощи банков и инвестиционных компаний [203].



Рис. 3.1.1 – Система поддержки принятия решения при конструировании структурированного продукта и формировании опционного портфеля

Рассмотрим идею создания СППР. На первом этапе происходит автоматический сбор и затем обработка входных данных текущей рыночной ситуации. Данная информация накапливается в базе данных, которую затем пользователь может изучить, выбирая тот или иной финансовый актив. Для указанного финансового актива пользователь может сконструировать структурированный финансовый продукт, рассчитав его выходные характеристики. Далее можно выбрать модель для формирования опционного портфеля и получить рекомендации по количественному составу для покупки или продажи в торговом терминале [203].

3.2 Пример работы с разработанным программным продуктом

3.2.1 Конструирование структурированного продукта

Рассмотрим пример конструирования СП, рассчитанного на рост БА. В таблице 3.2.1 приведены входные параметры моделирования СП.

Таблица 3.2.1 – Входные параметры СП

Базовый актив	Акции ПАО «Сбербанк»
Сценарий поведения базового актива	Рост
Степень гарантии возврата капитала, G	100% (консервативный профиль)
Срок, T	90 дней
Инвестированная сумма, S	500 000 руб.

На рисунке 3.2.1 показаны результаты расчетов в разработанной СППР [203], а также приведены графики зависимости доходности СП от цены актива (акции ПАО «Сбербанк») и изменения цены актива (фьючерс на акции ПАО «Сбербанк»). В результате получено, что для конструирования СП необходимо 469322.98 руб. разместить на депозит сроком 90 дней, потратить 8360 руб. на покупку 19 опционов с общим гарантийным обеспечением 22279.02 руб.

Доходность такого СП будет определяться исходя из следующих ситуаций:

– если цена БА не изменилась или уменьшилась в сравнении с его ценой в момент покупки СП, то дополнительная доходность не начисляется, а первоначально-инвестированная денежная сумма возвращается клиенту.

– если цена БА выросла, то доходность по СП будет определяться исходя из графика, представленного на рисунке 3.2.1

По аналогии на рисунке 3.2.2 сформирован структурированный продукт, рассчитанный на падение цены фьючерса на индекс РТС.

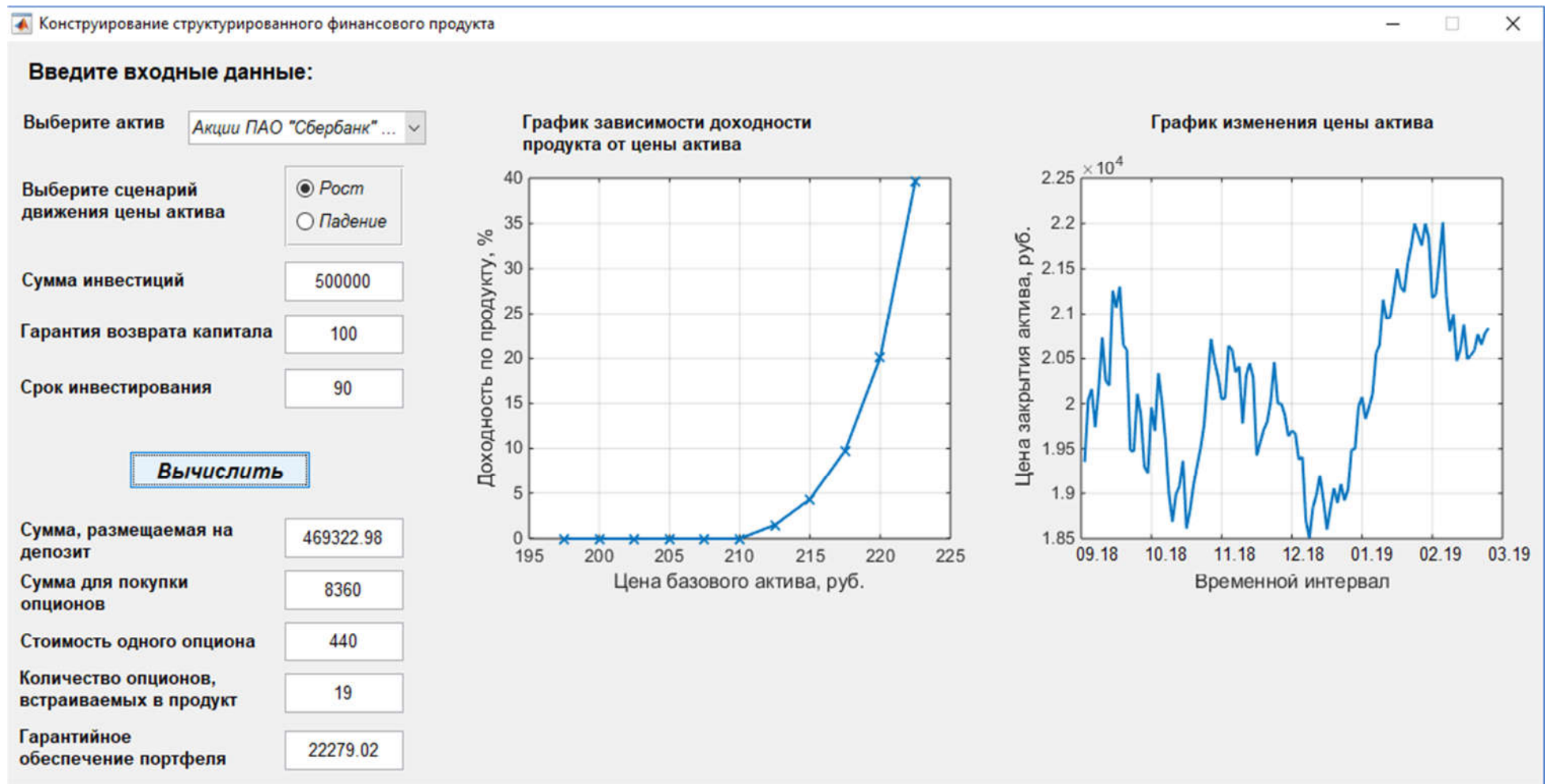


Рис. 3.2.1 – Конструирование структурированного продукта, рассчитанного на рост цены базового актива.

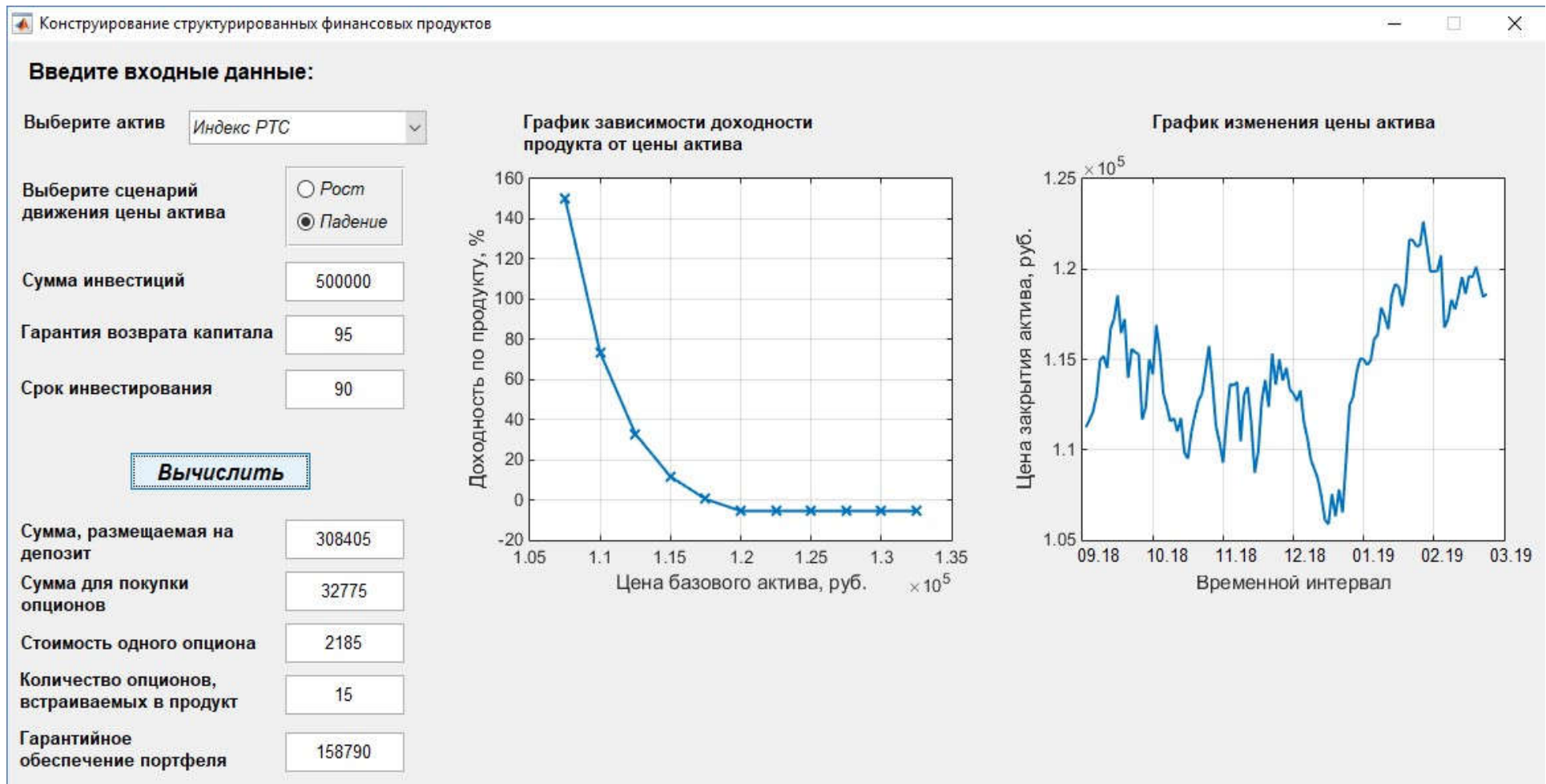


Рис. 3.2.2 – Конструирование структурированного продукта, рассчитанного на падение цены базового актива.

3.2.2 Формирование опционных портфелей согласно динамической и статической моделям

СППР [203] предполагает выбор одного из четырех режимов работы, которые указаны на рисунке 3.2.3. В том случае, если инвестор имеет прогноз движения цены актива, следует выбирать режим «Статическая модель. Формирование опционного портфеля». Примеры расчетов в данном режиме продемонстрированы на рисунках 3.2.4 и 3.2.5.

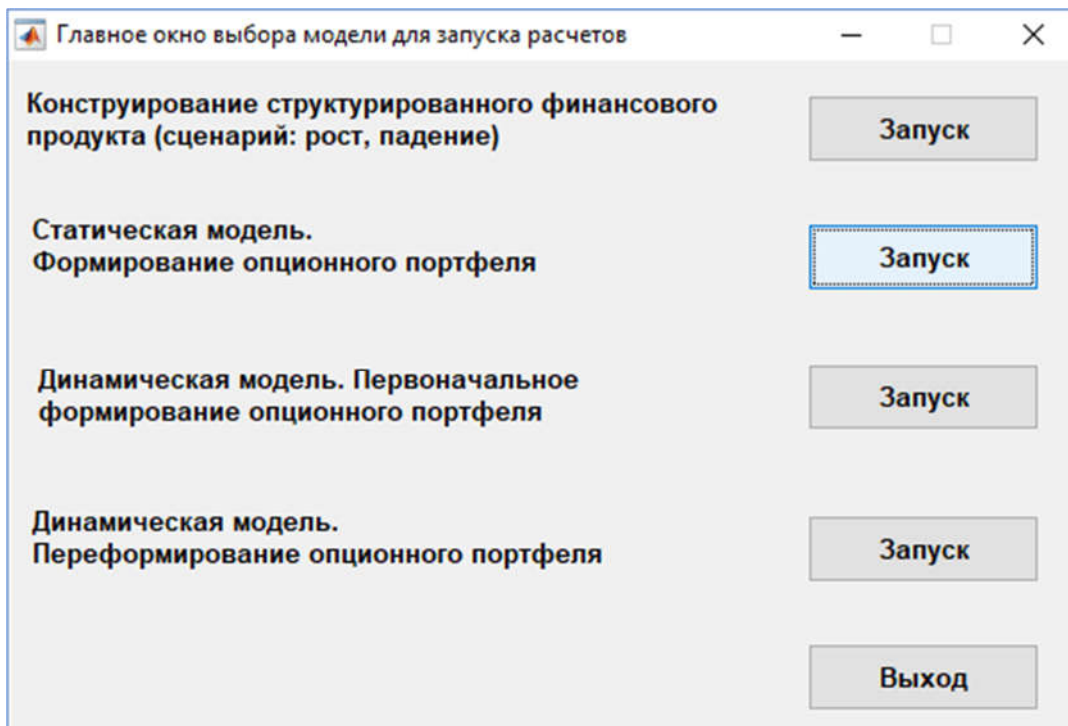


Рис. 3.2.3 – Режим первоначального запуска СППР

На рисунках 3.2.6 и 3.2.7 показаны результаты расчетов согласно динамической модели для случаев первоначального формирования портфеля и переформирования.

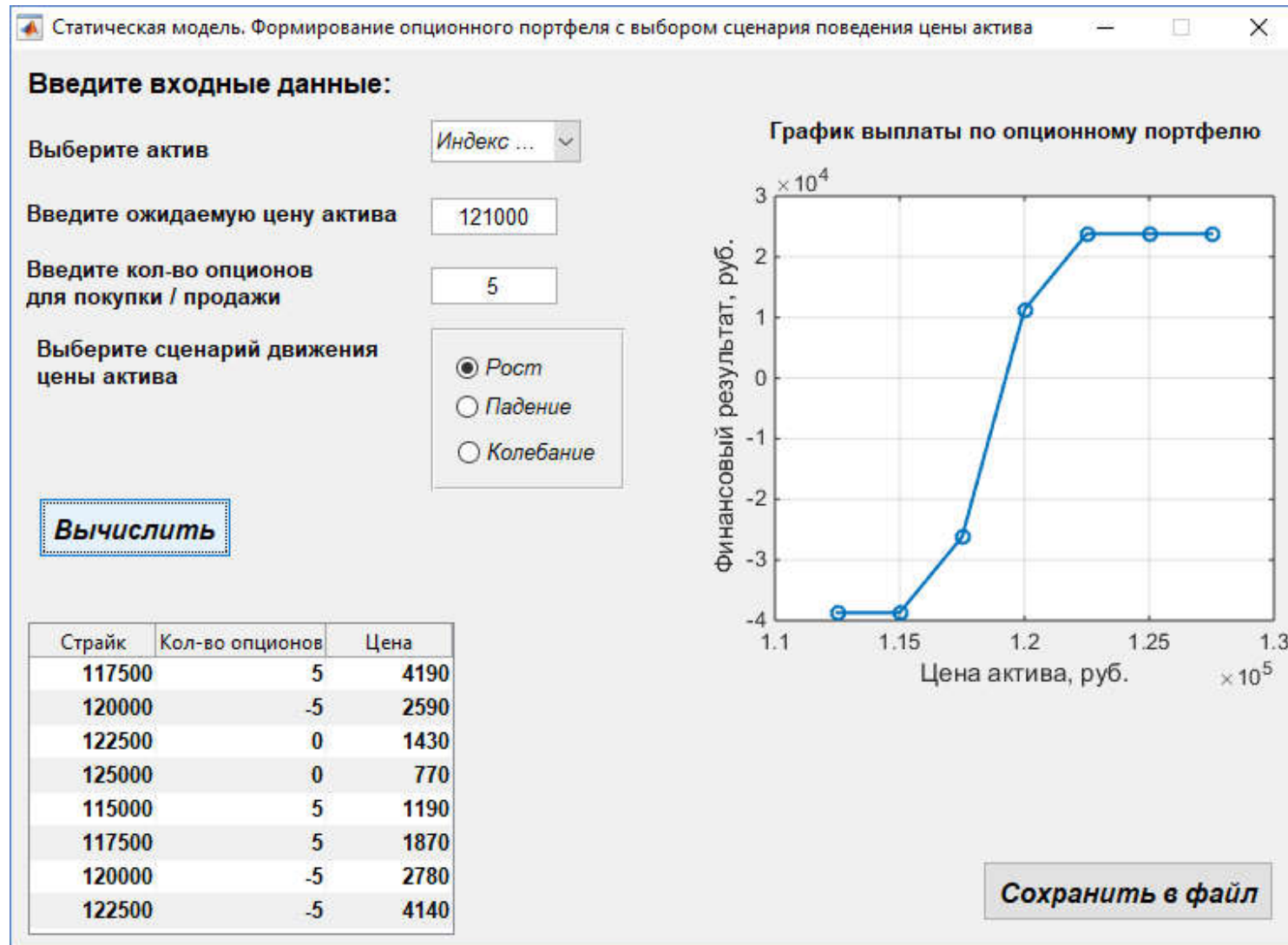


Рис. 3.2.4 – Формирование опционного портфеля согласно статической модели со сценарием роста цены базового актива

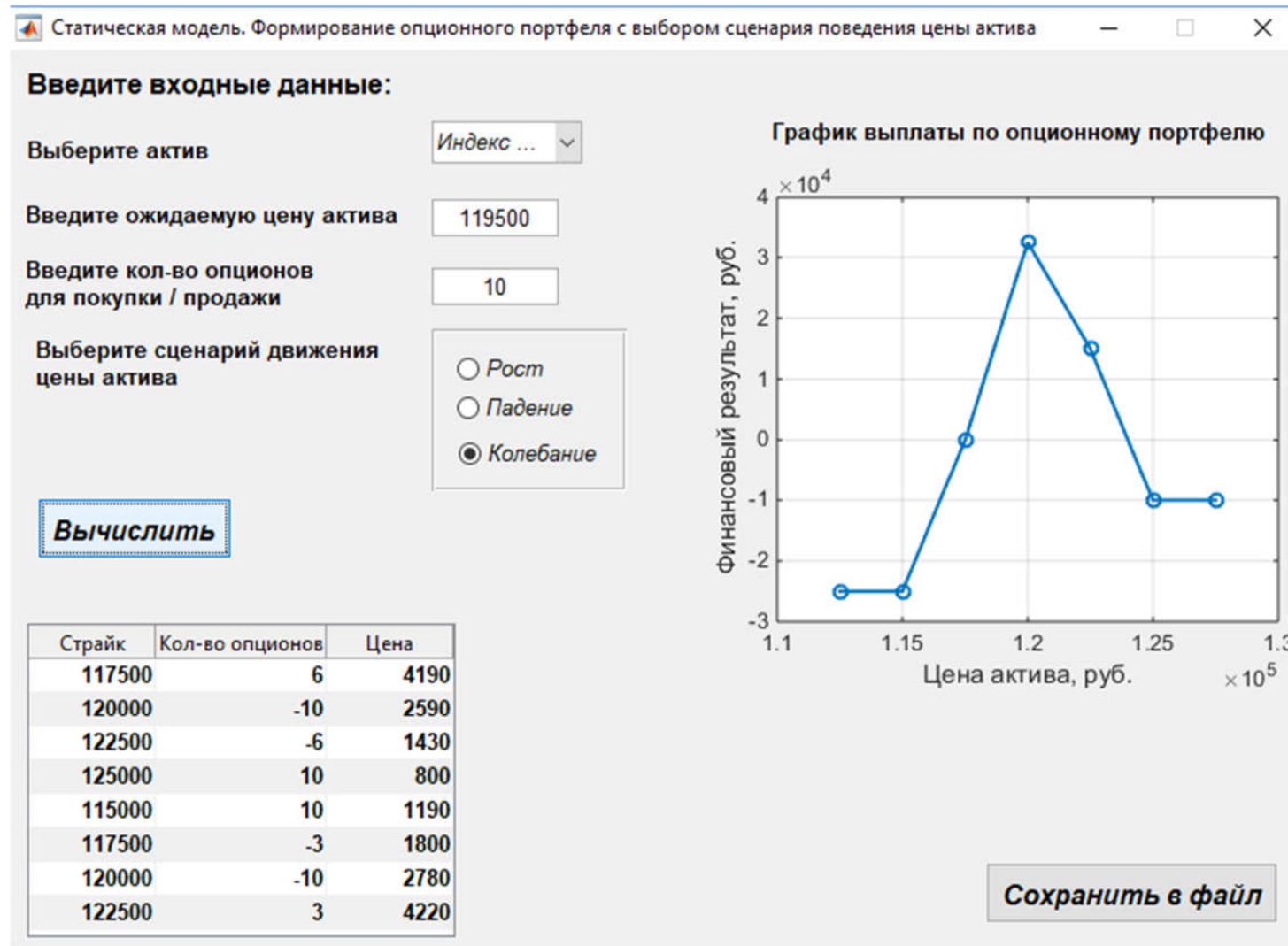


Рис. 3.2.5 – Формирование опционного портфеля согласно статической модели со сценарием колебания цены актива

Динамическая модель. Первоначальное формирование опционного портфеля структурированного продукта

Введите входные данные:

Выберите актив:

Сумма инвестирования:

Желаемый финансовый результат портфеля:

Срок инвестирования:

Порядковый номер дня пересмотра портфеля:

Вычислить

Необходимая сумма для формирования портфеля:

Суммарное гарантийное обеспечение портфеля:

Опционы для покупки

Страйк	Опцион «call»	Цена покупки «ask»	Гарантийное обеспечение
117500	0	3570	13990.68
120000	0	2310	12871.42
122500	9	1360	11745.97

Опционы для продажи

Страйк	Опцион «put»	Цена продажи «bid»	Гарантийное обеспечение
117500	0	2900	13436.64
120000	0	6050	14446.54
122500	0	5930	15396.62

Опционы для продажи

Страйк	Опцион «call»	Цена продажи «bid»	Гарантийное обеспечение
117500	9	3420	17795.09
120000	0	2100	17249.61
122500	0	1270	16658.28

Опционы для продажи

Страйк	Опцион «put»	Цена продажи «bid»	Гарантийное обеспечение
117500	0	2660	15709.70
120000	0	3900	16260.87
122500	0	3530	16758.84

Сохранить в файл

Рис. 3.2.6 – Первоначальное формирование опционного портфеля согласно динамической модели

Динамическая модель. Переформирование опционного портфеля структурированного продукта

Введите входные данные:

Оставшаяся денежная сумма на счете

Желаемый финансовый результат портфеля

Порядковый номер дня пересмотра портфеля

Срок инвестирования

Введите кол-во купленных (проданных) опционов

Опцион "call"	Опцион "put"
-9	0
0	0
9	0

Выберите актив

Вычислить

Необходимая сумма для формирования портфеля

Суммарное гарантийное обеспечение портфеля

Опционы для покупки

Страйк	Опцион «call»	Цена покупки «ask»	Гарантийное обеспечение
117500	0	3476.99	13990.68
120000	0	3330.34	12871.42
122500	9	3186.88	11745.97

Страйк	Опцион «put»	Цена покупки «ask»	Гарантийное обеспечение
117500	0	1583.12	13436.64
120000	0	1659.40	14446.54
122500	0	1738.46	15396.62

Опционы для продажи

Страйк	Опцион «call»	Цена продажи «bid»	Гарантийное обеспечение
117500	9	3330.90	17795.09
120000	0	3190.41	17249.61
122500	0	3052.97	16658.28

Страйк	Опцион «put»	Цена продажи «bid»	Гарантийное обеспечение
117500	0	1452.11	15709.70
120000	0	1522.07	16260.87
122500	0	1594.59	16758.84

Сохранить в файл

Рис. 3.2.7 – Переформирование опционного портфеля согласно динамической модели

3.3 Сравнение предложенной СППР с существующими программными продуктами

В 2016 году в России появился первый автоматизированный финансовый советник, позволяющий формировать инвестиционные портфели с минимальным вмешательством человека, - робоэдвайзер (англ. «robo-advisor»). Впервые такие советники появились в 2008 году в США, затем использование автоматизированных платформ стало популярным в Европе и Австралии [98,99]. К настоящему времени данный сегмент зарубежного рынка развивается стремительными темпами, в то время как в России только зарождается.

В настоящее время наиболее известны российские платформы «Простые инвестиции» (ПАО «Сбербанк») [100], «Тинькофф инвестиции» (АО «Тинькофф Банк») [101], «Yammy» (ООО «Яндекс») [102], «Robo-Advisor» (АО «Инвестиционный холдинг Финам») [103], «Персональный финансовый помощник» (ООО УК «Альфа-Капитал») [104], «SmartInvest» (ПАО «Росбанк») [105], «Финансовый автопилот» (УК «Финэкс Плюс») [106].

В таблице 3.3.1 представлено сравнение разработанной в данном диссертационном исследовании системы поддержки принятия решений для управления опционным портфелем с российскими робоэдвайзерами, а именно «Простые инвестиции» (ПАО «Сбербанк») [100] и «Тинькофф инвестиции» (АО «Тинькофф Банк») [101].

Таблица 3.3.1 – Сравнение СППР [203] с программными продуктами

Критерий		СППР	Сбербанк	Банк Тинькофф
Возможность формирования структурированного продукта		+	-	-
Возможность формирования опционного портфеля		+	-	-
Учет	желаемой доходности	+	-	-
	суммы инвестирования	+	+	+
	рискового профиля	+	+	-
	срока инвестирования	+	+	-
	целей инвестирования	-	+	-
Ограничение риска портфеля		+	+	-
Транзакционные издержки		комиссия за брокерские услуги	1.5 % в год от стоимости активов + комиссия за брокерские услуги	комиссия за брокерские услуги

Существуют другие автоматизированные финансовые советники, однако они в большей степени схожи с представленными в таблице 3.3.1. Наглядно видно, что главным преимуществом разработанной СППР [203] по сравнению с российскими робоэдвайзерами является возможность конструирования сложных финансовых продуктов, а именно структурированных продуктов и опционных портфелей. Вместе с тем, все имеющиеся российские робоэдвайзеры формируют портфели, как правило, состоящие из акций, облигаций и ПИФов. СППР и автоматизированный финансовый советник «Простые инвестиции» [100] учитывают необходимые входные параметры для инвестирования. Представленный для сравнения финансовый советник «Тинькофф инвестиции» [101] рассматривает только сумму и валюту для инвестирования и не учитывает ряд остальных важных параметров, что несомненно является существенным недостатком.

Выводы по главе 3

1. В случае самостоятельного формирования финансового продукта ЛПР сталкивается со следующими трудностями:

- разделение первоначальной денежной суммы для инвестирования в безрисковую и рисковую составляющие,
- выбор финансовых активов и определение их рыночных показателей,
- формирование опционного портфеля с учетом ограничения возможного риска и сохранения потенциальной прибыли,
- управление сформированным опционным портфелем структурированного продукта.

