

На правах рукописи

Рыбаков Артем Анатольевич

**ОЦЕНКА РИСКА ПРИ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ТОРГОВЛЕ НА  
РОССИЙСКОМ ФОНДОВОМ РЫНКЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ IVaR-M**

Специальность 08.00.13 — математические и инструментальные методы  
экономики

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук

Пермь 2012

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
Цаплин Алексей Иванович

Научный консультант: доктор экономических наук, доцент  
Ёлохова Ирина Владимировна

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук  
профессор Летчиков  
Андрей Владимирович

кандидат экономических наук  
Ивлиев Сергей Владимирович

Ведущая организация: Ижевский государственный  
технический университет, г. Ижевск

Защита состоится 20 января 2012 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета ДМ212.189.07 при ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» по адресу: 614990, Пермь, ул. Букирева, д.15, зал заседаний ученого совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Пермского государственного национального исследовательского университета, с авторефератом – на официальном сайте ВАК Министерства образования и науки РФ <http://vak.edu.gov.ru>, в библиотеке и на сайте Пермского государственного национального исследовательского университета [www.psu.ru](http://www.psu.ru).

Автореферат разослан 20 декабря 2011 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
доктор экономических наук, доцент

Т.В. Миролубова

### **Общая характеристика работы**

**Актуальность темы исследования.** Характерной чертой функционирования рынка ценных бумаг в последнее время является возрастающая доля высокочастотной торговли. В большинстве случаев реализация торговых стратегий осуществляется механическими торговыми системами, так как количество сделок в минуту может составлять несколько тысяч, а периоды между сделками занимать микросекунды. В этой связи особую важность приобретают вопросы оценки и управления риском при высокочастотной торговле на фондовом рынке, чему посвящено данное исследование.

По данным российской статистики можно отметить следующее:

- в 2011 году - вклад гиперактивных торговых автоматов "в частоту событий рынка" (нагрузку на инфраструктуру) составляет около 60%, а доля гиперактивных торговых автоматов в обороте на фондовом рынке составляет 11-13%. По числу заявок доля автоматов составляет 45%, но более 95% из них снимаются без исполнения. По данным РТС, на сегодняшний день на долю роботов в обороте на срочном рынке РТС FORTS приходится примерно 50%. Доля роботов в количестве заявок в определенные моменты может достигать 90%.

- на фондовой бирже ММВБ удвоение количества сделок происходит с 2005 года каждые 18 месяцев.

- доля гиперактивных инвесторов (предположительно – роботов) на фондовой бирже ММВБ на середину 2009 года составила 55% и продолжает расти.

- число сделок на фондовой бирже ММВБ в 2009 году выросло на 84,8 % до 115,8 млн штук [micex.ru]. 2 июня 2009 года число сделок достигло рекордного значения — 825,8 тыс. штук.

Что касается влияния высокочастотной торговли на экономику, можно отметить положительные и отрицательные аспекты. К положительным аспектам можно отнести: повышение эффективности рынка; рост рыночной ликвидности; сужение спреда между ценами покупки и продажи; сокращение расхождения цен между площадками и увеличение объема торгов; ускорение оборота. Среди отрицательных аспектов можно выделить: нарушение функций рынка, таких как упорядоченное и справедливое определение цены, формирование капитала; а также возможность компьютерного сбоя и крупных убытков.

Таким образом, высокочастотная торговля - это современные российские реалии. С учетом роста доли высокочастотной торговли и ее существенного влияния на рынок и экономику в целом исследование вопросов высокочастотной торговли представляется не только важным, но и необходимым.

На сегодняшний день существует широкая методическая и методологическая база для оценки и управления риском на промежутке от одного дня до нескольких дней, например - модель Value-at-Risk (VAR). Однако модель применима к регулярным данным с равными интервалами между сделками. Специфика же высокочастотных (тиковых) данных состоит в

иррегулярности (англ. irregularly-spaced data). Иными словами, временной промежуток между изменениями цены (дюрация) актива есть случайная величина. К отличительным свойствам тиковых данных можно также отнести их дискретность, автокорреляцию рядов и эффект кластеризации дюраций. Существует математический аппарат для моделирования высокочастотных торговых данных, однако в научной литературе не освещены вопросы применения математического аппарата для риск-менеджмента. Поэтому разработка модели оценки риска, учитывающей особенности высокочастотных финансовых временных рядов, приобретает исключительную актуальность.

**Степень разработанности проблемы.** Оценка риска при высокочастотной торговле подразумевает, в первую очередь, моделирование высокочастотных данных. Существенный вклад в теорию моделирования тиковых данных внесли зарубежные ученые Р. Энгл, Дж. Рассел, М. Пакурар. Первые попытки моделирования высокочастотных торговых данных были предприняты в 1998 году в работе Р. Энгла и Дж. Рассела. Ими впервые была предложена модель Autoregressive Conditional Duration (ACD), учитывающая дискретность и иррегулярность высокочастотных данных. Далее, в 2000 году Р. Энглом опубликована обзорная статья, дающая наиболее полную на тот момент характеристику эконометрических свойств тиковых данных. В этой же статье впервые построена модель Ultra High Frequency(UHF)-GARCH. Примечательны исследования М. Пакурар, опубликованные в 2006 году, дающие обзор эконометрических моделей для описания временных рядов сверхвысокой частоты. Среди работ отечественных ученых следует отметить работы С. А. Анатольева, Д.А. Шакина, В.Н. Пырлика, исследовавших вопросы моделирования тиковых данных российского фондового рынка. В 2004 году С.А. Анатолев и Д.А. Шакин исследуют распределение и эволюцию дюраций для частоторгуемых акций в фондовой секции ММВБ. Исследования В.Н. Пырлика посвящены построению модели одновременной микроструктурной динамики цен активов и частоты торгов на российском фондовом рынке.

Математическое моделирование внутридневного риска при высокочастотной торговле впервые представлено в работе Б. Силвейн и Б. Ромэйн в 2006 году. Ими используется модель ACD-GARCH для построения модели Conditional Value-at-Risk, протестированной на бирже EURONEXT. В этом же году выходит работа Л. Коронео и Р. Вередес, которые, однако, проигнорировали специфические особенности тиковых данных. В модели ISIVAR Г. Коллетеза, К. Харлина и С. Токпави в 2007 году уже учитывались специфические особенности тиковых данных. Ими исследовалась способность модели адекватно предсказывать значения двух сопоставляемых параметров - дюрации и уровня риска. Модель была применена к Нью-Йоркской фондовой бирже (NYSE). Весомый вклад в теорию моделирования внутридневного риска внесли М. Пакурар, Дж. Дион и П. Дюшен, представившие научной общественности в 2009 г. модель Intraday Value-at-Risk (IVaR), в которой использована новая методика оценки величины и предсказания риска. Их модель протестирована на канадском рынке (Montreal Stock Exchange).

