

ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

*М.З. Курбангалеев*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРЖИНАЛЬНЫХ  
ТРЕБОВАНИЙ ПРИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОМ  
КЛИРИНГЕ СДЕЛОК КРЕДИТНОГО  
ДЕФОЛТНОГО СВОПА**

Препринт WP16/2012/01

Серия WP16

Финансовая инженерия,  
риск-менеджмент и актуарная наука

Москва  
2012

УДК 336.76  
ББК 65.262.2  
К93

Редакторы серии WP16  
«Финансовая инженерия,  
риск-менеджмент и актуарная наука»  
*С.Н. Смирнов, А.Г. Шоломицкий*

К93

**Курбангалеев, М. З.** Определение маржинальных требований при централизованном клиринге сделок кредитного дефолтного свопа : препринт WP16/2012/01 [Текст] / М. З. Курбангалеев ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2012. – 56 с. – 150 экз.

В работе обсуждаются важнейшие требования к системам маржинальных требований на рынке CDS. Также предлагается подход к расчету первоначальной маржи, который удовлетворяет большинству сформулированных требований. Предлагаемый подход основан на структурном подходе к моделированию кредитного риска и использует информацию об акциях эмитента базовых обязательств по CDS. Наконец, проводится тестирование предлагаемого подхода на данных о CDS, выписанных на обязательства ОАО «Газпром».

*Курбангалеев Марат Зуфарович* – аспирант кафедры управления рисками и страхования, младший научный сотрудник Научно-учебной лаборатории по финансовой инженерии и риск-менеджменту.

УДК 336.76  
ББК 65.262.2

**Препринты Национального исследовательского университета  
«Высшая школа экономики» размещаются по адресу: <http://www.hse.ru/org/hse/wp>**

© Курбангалеев М. З., 2012  
© Оформление. Издательский дом  
Высшей школы экономики, 2012

## Введение

Потрясения мировой финансовой системы последних лет показывают, насколько участники рынка склонны недооценивать системные риски. Это касается и риска контрагента, который является неотъемлемой частью сделок, исполнение которых отложено на некоторый срок в будущее по отношению к моменту их заключения.

Институтом, призванным управлять риском контрагента на системном уровне, обеспечить исполнение финансовых контрактов и способствовать устойчивости и безопасности торгового процесса, является институт центрального контрагента (ССР<sup>1</sup>), роль которого в настоящее время постоянно усиливается. ССР является хорошо капитализированной компанией, которая размыкает стороны, заключающие сделку, становясь покупателем для продавца и продавцом для покупателя и принимая на себя соответствующие обязательства по клирингуемой сделке.

На протяжении десятилетий централизованный клиринг является обязательным элементом маржинальной торговли ценными бумагами и биржевой торговли производными финансовыми инструментами. С конца 90-х годов прошлого века институт ССР был учрежден на денежном рынке и рынке ликвидных и высокостандартизованных внебиржевых производных инструментов, таких, как процентные свопы.

Тем не менее управление риском контрагента при процессинге большинства внебиржевых сделок осуществлялось на двусторонней основе между сторонами, заключившими сделку. В этом случае основными средствами управления риском контрагента являются двусторонний межпродуктовый неттинг экспозиций, внесение залога для покрытия потенциальных изменений стоимости чистой взаимной позиции и дополнительного гарантийного обеспечения, сумма которого зависит от кредитного качества контрагента.

Однако, как показывает история последнего финансового кризиса, в отношении рынка кредитных производных инструментов такой инструментарий является не только недостаточным, но и потенциально опасным. Наиболее яркой иллюстрацией этого факта является пример аме-

---

<sup>1</sup> Central counterparty.

риканского страхового гиганта AIG, который к лету 2008 г. сформировал непокрытую короткую позицию по контрактам кредитного дефолтного свопа (CDS<sup>2</sup>) на сумму около 500 млрд долларов. Несколько крупных банкротств того периода не только потребовали значительных выплат по соответствующим контрактам, чем обусловили значительные потери компании, но и стали причиной требований со стороны контрагентов внести дополнительное обеспечение по оставшимся контрактам, поскольку платежеспособность самого страховщика была подорвана.

По этой причине на основе сотрудничества ключевых игроков рынка CDS, в том числе ISDA<sup>3</sup>, и финансовых регуляторов нескольких стран был предпринят ряд мер по обеспечению стабильности и стандартизации этого рынка. Ключевым итогом этих мер стало учреждение центрального клиринга на рынке CDS.

Главным инструментом централизованного клиринга при управлении риском контрагента на ежедневной основе является система маржинальных требований, с помощью которой CCP переводит слабоизученный и плохо поддающийся оценке риск контрагента в «стоимостной»<sup>4</sup> риск клирингуемой позиции и активов, принятых в качестве гарантийного обеспечения. При этом предполагается, что в случае дефолта некоторого контрагента CCP способен использовать средства гарантийного обеспечения для исполнения принятых на себя обязательств перед другими контрагентами.

Для рынка CDS вопрос методологии определения маржинальных требований является в настоящее время актуальной проблемой. На сегодняшний день на рынке кредитных производных не существует лучшей практики по управлению риском контрагента, а подходы, используемые на других внебиржевых рынках, неприменимы для целей клиринга CDS.

В частности, для построения устойчивой системы маржинальных требований необходимо иметь модель динамики восстановительной стоимости клирингуемой позиции. Однако построение такой модели для клиринга CDS является весьма непростой задачей. Причинами такого поло-

---

<sup>2</sup> Credit default swap.

<sup>3</sup> International Swap and Derivatives Association.

<sup>4</sup> Под «стоимостным» риском здесь понимается риск, связанный с непредсказуемостью будущей восстановительной или ликвидационной стоимости клирингуемой позиции или активов, составляющих гарантийное обеспечение. В случае высоколиквидного рынка этот риск можно отождествлять с рыночным риском.

жения дел являются особенности организации рынка CDS, внутренней структуры контракта и характер доступных для анализа данных.

Построение методологии для определения маржинальных требований для CDS контрактов необходимо начинать с выработки требований к методологии и используемой при ее построении модели, описывающей динамику стоимости CDS-позиции, с учетом особенностей контракта и рынка в целом. На основе разработанных таким образом требований можно определиться с подходами, пригодными для моделирования потенциальной стоимости клирингуемой позиции в будущем.

В данной работе обсуждаются основные характеристики рынка CDS; требования, которые предъявляют особенности рассматриваемого рынка к системе маржинальных требований; а также предпринимается попытка применить структурный подход, учитывающий связь рынка CDS с другими рынками, для определения маржинальных требований для позиции, состоящей из индивидуального контракта, эмитент базовых обязательств по которому является корпоративным заемщиком (single-name corporate CDS), с целью создания базового подхода.

## **1. Характеристика рынка CDS**

Прежде чем перейти непосредственно к основному содержанию, имеет смысл кратко описать инструмент и рынок, к которому относится данная работа.

Это представляется необходимым по ряду причин. Во-первых, в русскоязычной экономической литературе довольно редко встречаются работы, посвященные рынку CDS, поскольку российского рынка такого рода инструмента в настоящее время не существует, поэтому особенности этого рынка недостаточно изучены. Во-вторых, по той же причине до сих пор не существует единой русскоязычной терминологии. В основном используются исходные англоязычные термины. В-третьих, рынок CDS является довольно молодым и интенсивно меняющимся. Особенно сильно он изменился за последние 2–3 года, поэтому значительная часть литературы, в том числе и иностранной, уже представляется нерелевантной.

## 1.1. Структура контракта

Изначально CDS был разработан для хеджирования кредитных рисков по облигациям и банковским кредитам, что и определило его первоначальную структуру.