Для того, чтобы избежать представленного ряда сложностей в данном диссертационном исследовании была разработана система поддержки принятия решения в виде программного приложения [203]. Так как СППР предлагает конкретное решение, то по характеру взаимодействия с пользователем она является активной. По способу поддержки СППР относится к классу модельно-ориентированных СППР с использованием внутренних и внешних данных. Схема описанной СППР представлена на рисунке 3.1.1.

2. Созданная СППР *отличается* от подобных систем наличием:

- модуля построения структурированных продуктов, *позволяющего* ЛПР задать входные данные в виде актива, сценария изменения его цены в будущем, уровня допустимого риска, суммы инвестирования и, в результате, рассчитать необходимые денежные суммы для формирования безрисковой и рискованной составляющих структурированного продукта;
- модуля *первоначального формирования* опционного портфеля структурированного продукта согласно **статической модели**, *позволяющего* ЛПР указать предполагаемый сценарий изменения цены актива в будущем (рост, падение, колебание), ввести начальные входные данные и получить необходимое количество опционов для осуществления сделок в торговом терминале Quik;
- модуля *первоначального формирования* опционного портфеля структурированного продукта согласно **динамической модели**, *позволяющего* ЛПР построить портфель без указания будущего направления изменения цены актива, задать входные данные и рассчитать необходимое количество опционов для покупки или продажи в торговом терминале Quik;
- модуля *перестроения* опционного портфеля структурированного продукта согласно **динамической модели**, *позволяющего* ЛПР управлять финансовым портфелем, а именно задать входные данные с учетом первоначального формирования и рассчитать необходимое количество опционов для осуществления сделок в торговом терминале Quik;
- базы данных, хранящей рыночные показатели выбранного актива, введенные входные данные пользователем, а также результаты расчетов.

3. Сравнительный анализ (таблица 3.3.1) предложенной СППР [203] с другими автоматизированными платформами (робоэдвайзерами) показал ее существенное преимущество, заключающееся в возможности конструирования наиболее сложных финансовых продуктов, содержащих опционные портфели. Аналоги подобных автоматизированных платформ не содержат такой возможности. Как правило, они предназначены только для формирования простых финансовых продуктов, состоящих из акций, облигаций, ПИФов. Таким образом, предложенная в данном диссертационном исследовании СППР позволяет эффективно управлять риском и использовать принцип диверсификации.

ГЛАВА 4. ТЕСТИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА

Для экспериментальной проверки предложенных в данном диссертационном исследовании динамической и статической моделей формирования опционного портфеля, а также описанного подхода к самостоятельному конструированию структурированного финансового продукта создано программное приложение, с помощью которого можно получить рекомендации по распределению инвестированной денежной суммы для «депозитной» и «опционной» составляющей финансового портфеля [204].

Предположим, что инвестор желает инвестировать определенную денежную сумму в финансовый продукт, имеющий потенциальную доходность выше доходности банковского депозита и ограничение возможного риска. При этом предполагается, что инвестор хочет самостоятельно сформировать финансовый продукт во избежание дополнительных денежных расходов в виде комиссий брокерским компаниям. Указанным запросам удовлетворяет самостоятельное конструирование структурированного финансового продукта с использованием разработанного программного комплекса данной диссертационной работы [157,158].

4.1 Имитационное моделирование процесса управления опционным портфелем согласно динамической модели

4.1.1 Моделирование процесса управления опционным портфелем с возможностью его реформирования согласно динамической модели

Для экспериментальной проверки работоспособности динамической модели проведем имитационное моделирование задачи формирования опционного портфеля с возможностью его пересмотра в будущем. Входные данные [157,158], представленные в таблице 4.1.1, автоматически передаются из торгового терминала Quik [200].

Таблица 4.1.1 – Входные данные для формирования опционного портфеля

Наименование	Значение
Базовый актив	Фьючерсный контракт на Индекс РТС
Текущая рыночная цена актива, $S_{(1,1)}$	117 230
Волатильность, σ	0.07
Количество этапов дерева сценариев, T	3
Инвестированная сумма, A_0	150 000
Минимальная стоимость портфеля в момент времени T , u	151 000 (12.7 % годовых)
Коэффициент δ	2.05375
Шаг цены базового актива, Δ	150
Биржевой сбор, c	5.3
Количество торговых дней в году, td	252
Месяц экспирации	1
Количество дней до экспирации	31
Срок инвестирования	14
Диапазон страйков	[117250; 122500]
Шаг страйка	250

День первоначального формирования опционного портфеля является первым днем. День экспирации портфеля и совершения офсетных сделок: 14-й день. По плану портфель подвергается реформированию в 7-ой день. В данной диссертационной работе не проводится изучение вопроса выбора дня пересмотра портфеля, поскольку

это является следующим дополнительным исследованием для усовершенствования модели. Однако модель учитывает возможность внеплановых переформирований для того, чтобы сумма денежных средств на счете покрывала необходимый размер общего гарантийного обеспечения портфеля [158].

Ввиду того, что торговый терминал Quik [200] содержит опционы одного срока экспирации, эксперимент проводился только для таких опционов. Однако реализованное в данном диссертационном исследовании программное приложение позволяет проводить расчеты для опционов с разными сроками экспирации [158].

На рисунке 4.1.1 схематично представлено построенное дерево сценариев поведения цены базового актива на первом этапе.

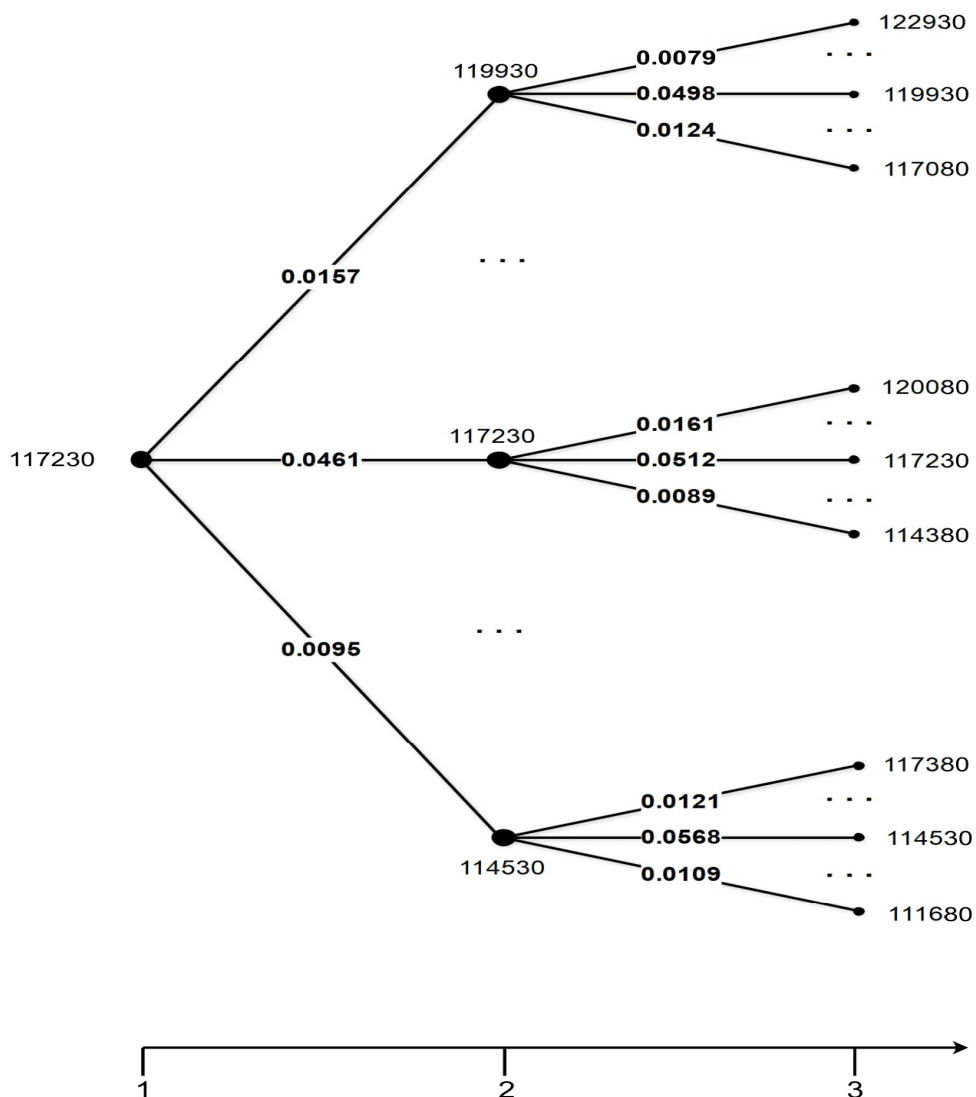


Рис. 4.1.1 - Дерево сценариев поведения цены базового актива, построенное в день формирования опционного портфеля

Первому этапу соответствует день первоначального формирования опционного портфеля. В 7-й день происходит перестройка портфеля, что соответствует второму этапу. На третьем этапе, т.е. в 14-й день, совершаются офсетные сделки и фиксируется финансовый результат. В 1-й день на дереве представлено 1457 сценариев, в то время как второй этап содержит 40 сценариев [158].

В таблице 4.1.2 описаны необходимые этапы для формирования опционного портфеля структурированного продукта в 1-й день, а также указаны временные затраты.

Таблица 4.1.2 – Этапы моделирования формирования опционного портфеля

№ этапа	Пояснение	Временные затраты
1	1.1 подключение к торговому терминалу Quik; 1.2 экспорт текущих рыночных показателей необходимых активов в базу данных Microsoft ACCESS.	≈ 0.001 ч.
2	2.1 нахождение основных характеристик опционного портфеля в среде MATLAB; 2.2 построение дерева сценариев поведения цены базового актива. 2.3 вычисление вероятностей и других параметров в вершинах дерева. 2.4 экспорт найденных показателей в базу данных Microsoft ACCESS.	≈ 0.3 ч.
3	3.1 импорт данных из Microsoft ACCESS в солвер CPLEX; 3.2 решение задачи стохастического программирования с использованием солвера CPLEX; 3.3 экспорт найденных значений задачи в ACCESS;	≈ 9 ч.
4	4.1 импорт найденных значений задачи из ACCESS в MATLAB; 4.2 обработка полученных результатов в MATLAB.	≈ 0.017 ч.
Общее затраченное время:		≈ 9.318 ч.

Для моделирования управления портфелем разработана программа в среде MATLAB 9.4. Задача стохастического программирования (67-81) с целочисленными переменными и критерием оптимизации (82) реализована в пакете «IBM ILOG CPLEX

Optimization Studio V12.6.1». С помощью консольной версии «IBM ILOG CPLEX Optimization Studio» была обеспечена интеграция вышеуказанных программных продуктов и создано приложение. База данных Microsoft ACCESS использовалась для обмена данными [158].

Эксперименты были проведены на вычислительном узле 2 x 12 потоков на Intel Xeon E5 – 2620 v3 частотой 2.40 Ghz. Всего было доступно 24 потока. Оперативной памяти на узле доступно 32 Gb DDR4 частотой 2400Mhz. Работа узла осуществлялась под управлением операционной системы Windows Server 2016 [158].

Приведенные в таблице 4.1.2 этапы моделирования реализуются только в дни формирования либо переформирования опционного портфеля структурированного продукта. С 1-го по 7-ой день дерево сценариев поведения цены базового актива имеет максимальное число сценариев, поэтому временные затраты на данном этапе моделирования существенно больше в сравнении со следующим этапом. В таблице 4.1.3 приведена размерность задачи стохастического программирования на первом этапе формирования опционного портфеля [158].

Таблица 4.1.3 – Характеристики моделирования управления опционным портфелем [158]

Характеристики	Значение
Число ограничений	341 027
Количество переменных	426 902, среди них: 78 678 целочисленные, 212 722 булевые
Количество сценариев в момент формирования портфеля	1457
Количество экспериментов	1000
Суммарные временные затраты	≈ 40 ч.

Временные затраты для проведения 1000 экспериментов (1-14 день) составили ≈ 40 ч. На рисунке 4.2.2 представлены 1000 различных траекторий изменения цены базового актива в течение 14 дней. Моделирование проводилось на основе математической модели геометрического (броуновского) движения (4) с применением генератора псевдослучайных чисел. На рисунке 4.1.3 представлены результаты имитационного моделирования управления опционным портфелем структурированного продукта согласно динамической модели [158].

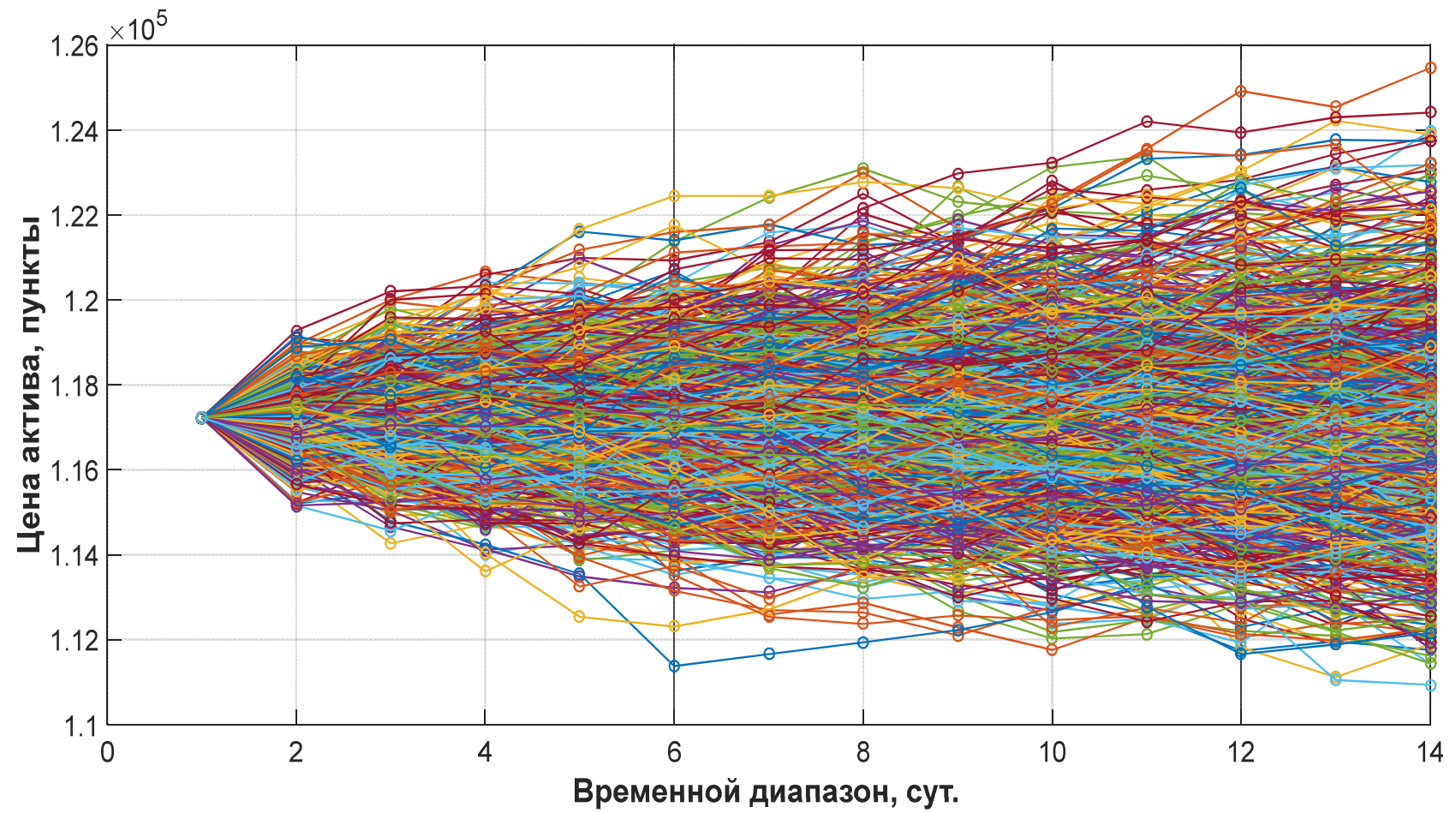


Рис. 4.1.2 - 1000 траекторий изменения цены базового актива

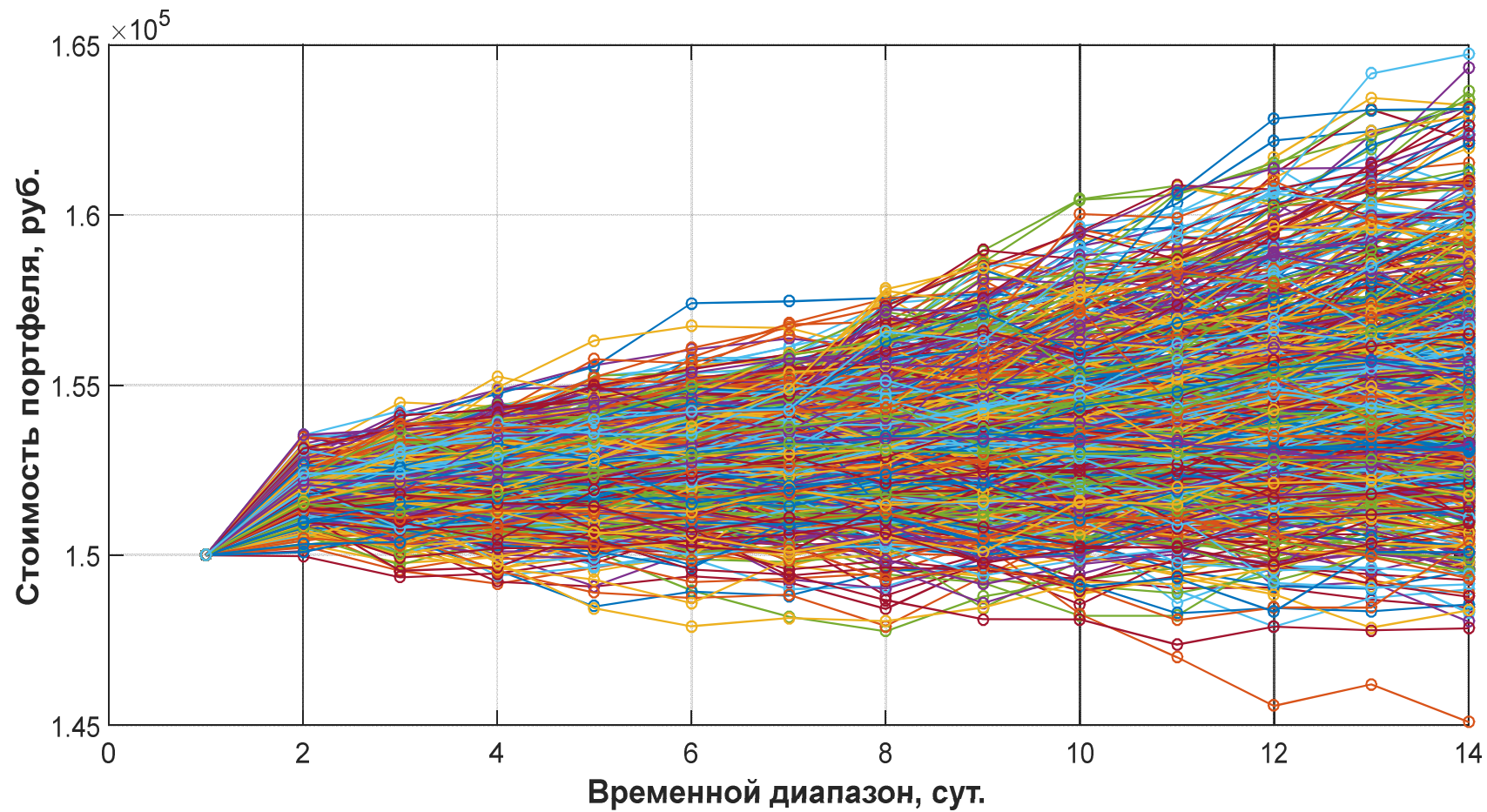


Рис. 4.1.3 - Имитационное моделирование управления опционным портфелем структурированного продукта

Рисунок 4.1.3 демонстрирует различные траектории изменения стоимости опционного портфеля в течение 14 дней. В 7-й день осуществляется переформирование портфеля. Результаты моделирования показали, что существует 30 из 1000 траекторий, согласно которым стоимость портфеля в момент экспирации продукта $\tau = 3$ (14-й день) опустилась ниже первоначальной стоимости портфеля в момент $\tau = 1$ (1-й день). Рисунок 4.1.4 является увеличенной частью графика рисунка 4.1.3, отображающей более наглядно численные значения стоимости опционного портфеля в момент экспирации продукта [158].

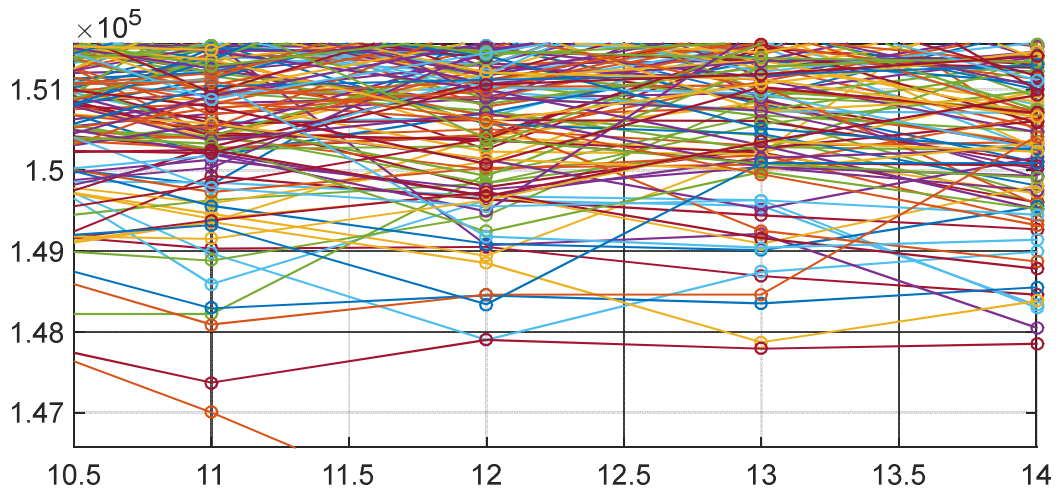


Рис. 4.1.4 - Увеличенная часть графика рисунка 4.2.3

Как видно из рисунков 4.1.3 и 4.1.4 один эксперимент показал снижение стоимости опционного портфеля до ≈ 14500 руб., для остальных 29 экспериментов стоимость портфеля оказалась в пределах $[147850; 150000]$ руб. Тогда наблюдаемый риск портфеля составляет $30/1000=0.03$. Средняя стоимость портфеля в момент экспирации: 155 750 руб. [158]

Рассмотрим один эксперимент более детально для анализа торговой стратегии. На рисунках 4.1.5 и 4.1.6 показаны траектории изменения цены базового актива и стоимости опционного портфеля структурированного продукта.

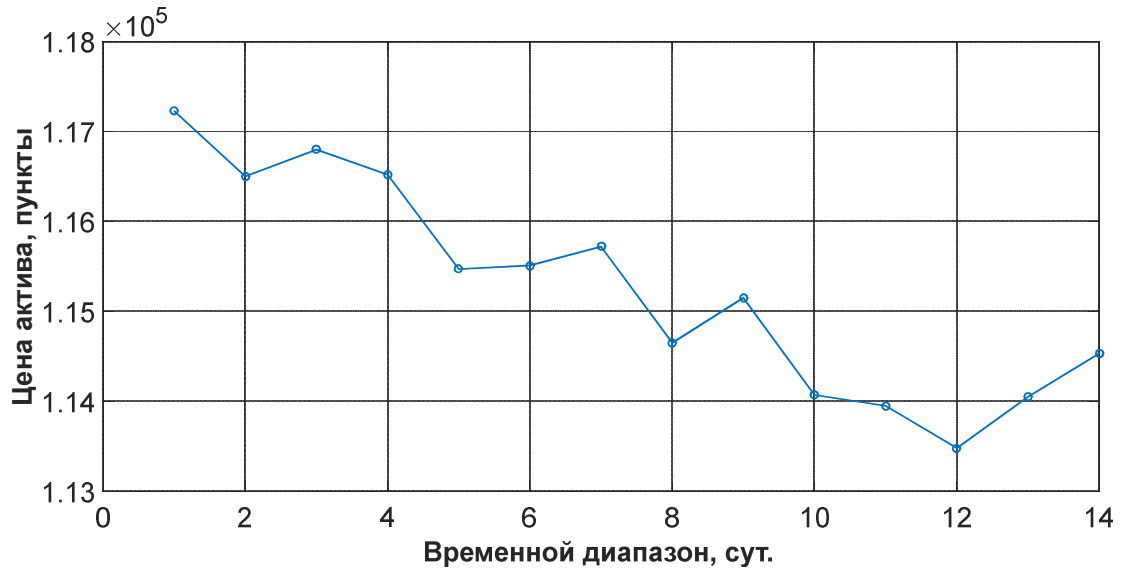


Рис. 4.1.5 - Изменение цены базового актива

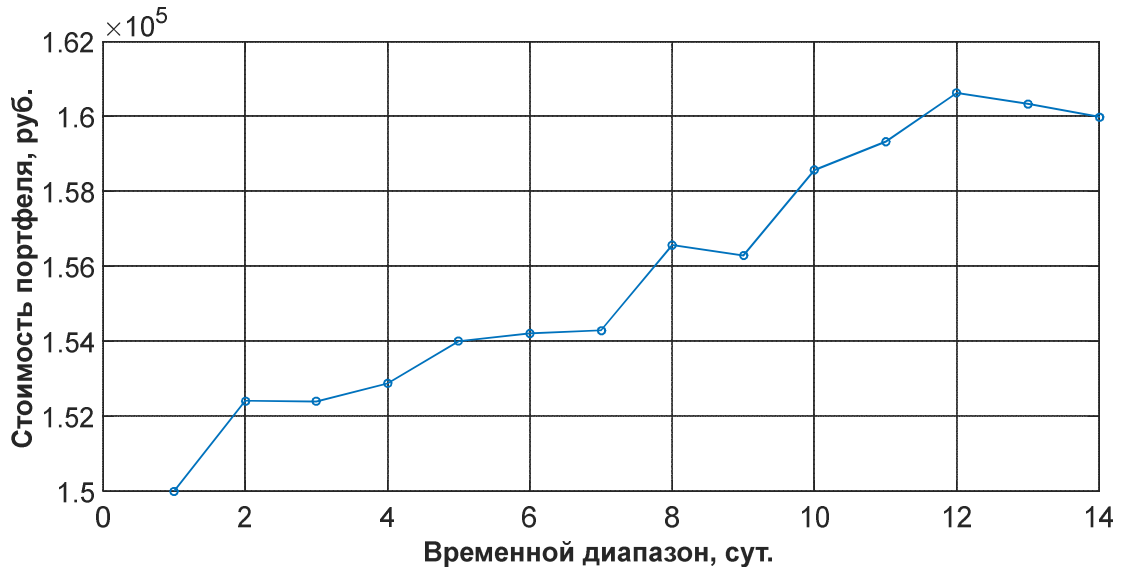


Рис. 4.1.6 - Изменения стоимости опционного портфеля

Согласно (83) ожидаемая годовая доходность портфеля с учетом срока экспирации равна 12.7%. В первый день цена индекса РТС составляла 117230 пунктов, стоимость портфеля определялась остатком счета. Риск опционного портфеля, найденный согласно критерию оптимизации, оказался равным $r^- = 2.51\%$. В таблице 4.1.4 указаны ненулевые позиции для покупки / продажи опционов, полученные в результате решения стохастической задачи с вероятностным ограничением.