На сегодняшний день имеется несколько моделей, предлагающих различные подходы к оценке риска. Однако, ни одна из них не была

протестирована на российском рынке. К тому же, все перечисленные научные труды нацелены только на предсказание количественной оценки внутридневного риска и не затрагивают вопросы классификации внутридневного риска. Возможность классифицировать внутридневной риск позволит принимать адекватные и обоснованные инвестиционные решения. Таким образом, в настоящее время недостаточно разработаны теоретические и прикладные основы количественной оценки и предсказания внутридневного риска при осуществлении высокочастотных торговых операций на фондовом рынке. При этом одним из пробелов является отсутствие классификации такого риска. Поэтому модификация и дальнейшее обобщение существующих моделей, а также разработка классификации риска позволили бы внести вклад в теорию математического моделирования внутридневного риска при высокочастотной торговле ценными бумагами.

Все вышеизложенное определило цель, задачи, логику построения и содержание диссертационной работы.

**Цель и задачи исследования.** Целью исследования является разработка модельного и методического аппарата оценки риска при осуществлении высокочастотных торговых операций на рынке ценных бумаг с учетом специфики тиковых данных.

В соответствии с целью работы поставлены и решены следующие задачи:

1. Разработка математической модели IVaR-M, позволяющей учитывать иррегулярность тиковых данных при оценке внутридневного риска.
2. Классификация степени риска при высокочастотной торговле ценными бумагами, способствующая обоснованному принятию инвестиционных решений и повышению эффективности инвестиционной деятельности.
3. Разработка алгоритма и методики для прогнозирования и оценки внутридневного риска при высокочастотной торговле ценными бумагами и их практическое воплощение в виде компьютерной программы.

**Объектом исследования** является российский фондовый рынок.

**Предметом исследования** являются процессы и явления, протекающие на фондовом рынке при высокочастотной торговле, и их математические модели и алгоритмы при оценке внутридневного риска.

**Теоретическая и методологическая основа исследования.** Работа базируется на общих принципах научного исследования с применением принятых в эконометрике и прикладной математике аппарата анализа финансовых временных рядов, параметрических методов математической статистики и эконометрики для оценки параметров и проверки статистических гипотез, методов финансовой математики для описания и параметризации эмпирических свойств высокочастотных временных рядов, метода Монте-Карло симуляций, метода генерации псевдо - случайных чисел. Используются результаты исследований ведущих ученых в области прикладной математики и эконометрики, управления риском, а также труды специалистов по моделированию высокочастотных иррегулярных торговых данных с дискретной динамикой. Применяются языки программирования Java, R, Matlab.

**Информационная база:** информация, опубликованная в научных журналах экономического и финансового направления и сведения о торгах на бирже

ММВБ. Рассматриваются тиковые данные логарифмической доходности двух торгуемых в фондовой секции Московской межбанковской валютной биржи инструментов (обыкновенные акции ОАО «Газпром» и ОАО «Сбергательный банк России») за период с 1 сентября 2010 года по 1 декабря 2010 года.

**Область исследования** – Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности ВАК 08.00.13 – «Математические и инструментальные методы экономики», п. 1.6 «Математический анализ и моделирование процессов в финансовом секторе экономики, развитие метода финансовой математики и актуарных расчетов».

**Научная новизна диссертации.** В процессе исследования автором получены следующие результаты, являющиеся предметом защиты и определяющие научную новизну работы:

1. Разработана *новая* математическая модель IVaR-M, *отличающаяся* от других как учетом иррегулярности высокочастотных данных, так и внутренней структурой, обеспечивающей учет иррегулярности, а также *новым* подходом к учету эффекта внутрисуточного сезонности *на основе* прогнозирования логарифмической доходности и дюраций с помощью моделей UHF-GARCH и ACD *с целью* определения максимально возможного уровня убытка, который не будет превышен при заданном уровне значимости. Использование разработанной модели позволяет производить оценку внутрисуточного риска на основе иррегулярных высокочастотных торговых данных российского фондового рынка.

2. *Впервые* разработана классификация внутрисуточного риска, *характеризующаяся новой* методикой характеристики степени риска *на основе* формирования рискованных интервалов с помощью отношения показателя IVaR-M к длине прогнозного периода *с целью* применения при высокочастотной торговле для обоснования инвестиционных решений.

3. Созданы *новые* алгоритм и методика получения прогнозных значений дюрации и логарифмической доходности с использованием вероятностных моделей, характеризующих динамику тиковых данных и учитывающих специфику высокочастотных данных.

Разработана *новая* компьютерная программа для прогнозирования и оценки риска, *основанная* на разработанных алгоритме и методике, *отличающаяся* наличием графического пользовательского интерфейса. Разработанные алгоритм, методика и компьютерная программа *позволяют*: а) обеспечивать расчеты параметров модели IVaR-M; б) калибровать параметры вспомогательных моделей ACD и UHF-GARCH в соответствии с выборочными данными; в) получать прогнозные значения иррегулярных финансовых временных рядов; г) вычислять величину IVaR-M; д) формировать рискованные интервалы для классификации риска.

**Теоретическая значимость исследования** состоит в развитии теории оценки риска при высокочастотной торговле ценными бумагами по направлениям: а) более ясное понимание механизма идентификации и оценки риска, а также характеристик процессов, протекающих при совершении высокочастотных торговых операций; б) возможность более точного прогнозирования иррегулярных тиковых данных.

**Практическая значимость исследования** определяется возможностью использования научно-методического аппарата оценки внутридневного риска в задачах повышения эффективности инвестиционной деятельности при высокочастотной торговле.

**Достоверность результатов** обеспечивается: а) корректным использованием применяемого в работе математического аппарата (модели ACD, UHF-GARCH, симуляции Монте-Карло и др.); б) использованием обоснованных допущений и ограничений; в) проверкой адекватности конкретных расчетных результатов как известным фактическим данным, так и результатам расчетов по известным методикам.

**Апробация работы.** Основные результаты работы докладывались на:

Международных конференциях

-NFF 2011: 21st International Conference 20-24 August 2011, School of Business, Stockholm University.

-Роль финансово-кредитной системы в реализации приоритетных задач развития экономики, Санкт-Петербург, 18-19 февраля 2010 г., Санкт-Петербургский государственный университет экономики и финансов (ФИНЭК).

-Потребление как коммуникация-2009. 5-я международная конференция, 26-27 июня 2009 г., Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ).

-Молодые ученые о современном финансовом рынке РФ, V международная научно-практическая конференция, 17 мая 2007 г., VI - 25 апреля 2008 г., Пермь, Пермский государственный университет.

-Студент и научно-технический прогресс. Экономика. XLVI международная научная студенческая конференция, 26-30 апреля 2008 г., г. Новосибирск, СО РАН, Новосибирский государственный университет.

-Взгляд студентов на современный финансовый рынок РФ, IV международная научно-практическая конференция, 13-14 апреля 2006 г., Пермь, Пермский государственный университет.