Согласно такому контракту, одна сторона (продавец CDS) принимает на себя обязательства компенсировать потери другой стороны (покупателя CDS) в результате наступления в течение оговоренного срока заранее оговоренных событий (кредитных событий), связанных с определенной третьей стороной, после чего действие CDS прекращается. В то же время покупатель обязуется выплачивать продавцу регулярную премию в определенном размере либо до окончания оговоренного срока, указанного в контракте, либо до наступления кредитного события, в зависимости от того, что произойдет раньше.

Изначально условия CDS определялись в двустороннем порядке между продавцом и покупателем, что делало рынок крайне разнородным. Постепенно, при участии ISDA, условия контракта стали двигаться в сторону стандартизации.

Кратко опишем основные параметры CDS-контракта. Таковыми являются:

1. Третья сторона (*reference entity*). В данной работе будем называть эту сторону **эмитентом базовых обязательств**. Если третьей стороной являются отдельные заемщики, корпоративные или суверенные, тогда CDS-контракт называют монобазовым<sup>5</sup> (*single-name*). Если в качестве третьей стороны выступает заранее определенная группа заемщиков, тогда CDS принято называть мультибазовым<sup>6</sup> (*multi-name*). Мультибазовые контракты могут быть представлены в корзинной (*basket*) и индексной (*index*) форме. Контракты корзинной формы исполняются после того, как кредитные события произошли по  $N$  обязательствам разных эмитентов. При этом исполнение контракта происходит в полном объеме (см. п. 3 данного перечисления). Индексные контракты исполняются при наступлении кредитного события в отношении любого эмитента, входящего в индекс. При этом компенсация убытков производится в соответствии с долей обязательств эми-

---

<sup>5</sup> Перевод предложен автором данной работы. В литературе и СМИ можно встретить другие варианты перевода данного термина: единоименный, одноименный. Однако такой перевод, по мнению автора, является слишком буквальным и плохо отражает смысловое содержание термина.

<sup>6</sup> Перевод предложен автором данной работы.

тента в номинальной стоимости индекса, после чего допустивший дефолт эмитент исключается из индекса, и индекс продолжает торговаться, но уже с меньшей суммой контракта.

2. Базовые обязательства (*reference obligation*). Здесь важнейшими параметрами являются класс обязательств (*obligation class*) и очередность требований по ним (*seniority*). При заключении контракта долговые обязательства, по которым в случае наступления кредитных событий будут компенсированы потери, принято разделять согласно классам обязательств – облигации или займы, в том числе и банковские кредиты, а также согласно очередности требований по ним: первоочередные (*senior*) и субординированные (*subordinate*). Кроме того, обязательства должны быть номинированы в определенной валюте. Как правило, валюта базовых обязательств и валюта CDS совпадают. Важно также отметить, что принято выделять обязательства, обуславливающие исполнение CDS (*eligible-to-trigger*), и обязательства, пригодные для поставки (*eligible-to-deliver*). И хотя автору неизвестны примеры различий в структуре указанных групп обязательств, теоретически такие различия не исключены.

3. Номинальная стоимость контракта (*notional value*), которая представляет собой объем обязательств, покрываемых контрактом. Номинальная стоимость также составляет базу для определения денежного размера компенсационных выплат со стороны продавца CDS и денежного размера премии со стороны покупателя. Для индивидуального CDS, номинированного в долларах или евро, обычно номинальная стоимость составляет 10 млн долларов или евро соответственно.

4. Размер премии, уплачиваемой покупателем CDS, которую также принято называть *спрэдом* (*spread*) и которая выражается в базисных пунктах (б.п.)<sup>7</sup> от номинальной стоимости. Как будет описано далее, в настоящее время премия, уплачиваемая покупателем, состоит из двух частей: единовременной выплаты в момент заключения контракта (*up-front*) и стандартизованных «купонов».

5. Срок до истечения (*maturity*). Чаще всего встречаются пятилетние контракты, хотя бывают как более короткие, так и более длинные, но пятилетние являются наиболее ликвидными.

6. Кредитные события (*credit events*). Среди кредитных событий обязательно присутствует банкротство, а также либо дефолт по конкрет-

---

<sup>7</sup> Базисный пункт. 100 базисных пунктов = 1 процентный пункт = 0,01.

ному классу обязательств (*failure-to-pay*), либо по всем классам обязательств (*obligation default*). Среди кредитных событий также могут быть указаны такие события, как акселерация долгов и отказ/мораторий. Наибольшие вопросы и дебаты вызывает включение в состав кредитных событий реструктуризации долга. Причины этих споров заключаются в неоднозначности потерь, обусловленных реструктуризацией, и неравномерности влияния этого события на долговые обязательства внутри одного класса и очередности требований. Так, согласно текущей практике рынков Северной Америки реструктуризация не включается в список кредитных событий, в то время как в Европе выработаны специальные аукционные механизмы, позволяющие сохранить реструктуризацию в качестве кредитного события и формализовать процесс определения компенсационных выплат в этом случае.

Компенсация потерь может происходить в расчетной (*cash settlement*) или поставочной (*physical settlement*) форме. В первом случае предполагается, что продавец возмещает разницу между номинальной стоимостью обязательств и суммой возмещения (*recovery amount*) по базовому обязательству, что сопряжено с трудностями определения последней. Второй подход к исполнению CDS подразумевает поставку базового обязательства против платежа в размере номинальной стоимости контракта. Этот способ плох тем, что может вызывать шоки ликвидности на рынках корпоративных облигаций, тем самым вызывая искусственный рост цен на соответствующие обязательства. Кроме того, поскольку к поставке допускается целый ряд обязательств, удовлетворяющих условиям одного класса и очередности требований, то покупатель может поставлять наиболее дешевое обязательство, исполняя так называемый CTD<sup>8</sup>-опцион. Особенно это касается случая реструктуризации долга. В результате держатели одних и тех же CDS получают разный финансовый результат.

В настоящее время, чтобы исключить такой исход, размер компенсационного платежа со стороны продавца определяется в результате специально организуемого аукциона, в рамках которого возможно исполнение в любой из рассмотренных форм, но обеспечивается единство финансового результата для всех держателей однотипных CDS.

Стоит отметить, что спрэд (премия) со стороны покупателя уплачивается ежеквартально, а в настоящее время и в стандартные в целом по

---

<sup>8</sup> Cheapest-to-deliver.



рынку даты (либо 20-е число каждого третьего месяца в году, либо ближайший к этой дате следующий рабочий). Расчет накопленного платежа (*accrual interest*) рассчитывается по конвенции счета дней  $act / 365$ .

Более подробно ознакомиться с условиями контракта можно, обратившись к ISDA Credit Derivatives Definitions (ISDA, 2003).

## **1.2. Организация и особенности рынка**

Легко заметить, что внутренняя структура CDS напоминает страхового договор. Однако, в отличие от страхового полиса, CDS не подразумевает реальной экспозиции покупателя CDS к кредитному риску, что позволяет участникам данного рынка осуществлять спекулятивные сделки и строить синтетические позиции как для торговых, так и для инвестиционных целей. Эта особенность, в совокупности с тем, что контракт является нефондируемым, определила повышение ликвидности и стремительный рост объема рынка CDS, продолжавшийся до начала мирового финансового кризиса. Так, на начало 2008 г., по оценкам Банка международных расчетов (BIS, 2010), номинальная стоимость всех заключенных контрактов составляла около 60 трлн долларов, а рыночная стоимость всех контрактов, имеющих положительную стоимость, оцененная по котировкам того периода, составляла около 5 трлн долларов.