Таблица 4.1.4 - Опционы для покупки / продажи на этапе $\tau = 1$.

Страйк	Тип	Цена	ГО	Было, контр.	Куплено, контр.	Продано, контр.
117500	call	3420	17795.09	0	0	9
122500	call	1360	11745.97	0	9	0

В день реформирования цена индекса РТС понизилась до значения 115720 пунктов, стоимость портфеля составила 154290 руб. В таблице 4.1.5 показаны результаты расчетов для проведения перестройки портфеля.

Таблица 4.1.5 - Опционы для покупки / продажи на этапе $\tau = 2$.

Страйк	Тип	Цена	ГО	Было, контр.	Куплено, контр.	Продано, контр.
117250	put	1645	12365.47	0	4	0
117500	call	3420	17795.09	-9	0	9
117500	put	3841.2	14778.59	0	0	4
122500	call	1360	11745.97	9	9	0

В день экспирации на этапе $\tau = 3$ цена индекса РТС составила 114530 пунктов. Согласно первоначальным условиям на данном этапе совершались офсетные сделки и фиксировался финансовый результат. Стоимость портфеля достигла значения $W_T = 159900$ руб., что при таком сценарии поведения цены актива, согласно (83), соответствует получению значительной доходности в размере $r^+ = 219.7$ % годовых.

Значимой характеристикой корректности получаемых результатов по предложенной модели является степень близости оценки наблюдаемого риска опционного портфеля, полученного при имитационном моделировании, к оценке ожидаемого риска, найденного при решении задачи с критерием оптимизации (82). Наблюдаемый риск составил 3%, ожидаемый риск: $r^- = 2.51$ %. Небольшое расхождение между данными величинами подтверждает хорошее качество аппроксимации непрерывного распределения вероятностей процесса изменения рыночной цены актива согласно дереву сценариев [158].

4.1.2 Моделирование процесса управления опционным портфелем без возможности его переформирования согласно динамической модели

Рассмотрим для сравнения результаты имитационного моделирования динамической модели управления опционным портфелем структурированного продукта без возможности переформирования. В этом случае модель можно называть статической, поскольку пересмотр портфеля не осуществляется.

Входные данные аналогичны предыдущему моделированию и представлены в таблице 4.1.1. Опционный портфель формировался в первый день и имел срок экспирации 14 дней. Таким образом, общее количество этапов $T = 2$ [158].

На рисунке 4.1.7 схематично представлено построенное дерево сценариев поведения цены базового актива на первом этапе. Первому этапу соответствует день первоначального формирования опционного портфеля. На втором этапе, т.е. в 14-й день, совершаются офсетные сделки и фиксируется финансовый результат. На дереве представлено 53 сценария.

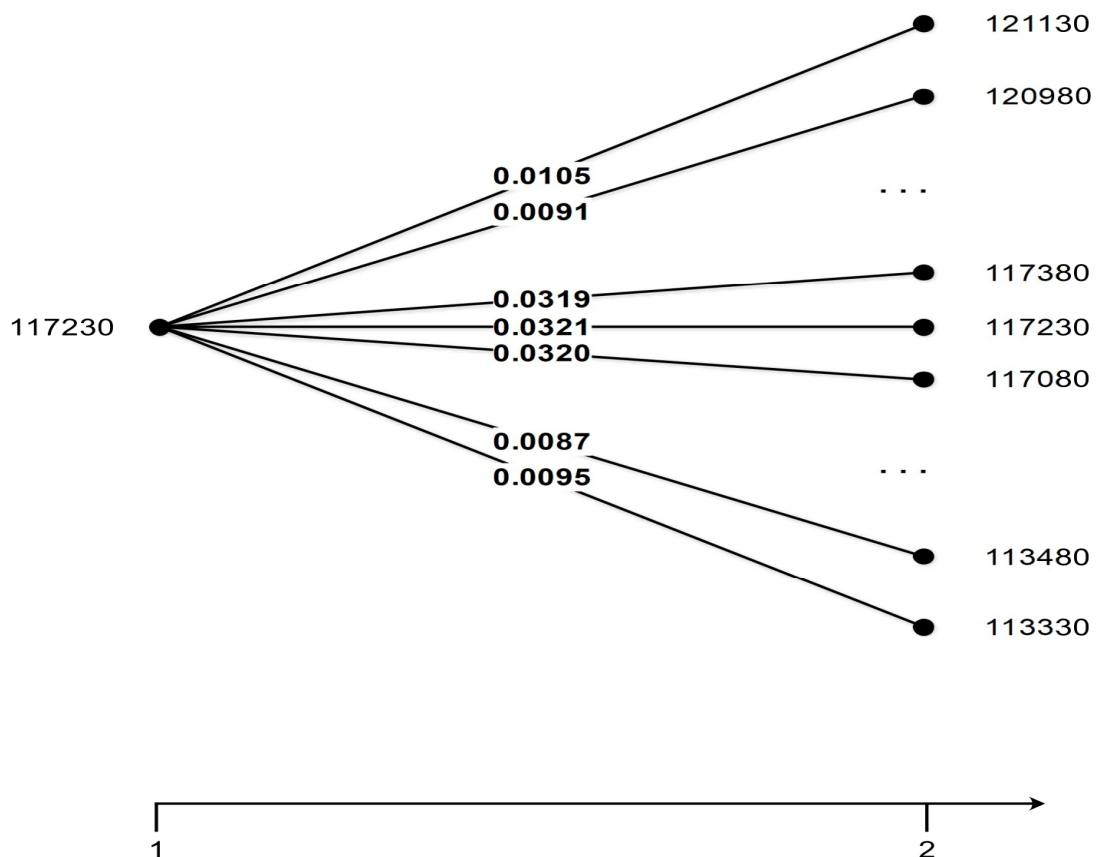


Рис. 4.1.7 - Дерево сценариев поведения цены базового актива, построенное в день формирования опционного портфеля.

Для формирования опционного портфеля структурированного продукта в 1-й день также необходимо реализовать этапы, описанные в таблице 4.1.2. В момент времени $\tau = 1$ формирования опционного портфеля задача стохастического программирования имела размерность, указанную в таблице 4.1.6.

Таблица 4.1.6 – Характеристики моделирования управления опционным портфелем [158]

Характеристики	Значение
Число ограничений	7 832
Количество переменных	10 389, среди них: 1908 целочисленные, 5194 булевые
Количество сценариев в момент формирования портфеля	53
Количество экспериментов	1000
Суммарные временные затраты	≈ 10 ч.

Временные затраты для проведения 1000 экспериментов (1-14 день) составили ≈ 10 ч. [158]. В связи с тем, что траектории изменения цены БА были получены с использованием генератора псевдослучайных чисел, поэтому они совпадают для обоих экспериментов (рис. 4.1.2).

На рисунке 4.1.8 представлены результаты имитационного моделирования управления опционным портфелем без его переформирования согласно динамической модели.

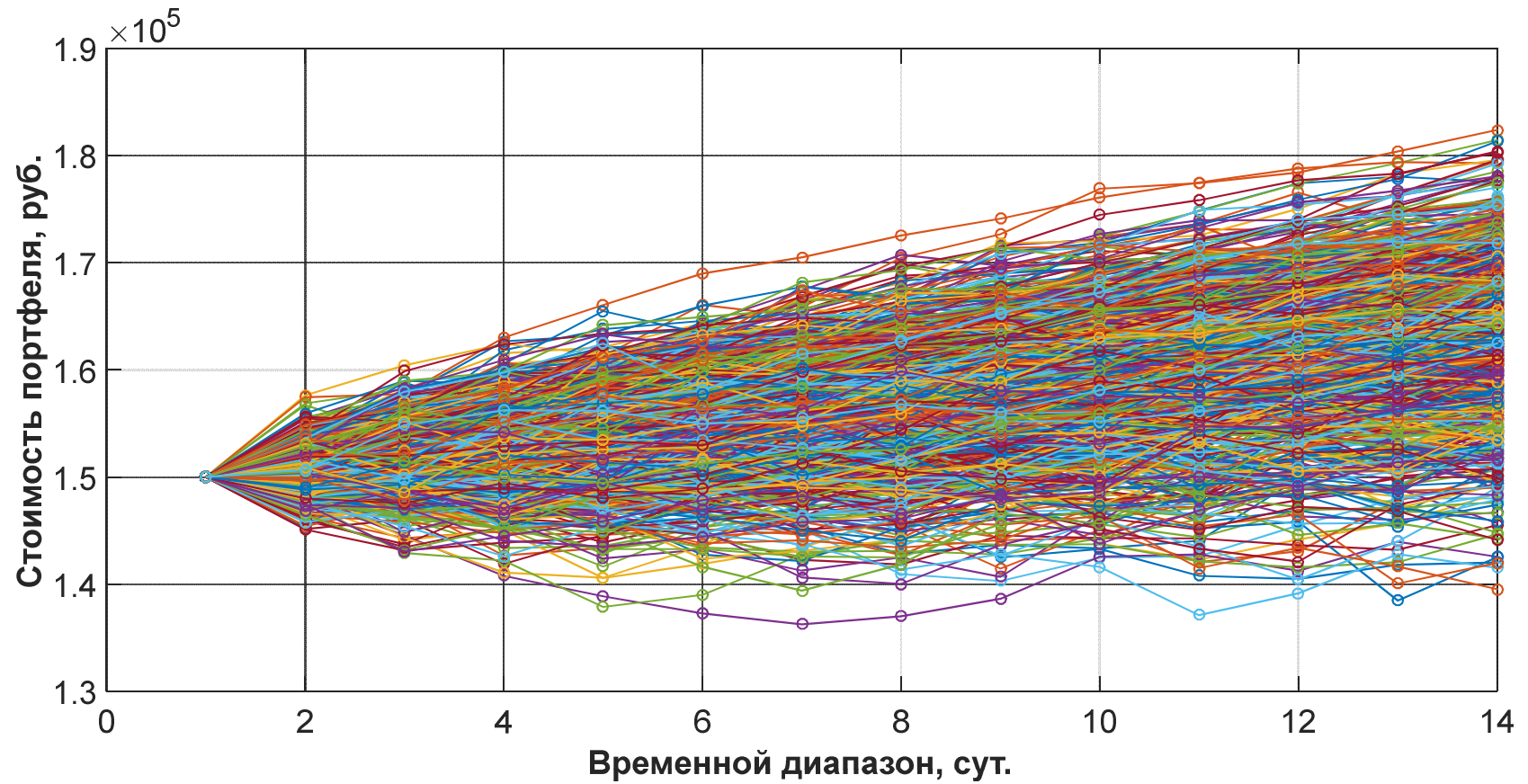


Рис. 4.1.8 - Имитационное моделирование управления опционным портфелем структурированного продукта без проведения перестроения

Рисунок 4.1.8 демонстрирует различные траектории изменения стоимости опционного портфеля в течение 14 дней. Переформирование портфеля не осуществляется. Результаты моделирования показали, что существует 49 из 1000 траекторий, согласно которым стоимость портфеля в момент экспирации продукта на этапе T (14-й день) опустилась ниже первоначальной стоимости портфеля в момент $\tau = 1$ (1-й день) [158].

В таблице 4.1.7 приведено сравнение количества прибыльных и убыточных позиций портфеля, которые можно наглядно увидеть из рисунков 4.1.3 и 4.1.8.

Таблица 4.1.7 - Сравнение позиций портфеля

Стоимость портфеля, W_T	Количество экспериментов	
	Модель с переформированием	Модель без переформирования
$W_T \geq u$	92.8 %	95.7 %
$A_0 \leq W_T \leq u$	4.2 %	0.2 %
$147\ 850 \leq W_T \leq A_0$	2.9 %	2.6 %
$145000 \leq W_T < 147850$	0.1 %	0.7 %
$140000 \leq W_T < 145000$	0 %	1.5 %
$W_T \approx 140\ 000$	0 %	0.1 %
Итого:	3 %	4.9 %

Как видно из таблицы 4.1.7, в случае использования динамической модели с переформированием только один эксперимент показал снижение стоимости опционного портфеля до ≈ 145000 руб., для остальных 29 экспериментов стоимость портфеля оказалась в пределах $[147\ 850 ; 150\ 000]$ руб. Однако в случае использования динамической модели без переформирования в 26-ти экспериментах стоимость портфеля оказалась в пределах $[147\ 850 ; 150\ 000]$ руб. и в 23-х экспериментах – в интервале $[140000 ; 147\ 850]$.

Рассмотрим один эксперимент более детально для анализа торговой стратегии. На рисунках 4.1.9 и 4.1.10 показаны траектории изменения цены базового актива и стоимости опционного портфеля структурированного продукта.

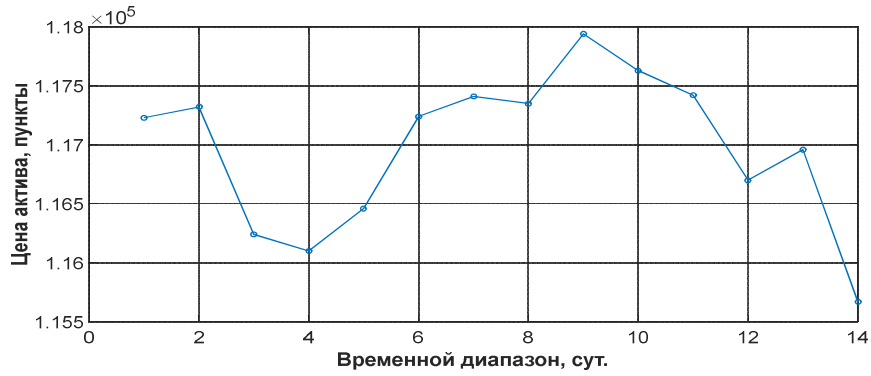


Рис. 4.1.9 - Изменение цены базового актива

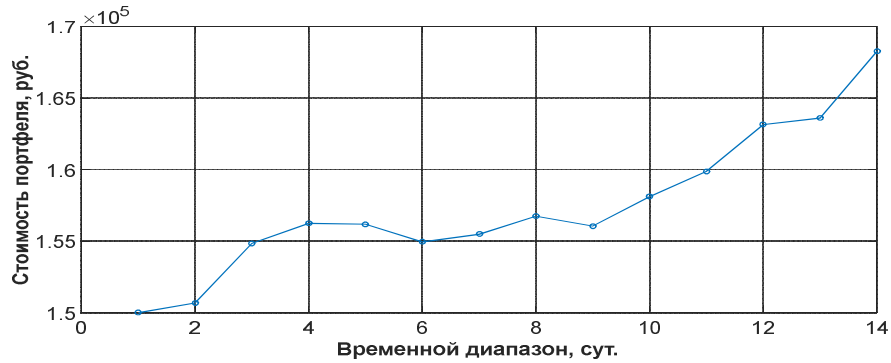


Рис. 4.1.10 - Изменение стоимости опционного портфеля

Согласно (83) ожидаемая годовая доходность портфеля с учетом срока экспирации равна 12.7 %. В первый день цена индекса РТС составляла 117230 пунктов, стоимость портфеля определялась остатком счета. Риск опционного портфеля, найденный согласно критерию оптимизации, оказался равным $r^- = 3.2\%$. В таблице 4.1.8 указаны ненулевые позиции для покупки / продажи опционов, полученные в результате решения стохастической задачи с вероятностным ограничением.

Таблица 4.1.8 - Опционы для покупки / продажи на этапе $\tau = 1$.

Страйк	Тип	Цена	ГО	Было, контр.	Куплено, контр.	Продано, контр.
117500	call	3420	17795.09	0	0	9
120000	call	2100	17249.61	0	0	9
122500	call	1270	16658.28	0	0	8

В день экспирации цена индекса РТС составила 115670 пунктов. Согласно первоначальным условиям на данном этапе совершались офсетные сделки и фиксировался финансовый результат. Стоимость портфеля достигла значения $W_T = 168270$ руб., что при таком сценарии поведения цены актива, согласно (83),

соответствует получению значительной доходности в размере $r^+ = 691.55\%$ годовых. Как было показано выше, наблюдаемый риск составил 4.9% (табл. 4.1.7), ожидаемый риск, согласно критерию оптимизации: $r^- = 3.2\%$.

Выводы и сравнение полученных результатов

В таблице 4.1.9 приведены основные результирующие показатели имитационного моделирования управления портфелем опционов с его переформированием (динамическое управление) и без переформирования (статическое управление) [158]. Наглядно видно, что средняя стоимость опционного портфеля значительно превышает величину u - заданную минимальную стоимость портфеля в момент времени T .

Таблица 4.1.9 – Сравнение результатов моделирования.

Выходные данные	Управление	
	Динамическое	Статическое
Число экспериментов	1000	1000
Общие временные затраты, ч.	≈ 40	≈ 10
Размерность задачи:		
- число ограничений	341 027	7 832
- число переменных	426 902	10 389
Количество сценариев в момент формирования портфеля	1457	53
Ожидаемая годовая доходность портфеля с учетом срока экспирации, %.	12.7	
Средняя стоимость портфеля в момент экспирации, руб.	155 750	161 660
Ожидаемый риск в момент формирования опционного портфеля, %	2.51	3.2
Наблюдаемый риск портфеля, %	3	4.9
Отклонение рисков (наблюдаемого от ожидаемого), %	0.49	1.7
Число ситуаций «margin call» $W_T \leq 146250$ (снижение на 2.5 %)	1	19

Средняя стоимость опционного портфеля, а также ожидаемый и наблюдаемый риски в случае статического управления выше по сравнению с динамическим. При этом можно заметить, что в случае динамического управления получилось достаточно малое отклонение наблюдаемого риска опционного портфеля от ожидаемого, что говорит о хорошем качестве аппроксимации непрерывного распределения вероятностей процесса изменения рыночной цены актива согласно дереву сценариев. В случае статического управления наблюдается большее отклонение равное 1.7%. Причиной этому послужило значительное число возникших ситуаций «margin call» - 19 для статического управления (в сравнении 1 – для динамического) [158].

Маржин колл («margin call») – ситуация снижения первоначальной стоимости портфеля. В данном исследовании при имитационном моделировании маржин колл соответствует уровню 2.5% (3750 руб. при начальной сумме инвестиций 150 тыс. руб.). Таким образом, данная ситуация наступает при остатке суммы на счете: 146 250 руб.

На основе проведенного анализа можно сделать вывод о превосходстве использования динамической модели с возможностью реформирования опционного портфеля. Пересмотр позволит учесть изменение размера общего гарантийного обеспечения портфеля и тем самым уменьшить вероятность наступления ситуации «margin call» [158].

4.2 Апробация статической модели формирования опционного портфеля структурированного продукта в торговом терминале Quik в режиме реального времени

Если инвестор самостоятельно выбирает сценарий поведения цены актива (рост, падение, колебание), то задачу формирования опционного портфеля структурированного продукта можно решить в соответствии со статической моделью. Однако данную модель более целесообразно применять для краткосрочного периода инвестирования. В таблице 4.2.1 приведены значения текущей и ожидаемой цен индекса РТС для трех сценариев.

Таблица 4.2.1 – Данные для формирования опционного портфеля

Показатель	Сценарий		
	Рост	Падение	Колебание
Базовый актив	Фьючерсный контракт на Индекс РТС		
Текущая цена актива, пункты	119 600		
Ожидаемая цена актива, пункты	121 000	118 500	119 500
Диапазон страйков	[115000; 125000]		

Для экспериментальной проверки работоспособности статической модели проведем формирование опционного портфеля структурированного продукта для каждого из трех сценариев. Задача решается в три основных этапа:

1) первоначальное формирование опционного портфеля. Данный этап включает решение задачи линейного программирования комбинаторного типа, состоящей из $2 \cdot n$ переменных (по n опционов колл и пут) [196]. Необходимо найти максимум целевой функции $J(M_e)$, представленной формулой (58), при заданном ряде ограничений в виде неравенств и равенств в начальный момент времени $\tau = 1$

2) формирование опционного портфеля в торговом терминале Quik путем осуществления заявок на покупку или продажу;

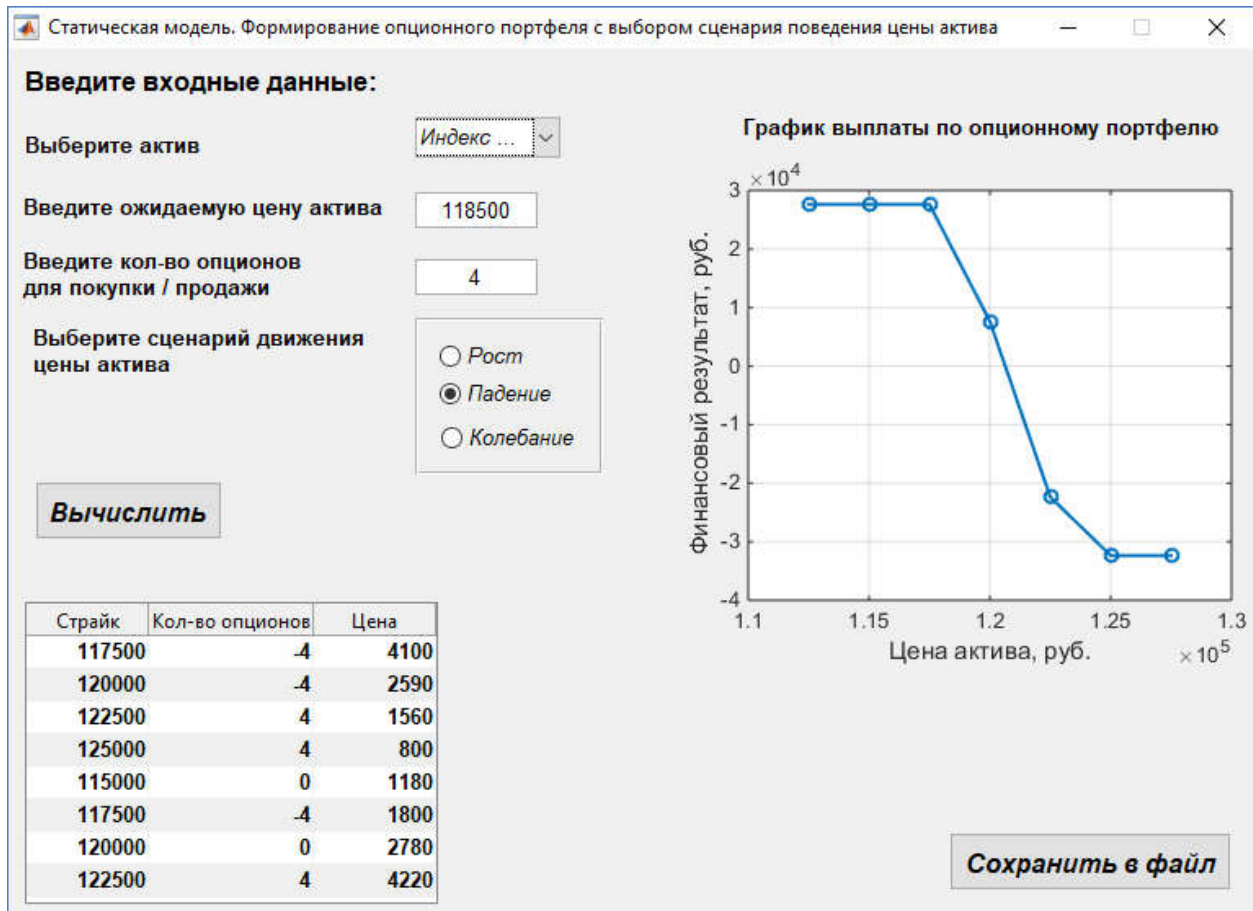
3) осуществление офсетных сделок - закрытие позиций по опционным контрактам, в том случае, если дата их экспирации не совпадает с периодом времени T .

Таким образом, на первом этапе нужно с помощью разработанного программного комплекса данной диссертационной работы рассчитать необходимое количество опционов для формирования портфеля.

4.2.1 Апробация статической модели формирования опционного портфеля, рассчитанного на падение цены базового актива, в торговом терминале Quik

На рисунке 4.2.1 показаны результаты расчетов разработанного программного приложения [203] на основе указанных входных данных в интерфейс, а также приведен ориентировочный график функции выплаты.

Рис. 4.2.1 – Интерфейс программного приложения для формирования опционного портфеля, рассчитанного на падение актива



В таблице 4.2.2 представлено найденное оптимальное количество опционов колл / пут для покупки (положительное значение) и продажи (отрицательное значение), а также их цены и размер гарантийного обеспечения.