Всероссийских конференциях

-Современные проблемы экономического развития. Всероссийская научная студенческая конференция, 26-27 апреля 2007 г., Омск, Омский государственный технический университет.

-Факторы устойчивого развития экономики России на современном этапе (федеральный и региональные аспекты), IV Всероссийская научно-практическая конференция, 24-25 февраля 2006 г., Пенза, Приволжский дом знаний.

-Современный финансовый рынок РФ. Всероссийская научно-практическая конференция, 14 апреля 2005 г., Пермь, Пермский государственный университет.

-Проблемы и перспективы российской экономики. IV Всероссийская научно-практическая конференция, 29-30 марта 2005 г., Пенза, Приволжский дом знаний.

Межрегиональных конференциях

-Проблемы современной экономики. 14 межрегиональная научно-практическая конференция студентов и аспирантов, апрель 2008 г., Красноярск, Сибирский федеральный университет.

-Экономика и управление: актуальные проблемы и поиск путей решения. Региональная конференция молодых ученых и студентов, апрель 2005г., апрель 2006г., апрель 2007 г., Пермь, Пермский государственный университет.

Результаты применяются в инвестиционной деятельности компании «Бекар-Инвест» и учебном процессе Пермского национального исследовательского политехнического университета, что подтверждается соответствующими актами.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 14 печатных работ общим объемом 3.6 п.л., из них 3 работы - в журналах, рекомендованных ВАК.

**Структура работы.** Работа изложена на 133 страницах, состоит из введения, основной части в трех главах, заключения, библиографического списка. Работа иллюстрирована 16 таблицами, 16 рисунками. Библиографический список содержит 149 наименований.

Во **введении** обоснована актуальность исследуемой проблемы, сформулированы цель работы, объект и предмет исследования, научная новизна и практическая значимость полученных результатов, их апробация.

В **первой** главе «Аналитический обзор состояния проблемы и постановка задач» проведен ретроспективный анализ динамики появления и изменения характера высокочастотных торговых операций на российском фондовом рынке. Дан сравнительный анализ тиковых данных российского и западных рынков. Особое внимание уделяется существующим версиям модели IVaR и результатам тестирования модели на различных мировых финансовых рынках, на основании чего сформулированы задачи исследования.

Во **второй** главе «Оценка внутридневного риска при высокочастотной торговле ценными бумагами» приводится обзор методологии проводимого исследования. Представлены теоретические основы моделей ACD, UHF-GARCH, используемых методов генерации псевдо-случайных чисел. Описаны этапы построения и оценки модели IVaR-M: калибровка моделей, получение прогнозных значений и Монте-Карло симуляции, расчет статистики Купиеца и проверка гипотезы об адекватности модели. Предлагается таблица классификации степени риска в зависимости от полученных с помощью модели IVaR-M значений.

В **третьей** главе «Компьютерная программа с ГПИ. Построение и тестирование модели IVaR-M. Анализ полученных результатов» содержится описание численных характеристик используемых данных, приведены результаты калибровки моделей и оценки значимости параметров. Также в главе приводится проверка статистических гипотез о наличии автокорреляции, эффекта кластеризации дюраций. Вместе с тем в главе представлены результаты тестирования модели IVaR-M и расчетные значения критерия Купиеца. Кроме того, представлен анализ полученных результатов, а также выводы касательно применимости и адекватности модели IVaR-M в условиях торговли ценными бумагами на российском фондовом рынке.

В **заключении** приведены основные результаты работы, возможности их практического применения, а также направления дальнейших исследований.



## Основные положения и результаты, выносимые на защиту

1. Разработана *новая* математическая модель IVaR-M, *отличающаяся* от других как учетом иррегулярности высокочастотных данных, так и внутренней структурой, обеспечивающей учет иррегулярности, а также *новым* подходом к учету эффекта внутридневной сезонности *на основе* прогнозирования логарифмической доходности и дюраций с помощью моделей UNF-GARCH и ACD *с целью* определения максимально возможного уровня убытка, который не будет превышен при заданном уровне значимости. Использование разработанной модели позволяет производить оценку внутридневногo риска на основе иррегулярных высокочастотных торговых данных российского фондового рынка.

На данный момент существуют различные модели для оценки внутридневногo риска. Среди рассмотренных ранее, по совокупности показателей, наиболее подходящей для российских условий, на наш взгляд, является модель IVaR, представленная в 2009г. в работе М. Пакурар, Дж. Дион и П. Дюшен. Однако, представляется целесообразной модификация модели по ряду составляющих, при этом общая часть оставлена неизменной. В этой связи модель названа Intraday Value-at-Risk-Modified (IVaR-M).

Итак, определим дискретный случайный процесс  $S = \{s_i, i \in \mathbb{Z}\}$  как последовательность регулярных (англ. regularly-spaced) логарифмических доходностей актива. Пусть доходности  $s_i$  возникают в момент  $t_i$ , тогда  $t_i - t_{i-1} = T$ , где  $T$  – некоторый промежуток времени (например, 30 секунд, 25 минут, 1 час или др.). Если длина реализации процесса  $n$ , то время между  $s_n$  и  $s_1$  составит  $t_n - t_1 = T \times n$ . Введем величину  $x_n$ , которая является кумулятивным приростом иррегулярных субинтервалов  $T$ . Это означает, что  $s_i = \sum_{j=1}^{\tau(i)-1} r_j$ , где  $r_j$  – последовательность тиковых логарифмических доходностей, а  $\tau(j)$  – количество иррегулярных субинтервалов. Коэффициент  $\tau(j)$  таков, что кумулятивная дюрация превышает  $T$  впервые, или, другими словами,  $\sum_{j=1}^{\tau(i)-1} x_i \leq T$  и  $\sum_{j=1}^{\tau(i)} x_i > T$ . Отметим, что хотя  $t_i - t_{i-1} = T$  для  $i=1 \dots n$ , каждый промежуток времени  $T$  содержит различное количество иррегулярных субинтервалов  $\tau(j)$  в силу случайного характера дюраций. Располагая моделью ACD, мы можем найти  $\tau(j)$  и, следовательно, определить процесс регулярных логарифмических доходностей.

При заданном уровне надежности  $1 - \alpha$  значения  $(IVaRM_i(\alpha) | F_i)$  можно определить равенством  $\Pr(x_i \leq -IVaRM_i(\alpha) | F_i) = \alpha$ , где  $F_i$  – это информационное множество, доступное на момент  $t_i$  и включающее все предыдущие высокочастотные значения доходностей и дюраций. Часто принимают уровень значимости равным 5%, 2.5%, 1%, которые соответствуют уровням надежности 95%, 97.5%, 99%.

Перефразируя определение, мы можем определить значение IVaR-M как максимально возможный убыток (выраженный в доходности), который не будет превышен при данном уровне надежности (значимости), или,

$-IVaRM_t(\alpha) = Q_t(\alpha|F_t)$ , где  $Q_t(\alpha|F_t)$  - это  $\alpha$ -квантиль условного распределения доходностей  $\varepsilon_t$ .