Основными пользователями CDS (buy side) являются практически все финансовые институты: банки, инвестиционные и пенсионные фонды, страховые компании, хедж-фонды. Так, например, инвестиционные фонды могут занимать синтетическую позицию в рискованной облигации некоторого эмитента практически любого срока и нужного объема, комбинируя ликвидные, считающиеся безрисковыми государственные облигации, и короткую позицию по соответствующему CDS. При этом объемы существующих выпусков облигаций рассматриваемого эмитента и их ликвидность не имеют никакого значения. Напротив, пенсионные фонды способны диверсифицировать свои портфели за счет рискованных корпоративных облигаций, покупая соответствующие CDS. CDS также активно используются при синтетической секьюритизации.

Поставщиками ликвидности (sell side) на рынке CDS являются крупные дилеры, в основном банки, с высоким кредитным рейтингом, как правило, не ниже A по шкале Standard & Poor's. В настоящее время насчитывается около 16 ключевых международных дилеров, которые поддерживают котировки на покупку и продажу различных CDS, по кото-

рым они готовы заключить соответствующие сделки с некоторым минимальным объемом. Одновременно существует междилерский рынок, на котором дилеры заключают сделки между собой, как правило, для целей хеджирования текущих перекосов в позиции и перебалансировки портфелей.

Рынок CDS является внебиржевым, поэтому условия, на которых заключаются CDS, не являются предопределенными перед сделкой. Помимо возможности присоединиться к контрактам, специфицированным дилерами, заинтересованный клиент может предложить своему дилеру заключить контракт с другими параметрами (срок действия контракта, регулярность уплаты премии и т.д.), после чего последний оценит этот контракт и сообщит клиенту, по какой цене он готов его купить или продать. С одной стороны, это делает рынок CDS гибким для целей инвесторов, но, с другой стороны, более разнородным и менее ликвидным, а значит, рискованным. По той же причине рынок является непрозрачным.

Финансовый кризис показал, что на рынке CDS при существующей структуре самого рынка и существующей структуре контракта управление риском контрагента на системном уровне не может быть осуществлено должным образом исключительно силами участников рынка. Поэтому в 2009 г. был предпринят ряд структурных мер, которые должны снизить системную экспозицию к этому виду риска и повысить прозрачность рынка CDS.

Во-первых, была пересмотрена конвенция структуры премии покупателя и ценообразования CDS. Новая конвенция разделила премию на стандартизованный «купон», уплачиваемый ежеквартально, и единовременную выплату (*up-front*) при заключении сделки, изменения которой отражало бы изменение стоимости контракта во времени. Например, на рынках Северной Америки CDS заключаются со стандартизованными «купонами» в размере 100 или 500 б.п. В Европе этот список гораздо шире: также используются «купоны» размером 25 б.п. и 1000 б.п. Такая конвенция позволяет закрывать противоположные позиции, открытые в разное время по одному и тому же CDS с одним и тем же контрагентом, сразу же признавая финансовый результат и, таким образом, не «раздувая» искусственно объем торговой книги и экспозиции. Для этих же целей были унифицированы периоды “look-back”<sup>9</sup> и установлена конвенция полного первого купона.

---

<sup>9</sup> Кредитное событие не всегда может быть установлено в момент его свершения, поскольку определение кредитного события, согласно ISDA Credit Derivatives Definitions,

Во-вторых, была проведена «компрессия сделок»<sup>10</sup>, позволяющая снизить экспозицию к риску контрагента путем устранения «круговых позиций» и замены существующих позиций другими с меньшим числом контрактов и номинальной стоимостью, но сохраняющими профиль выплат и рисков, отличных от риска контрагента.

В-третьих, на рынке CDS был учрежден центральный контрагент, которому описанные выше изменения должны помочь эффективно управлять риском контрагента. Именно появление централизованного клиринга на рынке CDS обуславливает практическую актуальность проблемы, обсуждаемой в данной работе.

Для более детального ознакомления со структурой рынка CDS можно обратиться к “The Big Bang Protocol” (Markit, 2009), “The Small Bang Protocol” (Markit, 2009).

## **2. Требования к системе маржинальных требований при клиринге сделок CDS**

Ключевым инструментом CCP при управлении риском контрагента является система маржинальных требований. Цель этой системы заключается в покрытии потенциальных потерь, возникающих в результате отказа контрагента от исполнения принятых на себя обязательств за счет средств самого контрагента. При этом CCP трансформирует риск контрагента в «стоимостной» риск позиции и активов, принятых в качестве гарантийного обеспечения. С целью создания общих руководящих принципов и лучшей практики CPSS<sup>11</sup> и IOSCO<sup>12</sup> (CPSS и IOSCO, 2004) были выработаны рекомендации для CCP, в том числе и в отношении систем

---

осуществляется специальным комитетом, исходя не только из внешних признаков, но также из сути события, поэтому возможны случаи, когда кредитное событие устанавливается *post factum*. При старой конвенции CDS покрывал весь период с момента заключения контракта до его истечения. В подобных случаях длинные позиции, открытые после кредитного события, не могли захеджировать потери по противоположным позициям. Новая конвенция предусматривает, что любой контракт, торгуемый в настоящее время, покрывает период (*look-back*), отстоящий в прошлое от текущей даты на 60 календарных дней. Это позволяет безопасно закрывать существующую позицию с помощью открытия противоположной.

<sup>10</sup> Trade compression (англ.).

<sup>11</sup> Committee on Payment and Settlement Systems (Bank for International Settlements).

<sup>12</sup> International Organization of Securities Commissions.

маржинальных требований. Однако нужно помнить, что каждый рынок имеет свои особенности. Поэтому в этом разделе работы будут описаны особенности риска контрагента при заключении CDS-контрактов, главные требования, которым должна отвечать система определения гарантийного обеспечения исполнения сделок на данном рынке, а также рассмотрены существующие в настоящее время системы.

### **2.1. Риск контрагента и требования к управлению им**

Риск контрагента принято разделять на риск, предшествующий расчетам (*pre-settlement*), и риск во время расчетов (*settlement*).

Риск, предшествующий расчетам, представляет собой возможность потерь при отказе контрагента от принятых на себя обязательств до их исполнения. Экспозицию к такому риску определяют по стоимости восстановления исходной позиции. Эта экспозиция существует на протяжении всего срока существования позиции, и она тем выше, чем выше стоимость данной позиции для агента.

Риск во время расчетов возникает, когда контрагент отказывается от своих обязательств в момент их исполнения, особенно в случае взаимных поставок (физических или денежных), когда поставка контрагента происходит с запаздыванием относительно нашей поставки. В отличие от экспозиции к риску, предшествующему расчетам, экспозиция к риску во время расчетов возникает только на короткий срок (до суток), но ее размер может быть огромным.

В функции ССР входит управление обоими видами риска. В частности, ССР может аккумулировать на своих счетах средства и активы, предназначенные для передачи контрагенту, заблаговременно, в том числе и через систему маржинальных требований, тем самым снижая экспозицию к риску во время расчетов.

**Первой** особенностью CDS, важной для системы маржинальных требований, является неравномерное распределение риска внутри контракта. В этом CDS напоминает опцион пут. Экспозиция к риску, предшествующему расчетам, смещена в сторону покупателя CDS. Так же как стоимость опциона пут растет ускоряющимся темпом по мере снижения стоимости базового актива, так же и CDS-спрэд стремительно растет по мере ухудшения кредитного качества эмитента базовых обязательств.

При исполнении опциона пут покупатель CDS также в большей степени подвержен риску во время расчетов и большим потерям в случае наступления кредитного события. Действительно, выплата со стороны

продавца производится случайно и потенциально в большом объеме. В то же время сам покупатель CDS осуществляет регулярные, заранее определенные и относительно небольшие платежи.