Таблица 4.2.2 – Данные для формирования портфеля, рассчитанного на падение цены базового актива

Опцион call			Страйк	Опцион put		
Кол-во	Цена	ГО		Кол-во	Цена	ГО
0	-	-	115000	0	-	-
- 4	4100	17639.5	117500	- 4	1800	15326.37
- 4	2590	17050.18	120000	0	-	-
4	1560	11836.05	122500	4	4220	14927.74
4	800	10625.63	125000	0	-	-

На втором этапе происходило формирование портфеля в торговом терминале Quik в режиме реального времени. На рисунках 4.2.2, 4.2.3 показаны выставленные

заявки для необходимой операции (покупка / продажа) по соответствующей цене. Исполненные заявки переходят в таблицу сделок (рис. 4.2.3)

Номер	Код клиента	Выставлена	Дата	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	Состояние
1	151 022 867	SPBFUT00g68 9:22:08	25.02.2019	RIH9 210319C	Продажа	SPBFUT00g68	4 100	4	Исполнена
2	151 022 870	SPBFUT00g68 9:22:24	25.02.2019	RIH9 210319C	Продажа	SPBFUT00g68	2 590	4	Исполнена
3	151 022 871	SPBFUT00g68 9:22:34	25.02.2019	RIH9 210319C	Купля	SPBFUT00g68	1 560	4	Исполнена
4	151 022 874	SPBFUT00g68 9:22:43	25.02.2019	RIH9 210319C	Купля	SPBFUT00g68	800	4	Снята
5	151 022 875	SPBFUT00g68 9:23:18	25.02.2019	RIH9 210319C	Купля	SPBFUT00g68	830	2	Исполнена
6	151 022 876	SPBFUT00g68 9:23:38	25.02.2019	RIH9 210319P	Продажа	SPBFUT00g68	1 780	4	Исполнена
7	151 022 877	SPBFUT00g68 9:23:53	25.02.2019	RIH9 210319P	Купля	SPBFUT00g68	4 220	4	Исполнена

Рис. 4.2.2 – Таблица заявок в терминале Quik в момент формирования портфеля

Номер	Код клиента	Время	Дата сделки	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во
1	15 330 790	SPBFUT00g68 9:22:08	25.02.2019	RIH9 210319C 117500M	Продажа	SPBFUT00g68	4 100	4
2	15 330 791	SPBFUT00g68 9:22:24	25.02.2019	RIH9 210319C 120000M	Продажа	SPBFUT00g68	2 590	4
3	15 330 792	SPBFUT00g68 9:22:34	25.02.2019	RIH9 210319C 122500M	Купля	SPBFUT00g68	1 560	4
4	15 330 793	SPBFUT00g68 9:22:43	25.02.2019	RIH9 210319C 125000M	Купля	SPBFUT00g68	800	2
5	15 330 794	SPBFUT00g68 9:23:18	25.02.2019	RIH9 210319C 125000M	Купля	SPBFUT00g68	830	2
6	15 330 795	SPBFUT00g68 9:23:38	25.02.2019	RIH9 210319P 117500M	Продажа	SPBFUT00g68	1 780	4
7	15 330 796	SPBFUT00g68 9:23:53	25.02.2019	RIH9 210319P 122500M	Купля	SPBFUT00g68	4 220	4

Рис. 4.2.3 – Таблица сделок в терминале Quik в момент формирования портфеля

Для проведения каждой сделки на счете резервируется денежная сумма в качестве гарантийного обеспечения. Размеры гарантийного обеспечения для опционов колл и пут представлены на рисунках 4.2.4 и 4.2.5.

Страйк	Предл.	Спрос	БГОНП	ГО покупателя	Теор. цена	
RIH9 210319C 110000	110 000	13 290	1 650	18 989,75	17 199,28	14 670
RIH9 210319C 112500	112 500	70 000	1 040	18 612,77	16 293,05	13 090
RIH9 210319C 115000	115 000	5 970	5 720	18 177,37	15 296,55	11 610
RIH9 210319C 117500	117 500	4 250	4 100	17 639,50	14 232,72	10 250
RIH9 210319C 120000	120 000	2 660	2 590	17 050,18	13 058,50	9 010
RIH9 210319C 122500	122 500	1 560	1 430	16 424,25	11 836,05	7 870
RIH9 210319C 125000	125 000	850	770	15 753,77	10 625,63	6 840
RIH9 210319C 127500	127 500	390	340	15 046,30	9 429,01	5 910
RIH9 210319C 130000	130 000	190	150	14 273,12	8 244,49	5 030

Рис. 4.2.4 – Таблица размеров гарантийного обеспечения для опционов колл в торговом терминале Quik

		Страйк	Предл.	Спрос	БГОНП	ГО покупателя	Теор. цена
RIH9	210319P	107 500	300	280	11 622,73	6 855,07	4 180
RIH9	210319P	110 000	470	440	12 433,94	7 962,08	4 980
RIH9	210319P	112 500	740	720	13 236,37	9 133,14	5 900
RIH9	210319P	115 000	1 220	1 100	14 006,37	10 357,25	6 920
RIH9	210319P	117 500	1 870	1 780	14 689,41	11 605,45	8 060
RIH9	210319P	120 000	2 860	2 780	15 326,37	12 778,26	9 320
RIH9	210319P	122 500	4 220	4 140	15 923,00	13 882,09	10 680
RIH9	210319P	125 000	6 080	5 670	16 464,88	14 927,74	12 150

Рис. 4.2.5 – Таблица данных для опционов колл в торговом терминале Quik

Количество купленных (проданных) опционов можно посмотреть на рис. 4.2.6 в колонке «Тек. чист. поз.» (текущие чистые позиции).

	Торговый счет	Код инструмента	Вариант маржа	Суммарная в.	Эффект. цена поз.	Тек. чист. поз.	Вход. чист. поз.	Тек. кор. поз.	Тек. длин. поз.	Вход. длин. поз.	Вход. кор. поз.
1	SPBFUT00g68	RI117500BC9	-32 782,90	0,00	4 100	-4	0	4	0	0	0
2	SPBFUT00g68	RI120000BC9	-34 222,14	0,00	2 590	-4	0	4	0	0	0
3	SPBFUT00g68	RI122500BC9	33 635,78	0,00	1 560	4	0	0	4	0	0
4	SPBFUT00g68	RI125000BC9	32 169,88	0,00	815	4	0	0	4	0	0
5	SPBFUT00g68	RIH9	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0
6	SPBFUT00g68	RI117500BO9	-33 475,87	0,00	1 780	-4	0	4	0	0	0
7	SPBFUT00g68	RI122500BO9	34 435,37	0,00	4 220	4	0	0	4	0	0

Рис. 4.2.6 – Позиции по торговому счету в Quik

На третьем этапе осуществлялось закрытие сделок и фиксирование финансового результата. На рисунках 4.2.7, 4.2.8 показаны таблицы офсетных заявок и сделок с соответствующими ценами покупки (продажи).

	Номер	Код клиента	Выставлена	Дата	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	Состояние
1	157 336 061	SPBFUT00g68	12:04:03	28.02.2019	RIH9 210319C	Купля	SPBFUT00g68	3 030	4	Исполнена
2	157 336 589	SPBFUT00g68	12:04:18	28.02.2019	RIH9 210319C	Купля	SPBFUT00g68	1 730	4	Исполнена
3	157 337 367	SPBFUT00g68	12:04:42	28.02.2019	RIH9 210319C	Продажа	SPBFUT00g68	850	4	Исполнена
4	157 337 958	SPBFUT00g68	12:05:01	28.02.2019	RIH9 210319C	Продажа	SPBFUT00g68	370	4	Исполнена
5	157 338 854	SPBFUT00g68	12:05:28	28.02.2019	RIH9 210319P	Купля	SPBFUT00g68	2 190	4	Исполнена
6	157 339 708	SPBFUT00g68	12:05:58	28.02.2019	RIH9 210319P	Продажа	SPBFUT00g68	4 870	4	Исполнена

Рис. 4.2.7 – Таблица заявок в терминале Quik в момент формирования портфеля

	Номер	Код клиента	Время	Дата сделки	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во
1	15 784 911	SPBFUT00g68	12:04:03	28.02.2019	RIH9 210319C 117500M	Купля	SPBFUT00g68	3 030	4
2	15 784 944	SPBFUT00g68	12:04:18	28.02.2019	RIH9 210319C 120000M	Купля	SPBFUT00g68	1 730	4
3	15 785 020	SPBFUT00g68	12:04:42	28.02.2019	RIH9 210319C 122500M	Продажа	SPBFUT00g68	850	4
4	15 785 052	SPBFUT00g68	12:05:01	28.02.2019	RIH9 210319C 125000M	Продажа	SPBFUT00g68	370	4
5	15 785 141	SPBFUT00g68	12:05:33	28.02.2019	RIH9 210319P 117500M	Купля	SPBFUT00g68	2 190	4
6	15 785 192	SPBFUT00g68	12:05:58	28.02.2019	RIH9 210319P 122500M	Продажа	SPBFUT00g68	4 870	4

Рис. 4.2.8 – Таблица сделок в терминале Quik в момент формирования портфеля

4.2.2 Апробация статической модели формирования опционного портфеля, рассчитанного на рост цены базового актива, в торговом терминале Quik

На рисунке 4.2.9 показаны результаты расчетов разработанного программного приложения [203] на основе указанных входных данных в интерфейс, а также приведен ориентировочный график функции выплаты.

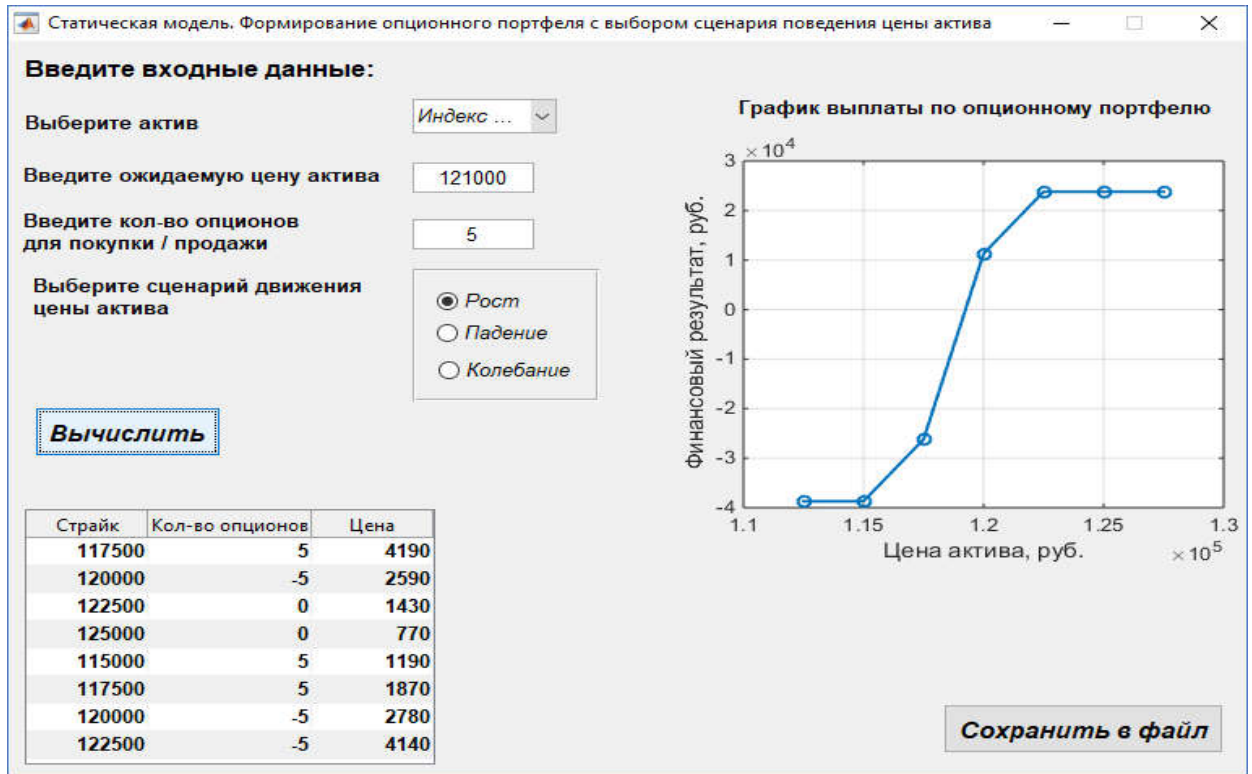


Рис. 4.2.9 – Интерфейс программного приложения для формирования опционного портфеля, рассчитанного на падение актива

В таблице 4.2.3 представлено найденное оптимальное количество опционов колл / пут для покупки (положительное значение) и продажи (отрицательное значение), а также их цены и размер гарантийного обеспечения.

Таблица 4.2.3 - Количество опционов для формирования портфеля, рассчитанного на рост цены базового актива

Опцион call			Страйк	Опцион put		
Кол-во	Цена	ГО		Кол-во	Цена	ГО
0	-	-	115000	5	1190	11605.45
5	4190	14232.72	117500	5	1870	12778.26
- 5	2590	17050.18	120000	-5	2780	15923
0	-	-	122500	-5	4140	16464.88
0	-	-	125000	0	-	-

На втором этапе происходило формирование портфеля в торговом терминале Quik в режиме реального времени. На рисунке 4.2.10 показаны реализованные сделки (покупка / продажа) по соответствующей цене.

Номер	Код клиента	Время	Дата сделки	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во
1	15 330 748	9:14:54	25.02.2019	RIH9 210319C 117500M	Купля	SPBFUT00g67	4 250	5
2	15 330 753	9:15:17	25.02.2019	RIH9 210319C 120000M	Продажа	SPBFUT00g67	2 590	5
3	15 330 758	9:15:35	25.02.2019	RIH9 210319P 115000M	Купля	SPBFUT00g67	1 220	5
4	15 330 765	9:15:47	25.02.2019	RIH9 210319P 117500M	Купля	SPBFUT00g67	1 870	5
5	15 330 768	9:15:57	25.02.2019	RIH9 210319P 120000M	Продажа	SPBFUT00g67	2 780	5
6	15 330 771	9:16:11	25.02.2019	RIH9 210319P 122500M	Продажа	SPBFUT00g67	4 140	5

Рис. 4.2.10 – Таблица сделок в торговом терминале Quik в момент формирования портфеля

Для проведения каждой сделки на счете резервируется денежная сумма в качестве гарантийного обеспечения. Размеры гарантийного обеспечения для опционов колл и пут представлены на рисунках 4.2.4 и 4.2.5.

Количество купленных (проданных) опционов можно посмотреть на рис. 4.2.11 в колонке «Тек. чист. поз.» (текущие чистые позиции).

Торговый счет	Код инструмента	Вариант	Маржа	Суммарная в.	Эффект.	цена поз.	Тек. чист. поз.	Вход. чист. поз.	Тек. кор. поз.	Тек. длин. поз.	Вход. длин. поз.	Вход. кор. поз.
1	SPBFUT00g67	RI117500BC9	38 979,66	0,00	4 250	5	0	0	5	10	0	0
2	SPBFUT00g67	RIH9	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0
3	SPBFUT00g67	RI120000BC9	-42 777,68	0,00	2 590	-5	0	0	0	0	0	0
4	SPBFUT00g67	RI115000BO9	37 980,18	0,00	1 220	5	0	0	0	5	0	0
5	SPBFUT00g67	RI117500BO9	41 245,14	0,00	1 870	5	0	0	0	5	0	0
6	SPBFUT00g67	RI120000BO9	-43 577,26	0,00	2 780	-5	0	0	5	0	0	0
7	SPBFUT00g67	RI122500BO9	-43 577,26	0,00	4 140	-5	0	0	5	0	0	0

Рис. 4.2.11 – Позиции по торговому счету в Quik

На третьем этапе осуществлялось закрытие сделок и фиксирование финансового результата. На рисунках 4.2.12, 4.2.13 показаны таблицы офсетных заявок и сделок с соответствующими ценами покупки (продажи).

Номер	Код клиента	Выставлена	Дата	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	Состояние	
1	171 554 942	21:55:11	12.03.2019	RI115000BO9	PUT	Продажа	SPBFUT00g67	500	5	Исполнена
2	171 555 113	21:55:27	12.03.2019	RI117500BO9	PUT	Продажа	SPBFUT00g67	1 100	5	Исполнена
3	171 555 236	21:55:41	12.03.2019	RI120000BO9	PUT	Купля	SPBFUT00g67	2 350	5	Исполнена
4	171 555 410	21:56:01	12.03.2019	RI117500BC9	CALL	Продажа	SPBFUT00g67	2 050	5	Исполнена
5	171 555 590	21:56:17	12.03.2019	RI120000BC9	CALL	Купля	SPBFUT00g67	790	2	Исполнена
6	171 555 634	21:56:22	12.03.2019	RI120000BC9	CALL	Купля	SPBFUT00g67	800	3	Исполнена
7	171 556 403	21:57:22	12.03.2019	RI122500BO9	PUT	Купля	SPBFUT00g67	4 300	5	Исполнена

Рис. 4.2.12 – Таблица заявок в торговом терминале Quik в момент формирования портфеля

Номер	Код клиента	Время	Дата сделки	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	
1	16 832 169	SPBFUT00g67	21:55:11	12.03.2019	RI115000BO9 PUT	Продажа	SPBFUT00g67	500	5
2	16 832 181	SPBFUT00g67	21:55:27	12.03.2019	RI117500BO9 PUT	Продажа	SPBFUT00g67	1 100	5
3	16 832 209	SPBFUT00g67	21:55:41	12.03.2019	RI120000BO9 PUT	Купля	SPBFUT00g67	2 350	5
4	16 832 233	SPBFUT00g67	21:56:01	12.03.2019	RI117500BC9 CALL	Продажа	SPBFUT00g67	2 050	5
5	16 832 248	SPBFUT00g67	21:56:17	12.03.2019	RI120000BC9 CALL	Купля	SPBFUT00g67	790	2
6	16 832 253	SPBFUT00g67	21:56:22	12.03.2019	RI120000BC9 CALL	Купля	SPBFUT00g67	800	3
7	16 832 340	SPBFUT00g67	21:57:22	12.03.2019	RI122500BO9 PUT	Купля	SPBFUT00g67	4 300	5

Рис. 4.2.13 – Таблица сделок в торговом терминале Quik в момент формирования портфеля

4.2.3 Апробация статической модели формирования опционного портфеля, рассчитанного на колебание цены базового актива, в торговом терминале Quik

На рисунке 4.2.14 показаны результаты расчетов разработанного программного приложения [203] на основе указанных входных данных в интерфейс, а также приведен ориентировочный график функции выплаты.

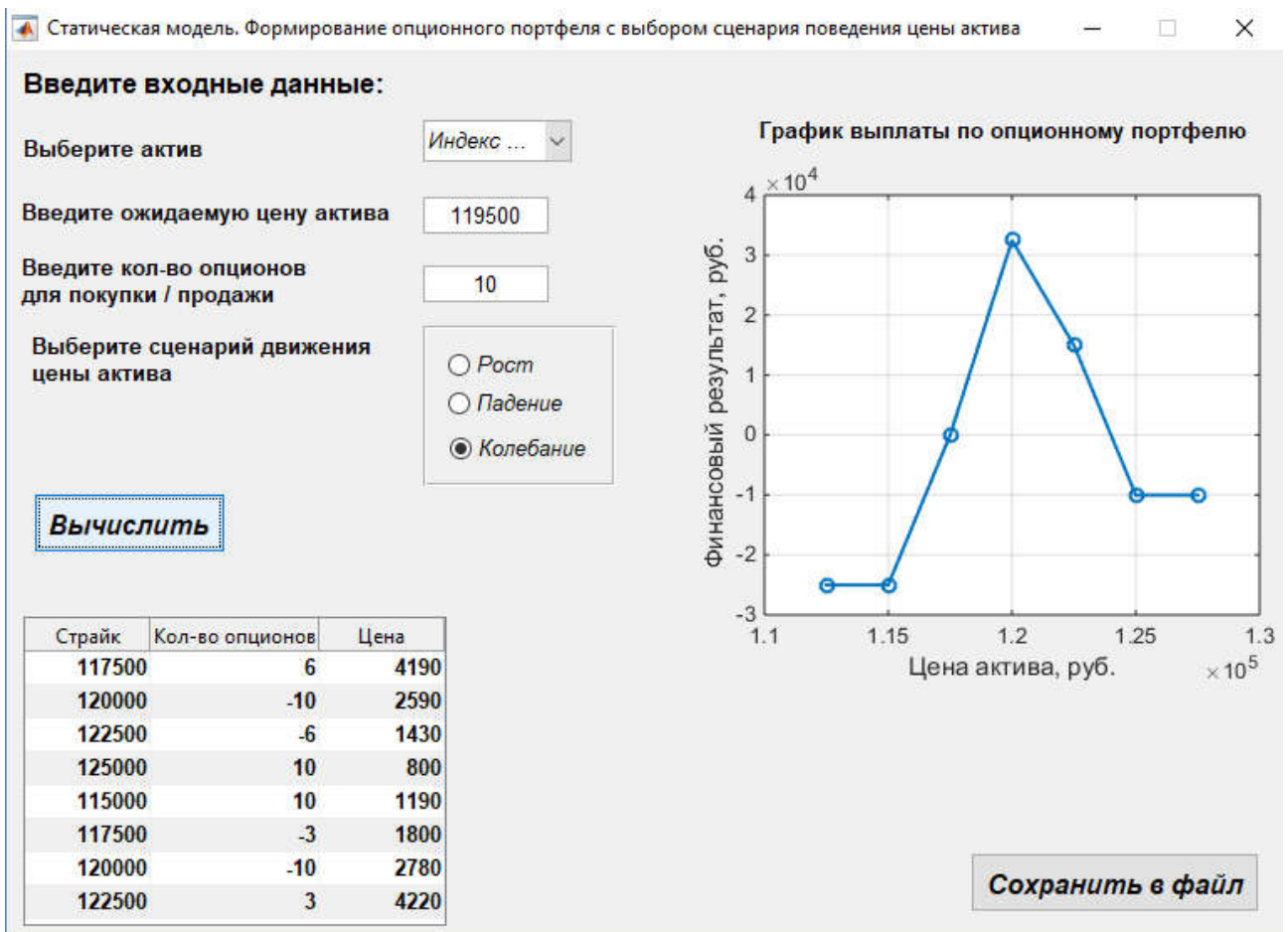


Рис. 4.2.14 – Интерфейс программного приложения для формирования опционного портфеля, рассчитанного на падение актива

В таблице 4.2.4 представлено найденное оптимальное количество опционов колл / пут для покупки (положительное значение) и продажи (отрицательное значение), а также их цены и размер гарантийного обеспечения.

Таблица 4.2.4 - Количество опционов для формирования портфеля, рассчитанного на колебание цены базового актива

Опцион call			Страйк	Опцион put		
Кол-во	Цена	ГО		Кол-во	Цена	ГО
0	-	-	115000	10	1190	10357.25
6	4190	14232.72	117500	-3	1800	14689.41
- 10	2590	17050.18	120000	-10	2780	15326.37
-6	1430	16424.25	122500	3	4220	15923
10	800	10625.63	125000	0	-	-

На втором этапе происходило формирование портфеля в торговом терминале Quik в режиме реального времени. На рисунке 4.2.15 показаны реализованные сделки (покупка / продажа) по соответствующей цене. Размеры гарантийного обеспечения для опционов колл и пут представлены на рисунках 4.2.4 и 4.2.5.

Номер	Код клиента	Время	Дата сделки	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	
1	15 330 724	SPBFUT00g66	9:01:29	25.02.2019	RIH9 210319C 117500M	Купля	SPBFUT00g66	4 250	6
2	15 330 725	SPBFUT00g66	9:01:58	25.02.2019	RIH9 210319C 120000M	Продажа	SPBFUT00g66	2 590	10
3	15 330 726	SPBFUT00g66	9:02:17	25.02.2019	RIH9 210319C 122500M	Продажа	SPBFUT00g66	1 430	6
4	15 330 727	SPBFUT00g66	9:02:41	25.02.2019	RIH9 210319C 125000M	Купля	SPBFUT00g66	800	10
5	15 330 728	SPBFUT00g66	9:03:07	25.02.2019	RIH9 210319P 115000M	Купля	SPBFUT00g66	1 190	4
6	15 330 729	SPBFUT00g66	9:03:13	25.02.2019	RIH9 210319P 115000M	Купля	SPBFUT00g66	1 220	6
7	15 330 730	SPBFUT00g66	9:03:29	25.02.2019	RIH9 210319P 117500M	Продажа	SPBFUT00g66	1 780	3
8	15 330 731	SPBFUT00g66	9:03:47	25.02.2019	RIH9 210319P 120000M	Продажа	SPBFUT00g66	2 780	10
9	15 330 732	SPBFUT00g66	9:03:57	25.02.2019	RIH9 210319P 122500M	Купля	SPBFUT00g66	4 220	3

Рис. 4.2.15 – Таблица сделок в торговом терминале Quik в момент формирования портфеля

Количество купленных (проданных) опционов можно посмотреть на рис. 4.2.16 в колонке «Тек. чист. поз.» (текущие чистые позиции).

Торговый счет	Код инструмента	Вариант	Маржа	Суммарная в.	Эффект	Цена поз.	Тек. чист. поз.	Вход. чист. поз.	Тек. кор. поз.	Тек. длин. поз.	Вход. длин. поз.	Вход. кор. поз.
1	SPBFUT00g66	RI117500BC9	47 974,97	0,00	4 250	6	0	0	0	6	0	0
2	SPBFUT00g66	RI120000BC9	-85 555,36	0,00	2 590	-10	0	10	0	0	0	0
3	SPBFUT00g66	RIH9	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0
4	SPBFUT00g66	RI122500BC9	-51 493,14	0,00	1 430	-6	0	6	0	0	0	0
5	SPBFUT00g66	RI125000BC9	80 491,34	0,00	800	10	0	0	0	10	0	0
6	SPBFUT00g66	RI115000BO9	76 120,28	0,00	1 208	10	0	0	0	10	0	0
7	SPBFUT00g66	RI117500BO9	-25 106,90	0,00	1 780	-3	0	3	0	0	0	0
8	SPBFUT00g66	RI120000BO9	-87 154,52	0,00	2 780	-10	0	10	0	0	0	0
9	SPBFUT00g66	RI122500BO9	25 826,52	0,00	4 220	3	0	0	0	3	0	0

Рис. 4.2.16 – Позиции по торговому счету в Quik

На третьем этапе осуществлялось закрытие сделок и фиксирование финансового результата. На рисунках 4.2.17, 4.2.18 показаны таблицы офсетных заявок и сделок с соответствующими ценами покупки (продажи).