Для оценки модели использован параметрический подход посредством калибровки UHF-GARCH и ACD на выборочных тиковых данных и последующего прогнозирования ряда реализации иррегулярных логарифмических доходностей. Далее применен метод Монте-Карло для симуляции процесса регулярных логарифмических доходностей  $S$  и калькуляции IVaR-M. В таблице 1 приведена сравнительная характеристика существующих моделей для оценки внутридневного риска и разработанной модели IVaR-M. Перейдем к **отличиям** модели IVaR-M в сравнении с моделью IVaR:

1. Использование модели ACD вместо GACD.
2. Использование модели UHF-GARCH вместо Extended UHF-GARCH.
3. Альтернативный подход к устранению эффекта внутридневной сезонности.

Рассмотрим изменения более детально:

1. Использование модели ACD вместо GACD и log-ACD-GARCH.

Основным отличием в данном случае является вероятностное распределение случайной ошибки. Выбор такого распределения влияет на условную функцию интенсивности.

Экспоненциальная спецификация подразумевает плоскую функцию риска. Исходной точкой в модели IVaR является распределение Вейбулла (при  $\gamma = 1$  распределение сводится к экспоненциальному). Распределение Вейбулла позволяет получить монотонную функцию риска (возрастающую при  $\gamma > 1$  и убывающую при  $\gamma < 1$ ). Для большей гибкости, например, Дж. Грэмминг и К.О. Маурер (2000) предложили распределение Бурра, что в конечном счете приводит к появлению модели Burr ACD. Такая модель применима для случаев, когда для коротких дюраций функция риска увеличивается, а для длинных дюраций уменьшается. Однако, в конечном счете авторами модели IVaR рассматривается логарифмическая версия модели авторегрессии условной дюрации, или log-ACD:

$$\psi_j = \exp(\omega + \sum_{j=1}^m \alpha_j \varepsilon_{t-j} + \sum_{j=1}^q \beta_j \ln \psi_{t-j}). \quad (1)$$

Такую модель предложили Л. Боуэнс и П. Гиот в 2000г. В качестве же распределения инноваций применяется обобщенное гамма - распределение.

Модификация представляется необходимой, так как усложнение моделей и ее параметров зачастую не приводит к получению более значимых результатов, однако затрудняет расчеты и способствует громоздкости объема вычислений. Для моделирования и предсказания дюраций нами использован подход Р. Энгл и Дж. Рассел (1998), при котором распределение  $\varepsilon$  считается экспоненциальным. Применимость подобного подхода обосновывается проверкой адекватности моделей и статистических гипотез о значимости коэффициентов. В случае статистической значимости, модель может быть использована для аппроксимации дюраций и получения прогнозных значений.

2. Использование модели UHF-GARCH вместо Extended UHF-GARCH.

В разрабатываемой нами модели IVaR-M применена модель UHF-GARCH в ее изначальном виде, предложенном Р. Энгл (2000), в то время как в модели IVaR задействована ее расширенная версия, а именно Extended UHF-GARCH. При расчетах временное взвешивание является эндогенным, поэтому авторы

считают расширенную модель более гибкой. Волатильность доходностей рассчитывается как произведение функции от дюрации и GARCH-компоненты

$$\frac{r_{t-1}(x_t)}{x_t^2} = \sigma_t^2; h_t = x_t^2 \sigma_t^2. \quad (2)$$

Таким образом, параметр  $\gamma$ , определяющий взвешивание волатильности акции по дюрациям, должен быть оценен. Такая формулировка позволяет специфицировать более общую форму гетероскедастичности в условной дисперсии доходностей.

На наш взгляд, введение нового параметра в модель увеличивает риск высокой погрешности расчетов. Более того, расчет  $\gamma$  осуществляется не аналитически, а итерационно, что исключает точность показателя, и опять же, повышает ресурсоемкость расчетов. В совокупности с отсутствием обоснования большей значимости результатов, полученных с помощью расширенной модели, это дает нам основание использовать модель UNF-GARCH в ее классическом виде для целей конструирования IVaR-M.

3. Альтернативный подход к устранению эффекта внутридневной сезонности.

В работе Р. Энгла и Дж. Рассела (1998) отмечено наличие эффекта сезонности, демонстрируемого высокочастотными данными. Объясняется это тем, что рыночная активность высока в начале торговой сессии, а также перед ее закрытием. С.А. Анатольев и Д.А. Шакин (2004) выявили также различную степень эффекта сезонности для различных дней недели. В целях получения достоверных результатов, сезонность данных должна быть устранена еще перед началом оценки параметров моделей.

Для удаления эффекта сезонности Р. Энгл и Дж. Рассел (1998) предлагают вычисление скорректированных по дням дюраций посредством деления необработанных дюраций на детерминистический множитель сезонности, зависящий от времени совершения сделки. В модели IVaR скорректированные на сезонность дюрации рассчитываются следующим образом:

$$x_{t,inter} = \frac{x_{t,inter}}{E(x_{t,inter}|F_{t-1})},$$

$$r_{t,intra} = \frac{r_{t,inter}}{\sqrt{E(\sigma_{t,inter}^2|F_{t-1})}}, \quad (3)$$

где условное математическое ожидание рассчитывается усреднением переменных за получасовые промежутки для каждого дня недели с последующим использованием кубического сплайна для сглаживания множителя сезонности.

На наш взгляд, корректировка на сезонность является лишь инструментом, способствующим более удобной статистической обработке данных. Обратной стороной является меньшая связь преобразованных данных с реальными временными рядами. Для исключения сезонности данных нами предлагается оценка параметров моделей по данным фиксированного времени со схожей рыночной активностью. Например, первые 2 часа после открытия торговой сессии характеризуются высокими объемами, короткими дюрациями и высокой частотой совершения сделок. В таком случае отпадает необходимость в

преобразовании данных, снижается погрешность, а также экономятся временные и аппаратные ресурсы.

*Оценка адекватности IVaR-M.* Вторая часть тиковых данных используется в целях оценки модели посредством сравнения с предсказанными логарифмическими доходностями. Количество случаев, когда рассчитанное значение IVaR-M превышено, назовем эмпирическим уровнем провала (empirical failure rate)  $\hat{\alpha}$ . По определению,  $\hat{\alpha}$  должно равняться уровню значимости  $\alpha$ . Однако, существует статистический метод проверки модели на адекватность. Мы применяем тест Купиеца, чтобы сравнить  $\hat{\alpha}$  и  $\alpha$ . Тест Купиеца позволяет судить о состоятельности эмпирического уровня провала в соотношении с предсказанными IVaR-M исключительными значениями. Нулевая гипотеза  $\hat{\alpha} = \alpha$ .