Немного отклоняясь от темы, заметим, что на основе аналогии между CDS и опционами пут и характере их связи, практиками финансовых рынков были разработаны несколько арбитражных стратегий, а ученые-экономисты, пытались строить модели взаимного оценивания этих инструментов.

Таким образом, система маржинальных требований должна учитывать факт неравномерности распределения риска между сторонами CDS, что должно выражаться в асимметрии объемов гарантийного обеспечения, взимаемого с продавца и покупателя.

**Вторая** принципиальная особенность индивидуального CDS, которую нужно учитывать, – это высокая номинальная стоимость одного контракта (около 10 млн долларов) и, соответственно, потенциально высокие убытки при наступлении кредитного события. Как отмечалось выше, CDS-спрэды имеют тенденцию расти быстрее, чем снижаться. В сочетании с риском неожиданного дефолта (*jump-to-default risk*) эта особенность требует от системы маржинальных требований своевременно расширять уровни гарантийного обеспечения.

Понятно, что маржинальные требования не должны покрывать любые убытки. В частности это отмечают рекомендации CPSS и IOSCO. Слишком высокий уровень маржи уничтожает стимулы торговли, поскольку увеличивает альтернативные издержки заключения сделок на таком рынке и, соответственно, оказывает влияние на процесс ценообразования. Для покрытия экстраординарных потерь существуют гарантийные фонды, состоящие из средств участников клиринга и CCP.

Однако в силу того, что при наступлении кредитного события CDS прекращает свое существование, недостаточность маржинальных требований для продавца, особенно во время финансовых кризисов, может порождать проблему недобросовестного поведения, при котором убытки по компенсационным выплатам перекладываются на CCP, что может подорвать финансовую устойчивость самого CCP. Поэтому для целей недопущения реализации системных рисков, CCP на рынке CDS могут пользоваться более консервативными методиками, чем CCP на других рынках.

**Третий** момент, который нужно иметь в виду, – это ликвидность. Рынок CDS проигрывает по уровню ликвидности и интенсивности заклю-

чения сделок другим дилерским рынкам, например, рынкам процентных и валютных свопов. В этом случае важной детерминантой уровня маржинальных требований становится объем клирингуемой позиции. Риск концентрации, возникающий в этом случае, должен быть учтен в уровнях гарантийного обеспечения, и ему должно уделяться особое внимание. При этом главная неопределенность при учете ликвидности связана с глубиной<sup>13</sup> рынка, хотя риск изменения величины бид-аск спреда также требует учета в методике.

**Четвертое** требование к системе маржинальных требований формируется взаимной динамикой CDS-спредов для разных сроков (срочной структуры CDS-спредов). Существует устойчивый паттерн, согласно которому спреды по краткосрочным CDS являются более волатильными, чем спреды по долгосрочным контрактам. Более того, существует «реверсионный» эффект. При высоком кредитном качестве эмитента базовых обязательств спреды по краткосрочным контрактам ниже, чем по долгосрочным. Однако по мере ухудшения кредитного качества отношение становится обратным. При назначении маржинальных требований для противоположных позиций по CDS с разными сроками этот момент нужно учитывать.

Существует еще несколько особенностей, которые необходимо учитывать при управлении риском контрагента на рынке CDS. Изучение этой группы аспектов не входит в цели данной работы. Тем не менее для целостности описания проблемы и несомненной важности данных аспектов считаем необходимым о них упомянуть.

Во-первых, момент исполнения обязательств со стороны продавца является случайным. Кроме того, как отмечалось выше, кредитные события могут быть определены постфактум.

Во-вторых, даже если кредитное событие было установлено, объем компенсационной выплаты (LGD<sup>14</sup>) в этот момент неизвестен и его еще предстоит определить в рамках специального аукциона, поэтому объ-

---

<sup>13</sup> В литературе по рыночной микроструктуре используется два определения этого аспекта ликвидности. В теоретической литературе о глубине рынка обычно говорят, как о мере чувствительности цены сделки к ее объему. В эмпирических исследованиях книги лимитированных заявок, говоря о глубине, имеют в виду текущий объем лимитированных заявок с лучшими ценами покупки и продажи или довольно близкими к ним. В отношении дилерского рынка под глубиной можно понимать максимальный объем на лучшей дилерской котировке.

<sup>14</sup> Loss Given Default.

ем расчетов не установлен заранее, и это порождает дополнительные риски.

В-третьих, период от фиксирования кредитного события до аукциона и непосредственно исполнения может насчитывать до нескольких месяцев. В этот период помимо неопределенности относительно объема обязательств продавца CDS возникает неопределенность относительно его платежеспособности. Несмотря на то что в этот период CDS продолжают торговаться, их ликвидность значительно падает, поэтому восстановить позицию в этот период довольно не просто.

Наконец, поскольку расчеты по контракту отложены в будущее по отношению к моменту его заключения, стоимость контакта зависит от срочной структуры процентных ставок. Существует ряд работ (Howeling, Vorst, 2005; Jarrow, Turnbull, 2000), из которых следует, что чувствительность стоимости CDS к уровню процентных ставок уменьшается по мере ухудшения кредитного качества эмитента базовых обязательств.

Устойчивая система маржинальных требований должна учитывать все эти факты.

## ***2.2. Характеристика информации, необходимой при построении модели экспозиции к риску контрагента на рынке CDS***

Для решения задачи назначения маржинальных требований необходимо иметь модель экспозиции к риску контрагента. Концепция экспозиции к этому виду риска определяется способностью и стоимостью восстановления исходной позиции. Важно помнить, что на цену, по которой заключается сделка, влияют не только внутренняя структура клирингового контракта и фундаментальные факторы, лежащие в основе его стоимости, но и особенности организации рынка и процесса торгов.

Экспозиция может совпадать с рыночной стоимостью, если рынок достаточно ликвиден или если восстанавливаемая позиция не больше глубины рынка. При восстановлении или ликвидации позиции большого объема, цена, по которой позиция будет открыта или закрыта, может значительно отличаться от текущих рыночных цен. Кроме того, передача позиции объявившего дефолт агента в случае ее большого размера может происходить посредством механизмов, отличных от обычного торгового режима, например, на основе аукционов или на основе ранее оговоренных условий.

Как было отмечено выше, рынок CDS является дилерским. На таком рынке специализированные участники предлагают себя в качестве покупателей и продавцов для совершения сделок их клиентами. При этом дилеры объявляют цены (котировки), по которым они готовы заключить стандартную сделку по покупке или продаже. Нестандартные сделки должны быть оценены отдельно.

Очевидно, что каким именно образом дилер назначает котировку в зависимости от объемов сделок, их потока, контрагента, желающего заключить сделку, и внешних по отношению к рынку условий, знает только сам дилер. Лучшее, на что можно рассчитывать внешним наблюдателям, – это история сделок, заключенных дилерами. Разумеется, дилеры не склоны раскрывать подобную информацию. При проведении централизованного клиринга могут накапливаться данные об объемах сделок, которые передаются ССР, и цен, по которым эти сделки были заключены. Эту информацию ССР могут использовать для разработки собственных моделей ценовой динамики и методик определения маржинальных требований, и в настоящее время ССР накапливают эту информацию.

В финансовых информационных системах, таких как Reuters, Bloomberg и Markit, публикуются либо текущие котировки дилеров, которые являются верхушкой дилерского «меню», либо исторические данные о котировках на конец каждого из дней (EOD<sup>15</sup>). Часто информационные агентства агрегируют котировки разных дилеров в один индикативный показатель средней цены по рынку. Такая информация, как правило, используется участниками рынка, для текущей корректировки своих позиций по рынку.