№	Номер	Код клиента	Выставлена	Дата	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	Состояние
1	164 699 672	SPBFUT00g66	13:29:40	06.03.2019	RI115000BO9 PUT	Продажа	SPBFUT00g66	740	10	Исполнена
2	164 700 867	SPBFUT00g66	13:30:06	06.03.2019	RI120000BC9 CALL	Купля	SPBFUT00g66	1 530	10	Исполнена
3	164 702 041	SPBFUT00g66	13:30:27	06.03.2019	RI117500BO9 PUT	Купля	SPBFUT00g66	1 410	3	Исполнена
4	164 702 894	SPBFUT00g66	13:30:48	06.03.2019	RI117500BC9 CALL	Продажа	SPBFUT00g66	2 950	6	Исполнена
5	164 704 185	SPBFUT00g66	13:31:21	06.03.2019	RI120000BO9 PUT	Купля	SPBFUT00g66	2 480	10	Исполнена
6	164 705 173	SPBFUT00g66	13:31:46	06.03.2019	RI122500BC9 CALL	Купля	SPBFUT00g66	660	6	Исполнена
7	164 705 746	SPBFUT00g66	13:32:02	06.03.2019	RI122500BO9 PUT	Продажа	SPBFUT00g66	3 970	3	Исполнена
8	164 709 435	SPBFUT00g66	13:33:30	06.03.2019	RI125000BC9 CALL	Продажа	SPBFUT00g66	220	10	Исполнена

Рис. 4.2.17 – Таблица заявок в торговом терминале Quik в момент формирования портфеля

№	Номер	Код клиента	Время	Дата сделки	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во
1	16 351 659	SPBFUT00g66	13:29:40	06.03.2019	RI115000BO9 PUT	Продажа	SPBFUT00g66	740	10
2	16 351 771	SPBFUT00g66	13:30:06	06.03.2019	RI120000BC9 CALL	Купля	SPBFUT00g66	1 530	10
3	16 351 885	SPBFUT00g66	13:30:27	06.03.2019	RI117500BO9 PUT	Купля	SPBFUT00g66	1 410	3
4	16 352 001	SPBFUT00g66	13:30:48	06.03.2019	RI117500BC9 CALL	Продажа	SPBFUT00g66	2 950	6
5	16 352 139	SPBFUT00g66	13:31:21	06.03.2019	RI120000BO9 PUT	Купля	SPBFUT00g66	2 480	10
6	16 352 210	SPBFUT00g66	13:31:46	06.03.2019	RI122500BC9 CALL	Купля	SPBFUT00g66	660	6
7	16 352 246	SPBFUT00g66	13:32:02	06.03.2019	RI122500BO9 PUT	Продажа	SPBFUT00g66	3 970	2
8	16 352 336	SPBFUT00g66	13:32:28	06.03.2019	RI122500BO9 PUT	Продажа	SPBFUT00g66	3 970	1
9	16 352 543	SPBFUT00g66	13:33:30	06.03.2019	RI125000BC9 CALL	Продажа	SPBFUT00g66	220	10

Рис. 4.2.18 – Таблица сделок в торговом терминале Quik в момент формирования портфеля

Выводы и сравнение полученных результатов

Согласно статической модели были построены три опционных портфеля структурированного продукта со сценариями падения, роста и колебания цены БА. Срок инвестирования предполагался краткосрочным (до 16 дней). Полученное в разработанном программном комплексе оптимальное количество опционов использовалось для осуществления сделок в торговом терминале Quik [200] в режиме реального времени.

На момент первоначального формирования портфелей цена закрытия индекса РТС составляла 119 600 пунктов. Сценарий падения цены оправдался через четыре дня после первоначального формирования опционного портфеля. Зафиксирована положительная доходность в размере 108.29 % годовых. В таблице 4.2.5 приведены основные результирующие показатели формирования опционных портфелей, рассчитанных на падение, рост и колебание цены БА.

Таблица 4.2.5 – Результирующие финансовые показатели опционных портфелей

Величина	Сценарий поведения БА		
	Падение	Рост	Колебание
Гарантийное обеспечение, руб.	349620	440270	809370
Сумма, потраченная на покупку опционов, руб.	26380	36700	58240
Сумма, полученная от продажи опционов, руб.	33880	47550	67620
Финансовый результат после формирования опционного портфеля, руб.	7500	10850	9380
Финансовый результат после совершения офсетных сделок, руб.	4060	- 8130	300
Сумма для формирования портфеля, руб.	342120	429420	799 990
Срок инвестирования, сут.	4	16	10
Доходность / убыток, % годовых	+ 108.29 %	- 43.19 %	+ 1.37 %

Через десять дней были совершены офсетные сделки для портфеля со сценарием колебания цены БА. Третий портфель, ориентированный на рост цены БА, показал отрицательную доходность (43.19 % годовых) по прошествии срока инвестирования, так как цена индекса РТС оказалась на уровне 118 540 пунктов. При этом убыток оказался равным 8130 руб., что является допустимым уровнем риска денежными средствами, исходя из построенной функции денежной выплаты в случае нереализации предполагаемого сценария поведения цены БА (рис. 4.2.9).

Из таблицы 4.2.5 наглядно видно, что опционный портфель, ориентированный на колебание цены БА имеет наибольшую сумму для формирования портфеля. Это объясняется двумя причинами: 1) для реализации такого сценария было указано наибольшее количество опционов для покупки / продажи (рис. 4.2.14) в сравнении с входными данными других портфелей (рис. 4.2.1 и 4.2.9); 2) сценарий предполагает построение сложной опционной стратегии (таблица 1.2.2).

Полученные результаты формирования трех опционных портфелей в торговом терминале Quik подтверждают, что статическую модель целесообразно использовать в случае уверенности в будущем направлении движения цены БА (рост или падение)

или наличии достоверного прогноза. Зачастую инвестор не может выбрать точный сценарий поведения цены БА, тогда следует формировать опционный портфель, ориентированный на колебание цены БА. Этот случай предполагает наличие некоторого ценового диапазона, в рамках которого будет получена прибыль. Однако при выходе за границы данного ценового диапазона, убытки будут ограничены.

4.3 Апробация динамической модели управления опционным портфелем структурированного продукта в торговом терминале Quik в режиме реального времени

Апробация динамической модели управления опционным портфелем структурированного продукта проводилась в торговом терминале Quik в режиме реального времени. Было сформировано шесть опционных портфелей, пять из которых показали положительную доходность.

Пять портфелей подвергались переформированию в назначенный период времени. Для одного портфеля (№ 4) переформирование не проводилось ввиду того, что в результате расчетов, согласно динамической модели, был найден нулевой оптимальный план (количество опционов на покупку и продажу).

4.3.1 Поэтапное рассмотрение формирования опционного портфеля

В таблицах 4.3.1 и 4.1.1 приведены основные рыночные параметры для построения портфелей. Для каждого портфеля варьировался порядковый номер дня пересмотра и срок инвестирования. Кроме того, портфель № 4 подвергался двум переформированиям.

Таблица 4.3.1 – Входные данные для формирования опционных портфелей

Наименование	Портфель №					
	1	2	3	4	5	6
Базовый актив	Фьючерсный контракт на Индекс РТС					
Диапазон страйков	[117500; 125000]					
Инвестированная сумма, A_0 , руб.	150 000					
Количество этапов дерева сценариев, T	3			4		3

Текущая рыночная цена актива, $S_{(1,1)}$	119660			118920	117230	
Минимальная стоимость портфеля в момент времени T , u , руб.	150123	150329	150863	150288	150699	150329
Порядковый номер дня пересмотра	2	5	10	0	4, 8	5
Срок инвестирования, сут.	3	8	21	7	17	8

В зависимости от срока инвестирования варьировалась стоимость портфеля u в момент времени T , которая вычислялась исходя из минимальной доходности портфеля равной 10% годовых. Текущая рыночная цена актива $S_{(1,1)}$ неодинакова в различные моменты времени.

Рассмотрим этапы формирования портфеля № 6 более подробно. В таблице 4.3.2 приведены ненулевые позиции для покупки / продажи опционов, полученные в результате решения стохастической задачи с вероятностным ограничением.

Таблица 4.3.2 - Состав опционного портфеля № 6

Страйк	Тип	Цена	ГО	Было, контр.	Куплено, контр.	Продано, контр.
Первоначальное формирование портфеля на этапе $\tau = 1$						
120000	call	2310	12871.42	0	8	0
Переформирование портфеля на этапе $\tau = 2$						
120000	call	2520	12605.5	8	0	4
117500	call	3970	18359.1	0	0	8
115000	call	5890	14817.45	0	4	0

Как видно из таблицы 4.3.2 на первом этапе $\tau = 1$ портфель содержал только опционы одного страйка. На этапе переформирования $\tau = 2$ реализована сложная опционная стратегия «бабочка» (таблица 1.2.2).

На рисунке 4.3.1 показаны таблицы осуществленных заявок и сделок в торговом терминале Quik в режиме реального времени на этапах τ . На этапе $\tau = 2$ осуществлялось переформирование портфеля, на этапе $\tau = 3$ совершались офсетные сделки.

Первоначальное формирование портфеля на этапе $\tau = 1$											
Таблица заявок											
Номер	Код клиента	Выставлена	Дата	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	Объем	Состояние	
1	141 803 210	SPBFUT00g65	9:36:55	18.02.2019	RIH9 210319C	Купля	SPBFUT00g65	2 310	8	24 642,90	Исполнена
Таблица сделок											
Номер	Код клиента	Дата сделки	Время	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	Объем		
1	14 611 809	SPBFUT00g65	18.02.2019	9:36:55	RIH9 210319C 120000M	Купля	SPBFUT00g65	2 310	8	24 642,90	
Переформирование портфеля на этапе $\tau = 2$											
Таблица заявок											
Номер	Код клиента	Выставлена	Дата	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	Состояние		
1	149 713 364	SPBFUT00g65	12:47:32	22.02.2019	RIH9 210319C	Продажа	SPBFUT00g65	2 520	4	Исполнена	
2	149 717 605	SPBFUT00g65	12:49:48	22.02.2019	RIH9 210319C	Купля	SPBFUT00g65	5 890	4	Исполнена	
3	149 718 386	SPBFUT00g65	12:50:03	22.02.2019	RIH9 210319C	Продажа	SPBFUT00g65	3 970	8	Исполнена	
Таблица сделок											
Номер	Код клиента	Время	Дата сделки	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во			
1	15 242 362	SPBFUT00g65	12:47:32	22.02.2019	RIH9 210319C 120000M	Продажа	SPBFUT00g65	2 520	4		
2	15 242 589	SPBFUT00g65	12:49:48	22.02.2019	RIH9 210319C 115000M	Купля	SPBFUT00g65	5 890	4		
3	15 242 621	SPBFUT00g65	12:50:03	22.02.2019	RIH9 210319C 117500M	Продажа	SPBFUT00g65	3 970	8		
Совершение офсетных сделок на этапе $\tau = 3$											
Таблица заявок											
Номер	Код клиента	Выставлена	Дата	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	Состояние		
1	151 495 896	SPBFUT00g65	12:29:14	25.02.2019	RIH9 210319C	Продажа	SPBFUT00g65	6 680	4	Исполнена	
2	151 497 375	SPBFUT00g65	12:29:48	25.02.2019	RIH9 210319C	Продажа	SPBFUT00g65	3 130	4	Исполнена	
3	151 504 651	SPBFUT00g65	12:32:22	25.02.2019	RIH9 210319C	Купля	SPBFUT00g65	4 810	8	Исполнена	
Таблица сделок											
Номер	Код клиента	Время	Дата сделки	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во			
1	15 367 861	SPBFUT00g65	12:29:14	25.02.2019	RIH9 210319C 115000M	Продажа	SPBFUT00g65	6 680	4		
2	15 367 949	SPBFUT00g65	12:29:48	25.02.2019	RIH9 210319C 120000M	Продажа	SPBFUT00g65	3 130	2		
3	15 367 950	SPBFUT00g65	12:29:48	25.02.2019	RIH9 210319C 120000M	Продажа	SPBFUT00g65	3 130	2		
4	15 368 434	SPBFUT00g65	12:32:22	25.02.2019	RIH9 210319C 117500M	Купля	SPBFUT00g65	4 810	8		

Рис. 4.3.1 – Таблицы заявок и сделок на этапах τ для портфеля № 6

В таблице 4.3.3 представлены результирующие финансовые показатели портфеля № 6. На этапе $\tau = 1$ сумма для формирования портфеля равна 121450 руб., на этапе $\tau = 2$ сумма, необходимая для переформирования портфеля, равна 171870 руб.

Таблица 4.3.3 - Результирующие финансовые показатели портфеля № 6

Величина	Значение
Первоначальное формирование портфеля на этапе $\tau = 1$	
Гарантийное обеспечение, руб.	102970
Сумма, потраченная на покупку опционов, руб.	18480
Сумма для формирования портфеля, руб.	121450
Ожидаемый риск портфеля, %	3.76
Переформирование портфеля на этапе $\tau = 2$	
Гарантийное обеспечение, руб.	153590
Сумма, потраченная на покупку опционов, руб.	23560
Сумма, полученная от продажи опционов, руб.	41840
Сумма для переформирования портфеля, руб.	171870
Ожидаемый риск портфеля, %	2.08
Совершение офсетных сделок на этапе $\tau = 3$	
Финансовый результат после совершения офсетных сделок, руб.	1600
Общая сумма для формирования и переформирования портфеля, руб.	293320
Срок инвестирования, сут.	8
Доходность, % годовых	24.89 %

В день экспирации на этапе $\tau = 3$ вычислялся финансовый результат. Зафиксирована положительная доходность в размере 24.89 % годовых, которая превышает изначально заданную минимальную стоимость портфеля $u = 10\%$ в момент времени T . Также наглядно видно, что ожидаемый риск опционного портфеля уменьшился со значения 3.76% на этапе первоначального формирования до значения 2.08% на этапе переформирования, что подтверждает возможность успешного применения динамической модели на биржевом рынке.

В таблицах 4.3.5-4.3.9 представлен состав всех сформированных опционных портфелей № (1-5). Таблицы заявок и сделок для пяти портфелей на этапах τ представлены на рисунках 4.3.2-4.3.6 (Приложение 3).

Выводы и сравнение результатов формирования шести опционных портфелей в торговом терминале Quik

В разделе 4.3.1 представлено поэтапное рассмотрение формирования опционного портфеля № 6. Для остальных пяти портфелей формирование проводилось аналогичным образом. Промежуточные результаты представленные в виде таблиц состава опционного портфеля, а также заявок и сделок на этапах τ , вынесены в приложение А.

В таблице 4.3.4 представлены результирующие финансовые показатели шести опционных портфелей (№ 1 - № 6), сформированных в торговом терминале Quik в режиме реального времени. Наглядно видно, что по пяти из них зафиксирована положительная доходность, превышающая изначально заданную минимальную стоимость портфеля $u = 10\%$ в момент времени T . Один портфель (№ 5) был закрыт с убытком в размере 6.52%. Можно заметить, что именно этот портфель имеет наибольший ожидаемый риск, согласно критерию оптимизации, на этапе $\tau = 1$ и $\tau = 2$. Кроме того, он имеет наибольшую общую сумму для формирования и переформирования портфеля по сравнению со всеми остальными.

Анализ данных таблицы 4.3.4 позволяет сделать вывод, что переформирование опционного портфеля позволяет уменьшить ожидаемый риск, определяемый критерием оптимизации динамической модели. Также модель не исключает случаи ненужности переформирования (портфель № 4).

Таким образом, результаты имитационного моделирования процесса управления опционным портфелем, изложенные в разделе 4.2.3, а также успешно проведенная апробация динамической модели, показанная в текущем разделе, позволяют сделать вывод о потенциальной возможности применения данной модели на биржевом рынке.

Таблица 4.3.4 - Результирующие показатели шести портфелей, построенных согласно динамической модели

Величина	Портфель №					
	1	2	3	4	5	6
Первоначальное формирование портфеля на этапе $\tau = 1$						
Гарантийное обеспечение, руб.	65036	101130	13990.68	130020	115840	102970
Сумма, потраченная на покупку опционов, руб.	27320	24690	4740	31050	20790	18480
Сумма для формирования портфеля, руб.	92356	125820	18731	161070	136630	121450
Ожидаемый риск портфеля, %	4.31	3.91	5.1	3.98	7.43	3.76
Переформирование портфеля на этапе $\tau = 2$						
Гарантийное обеспечение, руб.	11850.57	14763.24	83594	-	203480	153590
Сумма, потраченная на покупку опционов, руб.	1820	5250	0	-	8130	23560
Сумма, полученная от продажи опционов, руб.	0	0	17990	-	31890	41840
Сумма для переформирования портфеля, руб.	13671	20013	65604	-	179720	171870
Ожидаемый риск портфеля, %	3.97	2.79	3.74	-	7.1	2.08
Совершение офсетных сделок на этапе $\tau = 3$						
Финансовый результат после совершения офсетных сделок, руб.	5190	5860	1960	8200	- 960	1600
Общая сумма для формирования и переформирования портфеля, руб.	106027	145833	84335	161070	316350	293320
Срок инвестирования, сут.	3	8	21	7	17	8
Доходность / убыток, % годовых	595.57	183.33	40.39	265.46	- 6.52	24.89

4.4 Результаты апробации моделей в АО «Газпромбанк» и ООО «БрокерКредитСервис»

Для апробации результатов диссертационного исследования специалистами организаций АО «Газпромбанк» и ООО «Компания БрокерКредитСервис» (БКС) (филиалы в г. Томск) было проведено тестирование (Приложение А и Б):

- динамической модели управления опционным портфелем с возможностью его переформирования на основе сценарного анализа;
- статической модели формирования опционного портфеля;
- системы поддержки принятия решений для формирования и управления опционным портфелем.

В рамках тестирования было сформировано 4 опционных портфеля с базовыми активами – акции ПАО «Газпром» и индекс РТС. В таблице 4.4.1 представлены результирующие выходные данные проведенной апробации.

Таблица 4.4.1- Результаты тестирования моделей

Компания	Актив	Период	Модели	
			Статическая	Динамическая
			Доходность, % годовых	
АО «Газпромбанк»	Газпром	4.02.19- 6.03.19	9.7	26.7
ООО «БКС»	РТС	21.01.19- 21.02.19	15.7	24.2

Из таблицы 4.4.1 видно, что меньшую доходность показала статическая модель (9.7% и 15.7%). Согласно динамической модели выходная доходность оказалась больше (26.7% и 24.2%). Это связано с проведенным переформированием опционных портфелей исходя из использования сценарного подхода. Таким образом, получение положительной доходности по опционным портфелям свидетельствуют об успешной апробации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации решена актуальная научно-техническая задача совершенствования математических моделей и разработки программного обеспечения для управления опционным портфелем структурированного продукта с учетом всех рыночных параметров, необходимых для практического применения на биржевом рынке. Решение данной задачи позволило преодолеть барьер между теоретическими исследованиями математических моделей и возможностью применения их на практике в режиме реального времени. Выполненные научные изыскания позволили получить следующие выводы и результаты:

1. Теоретически обосновано современное состояние проблемы развития российского рынка деривативов. Выявлено, что в настоящее время рынок деривативов в малой степени отвечает потребностям развития экономики, несмотря на ежегодные совершенствования финансовых инструментов, проводимых Московской биржей. Недостаточная финансовая грамотность взрослого населения, а также отсутствие активной политики государства, направленной на развитие и стимулирование рынка деривативов, порождают низкую ликвидность ограниченного набора финансовых инструментов.

Анализ существующих математических моделей управления опционным портфелем показал, что они не учитывают важнейшие рыночные показатели, а именно суммарное гарантийное обеспечение портфеля, транзакционные расходы, ликвидность, разницу в ценах покупки и продажи финансовых инструментов. Поэтому возникла большая необходимость совершенствования данных моделей для получения возможности формирования финансовых портфелей на биржевом рынке в режиме реального времени.

2. Описан подход к конструированию структурированных продуктов, *отличающийся* возможностью сформировать финансовый продукт ЛПР, без помощи финансовых советников брокерских компаний, что *позволяет* уменьшить величину комиссий на 0.5-3% в зависимости от первоначальной суммы инвестирования, удерживаемых банком. Данный подход также *позволяет* рассчитать необходимые денежные суммы для формирования безрисковой («депозитной») и рискованной («опционной») составляющих структурированного продукта, рассчитанного на рост или падение цены базового актива.

3. Предложена модификация динамической модели управления опционным портфелем структурированного продукта, *отличающаяся* от исходной наличием

классификации гарантийного обеспечения (ГО, БГОНП, БГОП), ограничения для суммарного гарантийного обеспечения портфеля, условий для ограничения общего количества продаваемых опционов.

Проведена модернизация статической модели формирования опционного портфеля структурированного продукта. Усовершенствованная модель *отличается* от исходной наличием учета необходимого размера суммарного гарантийного обеспечения портфеля и условия для расчета суммарной величины транзакционных расходов.

Внесенные изменения позволили адаптировать динамическую и статическую модели для практического использования на биржевом рынке при конструировании финансового портфеля.

4. Создана СППР, *отличающаяся* от подобных систем, наличием следующих модулей: построения структурированных финансовых продуктов, *первоначального формирования* опционного портфеля согласно **статической модели**, *первоначального формирования и реформирования* опционного портфеля согласно **динамической модели**, а также базы данных, хранящей рыночные показатели выбранного актива, введенные входные данные пользователем и результаты расчетов.

5. Проведена апробация статической и динамической моделей в торговом терминале Quik. Согласно статической модели были сформированы в режиме реального времени три опционных портфеля со сценариями падения, роста и колебания цены актива, по двум из которых зафиксирована положительная доходность. Полученные результаты формирования трех опционных портфелей в торговом терминале Quik подтверждают, что статическую модель целесообразно использовать в случае уверенности в будущем направлении движения цены актива (рост или падение) или наличии достоверного прогноза. В случае, если инвестор не может выбрать точный сценарий поведения цены актива, следует формировать опционный портфель, ориентированный на колебание цены актива либо использовать динамическую модель.

Согласно динамической модели были сформированы в торговом терминале Quik шесть опционных портфелей, по пяти из которых зафиксирована положительная доходность. При этом пять портфелей подвергались реформированию в режиме реального времени. Результаты показали (таблица 4.3.4), что проведение реформирования позволило уменьшить ожидаемый риск, определяемый исходным критерием оптимизации динамической модели.

Реализовано имитационное моделирование процесса управления опционным портфелем с учетом возможного реформирования (динамическое управление) и без него (статическое управление). Проведено 1000 экспериментов с общими временными затратами 50 ч. (таблица 4.1.9). В результате показано, что реформирование опционного портфеля позволило учесть изменение размера общего гарантийного обеспечения портфеля и тем самым уменьшить вероятность наступления ситуации «margin call», которая соответствовала уровню снижения на 2.5% от первоначальной суммы инвестиций. Таким образом, динамическая модель с возможностью реформирования позволяет наиболее эффективно управлять риском опционного портфеля.

6. Полученные выводы и численные результаты апробации подтвердили адекватность усовершенствованных моделей. Достоверность корректной работоспособности разработанной системы поддержки принятия решения подтверждается результатами имитационного моделирования и формирования девяти опционных портфелей в торговом терминале Quik в режиме реального времени, по семи из которых зафиксирована положительная доходность.

7. Материалы диссертации внедрены и были использованы в филиалах АО «Газпромбанк» и ООО «Компания БрокеркредитСервис» (БКС) г. Томска. Динамическая и статическая модели были протестированы в торговом терминале Quik сотрудниками данных организаций. В результате зафиксирована положительная доходность по обеим моделям: в отделении АО «Газпромбанк» получена доходность 26.7 % и 9.7 %, в ООО «Компании БрокеркредитСервис» - 24.2 % и 15.7 % согласно динамической и статической моделям. Процентная ставка указана в годовом исчислении.

8. Практическая значимость работы состоит в разработанной системе поддержки принятия решения, реализующей применение усовершенствованных моделей, а также в программе для проведения имитационного моделирования процесса управления опционным портфелем (два свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2019615033 от 17 апреля 2019 г. и № 2019615189 от 19 апреля 2019 г. [203,204]).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Markowitz, H. Portfolio Selection / H. Markowitz // The Journal of Finance. – 1952. – Vol. 7. – P. 77–91.
2. Tobin, J. The Theory of Portfolio Selection / J. Tobin // Theory of Interest Rates / Ed. by F.H. Hahn, F.P.R. Brechling. – London: MacMillan. – 1965. – P. 3-51.
3. Шарп, У. Инвестиции / У. Шарп, Г. Александер, Дж. Бэйли. // М.: Инфра-М. – 2006. – 1028 с.
4. Robert, F. Engle A Capital Asset Pricing Model with Time-Varying Covariances / T. Bollerslev, R. F. Engle, J. M. Wooldridge // Journal of Political Economy. – 1988. – Vol. 96:1. – P. 116-131
5. Alexander, S. Minimizing cvar and var for a portfolio of derivatives / S. Alexander, T. Coleman, Y. Li // Journal of Banking & Finance. – 2006. – Vol. 30(2). –P. 583–605.
6. Cox, J. C., Ross S. The valuation of options for alternative stochastic process / J. C. Cox, S. Ross // Journal of Financial Economics. – 1976. – Vol. 3. – P. 145-166.
7. Lintner, J. The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets / J. Lintner // Review of Economics and Statistics. – 1965. – Vol. 47 (1). – P. 13–37. doi:10.2307/1924119
8. Ширяев, А. Н. Об оптимальных методах в задачах скорейшего обнаружения / А.Н. Ширяев // Теория вероятностей и ее применения. –1963. –№ 8(1). – С. 26–51.
9. Ширяев, А.Н. Основы стохастической финансовой математики. Т. 1. Факты. Модели / А.Н. Ширяев // М.: ФАЗИС. – 1998. – 512 с.
10. Ширяев, А.Н. Основы стохастической финансовой математики. Т. 2. Теория / А.Н. Ширяев // М.: ФАЗИС. – 1998. – 544 с.
11. Кабанов, Ю.М. Современные проблемы финансовой математики / Ю.М. Кабанов, А.Н. Ширяев // Теория вероятностей и ее применения. – 2015. – № 60(4). – С. 625–627.
12. Kabanov, Y.M. In the insurance business risky investments are dangerous: the case of negative risk sums / Y.M. Kabanov, S.M. Pergamenshchikov // Finance and Stochastics. – 2016. – Vol. 20 (2). – P. 355–379.
13. Аркин, В.И. Вероятностные модели управления и экономической динамики / В.И. Аркин // М.: Наука, 1979.
14. Белкина, Т.А. О проблеме оптимального управления инвестициями в динамических моделях страхования. II. Модель Крамера-Лундберга с экспоненциальным распределением размера требований / Т.А. Белкина, Н.Б. Конюхова, А.О. Куркина // Обзорение прикладной и промышленной математики. – 2010. – № 17(1). – С. 3-24.
15. Терпугов, А.Ф. Стохастическая модель функционирования страховой компании О.А. Змеева при наличии портфеля рисков / А.Ф. Терпугов, К.А. Горбенко // Вестник Томского государственного университета. – 2006. – №290. – С.128-134.