Таблица 1

Сравнение IVaR-M с существующими моделями оценки внутридневного риска

	VaR	ISIVaR	ICVaR	IVaR	IVaR-M
Авторы, год	1980-е	Коллетез, Харлин, Токпави, 2007	Силвейн. Ромейн 2006	Пакурар, Дион, Дюшен, 2006	Рыбаков, 2011
Вспомогательные модели	Нет	ACD	ACD-GARCH log-ACD	Extended UHF-GARCH, GACD	ACD, UHF-GARCH
Внутридневная сезонность	Нет	Кубический сплайн	Метод Надарая-Ватсон, Кубический сплайн	Кубический сплайн	Формирование выборки на основе периодов со схожей рыночной активностью
Распределение	Стандартное Гауссово	Экспоненциальное	Экспоненциальное, Вейбуллово, обобщенное Гамма-распределение	Обобщенное гамма, стандартное Гауссово, Вейбулла	Экспоненциальное, стандартное Гауссово
Прогнозируемые величины	Прибыль/убыток, Логарифмическая доходность, доходность	Дюрация и волатильность	Дюрации, волатильность при заданной дюрации		Дюрация и логарифмическая доходность
Учет специфики тиковых данных	Нет	Да	Нет	Да	Да

Применение для классификации внутридневного риска	Да	Нет	Нет	Нет	Да
Биржа	Все	NYSE	EURONEXT	Montreal Stock Exchange	ММВБ

Статистика правдоподобия Купицеца имеет вид:

$$LR = 2[\ln(\alpha^m(1 - \alpha)^{n-m}) - \ln(\alpha^m(1 - \alpha)^{n-m})], \quad (4)$$

где

$m$  - количество исключительных значений;

$n$  - размер выборки.

**2. Впервые разработана классификация внутридневного риска, характеризующаяся новой методикой характеристики степени риска на основе формирования рискованных интервалов с помощью отношения показателя IVaR-M к длине прогнозного периода с целью применения при высокочастотной торговле для обоснования инвестиционных решений.**

Оценка риска, как внутридневного, так и вообще риска в целом, есть составная часть управления риском, или, иначе говоря, риск – менеджмента. В риск – менеджменте принято выделять несколько ключевых этапов:

1. выявление риска и оценка вероятности его реализации и масштаба последствий, определение максимально – возможного убытка;
2. выбор методов и инструментов управления выявленным риском;
3. разработка риск – стратегии с целью снижения вероятности реализации риска и минимизации возможных негативных последствий;
4. реализация риск – стратегии;
5. оценка достигнутых результатов и корректировка риск-стратегии.

Ключевым этапом риск – менеджмента считается этап выбора методов и инструментов управления риском. Наиболее общепринятыми методами являются снижение, передача и принятие риска. Однако рассмотрим еще один метод, а именно – метод отказа. Он заключается в том, что при определенных условиях происходит отказ от риска. Применительно к высокочастотной торговле, это означает неотправление заявки на совершение сделки купли или продажи. Говоря экономическим языком, принятое инвестиционное решение заключается в отказе от инвестирования.

Следовательно, необходимо охарактеризовать эти условия. Представляется целесообразным выделить 2 пункта: 1.Классификация риска. 2.Толерантность инвестора к риску.

Разделение риска на категории будем называть классификацией риска. Говоря о толерантности, будем иметь в виду предпочтения инвестора и его отношение к риску. Эти две характеристики и будут являться определяющими при повышении эффективности инвестиционной деятельности.

Говоря об эффективности, в первую очередь будем иметь прибыльность сделок. Однако, более общим было бы упомянуть соотношение затрат и полученных результатов.

Таким образом, говоря о высокочастотной торговле, под инвестором будем понимать любого участника торгов, - в том числе и торгового алгоритма. Под инвестицией будем понимать сделку купли или продажи акции на рынке ценных бумаг. Соответственно, под инвестиционным решением будем понимать решение инвестора о совершении инвестиции, то есть занятии короткой или длинной позиции по ценным бумагам. Время позиции при этом может быть как тысячной долей секунды, так и несколько минут.

Таким образом, рассмотрим этапы 1-5 применительно к управлению внутрисдневным риском. На первом этапе рассчитывается величина IVaR-M. Далее, получив количественную оценку риска, переходим на второй этап, где применяется метод отказа: если риску присвоена такая классификация, при которой инвестор не толерантен к риску, то сделка не совершается. То есть, управление сводится к двум этапам.

Рассмотрим классификацию внутрисдневного риска при осуществлении высокочастотной торговли на рынке ценных бумаг. Разделение риска на категории производится в соответствии с полученными количественными оценками риска. Однако, величина IVaR-M будет различной для разных временных периодов (15, 30, 50 и 90 дюраций). Поэтому, для обеспечения сравнимости, величину IVaR-M будем делить на временной промежуток.

Итак, процедура оценки IVaR-M производится в количестве 100 симуляций, в ходе каждой из которой рассчитывается отношение величины IVaR-M к временному интервалу (сумме дюраций прогнозного периода). Все значения, полученные при симуляциях, сортируются в порядке возрастания. Далее выделяются 3 группы: первые 40%, далее 40-80% и 80-100% от максимального значения. Эти группы соответствуют низкой, средней и высокой степени риска (табл. 2).

Таблица 2

Группы риска в зависимости от отношения  
(IVaR-M/сумма дюраций)

Уровень IVaR-M Группа риска	5%	2.5%	1%	0.5%
Низкий	$A_{5\%}$	$A_{2.5\%}$	$A_{1\%}$	$A_{0.5\%}$
Средний	$B_{5\%}$	$B_{2.5\%}$	$B_{1\%}$	$B_{0.5\%}$
Высокий	$C_{5\%}$	$C_{2.5\%}$	$C_{1\%}$	$C_{0.5\%}$

Для каждого уровня значимости будут получены свои риск-интервалы. Так, если модель IVaR-M тестируется на уровне значимости 5%, то риск будет классифицирован как низкий, если величина  $IVaR-M < A_{5\%}$ , средний при  $A_{5\%} < IVaR-M < B_{5\%}$  и, наконец, высокий при  $B_{5\%} < IVaR-M < C_{5\%}$ . Превышение уровня  $C_{5\%}$  будет являться обновлением исторического максимума и приведет к необходимости пересмотра шкалы риска.

Далее рассмотрим следующий элемент, влияющий на принятие инвестиционных решений: толерантность к риску. Это количественный показатель, характеризующий желание инвестора принимать риск. В работе

Делкю Ф. (2008) приведены результаты исследования зависимости отношения инвестора к риску и вероятности убытка (табл. 3).

Таблица 3

Максимально допустимый убыток в зависимости от его вероятности

Вероятность убытка	Максимально допустимый убыток (как множитель RT)
0.5	0.693
0.37	1.000
0.35	1.050
0.33	1.099
0.25	1.39
0.1	2.30
0.05	3.00
0.01	4.61
1/1000	6.91
1/10000	9.21
1/100000	11.51
1/1000000	13.82
1/10000000	16.12
1/100000000	18.42
1/1000000000	20.72

В табл. 3 RT - Risk Tolerance, толерантность к риску. Как видно из табл. 3, с повышением вероятности убытков максимально принимаемый уровень риска снижается по гиперболическому закону. Таким образом, каждый инвестор сам для себя может определить коэффициент толерантности к риску по табл.3. После этого инвестор выделяет интервалы толерантности, на которых риск будет низким, средним или же высоким для данного инвестора. Далее, формируется сводная таблица, содержащая с одной стороны классификацию риска, а с другой – интервалы толерантности: низкая толерантность, средняя и высокая (табл. 4).

