

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САРАТОВСКИЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра математического и компьютерного моделирования

**АВТОРЕФЕРАТ**

магистерской работы

**«Анализ рисков операций с облигациями на фондовом рынке»**

**студента 3 курса 392 группы**

**направления 38.04.01 «Экономика»**

**механико-математического факультета**

**Сторожилова Алексея Владимировича**

Научный руководитель:

профессор, д.ф.-м..н., доцент \_\_\_\_\_

Д.В Кондратов

Зав. кафедрой:

зав.каф, д. ф-м н \_\_\_\_\_

Ю. А. Блинков

**Саратов 2017**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Долговые ценные бумаги, в значительной степени представленные на рынках ценных бумаг облигациями, эти бумаги - основа портфелей консервативных инвесторов. Облигации характеризуются набором рисков различных по своей природе, таких как: кредитный риск, риск ликвидности, страховой риск, процентный риск, риск реинвестирования. Для каждого из этих видов риска и уровня ожидаемой доходности необходима разработка соответствующих методик и моделей, рассматривающих проблему инвестирования в облигацию как в отдельный инвестиционный инструмент, так и в набор облигаций - портфель. Данные модели и методики активно обсуждаются в современной литературе, что свидетельствует о значительной научной актуальности темы.

Уже давно вопрос применения зарубежного опыта стал актуальным в силу схожести структуры и тенденций российского рынка с мировыми рынками, а также стремление участников рынка максимально эффективно и прибыльно размещать финансовые ресурсы.

Тем не менее, не смотря на ряд сходств, в том числе: высокую волатильность, которая обусловлена нестабильностью российского рынка, невысокую ликвидность, а также значительно меньшие возможности для хеджирования. В наше время, задача подхода к управлению активами или портфелем финансовых инструментов, в котором особое значение было бы уделено современным методам управления рыночными рисками, крайней актуальна. Поскольку полученные результаты не будут учитывать специфики рынка и инструмента, в силу внешних и внутренних обстоятельств, использование зарубежных моделей к облигациям, в том виде, в каком они есть, лишено смысла. Для создания эффективной модели управления портфелем облигаций необходима адаптация и модификация зарубежных классических моделей, в частности, изменение алгоритмов расчета, введения новых ограничений. Важно отметить, большая часть классических зарубежных

оптимизационных моделей ориентирована на рынок акций, тогда как, возможность построения оптимального портфеля на базе соотношения риска и доходности для российских облигаций все еще стоит под вопросом.

### **Методы исследования**

Основными методами исследования в данной работе являются статистический анализ и эконометрическое моделирование. В работе пользовались теорией временных рядов, линейное регрессий, векторными операции, квантильными преобразования и регрессией.

Предложенные модели верифицируются с помощью построения и математической деформации распределений некоторых экономических величин и регрессионного анализа — базового инструмента современной эконометрии. Регрессионный анализ предназначен не только для оценки параметров выбранных моделей, но и позволяет проверить правильность их спецификации, а также сравнить их друг с другом.

Эмпирической основой исследования стали:

- законодательные акты Российской Федерации, ведомственные нормативные документы Министерства финансов Российской Федерации и Банка России, определяющие порядок учета ценных бумаг и управления активами и пассивами банков;
- документы Базельского комитета по банковскому надзору;
- данные научных конференций, справочные материалы, аналитические и обзорные публикации России и зарубежных государств;

Для решения поставленных задач применялись программы MS Excel, MO Access, Gretl, Matrixer, Matlab, EViews, VBA и SAS University Edition.

## **Научная новизна**

К научной новизне можно отнести следующую проведенную работу:

- Систематизированы классические модели управления портфелем, для каждой из модель выявлены достоинства и недостатки в применении к специфике российского рынка облигаций.
- Исследован математический метод определения приведенной стоимости через безрисковую кривую процентных ставок и кредитный спред.
- Проанализирована совокупность методов, учитывающая важнейшие аспекты оценки облигаций: статистический метод расчета VaR по изменению кривой процентных ставок для оценки процентного риска; двухшаговый метод, оценки риска рыночной ликвидности; регрессионная модель оценки параметров рыночного обращения облигаций.