Эта информация является недостаточной для построения полной системы маржинальных требований, поскольку в построенной исключительно на ее основе системе невозможно учесть влияние объема однородной позиции на размер маржинальных требований в пересчете на один контракт. Однако этой информацией можно пользоваться для тестирования работоспособности различных методик оценки кредитного риска при моделировании динамики стоимости позиции, состоящей только из одного монобазового CDS. Такое моделирование может составить основу для системы маржинальных требований. Забегая вперед, отметим, что данными именно этого типа мы будем пользоваться в практической части настоящей работы.

---

<sup>15</sup> End-of-day.



Наконец, поскольку рынок CDS является дилерским, активность сделок на нем ниже, чем на биржевых и высоколиквидных внебиржевых рынках. Поэтому частота ценовой информации здесь достаточно низкая. Часто данные содержат пропуски в течение нескольких дней.

Эти характеристики доступной информации затрудняют применение методик вероятностно-статистического исследования CDS-спрэдов, которые основаны исключительно на данных рынка CDS. В частности, идея данной работы заключается в привлечении к определению потенциальных изменений котировок CDS информации с других сегментов финансового рынка: рынка акций и опционов на акции. При этом может быть использован подход на основе структурных моделей кредитного риска.

### **2.3. Обзор существующих систем**

В этом подразделе мы кратко охарактеризуем существующие методики определения маржинальных требований для контрактов CDS в процессе осуществления централизованного клиринга. К сожалению, клиринговые организации не предоставляют детального описания используемых методик, поэтому ограничимся их общим описанием.

Два первых подхода применяются ICE<sup>16</sup> Group и CME<sup>17</sup> Group соответственно. Третий из них предложен LIFFE<sup>18</sup>, и в настоящее время используется в LCH.Clearnet<sup>19</sup>.

Модель определения начальной маржи ICE Group включает в себя пять групп рисков (ICE Clear Credit, 2011; ICE Clear Europe, 2010).

Первая группа связана с колебаниями цен CDS. В этой группе учитываются изменения спрэдов или премии up-front, а также изменение формы кривой спрэдов.

---

<sup>16</sup> Intercontinental Exchange. Одна из крупнейших американских компаний, предоставляющая комплексные услуги биржевой и внебиржевой торговли финансовыми и нефинансовыми производными инструментами. Компания осуществляет централизованный клиринг единогоименных и индексных CDS на рынках Северной Америки и Европы через свои дочерние компании: ICE Trust US и ICE Clear Europe соответственно.

<sup>17</sup> Chicago Mercantile Exchange. Одна из крупнейших бирж по торговле финансовыми и нефинансовыми производными инструментами. Осуществляет централизованный клиринг индексных и одноименных, входящих в индексные, CDS на рынке США.

<sup>18</sup> London International Financial Futures and Options Exchange.

<sup>19</sup> Европейская клиринговая организация, осуществляющая клиринговую деятельность на биржевых и внебиржевых рынках. Образовалась в результате слияния компаний The London Clearing House Limited и Clearnet.

Вторая группа учитывает риск неожиданного дефолта (*jump-to-default*). Для покрытия этого риска с продавца взимается дополнительная маржа, пропорциональная годовой вероятности дефолта, рассчитанной на основе стоимости однолетних CDS.

Третья группа призвана держать под контролем риск изменения временной структуры процентных ставок и учитывает изменение стоимости CDS при параллельном сдвиге кривой на 25 б.п.

Четвертая и пятая группы связаны с риском ликвидности, а именно с такими аспектами, как сжатость и глубина рынка. Так, первая из них учитывает величину бид-аск спреда, а вторая – риски влияния на цену при ликвидации крупной позиции участника.

Все компоненты рассчитываются отдельно и складываются, образуя общую величину начальной маржи.

CME Group рассчитывает уровень маржинальных требований с помощью факторной модели, которая включает системный риск, отраслевой риск, идеосинкратический риск, риск изменения формы кривой спредов и риск ликвидности. Маржа определяется для каждого из рисков в отдельности и складывается в общий уровень обеспечения (CME, 2010).

Заметим, что компоненты каждого риска как в методике ICE, так и CME складываются с единичными весами. Тем самым предполагается, что все рассмотренные риски абсолютно коррелированы. Это указывает на высокую консервативность в исчислении гарантийного обеспечения.

LIFFE предложила назначать требования к гарантийному обеспечению сделок CDS в помощью модифицированной системы SPAN<sup>20</sup> (LIFFE, 2009). Уровень начальной маржи состоит из четырех компонент. Первая связана с риском учета позиции (*scanning risk*) и призвана обеспечить достаточное количество времени для внесения дополнительного гарантийного обеспечения или закрытия позиции в случае движения цены против участника. Эта компонента взимается центральным контрагентом с обеих сторон по сделке. Вторая компонента (*inter-month spread change*) учитывает наличие в портфеле двух контрактов на одни и те же базовые обязательства, но с разными сроками исполнения. Третья (*short*

---

<sup>20</sup> Standard Portfolio Analysis of Risk – система определения маржинальных требований для портфелей производных финансовых инструментов, разработанная CME Group на основе сценарного подхода. Является одним из стандартов индустрии биржевой торговли производными финансовыми инструментами.

*charge*) взимается только со стороны, занимающей короткую позицию по контракту, и отражает несимметричность рисков по CDS. Четвертая компонента (*inter-commodity spread credit*) снижает общий объем гарантийного обеспечения, принимая во внимание уменьшение экспозиции при наличии в портфеле отрицательно коррелированных позиций по разным контрактам.

Системы маржинальных требований на рынке CDS отличаются не только методологическим базисом, но и опираются на разные входные данные, используют разные источники ценовой информации для корректировки позиции по рынку и предполагают разные горизонты риска для определения маржинальных требований.

Так, согласно аналитическому обзору ISDA (ISDA, 2011), посвященному существующим на рынке CDS системам централизованного клиринга, не все ССР, осуществляющие централизованный клиринг на рынке CDS, производят внутридневную корректировку позиций по рынку и взимают дополнительное обеспечение внутри торгового дня. Кроме того, ССР используют разную информацию для корректировки позиции по рынку. Так, ICE и CME осуществляют корректировку, исходя из котировок, которые выставляют участники клиринга и по которым они обязуются торговать некоторое время. LCH.Clearnet пользуется услугами Markit<sup>21</sup> для оценки позиции.

Также стоит отметить, что в настоящее время только ICE осуществляет централизованный клиринг широкого круга монобазовых CDS. Другие ССР клирингуют главным образом индексные контракты, которые представляют собой диверсифицированные портфели и характеризуются меньшей волатильностью. Таким образом, сравнение методик существующих систем в этом ключе невозможно. Это указывает на актуальность разработки других методик с целью расширения методического инструментария, сравнения методов и создания лучшей практики.

---

<sup>21</sup> Британская компания, предоставляющая услуги предоставления финансовой информации на глобальном рынке по всему спектру финансовых инструментов. В число основных видов деятельности компании входят сбор и обработка финансовых данных; независимая оценка финансовых продуктов; развитие торговых процессов с точки зрения прозрачности, операционной эффективности и безопасности.

### 3. Обзор теоретических и эмпирических исследований по теме работы

Итак, идеей данной работы является использование релевантной информации с других рынков для определения потенциальных будущих изменений CDS-спрэдов. Если предположить, что существует некоторая связь между рынком прозрачным, достаточно изученным, и другим, слабоподдающимся изолированному изучению, то, прогнозируя (в вероятностном смысле) параметры первого рынка и трансформируя их в соответствии с существующей связью, можно получить оценки параметров второго рынка.

В этой части работы приводится обзор литературы, непосредственно относящейся к ее теме и являющейся теоретической базой предлагаемого в следующей части подхода к определению маржинальных требований для CDS. Мы обсудим подходы к оценке стоимости CDS-контракта, а также рассмотрим работы, изучающие связь между CDS-спрэдами и волатильностью акций.