Таблица 4

Соотношение толерантности к риску и группы риска

Толерантность к риску \ Группа риска	Низкая степень толерантности	Средняя степень толерантности	Высокая степень толерантности
Низкий	Занять позицию	Занять позицию	Занять позицию
Средний	Не занимать позицию	Занять позицию	Занять позицию



Высокий	Не занимать позицию	Не занимать позицию	Занять позицию
---------	---------------------	---------------------	----------------

В зависимости от группы, в которую классифицирован риск и от толерантности инвестора, принимается решение о занятии короткой/длинной позиции, либо о воздержании от занятия позиции.

Так, инвестор, с высокой степенью толерантности к риску, будет занимать позицию независимо от категории, присвоенной риску. Если же риск классифицирован как низкий, то даже при низкой степени толерантности, инвестор будет занимать позицию. Соответственно, промежуточные варианты будут при различных сочетаниях пары группа риска – уровень толерантности.

Таким образом, предложенная классификация риска на основе оценочной величины IVaR-M в сочетании со степенью толерантности риска, позволяют инвесторам формализовать принятие инвестиционных решение. Обоснованные инвестиционные решения, базирующиеся на количественной оценке риска и предпочтениях инвестора, способствуют повышению эффективности инвестиционной деятельности.

**3. Созданы новые алгоритм и методика получения прогнозных значений дюрации и логарифмической доходности с использованием вероятностных моделей, характеризующих динамику тиковых данных и учитывающих специфику высокочастотных данных.**

Разработана *новая компьютерная программа для прогнозирования и оценки риска, основанная на разработанных алгоритме и методике, отличающаяся* наличием графического пользовательского интерфейса. Разработанные алгоритм, методика и компьютерная программа *позволяют:* а) обеспечивать расчеты параметров модели IVaR-M; б) калибровать параметры вспомогательных моделей ACD и UHF-GARCH в соответствии с выборочными данными; в) получать прогнозные значения иррегулярных финансовых временных рядов; г) вычислять величину IVaR-M; д) формировать рисковые интервалы для классификации риска.

Получение оценочного показателя внутридневного риска достигается посредством расчета величины IVaR-M.

Расчет IVaR-M осуществляется по следующим этапам:

1. Тиковые данные делятся на 2 части: выборка для калибровки параметров моделей и данные для тестирования и оценки адекватности модели IVaR-M.

Пропорция в данном случае выбирается как 2:1. То есть, 2/3 данных для оценки и 1/3 для бэк-тестинга. Следует отметить, что разделение осуществляется по торговым дням и не зависит от первичной обработки данных.

2. Генерируются случайные векторы, имеющие стандартное нормальное и показательное распределения. С помощью первого рассчитываются инновации UHF-GARCH, а второй применяется в уравнении ACD.

Для генерации показательно распределенной случайной величины будем использовать метод обратного преобразования. Идея заключается в конвертации



равномерно распределенных случайных величин  $U$ , принадлежащих интервалу  $(0;1)$ , в показательную распределенную величину  $T$  так, что

$$F^{-1} = \frac{-\ln(1-p)}{\lambda}, \quad T = F^{-1}(U); \quad (5)$$

где:

$F^{-1}$  - квантильная функция,  $p$  - квантиль порядка  $p$ ;

$1/\lambda$  - математическое ожидание показательного распределения.

Более того, если  $U$  равномерно распределена на  $(0;1)$ , то следовательно и  $1-U$  тоже. Значит генерировать случайную величину, распределенную по экспоненциальному закону, можно по формуле

$$T = \frac{-\ln U}{\lambda}.$$

Генерация случайных величин, распределенных по стандартному гауссовскому закону, осуществляется методом Бокса-Мюллера. Начальные условия схожи с вышеописанным методом: величины  $U_1$  и  $U_2$  распределены равномерно на  $(0; 1)$ . Обозначим

$$Z_0 = \sqrt{-2\ln U_1 \cos(2\pi U_2)}; \quad (6)$$

$$Z_1 = \sqrt{-2\ln U_1 \sin(2\pi U_2)}.$$

Тогда величины  $Z_0$  and  $Z_1$  независимы и имеют стандартное нормальное распределение.

3. Рассчитываются прогнозные значения дюраций, логарифмической доходности на единицу времени и дисперсии с помощью моделей ACD и UNF-GARCH.

4. Дюрации и логарифмические доходности суммируются и, таким образом, прогнозируется процесс регулярных логарифмических доходностей.

Здесь используется удобное свойство аддитивности логарифмических доходностей: сумма доходностей за субинтервалы будет равняться логарифмической доходности за временной период, равный сумме субинтервалов.

5. Шаги 1-4 повторяются 5000 раз для получения 5000 значений реализаций процесса  $S$

Напомним, что процесс  $S$  есть стохастический процесс регулярных логарифмических доходностей. В каждой симуляции временной промежуток будет равен заданному числу дюраций. Однако, так как дюрация – величина случайная, то каждой симуляции будет соответствовать регулярная логарифмическая доходность за различный временной период. Заметим, что при низкой волатильности дюраций этими различиями можно пренебречь.

6. Показатель IVaR-M рассчитывается как квантиль распределения логарифмических доходностей.

В результате 5000 симуляций будет иметься 5000 значений регулярных логарифмических доходностей. Извлечение квантили, равной уровню значимости IVaR-M (95%, 97.5%, 99%), производится посредством сортировки значений по возрастанию. Далее выбирается значение с порядковым номером,

равным округленному произведению уровню значимости на размер выборки (5000).

Параметры моделей подбираются методом максимального правдоподобия в среде R. Далее параметры и часть выборочных данных для оценки поведения модели сохраняются в виде файла, который считывается разработанной в среде JAVA программой с графическим пользовательским интерфейсом. Пользователь указывает число симуляций, уровень значимости, длину прогнозного интервала (в количестве дюраций). После нажатия кнопки «старт», производятся расчеты и на экран выводятся уровень IVaR-M и отношение IVaR-M/сумма дюраций, на основании которых пользователь принимает решение о целесообразности сделки. Более подробное описание программы приведено далее.

Моделирование реализовано в объектно-ориентированной среде с использованием языков программирования R и JAVA. Калибровка и оценка параметров модели IVaR-M осуществляются в R с использованием как стандартных, так и подключаемых библиотек. Расчет же коэффициента IVaR-M и бэк-тестинг модели совершаются в среде Netbeans, в которой на языке JAVA разработана программа с графическим пользовательским интерфейсом (рис. 1).