16. Миркин, Я. М. Руководство по организации эмиссии и обращения корпоративных облигаций / Я.М. Миркин, С.В. Лосев, Б.Б. Рубцов, И.В. Дубашина, З.А. Воробьева // М.: Альпина Бизнес Букс. – 2004. – 533 с.
17. Мицель, А.А. Модели риска и прогнозирования банкротства предприятия / А.А. Мицель // Управление риском. – 2013. – № 1(65). – С. 44-52.
18. Пимонов, А.Г. Оптимизация состава и структуры инвестиционного портфеля на основе энтропийной меры риска и статистики Херста / А.Г. Пимонов, Р.С. Арнаутов // Инжиниринг предприятий и управление знаниями (ИП & УЗ-2018): сб. науч. тр. XXI Российской науч. конф. 26-28 апр. 2018 г. – М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова. – 2018. – Т. 1. – С. 294-299.
19. Пимонов, А.Г. Имитационное моделирование экономических систем / А.Г. Пимонов, С.А. Веревкин // учеб. пособие / М-во обр. и науки РФ, Кузбасский гос. тех. ун-т им. Т.Ф. Горбачева. – Кемерово. – 2013. – 138 с.
20. Домбровский, В.В. Динамическая оптимизация инвестиционного портфеля при ограничениях на объемы вложений в финансовые активы / В.В. Домбровский, Д.В. Домбровский, Е.А. Ляшенко // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2008. – №1(2). – С. 13-17.
21. Мельников, А.В., Попова, Н.В., Скорнякова, В.С. Математические методы финансового анализа / А.В. Мельников, Н.В. Попова, В.С. Скорнякова // М.: Анкил. – 2006. – 440 с.
22. Недосекин, А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний: дисс. докт. экон. наук: 08.00.13 / А.О. Недосекин. – СПб. – 2003. – 302 с.
23. Бронштейн, Е.М. О формировании стратегий негосударственных пенсионных фондов / Е.М. Бронштейн, В. Прудников // Управление риском. – 2007. – №4. – С. 51-61.
24. Шапкин, А.С. Экономические и финансовые риски. Оценка, управление, портфель инвестиций / А.С. Шапкин // М.: Дашков и К. – 2003. – 544 с.
25. Black, F. The pricing of options and corporate liabilities / F. Black, M. Scholes // Journal of Political Economy. – 1973. – Vol. 81(3). – P. 637–654.
26. Merton, R. Option pricing when underlying stock returns are discontinuous / R. Merton // J. Financial Economics. – 1976. – Vol. 3. – P. 125–144.
27. Халл, Д. Опционы, фьючерсы и другие производные финансовые инструменты. / Д. Халл // М.: Вильямс. – 2007. – 1056 с.
28. Bingham, N. H. Risk-Neutral Valuation. Pricing and Hedging of Financial Derivatives / N.H. Bingham, R. Kiesel // London: Springer. – 2004. – P. 105-142.
29. Carr, P. Option valuation using the fast Fourier transform / P. Carr, D. Madan // Journal of Computational Finance. – 1999. – Vol. 2. – P. 61-63.
30. Tankov, P. Retrieving Lévy processes from option prices: regularization of an ill-posed inverse problem / P. Tankov, R. Cont // SIAM Journal on Control and Optimization. – 2006. – Vol. 45. – P. 1-25.

31. Smithson, Ch.W. Managing Financial Risk: Guide to Derivative Products, Financial Engineering and Value Maximization / Ch.W. Smithson // McGraw-Hill. – 2001.
32. Фельдман, А.Б. Производные финансовые и товарные инструменты / А.Б. Фельдман // М.: Финансы и статистика. – 2003. – 479 с.
33. Вайн, С. Опционы. Полный курс для профессионалов / С. Вайн // М.: Альпина Паблишер. – 2016. – 438 с.
34. Буренин, А.Н. Форварды, фьючерсы, опционы, экзотические и погодные производные / А.Н. Буренин // М.: НТО им. акад. С. И. Вавилова. – 2005 с.
35. Буренин, А.Н. Хеджирование фьючерсными контрактами Фондовой биржи РТС / А.Н. Буренин // М.НТО им. акад. С. И. Вавилова. – 2008.
36. Буренин, А.Н. Форвардные, фьючерсные и опционные рынки. / А.Н. Буренин // М.: НТО им. акад. С. И. Вавилова. – 2015.
37. Долматов, А.С. Математические методы риск-менеджмента / А.С. Долматов // М.: Экзамен. – 2007. – 320 с.
38. Абрамов, А.М. Биномиальные рекомбинирующие деревья с переменным шагом для расчета опционов / А.М. Абрамов // Управление в кредитной организации. – 2010. – № 1(53). – С. 56-66.
39. Абрамов, А.М. Динамическая оптимизация портфеля опционов на основе полиномиального дерева сценариев / А.М. Абрамов // Проблемы анализа риска. – 2012. – № 1(9). – С. 8-23.
40. Абрамов, А.М. Динамическое хеджирование базового актива портфелем опционов // Управление риском. – 2012. – № 2. – С. 45-51.
41. Абрамов, А.М. Управление портфелем опционов на основе многоэтапного стохастического программирования: диссертация кандидата экономических наук: 08.00.13 / А.М. Абрамов // М.: Моск. фин.-пром. ун-т "Синергия". – Москва. – 2012. – 108 с.
42. Голембиовский, Д.Ю. Система управления биржевым залогом SPAN / Д.Ю. Голембиовский // Обозрение прикладной и промышленной математики. – 2000. – № 1(7). – С. 181-183.
43. Голембиовский, Д.Ю. Расчет залога по портфелю производных инструментов / Д.Ю. Голембиовский // Управление риском. – 2005. – № 1. – С. 27-48.
44. Голембиовский, Д.Ю. К выбору метода оценки эффективности управления инвестиционным портфелем / Д.Ю. Голембиовский // Проблемы управления. – 2005. – № 3. – С. 59-65.
45. Голембиовский, Д.Ю. Модели, стратегии и системы управления портфелем производных финансовых инструментов: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.13.10 / Д.Ю. Голембиовский // М.: МГУ им. Ломоносова. – 2006. – 370 с.
46. Голембиовский, Д.Ю. Управление портфелем производных финансовых инструментов. I / Д.Ю. Голембиовский, А.С. Долматов // Теория и системы управления. – 2000. – № 4. – С. 95-103.

47. Голембиовский, Д.Ю. Управление портфелем производных финансовых инструментов. II / Д.Ю. Голембиовский, А.С. Долматов // Теория и системы управления. – 2000. – № 6. – С. 90-94.
48. Golembiovsky, D.J. An Optimization Model for a Portfolio of Financial Derivative Instruments with Pledge Limitations / D.J. Golembiovsky, A.S. Dolmatov // Journal of Computer and System Sciences International. – 2001. – № 40. – P. 425-435.
49. Голембиовский, Д.Ю. Модель оптимизации портфеля производных финансовых инструментов с учетом залоговых ограничений / Д.Ю. Голембиовский, А.С. Долматов // Теория и системы управления. – 2001. – №3. – С. 75-85.
50. Голембиовский, Д.Ю. Решение задачи оптимизации портфеля производных финансовых инструментов с учетом залоговых ограничений / Д.Ю. Голембиовский, А.С. Долматов // Теория и системы управления. – 2001. – № 4. – С. 69-77.
51. Golembiovsky, D. J. Option Portfolio Management as a Chance Constrained Problem / D. J. Golembiovsky, A.M. Abramov // In: Gassmann, H., Wallace, S.W. and Ziemba, W.T., Eds., Stochastic Programming: Applications in Finance, Energy, Planning and Logistics, World Scientific. – 2013. – P. 155-172.
52. Golembiovsky, D. J. Option portfolio management in a risk-neutral world / D. J. Golembiovsky, A.M. Abramov // Journal of Mathematical Finance. – 2018. – Vol. 8 (4). – P. 710-733.
53. Голембиовский Д. Ю., Абрамов А. М. Модель управления портфелем опционов // Управление риском. — 2011. — № 4. — С. 43–56.
54. Курочкин, С.В. Динамические свойства модели Трейнора-Блэка / С.В. Курочкин // Экономика и математические методы. – 2018. – № 2(54). – С. 71-88.
55. Курочкин, С.В. Выпуклость множества цен опционов как необходимое и достаточное условие отсутствия арбитража/ С.В. Курочкин // Экономика и математические методы. – 2016. – № 2(52). – С. 103-111.
56. Курочкин, С.В. Функции выплат, реализуемые с помощью опционных стратегий / С.В. Курочкин // Экономика и математические методы. – 2005. – №41(3). – С. 135-137.
57. Курочкин, С.В. Определение непрерывной ставки кредита по временному ряду срочных ставок / С.В. Курочкин // Экономика и математические методы. – 1996. – № 3(32). – 4 с.
58. Пичугин, И.С. Структурирование опционных продуктов на основе метода оптимизации конечных денежных выплат: диссертация на соискание ученой степени кандидата наук / И.С. Пичугин // Высшая школа экономики. – Москва. – 2008. – 153 с.
59. Курочкин, С.В. Структурированный коллар: построение сложных опционных продуктов / С.В. Курочкин, И.С. Пичугин // Рынок ценных бумаг. – 2005. – № 14. – С. 64-68.
60. Avellaneda, M. Calibrating volatility surface via relative entropy minimization / M. Avellaneda, C. Friedman, R. Homeles, D. Sampery // Applied Mathematical Finance. – 1997. – Vol. 4. – P. 37–64.

61. Avellaneda, M. Managing the volatility risk of portfolios of derivative securities: the lagrangian uncertain volatility model / M. Avellaneda, A. Paras // *Mathematical Finance*. – 1996. – Vol. 3. – P. 21–52.
62. Topaloglou, N. Optimizing international portfolios with options and forwards / N. Topaloglou, H. Vladimirou, S.A. Zenios // *Journal of Banking & Finance*. – 2011. – Vol. 35. – P. 3188–3201.
63. Davari-Ardakani, H. Multistage portfolio optimization with stocks and options / H. Davari-Ardakani, M. Aminnayeri, A. Seifi // *International Transactions in Operational Research*. – 2016. – Vol. 23(3). – P. 593–622.
64. Liu, J. Dynamic Asset Allocation with Event Risk / J. Liu, F.A Longstaff, J. Pan // *The Journal of Finance*. – 2003. – Vol. 68(1). – P. 231–259.
65. Dempster, M.A.H. Dynamic portfolio replication using stochastic programming / M.A.H. Dempster, G.W.P Thompson // *University of Cambridge*. – 2001. – 38 p.
66. Глухов, М.Ю. Структурированные финансовые продукты в системе финансового инжиниринга / М.Ю. Глухов // *Рынок ценных бумаг*. – 2009. – № 18. – С.1-2.
67. Глухов, М.Ю. Российский рынок структурированных продуктов / М.Ю. Глухов // *Рынок ценных бумаг*. – 2009. – № 18. – С.21-24.
68. Глухов, М.Ю. Конструирование структурированных продуктов с произвольным профилем доходности / М.Ю. Глухов // *Futures & Options*. – 2009. – № 12. – С.29-33.
69. Глухов, М.Ю. Структурированные финансовые продукты в системе финансового инжиниринга: Дисс. к-та. экон. наук / М: Финансовая Академия при Правительстве РФ. – 2007. – 211 с.
70. Омельченко, В.В. Определение и классификация структурированных финансовых продуктов / В.В. Омельченко // *Вестник Самарского государственного экономического университета*. – 2009. – № 6. – С. 57-60.
71. Омельченко, В.В. Оценка стоимости розничных структурированных финансовых продуктов: Дис. к-та экон. наук / М.: Государственный университет Высшая школа экономики. – 2010 – 173 с.
72. Шляпочник, Я.Л. Новая культура инвестирования или структурированные продукты / Я.Л. Шляпочник // М.: Эксмо, 2010. – 272 с.
73. Мицель, А.А. Структурированные финансовые продукты как новый подход к хеджированию рисков / А.А. Мицель, В.А. Ефремов // *Управление риском*. – 2012. – №3. – С. 64-68.
74. Мицель, А.А. Динамическая модель управления инвестиционным портфелем с линейным критерием качества / А.А. Мицель, Н.П. Красненко // *Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники / ТУСУР*. – 2014. – № 4 (34). – С. 176-182.
75. Мицель, А.А. Динамическое управление инвестиционным портфелем пенсионных накоплений / А.А. Мицель, О.И. Рекундаль // *Современные технологии*

поддержки принятия решений в экономике сборник трудов Всероссийской конференции, 28-20 апреля 2014 г., г. Юрга. – Изд-во ТПУ. – 2014. – С. 42-43.

76. Мицель, А.А. Финансовый инжиниринг на рынке опционов / А.А. Мицель, В.А. Ефремов // Известия Томского политехнического университета / Томский политехнический университет. – 2009. – № 6 (314). – С. 47-49.

77. Ефремов, В.А. Ценообразование опционных контрактов в задачах управления финансовым риском / В.А. Ефремов, А.А. Мицель // Доклады ТУСУР. – 2012. – № 2(26). – Ч. 1. – С. 248–253.

78. Ефремов, В.А. Модели и алгоритмы поддержки принятия решений при управлении инвестициями с использованием структурированных финансовых продуктов: Дисс. к-та. техн. наук / Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. – 2012. – 140 с.

79. Семенов, М.Е. Создание, тестирование и оптимизация торговых систем с использованием программы Metastok и языка R / М.Е. Семенов // учебное пособие [Электронный ресурс]. Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ. – 2019.

80. Semenov, M.E. The scenario-based approach to trade in option contracts / M.E. Semenov, M.E. Fatjyanova // Дайджест-Финансы. – 2019. – № 1(24). – С. 96-108.

81. Rendleman, R. An LP approach to option portfolio selection / R. Rendleman // Adv. Futures Options Res. – 1995. – Vol. 8. – P. 31-52.

82. Horasanli, M. Hedging strategy for a portfolio of options and stocks with linear programming / M. Horasanli // Appl. Math. Comput. – 2008. – Vol. 199(2). – P. 804-810.

83. Lin, C.-C. Hedging an option portfolio with minimum transactionlots: Afuzzy goal programming problem / C.-C. Lin, Y.-T. Liu, A.-P Chen // Applied Soft Computing. – 2016. – Vol. 47. – P. 295-303.

84. Eichhorn, A. Stochastic Optimization of Electricity Portfolios: Scenario Tree Modeling and Risk Management / A. Eichhorn, H. Heitsch, W. Romisch // Handbook of Power Systems II, Energy Systems. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – 2010. – P. 405-432.

85. Wallace, S. Applications of Stochastic Programming. / S. Wallace, W. Ziemba. – 2005. – 688 p.

86. Пузановский, А.А. Оптимизация портфеля финансовых опционов: Диссертация на соискание ученой степени кандидата наук / А.А. Пузаноский // Центральный экономико-математический институт РАН. – Москва. – 2009. – 115 с.

87. Yin, L. Options strategies for international portfolios with overall risk management via multi-stage stochastic programming / L. Yin, L. Han // Annals OR. – 2013. – Vol. 206(1). – P. 557-576.

88. Papahristodoulou, C. Option strategies with linear programming / C. Papahristodoulou // European Journal of Operational Research. – 2004. – Vol. 157(1). – P. 246-256.

89. Gao, P. W. Options strategies with the risk adjustment / W.P. Gao // European Journal of Operational Research. – 2009. Vol. 192(3). – P. 975-980.

90. Testuri, C. On relation between expected regret and conditional value-at-risk / C. Testuri, S. Uryasev // Handbook of Computational and Numerical Methods in Finance. – Birkhauser, Boston. – 2004. – P. 361-373.
91. Johnson, N.L. Systems of frequency curves generated by methods of translation / N.L. Johnson // Biometrika. – 1949. – Vol. 36(1). – P. 149-176.
92. Rachev, S.T. Fat-Tailed and Skewed Asset Return Distributions: Implications for Risk Management, Portfolio Selection, and Option Pricing. / S.T. Rachev, C. Menn, F.J. Fabozzi // New Jersey: John Wiley & Sons. – 2005. – 369p.
93. Riedel, F. Dynamic coherent risk measures / F. Riedel // Stochastic Processes and their Applications. – 2004. – Vol. 112. – P. 185-200.
94. Rockafellar, R. Conditional value-at-risk for general loss distributions / R. Rockafellar, S. Uryasev // Journal of Banking & Finance. – 2002. – Vol. 26(7). – P. 1443-1471.
95. Krokhnal, P. Portfolio optimization with conditional value-at-risk criterion / P. Krokhnal, J. Palmquist, S. Uryasev // Journal of Risk. – 2002. – Vol. 4(2). – P. 43-68.
96. Ponomareva, K. An algorithm for moment-matching scenario generation with application to financial portfolio optimisation / K. Ponomareva, D. Roman, P. Date // European Journal of Operational Research. – 2015. – Vol. 240(3). – P. 678-687.
97. Alexander, G.J. Active portfolio management with benchmarking: Adding a value-at-risk constraint / G.J. Alexander, A.M. Baptista // Journal of Economic Dynamics and Control. – 2008. – Vol. 32(3). – P. 779-820.
98. Седлов, Д. Восстание машин: могут ли робо-эдвайзеры сделать инвестиции доступнее [Электронный ресурс] / URL: <https://www.rbc.ru/money/26/08/2016/57beaeae9a794757a8ee74ed> (дата обращения: 11.04.2021).
99. Будущее робо-эдвайзинга в России. – Вестник НАУФОР. – №3. – 2017. – [Электронный ресурс] / URL: <http://naufor.ru/getfile.asp?id=10968> (дата обращения: 11.04.2021).
100. ПАО Сбербанк «Простые инвестиции» [Электронный ресурс] / URL: <https://www.sberbank.ru/ru/person/contributions/prosto-invest> (дата обращения: 11.04.2021).
101. АО Тинькофф Банк «Тинькофф инвестиции» [Электронный ресурс] / URL: <https://www.tinkoff.ru/invest/> (дата обращения: 11.04.2021).
102. ООО Яндекс «Ямму» [Электронный ресурс] / URL: <https://yammi.io/> (дата обращения: 11.04.2021).
103. АО Инвестиционный холдинг Финам «Robo-Advisor» [Электронный ресурс] / URL: <https://www.finam.ru/landings/adviser2/> (дата обращения: 11.04.2021).
104. ООО УК Альфа-Капитал «Персональный финансовый помощник» [Электронный ресурс] / URL: <https://robo.alfacapital.ru/profile> (дата обращения: 11.04.2021).
105. ПАО «Росбанк» SmartInvest» [Электронный ресурс] / URL: <https://www.rosbank.ru/investicii/smart-invest/> (дата обращения: 11.04.2021).

106. УК Финэкс Плюс «Финансовый автопилот» [Электронный ресурс] / URL: <https://finance-autopilot.ru/> (дата обращения: 11.04.2021).
107. Попова, Е.М. Инфраструктурные изменения российского рынка деривативов / Е.М. Попова, Ю.Н. Львова // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2017. – №3 (105). – С. 29-33.
108. Пискулов, Д.Ю. Российский рынок деривативов в 2016 году: Результаты исследования НФА / Д.Ю. Пискунов // Деньги и кредит. – 2017. – №3. – С. 25–32.
109. Жуков, С.В. Мировой рынок нефтяных деривативов: динамика развития в условиях ужесточения регулирования / С.В. Жуков, А.О. Масленников // Деньги и кредит. – 2017. – №12. – С. 91–96.
110. Годовые отчеты и Отчеты о сделках с заинтересованностью Московской биржи [Электронный ресурс] / URL: <https://www.moex.com/s1346> (дата обращения: 11.04.2021).
111. История биржи «Санкт-Петербург» [Электронный ресурс] / URL: <http://www.spbex.ru/9174> (дата обращения: 11.04.2021).
112. Федеральный закон "О клиринге, клиринговой деятельности и центральном контрагенте" от 07.02.2011 N 7-ФЗ.
113. Федеральный закон "О центральном депозитарии" от 07.12.2011 N 414-ФЗ.
114. Статистика по рынкам Группы "Московская Биржа". Ежемесячные объемы торгов [Электронный ресурс] / URL: <https://www.moex.com/s868> (дата обращения: 11.04.2021).
115. Берзон, Н.И. Рынок ценных бумаг: учебник для вузов / Н.И. Берзон // М.: Издательство Юрайт. – 2011. – 531 с.
116. Опционы в кармане [Электронный ресурс] / URL: <https://fs.moex.com/files/10051> (дата обращения: 11.04.2021).
117. Фатьянова, М.Э. Моделирование структурированных финансовых продуктов с использованием различных опционных стратегий / М.Э. Фатьянова, М.Е. Семенов // Современное состояние и проблемы естественных наук: сборник трудов II Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, 4-5 Июня 2015, Юрга. – Томск: ТПУ. – 2015. – С. 232-236.
118. Фатьянова, М.Э. Финансовый инжиниринг на рынке структурированных продуктов / М.Э. Фатьянова, М.Е. Семенов // Знания онтологии теории: материалы всероссийской конференции с международным участием: в 2 т., Новосибирск, 6-8 Октября 2015. - Новосибирск : ИМ СО РАН, – 2015. – Т. 2. – С. 170-179.
119. Hull J. Fundamentals of Futures and Options Markets. – New Jersey: Financial Times. – 2002.
120. Topaloglou, N. A dynamic stochastic programming model for international portfolio management/ N. Topaloglou, H. Vladimirou, S.A. Zenios // European Journal of Operational Research. – 2008. – Vol. 185(3). – P 1501–1524.

121. Primbs, J.A. Dynamic hedging of basket options under proportional transaction costs using receding horizon control / J.A. Primbs // *International Journal of Control*. – 2009. – Vol. 192(3). – P. 1841-1855.
122. Goyal, A. Option returns and volatility mispricing / A. Goyal, A. Saretto // *Social Science Research Network*. – 2007. <https://ssrn.com/abstract=889947>
123. Christopher J.S. A nonlinear factor analysis of S&P 500 index options returns / J.S. Christopher // *Journal of Finance*. – 2006. – Vol. 61. – P. 2325-2363.
124. Tian, R. Portfolio risk management with CVaR-Like constraints / R. Tian, S. H. Cox, Y. Lin, L. F. Zuluaga // *North American Actuarial Journal*. – 2010. – Vol. 14(1). – P. 86-106.
125. Rockafellar, R. Optimization of conditional value-at-risk / R. Rockafellar, S. Uryasev // *The Journal of Risk*. – 2000. – Vol. 2(3). – P. 21–41.
126. Wurtz, D. Portfolio Optimization with R / D. Wurtz, Y. Chalabi, W. Chen, A. Ellis. – *Finance Online GmbH*. – 2009. – 419 p.
127. Мищенко А. В., Сазонова А. С. Целочисленные модификации классических моделей портфельных инвестиций // *Проблемы анализа риска*. – 2010. – Т. 7. – № 2. – С. 78–87.
128. Cox, J.C. Option pricing: A simplified approach / J.C. Cox, S.A. Ross, M. Rubinstein // *Journal of Financial Economics*. – 1979. – Vol. 7(3). – P. 229-263.
129. Kaut, M. Evaluation of scenario-generation methods for stochastic programming / M. Kaut, S.W. Wallace // *Pacific Journal of Optimization*. – 2007. – Vol. 3(2). – P. 257-271.
130. Hochreiter, R. Financial scenario generation for stochastic multi-stagedecision processes as facility location problems / R. Hochreiter, G.C. Pflug // *Annals of Operations Research*. – 2007. – Vol. 152(1). – P. 257-272.
131. Christina, E. Hmm based scenario generation for an investment optimisation problem / E. Christina, G. Mitra, D. Roman // *Annals of Operations Research*. – 2012. – Vol. 193(1). – P. 173-192.
132. Hoyland, K. Generating scenario trees for multistage decision problems / K. Hoyland, S.W. Wallace // *Management Science*. – 2001. – Vol. 47(2). – P. 295-307.
133. Hoyland, K. A heuristic for moment-matching scenario generation / K. Hoyland, M. Kaut, S.W. Wallace // *Computational Optimization and Applications*. – 2003. – Vol. 24(2-3). – P. 169-185.
134. Dash, M. A study of optimal stock and options strategies / M. Dash, V. Kavitha, K. Deepa, S. Sindhu // *Social Science Research Network*. – 2007. – P. 1-15.
135. Klaassen P. Comment on generating scenario trees for multistage decision problems // *Management Science*. – 2002. – Vol. 48(11). – P. 1512-1516.
136. Ramaswamy K., Sundaresan S. The valuation of options on futures contracts // *The Journal of Finance*. – 1985. – Desember. – Vol. 40. – P. 1319-1340.
137. Taleb N. N. *Dynamic Hedging: Managing Vanilla and Exotic Options*. – Wiley Finance, 2007. – 510 pp.

138. Юдин, Д.Б. Математические методы управления в условиях неполной информации / Д.Б. Юдин // М.: «Сов. радио». – 1974. – 400 с.
139. Кибзун, А.И. Задачи стохастического программирования с вероятностными критериями / А.И. Кибзун, Ю.С. Кан // М.: Физматлит. – 2009. – 372 с.
140. Artzner, P. Coherent measures of risk / P. Artzner, F. Delbaen, J.-M. Eber, D. Heath // *Mathematical Finance*. – 1999. – Vol. 9. – P. 203–228.
141. Sereda, E.N. Distortion Risk Measures in Portfolio Optimization / E.N. Sereda, E.M. Bronshtein, S.T. Rachev et al. // *The Handbook of Portfolio Construction: Contemporary Application of Markowitz Techniques* / Ed. by J. Guerard. – Springer, 2010. – P. 649–673.
142. Basel Committee on Banking Supervision. – International convergence of capital measurement and capital standards. – 2006. <http://www.bis.org/publ/bcbs128b.pdf>.
143. Pflug, G. Some remarks on the value-at-risk and the conditional value-at-risk // *Probabilistic Constrained Optimization* / Ed. by S. Uryasev. – 2000. – Vol. 38. – P. 272–281.
144. Фатьянова, М.Э. Применение сценарного подхода для опционной торговли / М.Э. Фатьянова, М.Е. Семенов // *Финансовая аналитика: проблемы и решения*. – 2019. – № 1 (12). – С. 72–89.
145. Варьяш, И.Ю. Макроэкономическое прогнозирование: композиция вероятностей против конфликта сценариев / И.Ю. Варьяш, И.В. Никонов // *Финансовая аналитика: проблемы и решения*. 2015. – Т. 277, № 43. – С. 13–21.
146. Зубарев, А.А. Формирование методики анализа рисков дорожно-строительных проектов на основе сценарного подхода / А.А. Зубарев, А.Е. Сбитнев // *Финансы и кредит*. – 2011. – Т. 480, № 48. – С. 37–41.
147. Шапиро, В.Я. Оценка риска портфельных инвестиций с использованием цепей Маркова / В.Я. Шапиро, Н.А. Шапиро // *Финансы и кредит*. – 2007. – Т. 273, № 33. – С. 33–38.
148. Бекетов, Н.В. Традиционные методы оценки эффективности инвестиционных проектов / Н.В. Бекетов, В.Г. Федоров // *Финансовая аналитика: проблемы и решения*. – 2008. – Т. 3, № 3. – С. 75–83.
149. Шапиро, В.Я. Моделирование портфельных инвестиций в условиях негативных сценариев развития фондового рынка / В.Я. Шапиро, Н.А. Шапиро // *Финансы и кредит*. – 2008. – Т. 303, № 15. – С. 39–51.
150. Huss W.R. A move toward scenario analysis. *International Journal of Forecasting*. – 1988. – № 4. – P. 377–388.
151. Hargitay, S. Property Investment Decisions / S. Hargitay, S. Yu // *A quantitative approach*. – 1993. – 350 pp.
152. Bradfield, R. The origins and evolution of scenario techniques in long range business planning / R. Bradfield, G. Wright // *Futures Research Quarterly*. – 2005. – № 37. – P. 795–812.