#### 3.1. Оценка стоимости CDS

Стандартная формула оценки справедливого спрэда для монобазового CDS имеет следующий вид:

$$S = \frac{LGD \int_0^T D(\tau) d(1 - Q(\tau))}{\sum_{i=1}^N \alpha(T_{i-1}, T_i) D(T_i) Q(T_i) + \int_0^T \alpha(T_{I(\tau)}, \tau) D(\tau) dQ(\tau)},$$

где  $D(t)$  – значение функции дисконтирования для срока  $t$ ,  $Q(t)$  – риск-нейтральная вероятность не допустить дефолта в течение срока  $t$ ,  $\alpha(T_1, T_2)$  – накопленная доля годового спрэда между сроками  $T_1$  и  $T_2$ ,  $LGD$  – ожидаемый размер убытков (выраженный в доле от номинальной стоимости) по базовым обязательствам при наступлении кредитного события.

При использовании данной формулы негласно делают ряд предположений, значительно упрощающих расчеты, но искажающих реальное положение дел. Обсудим эти предположения и связанные с ними ограничения.

**1. Независимость распределения момента дефолта и кредитных потерь.** Потери в случае дефолта и вероятность самого дефолта положительно коррелированы между собой. Однако на практике их часто полагают независимыми. Это сильно упрощает вычисления, поскольку в этом случае не требуется оценка совместного распределения вероятности дефолта и LGD. Кроме того, при таком подходе среднее значение LGD можно определить вне модели и внести в уравнение экзогенно. Однако игнорирование связи между LGD и вероятностью дефолта при использовании стандартной формулы может приводить к недооценке CDS-спрэда в силу недооценки кредитного риска. В настоящее время в индустрии уже сложились стандарты уровней ожидаемых LGD, используемых при оценке CDS по рассматриваемой формуле.

**2. Независимость распределения момента дефолта и уровня процентных ставок.** В реальности существует и эмпирическая и теоретическая зависимости. Во-первых, рост процентных ставок может привести, при прочих равных условиях, к удорожанию обслуживания долга и трудностям рефинансирования, что повышает кредитные риски. Во-вторых, ухудшение кредитного качества эмитентов на системном уровне может приводить к «бегству в качество», тем самым увеличивая спрос на безрисковые активы и снижая процентные ставки.

**3. Риск контрагента отсутствует.** До 2009 г. это предположение было заведомо неверным. В настоящее время реалистичность данного предположения зависит от устойчивости систем управления риском контрагента при централизованном клиринге. Попытка предпринять первые шаги в сторону решения этой проблемы является целью данной работы. Кроме того, нужно иметь в виду, что сама система маржинальных требований оказывает влияние на процесс ценообразования, поскольку влияет на альтернативные издержки заключения сделки.

**4. Абсолютная ликвидность.** Суть этого стандартного для широкого класса моделей предположения можно выразить следующими следствиями из него. Во-первых, это означает, что оценка стоимости инвариантна к статусу оценивающего лица (продавец или покупатель). В этом случае спрэд CDS не содержит в себе премию за неликвидность контракта, а бид-аск спрэд игнорируется. Во-вторых, оценка спрэда не зависит от объема сделки. Иными словами, глубина рынка CDS превышает объем сделки, для которой производится оценка. По-

скольку рынок CDS является дилерским, цены покупки/продажи в один и тот же момент всегда различаются, а котировки дилера подразумевают некоторый предельный объем сделки. Поэтому это предположение является заведомо искажающим. С обзором методик и моделей учета ликвидности в ценообразовании CDS можно ознакомиться в работах Бриго, Предеску и Каппони (Brigo et al., 2010), а также Смирнова и Тарасовой (Смирнов, Тарасова, 2011).

**5. В случае наступления кредитного события расчеты по контракту производятся почти мгновенно.** Как отмечалось выше, момент наступления кредитного события, момент его установления и момент исполнения могут быть значительно разнесены во времени (до нескольких месяцев). Это вносит дополнительные искажения, которые не учитываются в указанной формуле. Например, в формуле для одного и того же кредитного события срок для определения вероятности будет отличным от момента дисконтирования. Однако стоит оговориться, что сложно оценить силу искажения, обусловленного данным предположением.

Среди научных исследований наиболее ранние работы, касающиеся ценообразования CDS, относятся к концу 1990-х годов. Поскольку изначально инструмент задумывался для целей хеджирования кредитного риска по облигациям, естественным образом первые работы по оценке CDS определяли его стоимость через параметры соответствующих облигаций. Первой работой, посвященной этому вопросу, является работа Даффи (Duffie, 1999).

Даффи предложил оценивать CDS в рамках безарбитражного подхода в предположении отсутствия риска контрагента. В рамках такого подхода предполагается, что на рынке существуют безрисковая облигация с плавающим купоном (*floater*) и аналогичная рисковая облигация, выпущенная эмитентом базовых обязательств по CDS. Обе облигации имеют срок до погашения, равный сроку CDS-контракта. Тогда, с учетом того, что облигация с плавающим купоном должна торговаться по номиналу в каждую дату выплаты купона, мы можем реплицировать поток платежей по CDS-контракту при помощи занятия длинной позиции по безрисковой облигации и короткой позиции по рискованной облигации. Тогда, согласно принципу отсутствия арбитражных возможностей, CDS-спрэд должен быть равным разнице между купонами двух облигаций.

Из данного подхода следует, что CDS-спрэд должен быть приблизительно равен спреду по свопу активов (*asset swap*). Однако, как указыва-

ет Чоудри (Choudhry, 2006), между CDS-спрэдами и спрэдами свопов активов существует устойчивый положительный базис, наличие которого, по-видимому, определяется разницей в интенсивности сделок на синтетическом и денежном рынках, а также степенью ликвидности каждого из указанных инструментов.

Вслед за Даффи серию работ по оценке CDS-спрэдов представили экономисты Халл и Уайт (Hull, White, 2000, 2001). Первая из них (Hull, White, 2000) аналогична работе Даффи, но в качестве безрисковой облигации авторы рассматривали не облигацию с плавающим купоном, например, на основе ставки рынка межбанковского кредитования, а американские казначейские облигации. Авторы предлагают аналитическую формулу оценки спрэдов, в основе которой лежит идея вычисления риск-нейтральных вероятностей дефолта из кредитных спрэдов облигаций эмитента базовых обязательств по CDS и вычисления приведенной стоимости ожидаемых потоков платежей по обеим сторонам CDS. Функция вероятности дефолта от времени рассчитывается в рамках модели сокращенной формы путем оценки показателя интенсивности дефолта (*hazard rate*) таким образом, чтобы описать наблюдаемые риск-нейтральные вероятности дефолта. Справедливый спред устанавливается на уровне, обеспечивающем равенство указанных приведенных стоимостей ожидаемых потоков. Данный подход аналогичен подходу оценивания процентного свопа.

Также авторы объясняют справедливость полученной формулы с помощью принципа отсутствия арбитражных возможностей, предполагая, что в первом приближении портфель, состоящий из рискованной облигации и CDS, эквивалентен безрисковой облигации.

Однако, как не трудно понять, такое рассуждение верно только для безрисковых облигаций, торгуемых по номиналу, что фактически возвращает нас в концепцию Даффи. Поскольку для облигации с фиксированным купоном невозможно гарантировать определенную стоимость на протяжении всего срока их существования, справедливость рассуждений Халла и Уайта является спорной.

Аналогичный упрощенный подход был развит JPMorgan (2006), и большинство участников рынка пользовались именно этим подходом из-за его простоты. В рамках этого подхода возможность дефолта в любой момент на протяжении срока жизни CDS аппроксимируется наступлением дефолта либо в моменты выплаты спрэда, либо в середине периода между выплатами с уплатой накопленного спрэда в размере 50%.