## **Статистическая база**

Основной статистикой базой в работе стали данные ММВБ, Bloomberg, Cbonds. Был исследован набор из 7 российских облигаций эмитентов. Информационный массив состоял из 254 ежедневных наблюдений, в период с 2011 по 2012г., объемами торгов облигаций и кривой процентных ставок. Также использовались данные по кредитным спредам и рейтингам.

Особенностью выбранных данных стала их неverifiedируемость. Зачастую, основным источником является одна организация, тогда как во всех остальных БД производится копирование информации.

Поэтому был проведен анализ большого количества первоначальных инструментов с целью выбора тех, в которых отсутствовали бы «выбросы», неподдающиеся формальному объяснению.

Исследуемые облигации представляют собой относительно репрезентативный набор по отношению к рынку корпоративных облигаций в целом. Представлены не только крупные компании, но и менее значительные эмитенты. Так как ценообразование спекулятивных облигаций определяется

скорее теорией вероятности, нежели финансовым анализом, они не были рассмотрены в данной работе.

**В первой** главе приведен обзор теоретических и практических классических математических моделей, позволяющих оценить риск данных облигаций. Приведен сравнительный анализ моделей, обоснован базис выбора моделей.

Степень научной разработки проблем применения и использования моделей управления портфелем ценных бумаг определяется высокой практической востребованностью среди участников рынка, а также его постоянным изменением и эволюционированием, что подразумевает постоянное развитие сложившихся подходов к управлению портфелем ценных бумаг. Проблеме изучения классических моделей управления портфелем облигаций в специфике развитых рынков посвящено большое количество работ зарубежных авторов. Также проблема оптимизации портфелей облигаций присутствует в трудах ряда ведущих российских специалистов, однако, в большей части, данные модели являются либо переносом зарубежных концепций на российский рынок, либо не уделяют достаточного внимания средствам адаптации и оценки использования данных моделей на практике

На сегодняшний день в научном/финансовом сообществе общепризнана необходимость повышенного внимания к анализу рисков, возникающих при тех или иных операциях. Таким образом, риск-менеджмент стал отдельной отраслью участвующей в планировании функционирования сложных экономических субъектов.

Наиболее известными моделями по управлению портфелем ценных бумаг были разработаны в 70-е годы, так модель Марковича была создана в 50-ых годах, из этого следует, что математический аппарат оценки основных показателей портфеля ценных бумаг, устарел и необходим в модификации. После важнейших событий, которые произошли в 70-ых годах, использование

математических моделей в финансовом анализе стало применимо на практике. Изменения затронули финансовую практику и математическую теорию.

Из-за увеличения сложности финансового рынка, а также появление новых инструментов большой слой инвесторов не мог верно оценить вероятные потери в работе с полученными инструментами.

После появления теоретической основы количественного математического измерения финансовых рисков (CreditMetrics, VaR) появилось большое количество исследований по анализу приложения финансовых рисков к ценным бумагам. Так были созданы международные объединения (Базельский комитет) занимающиеся разработкой рекомендаций по управлению рисками. Последующие финансовые кризисы повлекли за собой рост внимания к данной проблеме.

Сейчас увеличивается связь участников экономических процессов финансовым рискам, усложняются зависимости между различными видами рисков, в главном образе между рисками финансового и реального секторов. Поэтому постоянно растет актуальность проблемы управления финансовыми рисками. Что дает возможность говорить об актуальности работы с точки зрения выявления закономерностей функционирования современных рынков облигаций и развития экономической теории, в особенности для таких ее разделов как экономика рынка ценных бумаг и финансовые риски.

**Во второй** главе представлен подход представляющий существующие математические модели ценообразования облигаций с учетом риска. Детально изучены используемые методы: моделирование кредитного риска через кредитные спреды, моделирование процентного риска через VaR, моделирование риска рыночной ликвидности через поверхность ликвидности. Представлено итоговое регрессионное обобщение и алгоритм оценки премий за риск.