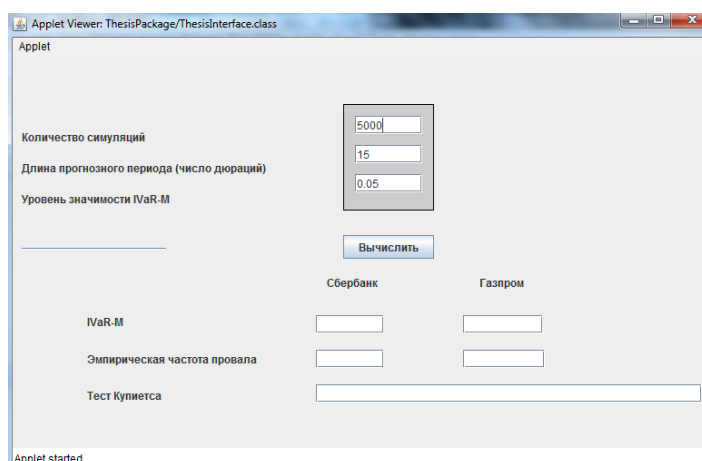


Рис. 1. JAVA-приложение для расчета IVaR-M

Таким образом, высокочастотные данные, сохраненные в текстовом файле, считываются и обрабатываются алгоритмом в среде R. Далее запускается код для оценки параметров модели, после чего параметры сохраняются в отдельный файл, который, в свою очередь, считывается программой, разработанной на языке JAVA. Эти параметры используются при вычислении показателя IVaR-M бэк-тестинге.

После запуска графического приложения, пользователь должен ввести значения трех полей: количество симуляций, длина прогнозного периода и уровень значимости IVaR-M.

Количество симуляций определяет размер выборки регулярных доходностей, из которых извлекается квантиль для расчета IVaR-M.

Длина прогнозного периода измеряется в количестве дюраций, от этого параметра зависит интервал, за который будут рассчитаны регулярные доходности.

Уровень значимости IVaR-M технически является уровнем квантили для извлечения из распределения регулярных доходностей.

После нажатия кнопки «ВЫЧИСЛИТЬ» производится заданное число симуляций с параметрами, загружаемыми из файла и с введенными уровнем значимости и длиной прогнозного периода. Далее на экран выводятся результаты расчета модели, а также бектестинга: величина IVaR-M и статистика Купиеца для обеих акций, Сбербанк и Газпром.

Таким образом, данная программа с графическим пользовательским интерфейсом позволяет определить уровень риска, то есть максимальный убыток, который не будет превышен при заданном уровне значимости, а также определить адекватность модели.

После первичной обработки данных для калибровки параметров моделей остается 20303 значений для Сбербанка и 46259 значений для Газпрома. При этом для бэк-тестинга, соответственно, остается 5843 и 11455 значений. Среднее значение дюрации составило 4.25 секунд для Сбербанка и 9.60 секунд для Газпрома.

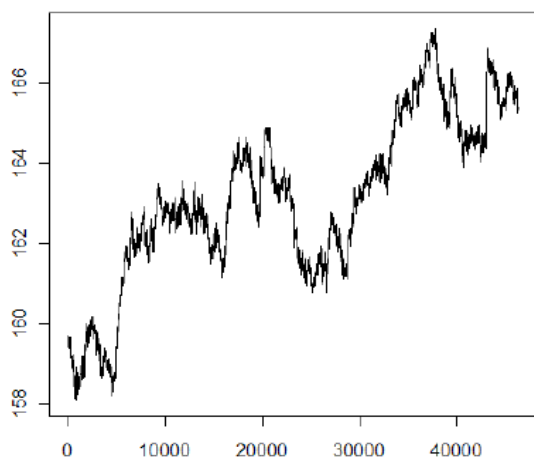


Рис. 2. График цены акций «Газпром». По оси абсцисс отложен порядковый номер цены. По оси ординат отложена цена в рублях

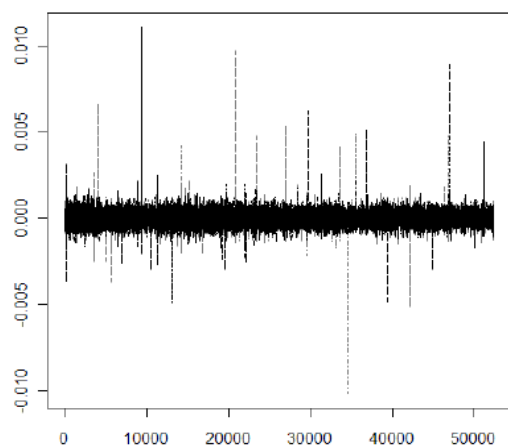


Рис. 3. График логарифмической доходности. Газпром. По оси абсцисс отложен порядковый номер логарифмической доходности. По оси ординат отложена логарифмическая доходность

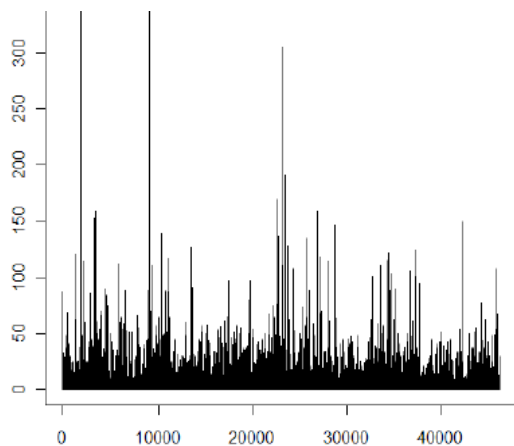


Рис. 4. Наблюдаемые дюрации после обработки. Газпром. По оси абсцисс обозначен порядковый номер дюрации в массиве. По оси ординат обозначены

соответствующие значения дюрации в секундах

На рис. 2,3,4 представлены графики, полученные в среде R для высокочастотных данных по акциям «Газпром» после обработки: графики цены, логарифмической доходности и наблюдаемые дюрации. Таблицы 5 и 6 содержат результаты теста Купиеца (p-values) для модели IVaR-M применительно к акциям Газпром и Сбербанк. Жирным шрифтом выделены случаи неадекватности модели при 95% уровне значимости теста Купиеца.

Таблица 5

Тест Купиеца. Газпром

уровень IVaR-M	5%	2.5%	1%	0.5%
T				
15	<b>0.03</b>	<b>0.011</b>	0.15	0.68
35	0.745	0.911	0.235	0.543
50	0.738	0.17	0.811	0.292
90	0.55	0.912	0.654	0.972

Таблица 6

Тест Купиеца. Сбербанк

уровень IVaR-M	5%	2.5%	1%	0.5%
T				
15	<b>0.01</b>	<b>0.017</b>	0.522	0.503
35	<b>0.013</b>	0.652	0.192	0.332
50	0.146	0.613	0.600	0.499
90	0.755	0.236	0.999	0.412

Согласно полученным результатам, модель IVaR-M неадекватна в 2 случаях для Газпрома и в 3х случаях для Сбербанка. Выявлено, что модель дает более надежные результаты для более длинных временных интервалов (35-90 дюраций), что может соответствовать промежутку от 7 до 30 минут. В большинстве случаев величина IVaR-M не была превышена в сравнении с историческими рыночными данными, что положительно характеризует качество модели. В соответствии с распределением симулированных значений отношения (IVaR-M/сумма дюраций) были сформированы следующие группы риска (табл. 7 и 8).