Общий подход Халла и Уайта также представлен в виде ISDA Standard Model. На основе этой модели в настоящее время производится пересчет CDS-спрэдов в up-front и наоборот.

Вторая работа (Hull, White, 2001) вводит в рассмотрение риск контрагента со стороны продавца CDS и исследует влияние этой характеристики на величину CDS-спрэда. Авторы исследуют корреляцию между дефолтом эмитента базовых обязательств и дефолтом контрагента по CDS. За наступление дефолта в модели Халла – Уайта отвечают коррелированные процессы, которые авторы называют кредитными индексами. Дефолт происходит, когда процесс пересекает некоторый барьерный уровень. Индексы описываются винеровскими процессами, а их параметры калибруются, чтобы описать риск-нейтральные вероятности дефолтов агентов, извлеченные из кредитных спрэдов. В качестве оценки корреляции между процессами используется корреляция доходностей акций. Таким образом, предполагается, что либо продавец также является публичной компанией, либо существует публичная компания, аналогичная ему.

Очевидно, что наличие риска контрагента, связанного с продавцом CDS, снижает величину спрэда, поскольку снижает ценность контракта для покупателя. Авторы показали, что такое влияние незначительно при отсутствии корреляции риска контрагента с кредитным риском эмитента базовых обязательств. При отсутствии корреляции покупка CDS фактически диверсифицирует кредитный риск. При положительной корреляции величина спрэда сокращается ускоряющимся темпом по мере роста корреляции.

Модель Credit Grades принадлежит к классу структурных моделей и оценивает CDS-спрэды и вероятность дефолта компании путем моделирования динамики стоимости активов компании (Finger et al., 2002). Авторы применили идею барьера, определяющего предельный уровень активов эмитента, падение ниже которого немедленно приводит к дефолту. Таким образом, дефолт может произойти в любой момент времени.

Кроме того, модель предполагает случайность барьера, что приводит к возможности неожиданного дефолта в любой момент времени. Это также решает общую для структурных моделей проблему недооценки краткосрочных спрэдов.

Модель калибруется по рыночным данным и использует информацию о ценах акций эмитента базового обязательства, оценку их волатильно-



сти, безрисковую процентную ставку и уровень долга в расчете на одну акцию.

Данная модель положена в основу данной работы и описывается в подробностях в следующей главе.

Принимая во внимания связь между рынком CDS и рынком акций и опционов на них, которая будет подробнее описана в подразделе 3.2, Карр и Ву (Carr, Wu, 2009) предложили модель взаимного оценивания цен опционов и CDS в рамках единой модели.

В рамках их модели процесс изменения цены акций по риск-нейтральной мере представлен диффузионным процессом со стохастической волатильностью и скачками. Модель основана на той идее, что величина спредов положительно связана с волатильностью доходностей акций, что моделируется с помощью положительно коррелированных процессов частоты дефолтов и локальной волатильности акций, каждый из которых в отдельности моделируется с помощью процесса Кокса.

В этих предпосылках авторы определяют теоретические стоимости опционов и CDS, после чего модель калибруется к рыночным данным.

Авторы применили свой подход к описанию CDS-спредов ряда компаний и получили достаточно устойчивые значения параметров для каждой из них.

Модель имеет довольно высокое число степеней свободы и требует оценки большого числа параметров, что делает ее, с одной стороны, в значительной степени гибкой, а с другой стороны – трудноприменимой в плане расчетов.

### ***3.2. Волатильность акций и CDS-спреды***

В основном CDS-спреды и цены акций связаны обратным соотношением. Когда акции растут в цене, спреды, как правило, сужаются, что фундаментально связано со схожестью восприятия информации игроками долгового рынка и рынка акций. Позитивный информационный фон настраивает игроков на покупки акций и одновременно сигнализирует об относительно более прочном положении компании, что снижает стоимость страховки от дефолта. Иногда, спреды и цены акции движутся в одном направлении, например, когда компания приобретается в результате LBO<sup>22</sup>, что сопровождается одновременным ростом как цен акций компании, так и CDS-спредов. Однако в этом случае рост цен временный

---

<sup>22</sup> Leveraged Buyout.

и определен не фундаментальными факторами, а скорее характеристиками ликвидности, поскольку на рынке осуществляется попытка приобрести крупный пакет акций, в то время как сильный перекося в структуре капитала в сторону долга увеличивает кредитные риски и увеличивает CDS-спрэды.

CDS-спрэды связаны не только с ценами акций эмитента базовых обязательств, но и с их волатильностью. Однако в силу того, что CDS оценивают будущее, устойчивой связи величины спрэда с исторической волатильностью акций не наблюдается. Большее влияние на стоимость кредитного риска должны оказывать ожидания относительно будущей волатильности. Показателем рыночных ожиданий относительно будущих волатильностей является опционная (подразумеваемая) волатильность.

Работы, исследующие связь между спрэдами и подразумеваемой волатильностью, стали появляться сравнительно недавно. Одной из первых работ по этой теме является исследование Халла, Нилкена и Уайта (Hull et al., 2005).

Авторы использовали модель Мертона (Merton, 1974) для оценки кредитных спрэдов, которые впоследствии сравнивались с CDS-спрэдами. Как и Мертон, авторы предполагали, что долг компании представлен бескупонными облигациями со сроком до погашения  $T$  и номинальной стоимостью  $N$ ; собственный капитал фирмы состоит только из обыкновенных бездивидендных акций; динамика стоимости активов компании  $V_t$  описывается процессом геометрического броуновского движения; дефолт происходит в момент погашения, если стоимость активов меньше, чем номинальная стоимость долга.

В таких предпосылках акции в любой момент времени до погашения облигаций являются европейским опционом колл на активы компании с ценой исполнения  $N$  и сроком  $T$ , и их стоимость может быть оценена с помощью формулы Блэка – Шоулза (Black, Scholes, 1973). Облигации при этом эквивалентны портфелю, состоящему из безрискового актива и короткой позиции по европейскому опциону пут на активы компании с ценой исполнения  $N$  и сроком  $T$ .

Кроме того, опцион на акции в такой модели является составным опционом (*compound option*<sup>23</sup>). Используя формулу Геске (Geske 1978) для оценки составных опционов, авторы оценивают ненаблюдаемые пара-

---

<sup>23</sup> По сути, этот инструмент является опционом, базовым активом по которому является другой опцион.

метры модели (уровень финансового рычага и волатильность активов компании) из подразумеваемой волатильности двух опционов пут с разными ценами исполнения.

Таким образом, авторы учитывают не только уровень волатильности, но и степень наклона улыбки волатильности. Спрэды оцениваются с учетом оцененных параметров.

Авторы пришли к выводу, что использование опционных волатильностей улучшает качество оценок спрэдов по сравнению с традиционным подходом к применению модели Мертона, когда уровень долга компании оценивается по финансовой отчетности, а волатильность активов из формулы связи с локальной волатильностью акций (Jones et al., 1984).

Также авторы приходят к выводу о положительной связи уровня спрэдов с АТМ<sup>24</sup> волатильностью и наклоном улыбки волатильности.

Фингер и Стэмикар (Finger, Stamicar, 2005) исследовали способность модели Credit Grades с постоянным барьером описывать динамику CDS при использовании в модели опционной волатильности.

Используя три разных подхода к оцениванию параметров модели, авторы сравнивали модельные спрэды с рыночными данными.

В рамках традиционного подхода параметры уровня долга и волатильности активов оценивались так же, как в работе Халла, Нилкена и Уайта (Hull, 2005).

Три других подхода базировались на формуле оценки пут опционов на основе модели Credit Grades и выведенной из нее связи модельной волатильности активов и опционной волатильности.