Традиционный анализ кредитного качества компании-эмитентов в большинстве базируется на фундаментальном анализе и включает в себя подробное изучение операций компании, стоимости его будущих доходов и т.д. Главной целью которого является анализ стабильности доходов компании по отношению к ее обязательствам. Полученные данные оцениваются и определяется место компании в иерархии рейтинговых категорий. Математической точкой зрения для традиционного подхода будет формирование правила упорядочивания. Таким образом, исследуемым показателям компании сопоставляются баллы. После, баллы складываются с весами ( $w$ ), пропорциональными степени влияния на процент дефолта. Итоговая сумма баллов сопоставляется с кредитным рейтингом и вероятностью дефолта.

$$P1(k) \rightarrow x : \{0, 100\};$$

$$P2(k_1, \dots, k_n) = \sum w_i x_i \rightarrow S : \{0, 100\} \rightarrow CreditRating.$$

Главной задачей построения модели кредитного риска является анализ функции распределения убытков. Для каждой организации можно выделить свое определение «кредитного убытка». Но принято более рисковым называть портфель, плотность распределения которого имеет тяжелый правый хвост.

Цели финансового анализа обычно сводят функцию распределения кредитных убытков к единой величине, а именно «экономический капитал». Он определяется как вероятность превышения непредвиденными потерями экономического капитала не более заданного порогового значения. Пороговое значение, как правило, выбирается в соответствии с кредитным рейтингом организации по своим обязательствам.

**Глава 3** посвящена апробации подхода на примере расчетов агрегированной регрессионной модели эконометрической оценки рисков российских корпоративных облигаций. Описаны последовательные этапы расчетов, построено итоговое регрессионное уравнение, подробно проанализированы полученные результаты.

Так было описано общее уравнение регрессивного уравнения с учетом факторов описанных в предыдущей главе.

$$P - P_s = y + \alpha_1 \cdot \text{VaR}_{\text{general}} + \alpha_2 \cdot \text{VaR}_{\text{specific}} + \beta_1 \cdot E_{\text{time}} + \beta_2 \cdot E_{\text{price}} + \beta_3 \cdot K + \varepsilon \quad (1.1)$$

Получив численные оценки премий за риск, инвестор может способен сделать вывод о том виде риска, которому наиболее подвержена данная ценная бумага.

В расчетах использовались данные по среднедневным ценам и объемам ежедневного обращения по данным рублевым облигациям за период с 04.07.2011 - 10.07.2012. Номинал всех облигаций составил 1 000 рублей. Некоторые параметры облигаций представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры облигаций

Облигация	Период начисления купона	Дата погашения оферты	Ставка
купона, %			
ВТБ	квартал	15.07.2013	5,75
Гпром	полгода	06.08.2013	6,95
РЖД	полгода	07.11.2016	7,55
Лукойл	полгода	08.12.2015	7,10
ТКБ	полгода	15.06.2014	7,29
АКБАРС	полгода	22.01.2013	8,00
ПСБ	полгода	21.05.2013	7,99



Были взяты и проанализированы данные по кредитному рейтингу эмитентов выбранных облигаций (Standard & Poor's) за исследуемый период. Вследствие чего ценные бумаги сгруппированы по инвестиционным категориям.

После были проанализировано изменение цен в конце периода в целях корректировки возможных «выбросов».

Потолок для кредитных рейтингов эмитентов, расположенных в России, ограничен потолком — суверенным рейтингом Российской Федерации. Поэтому характерное для спредов возрастание по экспоненте для наших расчетов должно начинаться не от рейтинга AAA, а от уровня ВВВ.

Далее, для интервала таблицы 2 было определено уравнение нахождения процентной ставки  $i_c$  для случайного срока  $c$ .

$$i_c = i_{t0} + \frac{(i_T - i_{t0}) * (c - i_{t0})}{(i_T - i_{t0})} \quad (1.2)$$

После был найден VaR по вектору-спредов,  $VaR_{Gen}$  - найден по кривым процентных ставок.  $VaR(\%)$  - получен как сумма  $VaR_{Gen}$  и  $VaR_{Sp}$ .  $VaR_{(Price)}$  - рассчитан историческим методом.