153. Neilson, R. Strategic Scenario Planning at CA International / Neilson R., Wagner C. // *Knowledge Management Review*. – 2000. – № 12. – P. 4-21.
154. Mietzner, D. Advantages and disadvantages of scenario approaches for strategic foresight / Mietzner D., Reger G. // *International Journal of Technology Intelligence and Planning*. – 2005. – № 1 (2). – P. 220-239.
155. Линдгрэн, М. Сценарное планирование: связь между будущим и стратегией / Линдгрэн М., Бандхольд Х. // М.: ЗАО «Олимп-Бизнес». – 2009. – 256 с.
156. Coates, J.F. Scenario planning / Coates J.F. // *Technological forecasting and social change*. – 2000. – № 65. – P. 115-123.
157. Фатьянова, М.Э. Совершенствование динамической модели формирования и управления опционным портфелем структурированного продукта / М.Э. Фатьянова, А.Ю. Трифионов // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. – 2019. – №2 (46). Т. 8. – С. 26–30.
158. Фатьянова, М.Э. Имитационное моделирование процесса управления опционным портфелем структурированного продукта / М.Э. Фатьянова // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. – 2019. – №2(46). Т. 8. – С. 68–73.
159. Kim, K. A two-stage stochastic integer programming approach to integrated staffing and scheduling with application to nurse management / K. Kim, S. Mehrotra // *Oper. Res.* – 2015. – Vol. 63(6). – P. 1431-1451.
160. Stougie L., M.H. van der Vlerk. Stochastic integer programming / M. Dell'Amico, F. Maffioli and S. Martello (Ed.) // *Annotated Bibliographies in Combinatorial Optimization*. – Wiley. – 1997. – P. 127-142.
161. Lulli, G. A branch-and-price algorithm for multistage stochastic integer programming with application to stochastic batch-sizing problems / G. Lulli, S. Sen // *Manag. Sci.* – 2004. – Vol. 50(6). – P. 786-796.
162. Birge, R.J. Introduction to Stochastic Programming / J.R. Birge, F. Louveaux // Springer Publishing Company. – 2011.
163. Gade, D. Algorithms and Reformulations for Large-Scale Integer and Stochastic Integer Programs / D. Gade // Ph. D. Thesis. – The Ohio State University. – 2012.
164. Sen, S. Algorithms for stochastic mixed-integer programming models / S. Sen, K. Aardal, G. Nemhauser, R. Weismantel (eds.) // *Discrete Optimization, Handbooks in Operations Research and Management Science*. – Amsterdam. – 2003. – Vol. 12. – P. 515-558.
165. Ntaimo, L. Disjunctive Decomposition for Two-Stage Stochastic Mixed-Binary Programs with Random Recourse / L. Ntaimo // *Operations Research*. – 2010. – Vol. 58(1). – P. 229-243.
166. Ntaimo, L. A comparative study of decomposition algorithms for stochastic combinatorial optimization / L. Ntaimo, S. Sen // *Computational Optimization and Applications*. – 2008. – Vol. 40(3). – P. 299-319.
167. Carøe, C.C. L-shaped decomposition of two-stage stochastic programs with integer recourse / C.C. Carøe, J. Tind // *Mathematical Programming: Series A and B*. – 1998. – Vol. 83(3). – P. 451-464.

168. Linderoth, J. Decomposition algorithms for stochastic programming on a computational grid / J. Linderoth, S. Wright // *Computational Optimization and Applications*. – 2003. – Vol. 24(2). – P. 207-250.
169. Lubin, M. On parallelizing dual decomposition in stochastic integer programming / M. Lubin, K. Martin, C.G. Petra, B. Sandikci // *Operations Research Letters*. – 2013. – Vol. 41(3). – P. 252-258.
170. Zhang, M. Finitely convergent decomposition algorithms for two-stage stochastic pure integer programs / M. Zhang, S. Kucukysvuz // *SIAM Journal on Optimization*. – 2014. – Vol. 24. – P. 1933-1951.
171. Gade, D. Decomposition algorithms with parametric Gomory cuts for two-stage stochastic integer programs / D. Gade, S. Kucukyavuz, S. Sen // *Mathematical Programming*. – 2014. – Vol. 144(1). – P. 39-64.
172. Sen, S. Decomposition with branch-and-cut approaches for two-stage stochastic mixed-integer programming / S. Sen, H. Sherali // *Math. Program.* – 2006. – Vol. 106(2). – P. 203-223.
173. Yuan, Y. Enhanced Cut Generation Methods for Decomposition-Based Branch and Cut for Two-Stage Stochastic Mixed-Integer Programs / Y. Yuan, S. Sen // *INFORMS Journal on Computing*. – 2009. – Vol. 21(3). – P. 480-487.
174. Zverovich, V. A computational study of a solver system for processing two-stage stochastic LPs with enhanced Benders decomposition. / V. Zverovich, C. Fábíán, E. Ellison, G. Mitra // *Mathematical Programming Computation*. – 2012. – Vol. 4(3). – P. 211-238.
175. Lulli, G. A branch-and-price algorithm for multistage stochastic integer programming with application to stochastic batch-sizing problems. / G. Lulli, S. Sen // *Manag. Sci.* – 2004. – Vol. 50(6). – P. 786-796.
176. Ahmed, S. A finite branch-and-bound algorithm for two-stage stochastic integer programs. / S. Ahmed, M. Tawarmalani, N.V. Sahinidis // *Math. Program.* – 2004. – Vol. 100(2). – P. 355-377.
177. De Farias, Jr., I.R. Branch-and-cut for Combinatorial Optimization Problems Without Auxiliary Binary Variables / I.R. De Farias, Jr., E.L Johnson, G.L. Nemhauser // *Knowl. Eng. Rev.* – 2001. – Vol. 16(1). – P. 25-39.
178. Sen, S. Decomposition with branch-and-cut approaches for twostage stochastic mixed-integer programming / S. Sen, H.D. Sherali // *Mathematical Programming*. – 2006. – Vol. 106(2). – P. 203-223.
179. Смирнов, С.А. Предварительная декомпозиция задач дискретной оптимизации для ускорения алгоритма ветвей и границ в распределенной вычислительной среде / С.А. Смирнов, В.В. Волошинов // *Компьютерные исследования и моделирование*. – 2015. – №7(3). – С. 719-725.
180. Волошинов, В.В. «Оценка производительности крупноблочного алгоритма метода ветвей и границ в вычислительной среде Everest» / В.В. Волошинов, С.А. Смирнов // *Программные системы: теория и приложения*. – 2017. – №8:1(32). – С. 105-119.

181. Попов, Л.Д. Опыт многоуровневого распараллеливания метода ветвей и границ в задачах дискретной оптимизации / Л.Д. Попов // Автоматика и телемеханика. – 2007. – № 5. – С. 171-181.
182. Смирнов, С.А. «Эффективное применение пакетов дискретной оптимизации в облачной инфраструктуре на основе эвристической декомпозиции исходной задачи в системе оптимизационного моделирования AMPL» / С.А. Смирнов, В.В. Волошинов // Программные системы: теория и приложения. – 2016. – №7(1). – С. 29-46.
183. IBM Corp.: IBM ILOG CPLEX Optimization Studio [Электронный ресурс] / URL: <https://www.ibm.com/> (дата обращения: 11.04.2021).
184. Sherali, H.D. A modification of Benders' decomposition algorithm for discrete subproblems: An approach for stochastic programs with integer recourse / H.D. Sherali, B.M.P. Fraticelli // Journal of Global Optimization. – 2002. – Vol. 22(1). – P. 319-342.
185. Taskin, Z.C. "Benders Decomposition" in Encyclopedia of Operations Research and Management Science / Z.C. Taskin // John Wiley & Sons. – Malden. – 2010.
186. Shahidehpoor, M. "Benders Decomposition: Applying Benders Decomposition to Power Systems", / M. Shahidehpoor, Y. Fu // IEEE Power and Energy Magazine. – 2005. – Vol. 3(2). – P. 20-21.
187. Rei, W. "Accelerating Benders Decomposition by Local Branching" / W. Rei, J.F. Cordeau, M. Gendreau, P. Soriano // INFORMS Journal on Computing. – 2009. – Vol. 21(2). – P. 333-345.
188. McDaniel, D. "A Modified Benders' Partitioning Algorithm for Mixed Integer Programming" / D. McDaniel, M. Devine // Management Science. – 1977. – Vol. 24(3). – P. 312-319.
189. Cote, G. "Large-Scale Mixed Integer Programming: Benders-Type Heuristics" / G. Cote, M. Laughton // European Journal of Operational Research. – 1984. – Vol. 16(3). – P. 327-333.
190. Geoffrion, A.M. Generalized Benders Decomposition / A.M. Geoffrion // Journal of Optimization Theory and Applications. – 1972. – Vol. 10(4). – P. 237-260.
191. Nielsen, S.S. Scalable Parallel Benders Decomposition for Stochastic Linear Programming / S.S. Nielsen, S.A. Zenios // Parallel Computing. – 1997. – Vol. 23. – P. 1069-1088.
192. Bachelier, L. Théorie de la spéculation. Annales Scientifiques de l'École Normale Supérieure / L. Bachelier // 1900.
193. Wiener N. Differential Space / N. Wiener // Journal of Mathematics and Physics. – 1923. – № 58. – P. 131-174.
194. Пискунов, Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления / Н.С. Пискунов. // М.: Физматлит. – 1996. – 416 с.
195. Курс «Основные понятия теории графов» Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ» [Электронный ресурс] / URL: <https://www.intuit.ru/> (дата обращения: 11.04.2021).

196. Мицель, А.А. Комбинаторная модель опционного портфеля / А.А. Мицель, М.Е. Семенов, М.Э. Фатьянова // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2016. – №. 25. – С. 2-13.
197. Блюмин, С.Л. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности / Блюмин С.Л., Шуйкова И.А. // Липецк: ЛЭГИ, 2001. - 138 с.
198. Есиков, О.В. Автоматизированные информационные системы: методы построения и исследования. Модели и методы поддержки принятия решений / Есиков О.В. // М.: Инфра-М. – 2010.
199. Олбрайт, К. Моделирование с помощью Microsoft Excel. Разработка систем поддержки принятия решений / Олбрайт К.// М.: Вильямс. – 2005.
200. Программный комплекс QUIK [Электронный ресурс] / URL: <https://arqatech.com/ru/products/quik/> (дата обращения: 11.04.2021).
201. Фатьянова, М.Э. Разработка стратегий для инвестора с консервативным рисковым профилем / М.Э. Фатьянова, М.Е. Семенов // Современные проблемы науки и образования. – 2014 – № 3. – С. 1-9.
202. Fatyanova, M.E. Model for constructing an option's portfolio with a certain payoff function / M.E. Fat'yanova, M.E. Semenov // CEUR Workshop Proceedings. – 2017. – Vol. 1904. – P. 254-262.
203. Система поддержки принятия решений для формирования и управления опционным портфелем структурированного продукта [Электронный ресурс] / М.Э. Фатьянова. – Электрон. прогр. – Свидельство ГР прогр. для ЭВМ № 2019615189; заявка № 2019613728 от 8 апреля 2019; зарегистр. в Реестре программ для ЭВМ 19 апреля 2019.
204. Программа для проведения динамического имитационного моделирования процесса управления опционным портфелем [Электронный ресурс] / М.Э. Фатьянова. – Электрон. прогр. – Свидельство ГР прогр. для ЭВМ № 2019615033; заявка № 2019613674 от 8 апреля 2019; зарегистр. в Реестре программ для ЭВМ 17 апреля 2019.
205. Разуваева, Е.С. Сценарное планирование в условиях неопределенности / Е.С. Разуваева // Экономика и управление в XXI веке: тенденции развития. – 2015. – № 23. – С. 31-35.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК, и индексируемых в международной базе SCOPUS

1. Фатьянова, М.Э. Совершенствование динамической модели формирования и управления опционным портфелем структурированного продукта / М.Э. Фатьянова, А.Ю. Трифонов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2019. – №2 (46). Т. 8. – С. 26–30.
2. Фатьянова, М.Э. Применение сценарного подхода для опционной торговли / М.Э. Фатьянова, М.Е. Семенов // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2019. – № 1 (12). – С. 72–89.
3. Fat'yanova, M.E. The Scenario-Based Approach to Trade in Option Contracts / M.E. Fat'yanova, M.E. Semenov // Дайджест-Финансы. – 2019. – Vol. 24(1). – P. 96–108.
4. Фатьянова, М.Э. Имитационное моделирование процесса управления опционным портфелем структурированного продукта / М.Э. Фатьянова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2019. – №2(46). Т. 8. – С. 68–73.
5. Fatyanova, M.E. Model for constructing an option's portfolio with a certain payoff function / M.E. Fat'yanova, M.E. Semenov // CEUR Workshop Proceedings. – 2017. – Vol. 1904. – PP. 254–262. – DOI: 10.18287/1613-0073-2017-1904-254-262
6. Мицель, А.А. Комбинаторная модель опционного портфеля / А.А. Мицель, М.Е. Семенов, М.Э. Фатьянова // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2016. – №. 25. – С. 2–13.
7. Фатьянова, М.Э. Разработка стратегий для инвестора с консервативным рисковым профилем [Электронный ресурс] / М.Э. Фатьянова, М.Е. Семенов // Современные проблемы науки и образования. – 2014 – № 3. – С. 1–9. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/117-13608>

Свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ

8. Система поддержки принятия решений для формирования и управления опционным портфелем структурированного продукта [Электронный ресурс] / М.Э. Фатьянова. – Электрон. прогр. – Свидельство ГР прогр. для ЭВМ № 2019615189; заявка № 2019613728 от 8 апреля 2019; зарегистр. в Реестре программ для ЭВМ 19 апреля 2019.
9. Программа для проведения динамического имитационного моделирования процесса управления опционным портфелем [Электронный ресурс] / М.Э. Фатьянова. – Электрон. прогр. – Свидельство ГР прогр. для ЭВМ № 2019615033; заявка № 2019613674 от 8 апреля 2019; зарегистр. в Реестре программ для ЭВМ 17 апреля 2019.

Публикации в сборниках трудов международных научных конференций

10. Фатьянова, М.Э. Модели и программный комплекс для самостоятельного формирования и управления опционным портфелем / М.Э. Фатьянова //

Статистические методы анализа экономики и общества: труды 10-й Международной научно–практической конференции студентов и аспирантов «Статистические методы анализа экономики и общества», Москва, 14–17 мая 2019. – Москва: ВШЭ. – 2019. – С. 180–182

11. Фатьянова, М.Э. Статическая и динамическая модели формирования опционного портфеля / М.Э. Фатьянова // материалы Международного молодежного научного форума «Ломоносов-2019» [Электронный ресурс], Москва, 8-12 апреля 2019. – М: МАКС Пресс, 2019. – 1 электрон. опт. диск

12. Фатьянова, М.Э. Формирование оптимального портфеля опционов с учетом гарантийного обеспечения / М.Э. Фатьянова // материалы VI Международной научно–практической конференции «Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками», Саратов, 8–11 Ноября 2017. – Саратов: ООО Изд–во «Научная книга». – 2017. – С. 217–221.

13. Фатьянова, М.Э. Статистическое моделирование временного ряда с использованием GARCH / ARMA моделей / М.Э. Фатьянова // Статистические методы анализа экономики и общества: труды 8-й Международной научно–практической конференции студентов и аспирантов «Статистические методы анализа экономики и общества», Москва, 16–19 мая 2017. – Москва: ВШЭ. – 2017. – С. 263–264.

14. Фатьянова, М.Э. Формирование оптимального портфеля опционов с учетом гарантийного обеспечения / М.Э. Фатьянова // Экономика, экология и общество России в 21-м столетии: сборник научных трудов 19-й Международной научно–практической конференции, Санкт–Петербург, 15–16 Мая 2017. – Санкт–Петербург: СПбПУ. – 2017. – С. 315–317.

15. Фатьянова, М.Э. Формирование опционных портфелей с использованием комбинаторной модели / М.Э. Фатьянова // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XIV Международной научно–практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 2 т., Томск, 7–11 Ноября 2016. – Томск: ТПУ. – 2017. – Т. 1. – С. 91–93.

16. Фатьянова, М.Э. Разработка статической модели для оптимального управления финансовым портфелем опционов с учетом гарантийного обеспечения / М.Э. Фатьянова // Сборник тезисов участников форума «Наука будущего – наука молодых», Нижний Новгород, 12–14 сентября 2017. – С. 182–183.

17. Фатьянова, М.Э. Методика и реализация построения сложных опционных продуктов / М.Э. Фатьянова // Научная сессия ТУСУР – 2016: материалы международной научно–технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 6 т., Томск, 25–27 Мая 2016. – Томск: В–Спектр. – 2016. – Т. 6. – С. 31–33.

18. Фатьянова, М.Э. Конструирование сложных портфелей биржевых опционов / М.Э. Фатьянова // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник научных трудов XIII Международной конференции студентов и молодых учёных, Томск, 26–29 Апреля 2016. – Томск: ТПУ. – 2016. – Т.3. Математика – С. 114–116.

19. Фатьянова, М.Э. Статистический подход формирования инвестиционного портфеля / М.Э. Фатьянова, А.А. Мицель, М.Е. Семенов // Физико–технические проблемы в науке, промышленности и медицине: сборник научных трудов VIII Международной научно-практической конференции, Томск, 1–3 Июня 2016. – С. 109.
20. Фатьянова, М.Э. Анализ автоматизированных торговых систем / М.Э. Фатьянова, М.Е. Семенов // *Gaudeamus Igitur*. – 2015. – №. 4. – С. 49–52.
21. Фатьянова, М.Э. Финансовый инжиниринг на рынке структурированных продуктов / М.Э. Фатьянова, М.Е. Семенов // Знания–Онтологии–Теории: материалы всероссийской конференции с международным участием: в 2 т., Новосибирск, 6–8 Октября 2015. – Новосибирск: ИМ СО РАН. – 2015. – Т. 2 – С. 170–180.
22. Фатьянова, М.Э. Использование опционных стратегий и модуля аналитики QUIK для построения структурированных финансовых решений / М.Э. Фатьянова, М.Е. Семенов // Физико–технические проблемы в науке, промышленности и медицине: сборник тезисов докладов VII Международной научно–практической конференции, Томск, 3–6 Июня 2015. – Томск: ТПУ. – 2015. – С. 131.
23. Фатьянова, М.Э. Методы вычисления опционной составляющей структурированного финансового продукта. Обзор / М.Э. Фатьянова // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник трудов XII Международной конференции студентов и молодых ученых, Томск, 21–24 Апреля 2015. – Томск: ТПУ. – 2015. – С. 648–651.
24. Фатьянова, М.Э. Методы вычисления опционной составляющей структурированного финансового продукта. Приложение / М.Э. Фатьянова // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник трудов XII Международной конференции студентов и молодых ученых, Томск, 21–24 Апреля 2015. – Томск: ТПУ. – 2015. – С. 652–654.
25. Фатьянова, М.Э. Использование биномиальной модели для вычисления стоимости опциона продавца «put» в Microsoft Excel / М.Э. Фатьянова // Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых: сборник научных трудов VI Всероссийской конференции, Томск, 22–24 Апреля 2015. – Томск: ТПУ. – 2015. – С. 491–494.
26. Фатьянова, М.Э. Нахождение справедливой стоимости опциона продавца «put» методом Монте–Карло на языке VBA / М.Э. Фатьянова // Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых: сборник научных трудов VI Всероссийской конференции, Томск, 22–24 Апреля 2015. – Томск: ТПУ. – 2015. – С. 488–491.
27. Фатьянова, М.Э. Реализация метода Монте–Карло для вычисления стоимости опциона «call» на языке VBA / М.Э. Фатьянова // Технологии Microsoft в теории и практике программирования: сборник трудов XII Всероссийской научно–практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 25–26 Марта 2015. – Томск: ТПУ. – 2015. – С. 77–78.

28. Фатьянова, М.Э. Торговые стратегии как инструмент выявления устойчивых тенденций на финансовом рынке / М.Э. Фатьянова // Россия Молодая: сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных с международным участием, Кемерово, 21–24 Апреля 2015. – Кемерово: КузГТУ. – 2015. – С. 1–3.

29. Фатьянова, М.Э. Использование современных информационных технологий при (создании) торговой стратегии на финансовом рынке / М.Э. Фатьянова, М.Е. Семенов // Информационно-измерительная техника и технологии: материалы VI Научно–практической конференции с международным участием, Томск, 27–30 Мая 2015. – Томск: ТПУ. – 2015. – С. 122–126.

30. Фатьянова, М.Э. Моделирование структурированных финансовых продуктов с использованием различных опционных стратегий / М.Э. Фатьянова, М.Е. Семенов // Современное состояние и проблемы естественных наук: сборник трудов II Всероссийской научно–практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Юрга, 4–5 Июня 2015. – Томск: ТПУ. – 2015. – С. 232–236.

31. Фатьянова, М.Э. Моделирование структурированных продуктов с использованием различных типов барьерных опционов / М.Э. Фатьянова, М.Е. Семенов // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XII Всероссийской научно–практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 2 т., Томск, 12–14 Ноября 2014. – Томск: ТПУ, 2014. – Т. 1. – С. 196–197.

32. Фатьянова, М.Э. Основные аспекты накопительного страхования жизни в России / М.Э. Фатьянова // Импульс – 2014: материалы XI Международной научно-практической конференции студентов, молодых ученых и предпринимателей в сфере экономики, менеджмента и инноваций, Томск, 26–28 Ноября 2014. – Томск: ТПУ. – 2014. – С. 151–153.

33. Фатьянова, М.Э. Сравнение стратегий доверительного управления с инвестированием в структурированные продукты / М.Э. Фатьянова // Импульс – 2014: материалы XI Международной научно–практической конференции студентов, молодых ученых и предпринимателей в сфере экономики, менеджмента и инноваций, Томск, 26–28 Ноября 2014. – Томск: ТПУ. – 2014. – С. 75–77.

34. Фатьянова, М.Э. Структурированный продукт как альтернатива инвестированию в паевой инвестиционный фонд / М.Э. Фатьянова // Наука сегодня: сборник научных трудов по материалам международной научно–практической конференции: в 4 т., Вологда, 24 Октября 2014. – Вологда: Вологжанин. – 2014. – Т. 2. – С. 91–93.

35. Фатьянова, М.Э. Моделирование структурированных финансовых продуктов со встроенными барьерными опционами класса «Knock-in» / М.Э. Фатьянова // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник научных трудов

XI Международной конференция студентов и молодых ученых, Томск, 22–25 Апреля 2014. – Томск: ТПУ. – 2014. – С. 683–685.

36. Фатьянова, М.Э. Моделирование структурированных продуктов со встроенными бинарными опционами класса KNOCK–OUT / М.Э. Фатьянова, М.Е. Семенов // Экономика, экология и общество России в 21–м столетии: сборник научных трудов 16–й Международной научно–практической конференции, Санкт-Петербург, 19–20 Мая 2014. – Санкт-Петербург: СПбГПУ. – 2014. – С. 192–195.

37. Fatjyanova, M.E. Die strukturierten Produkte am Beispiel vom Finanzplatzes der Sweiz / M.E. Fatjyanova // Актуальные вопросы экономики и менеджмента: свежий взгляд и новые решения: материалы IV Всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, Томск, 5–6 Декабря 2013. – Томск: ТГУ. – 2014. – С. 227–233.

38. Фатьянова, М.Э. Конструирование структурированных финансовых продуктов с учетом рискового профиля инвестора / М.Э. Фатьянова, М.Е. Семенов // Физико–технические проблемы атомной науки, энергетики и промышленности: сборник тезисов докладов VI Международной научно–практической конференции, Томск, 5–7 Июня 2014. – Томск: ТПУ. – 2014. – С. 51.

39. Fatjyanova, M.E. Begriff der Optionen und Ihre Anwendung / M.E. Fatjyanova // Импульс – 2013: труды X Международной научно–практической конференции студентов, молодых ученых и предпринимателей в сфере экономики, менеджмента и инноваций, Томск, 27–29 Ноября 2013. – Томск: ТПУ. – 2013. – С. 425–429.

40. Фатьянова, М.Э. Преимущества и недостатки инвестирования в структурированные продукты / М.Э. Фатьянова // Наука и образование в XXI веке: сборник научных трудов по материалам международной научно–практической конференции: в 34 т., Тамбов, 30 Сентября 2013. – Тамбов: Бизнес–Наука–Общество. – 2013. - Т. 31. – С. 147–148.

41. Фатьянова, М.Э. Структурированный инвестиционный продукт как оптимальное соотношение риска и доходности / М.Э. Фатьянова // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник научных трудов X Международной конференции студентов и молодых ученых, Томск, 23–26 Апреля 2013. – Томск: ТПУ. – 2013. – С. 632–635.

42. Фатьянова, М.Э. Конструирование структурированных продуктов на основе предпочтений инвестора / М.Э. Фатьянова, М.Е. Семенов // Знания онтологии теории: материалы всероссийской конференции: в 2 т., Новосибирск, 8–10 Октября 2013. – Новосибирск: ИМ СО РАН. – 2013. – Т. 2. – С. 159–168.

43. Фатьянова, М.Э. Моделирование структурированных инвестиционных продуктов со встроенными бинарными опционами / М.Э. Фатьянова, М.Е. Семенов // Всероссийская конференция по математике и механике: тезисы докладов, Томск, 2–4 Октября 2013. – Томск: Иван Федоров. – 2013. – С. 192.

ГЛОССАРИЙ

Базовый актив – основной актив в составе производного финансового инструмента (ПФИ) [34-36].

Гарантийное обеспечение (депозитная маржа) – это денежная сумма в размере 2-10 % от текущей рыночной цены БА, взимаемая биржей. Данный взнос необходим для поддержания финансовой состоятельности расчетной палаты биржи в случае неисполнения одной из сторон условий по контракту. Гарантийное обеспечение (далее ГО) тесно связано с понятием «плечо» (финансовый левэридж, рычаг) – соотношение заемных средств к собственным. Таким образом, имея на брокерском счету 100 долларов, можно открывать сделки до 1000 долларов с плечом 1:10 [34].

Диверсификация - распределение инвестиций по разным финансовым инструментам [34-36].

Коллар – синтетическая стратегия, составленная из покупки/продажи опционов колл и пут [196].

Опцион - договор, по которому покупатель опциона (потенциальный покупатель или потенциальный продавец базового актива — товара, ценной бумаги) получает право, но не обязательство, совершить покупку или продажу данного актива по заранее оговорённой цене в определённый договором момент в будущем или на протяжении определённого отрезка времени [27,34].

Опционный продукт (опционный портфель) – инвестиционная стратегия, упакованная индивидуально для клиента исходя из его целей и запросов, сформированная посредством купли/продажи опционных контрактов [196].