Таблица 7

Группы риска в зависимости от отношения  
(IVaR-M/сумма дюраций)

уровень IVaR-M	5%	2.5%	1%	0.5%
Группа риска				

Низкий	-0.000025609	-0.000030526	-0.000036266	-0.000040847
Средний	-0.000025842	-0.00003103	-0.000036728	-0.000041544
Высокий	-0.000027576	-0.000033045	-0.000040095	-0.000044674

Таблица 8

Группы риска в зависимости от отношения  
(IVaR-M/сумма дюраций)

уровень IVaR-M Группа риска	5%	2.5%	1%	0.5%
Низкий	-0.000032736	-0.000042051	-0.000057249	-0.000071116
Средний	-0.000033398	-0.000042768	-0.00005869	-0.000073862
Высокий	-0.00003579	-0.000045839	-0.000067795	-0.000091491

Повышение эффективности инвестиционной деятельности производится за счет воздержания от заключения потенциально убыточных сделок. На реальных рыночных данных была протестирована модель на предмет способности предсказать убытки. При длине прогнозного периода в 30 дюраций и количестве симуляций равном 100, была сформирована выборка значений, которым присвоена высокая степень риска. Далее для этих прогнозных значений были выбраны соответствующие логарифмические доходности за аналогичный период, но фактических высокочастотных рыночных данных. Результаты представлены в табл. 9 и 10.

Таблица 9

Способность модели предсказывать убыточные сделки (тест на рыночных данных). Газпром

	5%	2.5%	1%	0.5%
Количество значений с риском «высокий» (прогнозные данные)	27	23	22	17
Число случаев, когда наблюдался убыток (реальные рыночные данные)	26	23	21	17

Таблица 10

Способность модели предсказывать убыточные сделки (тест на рыночных данных). Сбербанк

	5%	2.5%	1%	0.5%
Количество значений с риском «высокий» (прогнозные данные)	26	25	25	21

Число случаев, когда наблюдался убыток (реальные рыночные данные)	26	22	24	21
---	----	----	----	----

Как следует из табл. 9 и 10, модель корректно идентифицировала высокий риск. Как для акций Газпрома, так и Сбербанка в абсолютном большинстве случаев моделью верно определены потенциально убыточные сделки. Иными словами, несовершение сделок в моменты, характеризованные моделью как высоко-рисковые, позволит избежать убытков, что повысит эффективность инвестиционной деятельности.

Таким образом, можно сделать вывод, что модель IVaR-M показала хорошие результаты при тестировании на исторических данных. Адекватность модели в большинстве случаев свидетельствует о применимости модели как инструмента оценки внутридневного риска при высокочастотной торговле на рынке ценных бумаг.

### **Основные выводы и результаты**

В ходе исследования получены следующие результаты и выводы.

1. Разработанная математическая модель IVaR-M является эффективным средством анализа рисков, что подтверждается тестированием на российском рынке.
2. Разработанная классификация степени внутридневного риска при высокочастотной торговле ценными бумагами служит обоснованием при принятии инвестиционных решений и способствует повышению эффективности инвестиционной деятельности посредством отказа от совершения потенциально убыточных сделок, характеризующихся неприемлемой для инвестора степенью риска.
3. Созданные алгоритм, методика и разработанная программа для оценки внутридневного риска при высокочастотной торговле ценными бумагами на российском фондовом рынке являются эффективным инструментальным средством и служат улучшению количественного анализа инвестиционных рисков.

#### *Публикации в изданиях, включенных в перечень ВАК*

1. Рыбаков А.А. Прогнозирование волатильности на финансовом рынке FORTS// Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки, 2011, №1 (114), с. 176-180.
2. Рыбаков А.А. Дельта - нейтральное динамическое хеджирование/ Рыбаков А.А., Цаплин А.И.// Вестник Ижевского гос. техн. университета, 2010, №2(45) с. 39-41.
3. Рыбаков А.А. Математическая модель оптимизации налогообложения холдинга / Рыбаков А.А., Цаплин А.И.// Вестник Ижевского гос. техн. университета, 2010, №2(38), с. 59-62.

#### *Публикации в других изданиях*

4. Рыбаков А.А. Моделирование дельта - нейтрального динамического хеджирования//Вестник ПГТУ. Прикладная математика и механика, 2010, №15, с. 178-190.

5. Рыбаков А.А. Инвестиции в основные фонды // «Экономика и управление; актуальные проблемы и поиск путей решения» - Пермь: ПГУ, 2006, с. 82-85.
6. Рыбаков А.А. Модель сокращения налоговых платежей // «Экономика и управление: актуальные проблемы и поиск путей решения» - Пермь: ПГУ, 2007, с.21-23.
7. Рыбаков А.А. Проблемы интеграции России в мировой финансовый рынок // «Молодые ученые о современном финансовом рынке РФ» - Пермь: ПГУ, 2008, с. 181-183.
8. Рыбаков А.А. Методы оценки стоимости акций // Проблемы современной экономики – Красноярск: Сибирский Федеральный университет, 2008, с. 185-186.
9. Рыбаков А.А. Анализ методов оценки стоимости акций // «Студент и научно-технический прогресс. Экономика» - Новосибирск: НГУ, 2008.
10. Рыбаков А.А. Страхование потерь, вызванных дезинформацией на рынке ценных бумаг» / Рыбаков А.А., Суворин В.Л.// Современное страхование: тенденции развития. Серия «Библиотека студенческих исследований» – Пермь: Пермский гос. университет, 2009, с. 135-137.
11. Рыбаков А.А. Азиатский мульти - цифровой опцион корзинного типа и рыночная волатильность / Рыбаков А.А., Поррас С.// Роль финансово-кредитной системы в реализации приоритетных задач развития экономики, Спб.ГУЭФ, 2010, с. 278-280.
12. Рыбаков А.А. Сравнение финансовой системы РФ с системой в трактовке Боди Зви и Мертона Роберта // Вопросы экономических наук, 2007, №3(25), с.112-114.
13. Рыбаков А.А. Прогнозирование волатильности и стратегия «Стрэддл» на рынке FORTS // Exploring the world of financial engineering, Mälardalen University, Vesteros, May 2011, pp. 80-86.
14. Рыбаков А.А. Модель IVaR для высокочастотных торговых данных с применением к ММВБ (тезисы на английском языке)/ Рыбаков А.А., Кейролах А.// NFF Conference, 2011 August 20-24, Stockholm University, School of Business, p. 83.