Из полученных результатов указанных в таблице 3 видно, что большинство облигаций близки, это позволяет утверждать об адекватности подхода расчета процентного VaR.

Таблица 3 – Расчет VaR облигаций

Облигация	Рейтинговая категория	VaRSp (2нед.)	VaRGen (2нед.)	VaR (%) (2нед.)	VaR(Price) (2нед.)
ВТБ	BBB	0,00%	0,76%	0,76%	0,38%
Гпром	BBB	0,00%	0,79%	0,79%	1,17%
РЖД	BBB	0,00%	2,02%	2,02%	2,30%
Лукойл	BBB	0,00%	1,80%	1,80%	1,75%
ТКБ	BB	2,05%	1,20%	3,25%	3,34%
АКБАРС	BB	0,66%	0,28%	0,95%	0,95%
ПСБ	B	2,04%	0,54%	2,58%	2,35%

По построенным поверхностям были рассчитаны точечные эластичности в точке с ценами на 10.07.2012. Из полученных результатов определили, что эластичность объема по цене отображает на сколько % увеличивается объем торгов при снижении цены на 1 б.п. (при снижении на 0,01% цены номинала). Эластичность объема по времени отображает изменение объема торгов при росте срока на 1%.

Расчет кривизны был описан отдельно.

После нахождения всех необходимых данных (таблица 4) была построена общая регрессионная модель (1.1). Результаты построения отображены в таблице 5.

Таблица 4 – Исходные данные для расчетов

Облигация	$PR_{\%} + PR_{liq}$	Рейт, кат.	$VaR_{Sp}$	$VaR_{Gen}$	VaR	Е (V/P)	Е (V/T)	Кривизна	Дюрация
ВТБ	3,38	BBB	0,00%	0,76%	0,76%	1,2974	1,0000	-0,0254	292
Гпром	3,19	BBB	0,00%	0,79%	0,79%	1,0852	0,9987	-0,0854	256
РЖД	-1,24	BBB	0,00%	2,02%	2,02%	0,2244	0,9485	-0,0098	1 175
Лукойл	-0,14	BBB	0,00%	1,80%	1,80%	0,4765	0,9682	-0,1473	1 034
ТКБ	4,80	BB	2,05%	1,20%	3,25%	0,4542	1,0000	-0,0792	626
АКБАРС	4,28	BB	0,66%	0,28%	0,95%	0,6850	0,8455	0,9489	108
ПСБ	2,27	B	2,04%	0,54%	2,58%	0,5130	0,9697	-0,0262	279

Таблица 5 – результаты регрессии

Обычный метод наименьших квадратов				
(линейная регрессия)				
Зависимая переменная: Pr_Creed[3]				
Количество наблюдений: 14				
Переменная	Коэффициент	Станд. ошибка	t-статистика	Знач.
Константа	23.028490089	12.351869967	1.8643727753	[0.0992]
Fac[VaR <sub>Sp</sub> ]	41.423730703	52.949310328	0.7823280501	[0.4565]
Fac [VaR <sub>Gen</sub> ]	-248.8921342	124.4596679	-1.9997814425	[0.0805]
Fac[EP]	0.6954434709	1.7053680332	0.4077967086	[0.6941]
Fac [E T]	-19.409608734	14.230961311	-1.3639000423	[0.2098]
Fac [K]	-2.893833972	1.9775842616	-1.4633176589	[0.1816]
$R^{2adj} = 48.626951365\%$ $DW = 2.3614$				
$R^2 = 68.385816225\%$ $S.E. = 1.4477962901$				
Сумма квадратов остатков : 16.7689127821228				
$AIC = 4.0183464794$ $BIC = 4.3378751442$				
$F(5,8) = 3.461019$ [0.0583]				

Построенная модель уже достаточно хорошо приближает значения  $PR$  %,  $PR_{liq}$  большинство расчетных значений одного уровня с исходными данными.

Методом подбора был произведен поиск наиболее адекватной модели, как с эконометрической точки зрения, так и с точки зрения наглядной интерпретации.