Опцион «call» (колл) / «put» (пут) дает право покупателю опциона купить / продать базисный актив у продавца опциона по цене исполнения в установленные сроки или отказаться от этой покупки [196].

Производные финансовые инструменты (деривативы) – договор (контракт), по которому стороны получают право или обязуются выполнить некоторые действия в отношении базового актива [27,34].

Премия – цена, уплачиваемая за покупку контракта [118,201].

Спотовая цена (от англ. spot price) – рыночная цена продажи БА в текущий момент времени [118,201].

Страйк (цена исполнения) – фиксированная в опционном контракте цена, по которой может быть куплен или продан базовый актив в случае исполнения опциона [196].

Срочный контракт - договор на поставку конкретного актива в установленный срок в будущем на согласованных условиях [118,201].

Спред - разность между лучшими ценами заявок на продажу и на покупку в один и тот же момент времени на какой-либо актив [27,34].

Фьючерс - производный финансовый инструмент (договор) на бирже купли-продажи базового актива (товара, ценной бумаги и т. д.), при заключении которого стороны (продавец и покупатель) договариваются только об уровне цены и сроке поставки [196].

Хеджирование - определенные меры для страхования рисков, возникающих на финансовых рынках [27,34].

Цена ask (bid) - цена продажи (покупки) базового актива. При этом спредом называется разность цен ask и bid [196].

Экспирация - завершение обращения срочных контрактов (фьючерсов и опционов) на бирже, исполнение обязательств по срочным контрактам [27,34].

Маржин колл («margin call») – ситуация снижения первоначальной стоимости портфеля. В данном исследовании при имитационном моделировании маржин колл соответствует уровню 2.5% (3750 руб. при начальной сумме инвестиций 150 тыс. руб.). Таким образом, ситуация маржин колл наступает при остатке суммы на счете: 146 250 руб.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

БА – базовый актив

БГОНП – базовое гарантийное обеспечение по непокрытым позициям

БГОП - базовое гарантийное обеспечение покрытых позиций

ГО – гарантийное обеспечение

НКЦ - национальный Клиринговый Центр

НРД - национальный расчетный депозитарий

ЛПР – лицо, принимающее решение

ОП – опционный продукт

ПИФ – паевой инвестиционный фонд

ПФИ - производные финансовые инструменты

РТС – российская торговая система

СП – структурированный (структурный) продукт

СППР – система поддержки принятия решений

ФСФР – федеральная служба по финансовым рынкам

**Приложение А. Акт внедрения результатов диссертации АО
«Газпромбанк» (филиал в г. Томске)**



ГАЗПРОМБАНК

Филиал «Газпромбанк»
(Акционерное общество) в г. Томске

(Ф-л Банка ГПБ (АО) в г. Томске)

ОКПО: 28818920
БИК: 046902758
ИНН/КПП: 7744001497/701702001

634009, Томская область,
г. Томск, 1905 года переулок, 7
Телефон: +7 (3822) 610-063
Факс: +7 (3822) 610-085
www.gazprombank.ru

АКТ

**о внедрении результатов диссертационной работы на соискание
ученой степени кандидата технических наук
Фатьяновой Маргариты Эдуардовны**

Настоящий акт составлен о том, что предложенные в диссертационной работе Фатьяновой М.Э. математические модели формирования опционного портфеля структурированного продукта обладают актуальностью и представляют практический интерес в использовании на реальном биржевом рынке.

С применением программной реализации динамической и статической моделей были сформированы два опционных портфеля. Тестирование результатов проводилось в демо-версии торгового терминала Quik. Период инвестирования: 4.02.19 – 6.03.19. Базовый актив: акции ПАО «Газпром». По истечении указанного срока зафиксирована положительная доходность опционных портфелей: динамическая модель: 26.7 %, статическая модель: 9.7 %. Процентная ставка указана в годовом исчислении. Полученные финансовые результаты инвестирования подтверждают возможность практического использования моделей для формирования опционных портфелей структурированного продукта.

Начальник Группы продаж финансовых продуктов _____ Гусев Е.В.

6 марта 2019 г.



Приложение Б. Акт внедрения результатов диссертации ООО «Компания БрокерКредитСервис» (БКС) (Томский филиал)



ФИНАНСОВАЯ ГРУППА

Общество с ограниченной ответственностью "Компания БрокерКредитСервис"
Томский филиал ООО "Компания БКС": пр. Ленина, 63, Томск, Россия, 634050
ОГРН 1025402459334, ИНН 5406121446, КПП 540601001

ТОМСКИЙ ФИЛИАЛ

Тел/факс: (3822) 70-50-32
www.bcs.ru
gusev@tsk.bcs.ru

21.02.2019 № БКС
на № _____ от _____



УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
Томского филиала ООО «Компания БКС»
/Кремер Любовь Сергеевна
«21» февраля 2019 г.

АКТ

об использовании результатов диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук Фатьяновой Маргариты Эдуардовны

Настоящим актом подтверждается, что ООО «Компания БКС» использует следующие результаты диссертационной работы Фатьяновой М.Э. при конструировании опционных портфелей и структурированных продуктов:

- динамическая модель управления опционным портфелем с возможностью его переформирования на основе сценарного анализа;
- статическая модель формирования опционного портфеля в применении к трем сценариям поведения цены актива (рост, падение, колебание).

Модели формирования опционного портфеля были протестированы на демо-счете торгового терминала Quik Московской биржи в период: 21.01.2019 - 21.02.19. В качестве базового актива использовался индекс РТС. В результате была зафиксирована доходность портфеля в размерах: 15.7 % (статическая модель) и 24.2 % (динамическая модель) годовых, что свидетельствует о потенциальной возможности применения моделей на реальном биржевом рынке.



Приложение В. Свидетельство ГР программы для ЭВМ № 2019615189

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2019615189

«Система поддержки принятия решений для формирования
и управления опционным портфелем структурированного
продукта»

Правообладатель: *Фатьянова Маргарита Эдуардовна (RU)*Автор: *Фатьянова Маргарита Эдуардовна (RU)*

Заявка № 2019613728

Дата поступления 08 апреля 2019 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 19 апреля 2019 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев

Приложение Г. Свидетельство ГР программы для ЭВМ № 2019615033

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2019615033

«Программа для проведения динамического имитационного
моделирования процесса управления опционным
портфелем»

Правообладатель: *Фатьянова Маргарита Эдуардовна (RU)*Автор: *Фатьянова Маргарита Эдуардовна (RU)*

Заявка № 2019613674

Дата поступления 08 апреля 2019 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 17 апреля 2019 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

Приложение Д. Справка о представлении результатов диссертации в ЦЕМИ РАН



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
CENTRAL ECONOMICS AND MATHEMATICS INSTITUTE RAS

Россия,
117418, Москва,
Нахимовский пр., 47

☎ 8 (499) 129 1644
E-mail: director@cemi.rssi.ru
http://www.cemi.rssi.ru

47, Nakhimovsky Prospect,
Moscow, 117418,
Russia

От _____ № _____

СПРАВКА

Настоящим подтверждается, что

Фатьянова Маргарита Эдуардовна

23 апреля 2019 года выступила с докладом на научном семинаре «Вероятностные проблемы управления и стохастические модели в экономике, финансах и страховании» в лаборатории стохастической оптимизации и теории риска Отделения теоретической экономики и математических исследований.

Тема доклада: «Модели управления опционным портфелем».

Научные руководители семинара:

к.ф.-м.н. Аркин Вадим Иосифович,
к.ф.-м.н. Белкина Татьяна Андреевна,
д.ф.-м.н. Пресман Эрнст Львович.

ПОДТВЕРЖДАЮ:

Белкина Татьяна Андреевна,

к.ф.-м.н., доцент, в.н.с., рук. лаборатории стохастической оптимизации и теории риска Отделения теоретической экономики и математических исследований Центрального экономико-математического института РАН.

Подпись *М. А. Белкиной* ЗАВЕРЯЮ
Зав. ОК *Ирина А. Д. Исмаилова*
23.04.2019

Приложение Е. Справка о представлении результатов диссертации в ФИЦ ИУ РАН

ВЫПИСКА

из протокола заседания семинара отдела № 35
"Математическое моделирование экономических систем"
Федерального государственного учреждения
«Федеральный исследовательский центр
«Информатика и управление» Российской академии наук»
15 мая 2019 года


Присутствовали: 18 человек.

СЛУШАЛИ: доклад аспиранта Томского политехнического университета Фатьяновой Маргариты Эдуардовны по её диссертационной работе на тему «Модели и система поддержки принятия решений для управления опционным портфелем», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук (специальность 05.13.10, Управление в социально-экономических системах, направления подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника).

Заслушав и обсудив доклад Фатьяновой М.Э. по диссертационной работе «Модели и система поддержки принятия решений для управления опционным портфелем»,
ПОСТАНОВИЛИ: работу одобрить.


Руководитель семинара:

член-корреспондент РАН, д.ф.-м.н., профессор
(05.13.18, физ.-мат. науки)
г.н.с., зав. отд.35 ФИЦ ИУ РАН


Поспелов Игорь Гермогенович

Секретарь семинара:

ведущий математик ФИЦ ИУ РАН


Бурова Наталия Константиновна



**Приложение Ж. Три справки о представлении результатов диссертации
в МГУ им. Ломоносова**



**МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА
(МГУ)**

**ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
МАТЕМАТИКИ И КИБЕРНЕТИКИ**

119991, Российская Федерация,
Москва, ГСП-1, Ленинские горы, 2ой УК
Телефон: 939-25-97, Факс: 939-25-97

№ _____
На № _____

СПРАВКА

настоящим подтверждается, что

Фатьянова Маргарита Эдуардовна,

аспирант Томского политехнического университета

представила результаты диссертационной работы «Модели и система поддержки принятия решений для управления опционным портфелем» на научном семинаре Кафедры исследования операций Факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Руководитель научного семинара:

д.т.н., профессор кафедры ИО ВМиК МГУ

Голембиовский Дмитрий Юрьевич

ПОДТВЕРЖДАЮ:

ученый секретарь,

к.ф.-м.н., доцент кафедры ИО ВМиК МГУ

Денисов Дмитрий Витальевич

15 мая 2019 г.



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ОБЩИХ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ

СПРАВКА

Настоящая справка подтверждает, что **Фатьянова Маргарита Эдуардовна** выступила с докладом 11 апреля 2019 года на научном семинаре «Методы оптимизации в актуарной и финансовой математике» кафедры Общих проблем управления Механико-математического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Тема доклада:

«Статическая и динамическая модели формирования опционного портфеля».

Руководители научного семинара:

доцент, к.ф.-м.н. М.П. Заплетин,
доцент, к.ф.-м.н. Д.Б. Гнеденко,
доцент, к.ф.-м.н. В.Б. Демидович,
доцент, к.ф.-м.н. К.С. Рютин.

ПОДТВЕРЖДАЮ:

Заплетин Максим Петрович,

начальник Центра математического моделирования и экспертизы АНО «Национальный институт развития» Отделения общественных наук РАН, доцент механико-математического факультета МГУ



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ОБЩИХ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ

СПРАВКА

Настоящая справка подтверждает, что **Фатьянова Маргарита Эдуардовна** выступила с докладом 12 апреля 2019 года на научном семинаре «Математические модели в экономике и социологии» кафедры Общих проблем управления Механико-математического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Тема доклада: «Динамическая модель и система поддержки принятия решений для формирования и управления опционным портфелем».

Руководители научного семинара:
доцент, к.ф.-м.н. М.П. Заплетин,
профессор, д.э.н. В.В. Водянова,
профессор, д.э.н. Ю.А. Афонин.

ПОДТВЕРЖДАЮ:

Заплетин Максим Петрович,

начальник Центра математического моделирования и экспертизы АНО «Национальный институт развития» Отделения общественных наук РАН, доцент механико-математического факультета МГУ.



Приложение 3. Промежуточные результаты формирования пяти опционных портфелей в торговом терминале Quik

Таблица 4.3.5 - Состав опционного портфеля № 1

Страйк	Тип	Цена	ГО	Было, контр.	Куплено, контр.	Продано, контр.
Первоначальное формирование портфеля на этапе $\tau = 1$						
125000	put	6830	16259.1	0	4	0
Переформирование портфеля на этапе $\tau = 2$						
120000	call	1820	11850.57	0	1	0

Таблица 4.3.6 - Состав опционного портфеля № 2

Страйк	Тип	Цена	ГО	Было, контр.	Куплено, контр.	Продано, контр.
Первоначальное формирование портфеля на этапе $\tau = 1$						
120000	put	3510	14446.54	0	3	0
120000	put	3540	14446.54	0	4	0
Переформирование портфеля на этапе $\tau = 2$						
115000	call	5250	14763.24	0	1	0

Таблица 4.3.7 - Состав опционного портфеля № 3

Страйк	Тип	Цена	ГО	Было, контр.	Куплено, контр.	Продано, контр.
Первоначальное формирование портфеля на этапе $\tau = 1$						
117500	call	4740	13990.68	0	1	0
Переформирование портфеля на этапе $\tau = 2$						
120000	put	3030	16135.46	0	0	1
122500	put	3980	16864.58	0	0	2
122500	put	3500	16864.58	0	0	2

Таблица 4.3.8 - Состав опционного портфеля № 4

Страйк	Тип	Цена	ГО	Было, контр.	Куплено, контр.	Продано, контр.
Первоначальное формирование портфеля на этапе $\tau = 1$						
120000	put	3410	14446.54	0	5	0
120000	put	3500	14446.54	0	4	0
Переформирование портфеля на этапе $\tau = 2$						
отсутствует						

Таблица 4.3.9 - Состав опционного портфеля № 5

Страйк	Тип	Цена	ГО	Было, контр.	Куплено, контр.	Продано, контр.
Первоначальное формирование портфеля на этапе $\tau = 1$						
120000	call	2310	12871.42	0	9	0
Переформирование портфеля на этапе $\tau = 2$						
120000	put	3230	16282.26	0	0	9
120000	put	3350	12926.99	0	1	0
122500	put	4780	13958.98	0	1	0
115000	put	1410	15024.63	0	0	2
Переформирование портфеля на этапе $\tau = 3$						
120000	put	2230	-	1	0	1
122500	put	3400	-	1	0	1
115000	put	910	-	-2	2	0

Первоначальное формирование портфеля на этапе $\tau = 1$

Номер	Время	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	Объем
1	13 846 005	9:31:18 RIN9	210319P 125000M	Купля	SPBFUT00b08	6 830	4 36 074,15

Переформирование портфеля на этапе $\tau = 2$

Номер	Код клиента	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	
1	14 687 659	SPBFUT00b08RIN9	210319C 120000M	Купля	SPBFUT00b08	1 820	1

Совершение офсетных сделок на этапе $\tau = 3$

Номер	Код клиента	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	
2	14 688 758	SPBFUT00b08RIN9	210319P 125000M	Продажа	SPBFUT00b08	8 140	4
3	14 688 977	SPBFUT00b08RIN9	210319C 120000M	Продажа	SPBFUT00b08	1 770	1

Рис. 4.3.2 – Таблицы заявок и сделок на этапах τ для портфеля № 1

Первоначальное формирование портфеля на этапе $\tau = 1$

Номер	Время	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	Объем
1	13 846 017	9:45:38 RIN9	210319P 120000M	Купля	SPBFUT00c01	3 510	1 4 634,71
2	13 846 018	9:45:38 RIN9	210319P 120000M	Купля	SPBFUT00c01	3 510	1 4 634,71
3	13 846 019	9:45:38 RIN9	210319P 120000M	Купля	SPBFUT00c01	3 510	1 4 634,71
4	13 846 020	9:45:57 RIN9	210319P 120000M	Купля	SPBFUT00c01	3 540	4 18 697,29

Переформирование портфеля на этапе $\tau = 2$

Номер	Код клиента	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	Объем
1	14 611 762	SPBFUT00c01 RIN9	210319C 115000M	Купля	SPBFUT00c01	5 250	1 7 000,82

Совершение офсетных сделок на этапе $\tau = 3$

Номер	Код клиента	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	Объем
1	14 655 496	SPBFUT00c01 RIN9	210319P 120000M	Продажа	SPBFUT00c01	4 490	7 41 911,59
2	14 656 541	SPBFUT00c01 RIN9	210319C 115000M	Продажа	SPBFUT00c01	4 370	1 5 827,35

Рис. 4.3.3 – Таблицы заявок и сделок на этапах τ для портфеля № 2

Первоначальное формирование портфеля на этапе $\tau = 1$																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Номер</th> <th>Время</th> <th>Инструмент</th> <th>Операция</th> <th>Счет</th> <th>Цена</th> <th>Кол-во</th> <th>Объем</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>13 846 004</td> <td>9:28:28</td> <td>RIH9</td> <td>210319C 117500M</td> <td>Купля</td> <td>SPBFUT00b04</td> <td>4 740</td> <td>1</td> <td>6 258,84</td> </tr> </tbody> </table>											Номер	Время	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	Объем	1	13 846 004	9:28:28	RIH9	210319C 117500M	Купля	SPBFUT00b04	4 740	1	6 258,84																								
Номер	Время	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	Объем																																													
1	13 846 004	9:28:28	RIH9	210319C 117500M	Купля	SPBFUT00b04	4 740	1	6 258,84																																											
Переформирование портфеля на этапе $\tau = 2$																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Номер</th> <th>Время</th> <th>Инструмент</th> <th>Операция</th> <th>Счет</th> <th>Цена</th> <th>Кол-во</th> <th>Объем</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>13 975 727</td> <td>9:01:05</td> <td>RIH9</td> <td>210319P 120000M</td> <td>Продажа</td> <td>SPBFUT00b04</td> <td>3 030</td> <td>1</td> <td>3 979,57</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>13 975 728</td> <td>9:02:57</td> <td>RIH9</td> <td>210319P 122500M</td> <td>Продажа</td> <td>SPBFUT00b04</td> <td>3 980</td> <td>2</td> <td>10 454,58</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>13 975 729</td> <td>9:05:12</td> <td>RIH9</td> <td>210319P 122500M</td> <td>Продажа</td> <td>SPBFUT00b04</td> <td>3 500</td> <td>2</td> <td>9 193,73</td> </tr> </tbody> </table>											Номер	Время	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	Объем	1	13 975 727	9:01:05	RIH9	210319P 120000M	Продажа	SPBFUT00b04	3 030	1	3 979,57	2	13 975 728	9:02:57	RIH9	210319P 122500M	Продажа	SPBFUT00b04	3 980	2	10 454,58	3	13 975 729	9:05:12	RIH9	210319P 122500M	Продажа	SPBFUT00b04	3 500	2	9 193,73				
Номер	Время	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	Объем																																													
1	13 975 727	9:01:05	RIH9	210319P 120000M	Продажа	SPBFUT00b04	3 030	1	3 979,57																																											
2	13 975 728	9:02:57	RIH9	210319P 122500M	Продажа	SPBFUT00b04	3 980	2	10 454,58																																											
3	13 975 729	9:05:12	RIH9	210319P 122500M	Продажа	SPBFUT00b04	3 500	2	9 193,73																																											
Совершение офсетных сделок на этапе $\tau = 3$																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Номер</th> <th>Код клиента</th> <th>Время</th> <th>Дата сделки</th> <th>Инструмент</th> <th>Операция</th> <th>Счет</th> <th>Цена</th> <th>Кол-во</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>15 373 519</td> <td>SPBFUT00b04</td> <td>13:05:40</td> <td>25.02.2019</td> <td>RIH9</td> <td>210319C 117500M</td> <td>Продажа</td> <td>SPBFUT00b04</td> <td>4 810</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>15 373 704</td> <td>SPBFUT00b04</td> <td>13:06:06</td> <td>25.02.2019</td> <td>RIH9</td> <td>210319P 120000M</td> <td>Купля</td> <td>SPBFUT00b04</td> <td>2 220</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>15 373 771</td> <td>SPBFUT00b04</td> <td>13:06:22</td> <td>25.02.2019</td> <td>RIH9</td> <td>210319P 122500M</td> <td>Купля</td> <td>SPBFUT00b04</td> <td>3 470</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>											Номер	Код клиента	Время	Дата сделки	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	1	15 373 519	SPBFUT00b04	13:05:40	25.02.2019	RIH9	210319C 117500M	Продажа	SPBFUT00b04	4 810	1	2	15 373 704	SPBFUT00b04	13:06:06	25.02.2019	RIH9	210319P 120000M	Купля	SPBFUT00b04	2 220	1	3	15 373 771	SPBFUT00b04	13:06:22	25.02.2019	RIH9	210319P 122500M	Купля	SPBFUT00b04	3 470	4
Номер	Код клиента	Время	Дата сделки	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во																																												
1	15 373 519	SPBFUT00b04	13:05:40	25.02.2019	RIH9	210319C 117500M	Продажа	SPBFUT00b04	4 810	1																																										
2	15 373 704	SPBFUT00b04	13:06:06	25.02.2019	RIH9	210319P 120000M	Купля	SPBFUT00b04	2 220	1																																										
3	15 373 771	SPBFUT00b04	13:06:22	25.02.2019	RIH9	210319P 122500M	Купля	SPBFUT00b04	3 470	4																																										

Рис. 4.3.4 – Таблицы заявок и сделок на этапах τ для портфеля № 3

Первоначальное формирование портфеля на этапе $\tau = 1$																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Номер</th> <th>Время</th> <th>Инструмент</th> <th>Операция</th> <th>Счет</th> <th>Цена</th> <th>Кол-во</th> <th>Объем</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>13 846 008</td> <td>9:36:44</td> <td>RIH9</td> <td>210319P 120000M</td> <td>Купля</td> <td>SPBFUT00b01</td> <td>3 410</td> <td>5</td> <td>22 513,33</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>13 846 009</td> <td>9:37:07</td> <td>RIH9</td> <td>210319P 120000M</td> <td>Купля</td> <td>SPBFUT00b01</td> <td>3 500</td> <td>4</td> <td>18 486,02</td> </tr> </tbody> </table>											Номер	Время	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	Объем	1	13 846 008	9:36:44	RIH9	210319P 120000M	Купля	SPBFUT00b01	3 410	5	22 513,33	2	13 846 009	9:37:07	RIH9	210319P 120000M	Купля	SPBFUT00b01	3 500	4	18 486,02			
Номер	Время	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	Объем																																		
1	13 846 008	9:36:44	RIH9	210319P 120000M	Купля	SPBFUT00b01	3 410	5	22 513,33																																
2	13 846 009	9:37:07	RIH9	210319P 120000M	Купля	SPBFUT00b01	3 500	4	18 486,02																																
Переформирование портфеля на этапе $\tau = 2$																																									
отсутствует																																									
Совершение офсетных сделок на этапе $\tau = 3$																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Номер</th> <th>Код клиента</th> <th>Дата сделки</th> <th>Время</th> <th>Инструмент</th> <th>Операция</th> <th>Счет</th> <th>Цена</th> <th>Кол-во</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>14 276 454</td> <td>SPBFUT00b01</td> <td>13.02.2019</td> <td>21:59:01</td> <td>RIH9</td> <td>210319P 120000M</td> <td>Продажа</td> <td>SPBFUT00b01</td> <td>4 400</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>14 276 594</td> <td>SPBFUT00b01</td> <td>13.02.2019</td> <td>21:59:49</td> <td>RIH9</td> <td>210319P 120000M</td> <td>Продажа</td> <td>SPBFUT00b01</td> <td>4 350</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table>											Номер	Код клиента	Дата сделки	Время	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	1	14 276 454	SPBFUT00b01	13.02.2019	21:59:01	RIH9	210319P 120000M	Продажа	SPBFUT00b01	4 400	2	2	14 276 594	SPBFUT00b01	13.02.2019	21:59:49	RIH9	210319P 120000M	Продажа	SPBFUT00b01	4 350	7
Номер	Код клиента	Дата сделки	Время	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во																																	
1	14 276 454	SPBFUT00b01	13.02.2019	21:59:01	RIH9	210319P 120000M	Продажа	SPBFUT00b01	4 400	2																															
2	14 276 594	SPBFUT00b01	13.02.2019	21:59:49	RIH9	210319P 120000M	Продажа	SPBFUT00b01	4 350	7																															

Рис. 4.3.5 – Таблицы заявок и сделок на этапах τ для портфеля № 4

Первоначальное формирование портфеля на этапе $\tau = 1$												
Таблица заявок												
Номер	Код клиента	Выставлена	Дата	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	Объем	Состояние		
1	141 803 165	SPBFUT00g62	9:10:56	18.02.2019	RIH9 210319C	Купля	SPBFUT00g62	2 310	9	27 723,26	Исполнена	
Таблица сделок												
Номер	Код клиента	Дата сделки	Время	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во	Объем			
1	14 611 767	SPBFUT00g62	18.02.2019	9:10:56	RIH9 210319C 120000M	Купля	SPBFUT00g62	2 310	9	27 723,26		
Переформирование портфеля на этапе $\tau = 2$												
Таблица сделок												
Номер	Код клиента	Время	Дата сделки	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во				
1	15 109 203	SPBFUT00g62	12:52:24	21.02.2019	RIH9 210319P 120000M	Продажа	SPBFUT00g62	3 230	9			
2	15 109 761	SPBFUT00g62	12:55:32	21.02.2019	RIH9 210319P 122500M	Купля	SPBFUT00g62	4 780	1			
3	15 109 805	SPBFUT00g62	12:55:56	21.02.2019	RIH9 210319P 120000M	Купля	SPBFUT00g62	3 350	1			
4	15 109 870	SPBFUT00g62	12:56:19	21.02.2019	RIH9 210319P 115000M	Продажа	SPBFUT00g62	1 410	2			
Переформирование портфеля на этапе $\tau = 3$												
Таблица сделок												
Номер	Код клиента	Время	Дата сделки	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во				
1	15 363 808	SPBFUT00g62	12:09:20	25.02.2019	RIH9 210319P 122500M	Продажа	SPBFUT00g62	3 400	1			
2	15 363 874	SPBFUT00g62	12:09:43	25.02.2019	RIH9 210319P 120000M	Продажа	SPBFUT00g62	2 230	1			
3	15 363 961	SPBFUT00g62	12:10:08	25.02.2019	RIH9 210319P 115000M	Купля	SPBFUT00g62	910	2			
Совершение офсетных сделок на этапе $\tau = 3$												
Таблица сделок												
Номер	Код клиента	Время	Дата сделки	Инструмент	Операция	Счет	Цена	Кол-во				
1	16 345 802	SPBFUT00g62	12:55:51	06.03.2019	RI120000BC9 CALL	Продажа	SPBFUT00g62	1 540	9			
2	16 345 861	SPBFUT00g62	12:56:16	06.03.2019	RI120000BO9 PUT	Купля	SPBFUT00g62	2 400	9			

Рис. 4.3.6 – Таблицы заявок и сделок на этапах τ для портфеля № 5