В итоге были получены статистически обоснованные данные о том, какая часть стоимости облигации должна быть распределена на тот или иной вид риска (таблица 6).

Таблица 6 - Разложение цены по видам риска

Облигация	Цена	ОТУ	Премия за риск	PRcr	PR%	PR <sub>liq</sub>
ВТБ	100,00	103,37	3,38	0,00	4,47	-1,09
Гпром	100,15	103,34	3,19	0,00	3,74	-0,55
РЖД	98,86	97,63	-1,24	0,00	-3,36	2,12
Лукойл	98,04	97,89	-0,14	0,00	-1,02	0,88
ТКБ	94,98	101,77	6,08	1,29	5,39	-0,59
АКБАРС	99,76	104,05	4,72	0,44	2,27	2,01
ПСБ	98,72	102,99	3,59	1,32	1,82	0,45

Оценка процентного риска показывает вклад волатильности кривой процентных ставок в стоимость облигации. Более того, возможно узнать, какие облигации используются на рынке в качестве тихой гавани от процентного риска.

Анализ риска ликвидности показывает как сильно стоимость облигации, чувствительна к ликвидности торгов. А также в какой мере инвесторы будут требовать большей доходности из-за нехватки ликвидности. Интерпретация оценок осуществляется по остаточному признаку.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Объектом данной работы являются российские облигации обращающиеся на биржевых рынках. Предложенные подходы можно распространить и на международные облигации. В целом, предлагаемые в работе подходы можно применить к любому инструменту, ценообразование которого поддается математическому моделированию.

Целью выпускной работы является анализ методов оценки параметров рыночного обращения облигаций. Исходя из цели выпускной работы, автором были исследованы следующие задачи:

- Проанализировать работы различных авторов, посвященных оценке основных направлений в рамках теории управления портфелем облигаций и связанных с ними рисков;
- Исследовать возможность использования оптимизационной модели, для рынка акций, в применении к облигациям;
- Рассмотреть методический подход к эконометрической оценке корпоративных облигаций с учетом риска;
- Показать на примере и подвергнуть статистической проверке метод эконометрической оценки рисков российских облигаций и выделить недостатки текущих методов и моделей.

## СПИСОК НЕКОТОРЫХ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В РАБОТЕ ИСТОЧНИКОВ

1. Балабанов К.Г. «Риск в современном бизнесе» // Риск-менеджмент, 1996. С. 21-22.
2. Лобанов А., Чугунов А., Тенденции развития риск-менеджмента: мировой опыт, Рынок ценных бумаг. 1999 г., № 18(153).
3. Котов Н.В. Разработка сценариев развития фондового рынка и оценка их вероятностей в условиях неопределенности
4. Бенинг В.Е. «Введение в математическую теорию риска» / В.Е. Бенинг, В.Ю. Королев; МГУ им. М.В. Ломоносова. Фак. вычисл. математики и кибернетики. -М.: Макс Пресс, 2000. — 183 с.
5. Финансовый менеджмент: теория и практика. Учебник под редакцией Стояновой Е.С., 1996 г.
6. Буруч Ю. «Перспективы развития системы управления рисками в российских банках», Управление финансовыми рисками, №4, 2009 г.
7. Третьяков А., Российский долговой рынок: состояние и перспективы, Рынок ценных бумаг №5, 2003 г.
8. Рей К. Рынок облигаций. Торговля и управление рисками. М.: Дело, 1999.
9. Кадников А. А. «Оценка рыночной ликвидности рублевых облигаций», Социально-экономическое развитие России: идеи молодых ученых / Под ред. В. Е. Селиверстова, В. М. Марковой, Е. С. Гвоздевой. - Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2008. - 444 с. С. 297-304.
10. Балабушкин А., Гамбаров Г., Шевчук И. Оценка срочной структуры процентных ставок//Рынок ценных бумаг. 2004. №11.С.43-50.
11. Волчок В. Анализ временной структуры процентных ставок на основе ARCH (1) и GARCH (1,1) моделей // «Эковест». 2003. №3. С.621-636.