В рамках первого из них долг компании оценивался по данным финансовой отчетности. Второй выводил барьер из наблюдаемых цен CDS. Третий подход выводил и барьер, и волатильность активов из двух опционных волатильностей.

Все подходы были применены для описания цен CDS для компаний General Motors, Ford, Boeing и Vivendi.

Результаты работы показывают, что все три подхода, основанные на опционных волатильностях, превосходят традиционный способ использования модели, который слабо описывает историческую динамику. Все три подхода хорошо описывают направление движения спрэдов и в боль-

---

<sup>24</sup> At-the-Money. Так обычно называют опцион, цена исполнения которого приблизительно равна текущей рыночной цене базового актива.

шинстве случаев с опережением по времени, т.е. опционные волатильности можно использовать для прогнозирования будущих изменений CDS-спрэдов.

Као, Джонг и Йу (Cao, 2009) исследовали способность подразумеваемой и исторической волатильности в объяснении дисперсии CDS-спрэдов американского рынка на основе линейного регрессионного анализа. Показатели волатильности были включены в регрессионное уравнение наравне с макроэкономическими факторами и факторами, специфическими для различных компаний.

Анализ показал, что опционная волатильность является значимым фактором при описании CDS-спрэдов и объясняет значительную долю дисперсии CDS-спрэдов.

Так же авторы рассмотрели вопрос о предсказательной силе подразумеваемой волатильности. Результаты показывают, что опционная волатильность лучше предсказывает будущую волатильность акций по сравнению с исторической.

Аналогичное исследование провели Ачария и Джонсон (Acharya и Johnson, 2007), но авторы изучали связь CDS-спрэдов с ценами акций. Были получены результаты аналогичные полученным Као, Джонгом и Йу.

Карр и Ву (Carr, Wu, 2009) связали напрямую цены опционов пут, лежащих глубоко вне денег, и CDS-спрэды. Они основывались на том, что опционы пут и их защитные комбинации, например, медвежий спрэд, так же как и CDS, несут в себе функцию кредитной защиты. При этом предполагается, что после дефолта цены акции падают ниже некоторого уровня и остаются ниже него.

В таких предпосылках можно реплицировать CDS с помощью медвежьего спрэда, составленного из опционов пут глубоко вне денег. Чтобы определить опционы для репликации, авторы предложили исследовать опционные комбинации «бабочка» (butterfly), составленные из опционов с разными ценами исполнения. Если удастся найти такую комбинацию нулевой стоимости, тогда рынок не верит, что цена может попасть в интервал, на котором построена комбинация, а значит, медвежий спрэд, построенный из опционов, цены исполнения которых равны границам указанного интервала, будет учитывать только риск скачка цен. Однако на практике такие бесплатные опционные комбинации если и встречаются, то явно не являются устойчивым явлением.

Также для ряда компаний авторы сравнили динамику стоимости кредитной защиты и цены опционов пут вне денег, обнаружив положительную корреляцию между ними.

Указанные работы устанавливают связь между ценами акций, их волатильностями и CDS-спрэдами, однако наиболее важным вопросом при рассмотрении указанной нами проблемы является соотношение между рисками по CDS и рисками по акциям. Этот вопрос является, пожалуй, ключевым, поскольку подход, который мы собираемся предложить, фактически представляет собой трансформацию информации о рисках акций, которые являются более или менее понятными и изученными в финансовой индустрии, в информацию о рисках, соответствующих CDS.

Ответ на этот вопрос дает работа Раунига и Шейхера (Raunig, Scheicher, 2008), опубликованная среди ECB<sup>25</sup> Working Paper Series.

В этой работе авторы изучают вопрос об отношении рисков CDS и соответствующих акций по 86 компаниям с 2003 по 2006 г. На основе метода исторического моделирования они рассчитывали VaR<sup>26</sup> одинаковых по размеру позиций по акциям и CDS, предварительно оценив стоимость CDS-контракта с помощью стандартной модели ISDA с постоянными безрисковой ставкой и интенсивностью дефолта. Горизонт риска варьировался от 20 до 60 дней. Далее полученные значения сравнивались между собой.

Основным результатом данной работы является эмпирически подтвержденный вывод об относительно меньшем риске CDS-контракта по сравнению с риском позиции в акциях. Однако по мере снижения кредитного качества разрыв в уровнях исторического VaR начинает стремительно снижаться, что интуитивно понятно, поскольку рост вероятности дефолта увеличивает кредитную компоненту в акциях, что усиливает сходимость рисков CDS и акций друг к другу.

Заметим, что описанные результаты исследования относятся к спокойному предкризисному периоду. Как мы увидим далее, эффект сходимости рисков CDS и акций друг к другу будет более ярко выражен в кризисный период.

Кроме того, наличие описанной сходимости рисков будет учтено нами при выборе модели для описания CDS-спрэдов в следующей части работы.

---

<sup>25</sup> European Central Bank.

<sup>26</sup> Value-at-Risk.

## 4. Определения маржинальных требований CDS на основе структурного подхода к моделированию кредитного риска

В этом разделе мы обсудим методологические основы работы. Предлагаемый подход к расчету гарантийного обеспечения основан на устойчивой связи CDS-спрэдов и опционных волатильностей. Описанные в предыдущей главе работы показывают, что волатильности играют одну из ключевых ролей в описании цен CDS, поэтому мы предполагаем, что их можно использовать для определения потенциальных изменений спрэдов, а значит, положить в основу расчета гарантийного обеспечения. Такой подход, основанный на паттернах взаимосвязи параметров рынка CDS с параметрами других рынков, позволит решить проблему нехватки ценовой информации, поскольку позволит трансформировать данные более высокочастотных рынков в данные о CDS.

Далее мы описываем выбранные модели оценки CDS-спрэдов, прогнозирования изменений опционной волатильности и цен акций, а также общие процедуры применения методики.

### 4.1. Модель *Credit Grades*

В качестве модели для описания CDS-спрэдов нами была выбрана модель *Credit Grades*.

При выборе модели мы руководствовались принципами простоты модели, ее способностью описывать динамику спрэдов и воспроизводить ряд характерных особенностей поведения CDS-спрэдов, наблюдаемых на рынке и являющихся принципиальными для построения системы маржинальных требований.

Далее мы приводим более детальное описание модели и внесенных нами модификаций.

Модель *Credit Grades* была разработана RiskMetrics Group при участии ведущих мировых банков JP Morgan, Deutsche Bank и Goldman Sachs и относится к классу структурных моделей (Finger et al., 2002).

Как и в других моделях данного класса, центральным объектом моделирования в *Credit Grades* является стоимость активов компании, динамика которой описывается процессом геометрического броуновского движения:

$$\frac{dV_t}{V_t} = \mu dt + \sigma dW_t,$$

где  $\mu$  полагается равным нулю, что эквивалентно предположению о пропорциональном росте суммы активов и уровня долга. Иными словами, предполагается, что тренд в стоимости компании задается уровнем финансового рычага и исключается из рассмотрения. Поэтому процесс  $V_t$  не является стоимостью активов компании в чистом виде, а лишь характеризует ее случайные колебания.

Дефолт происходит в момент, когда стоимость активов падает ниже некоторого уровня, определяющего точку дефолта, которую принято называть барьером. В конечном счете барьер представляет собой долю совокупного долга, которая будет разделена между всеми кредиторами в соответствии с очередностью их требований, и представляется в виде  $LD$ , где  $L$  имеет смысл доли возмещения (*recovery rate*) по агрегированной сумме долга,  $D$  – общий уровень заимствований.

В модели величина  $L$  предполагается случайной величиной, распределенной по логнормальному закону с параметрами среднего  $\bar{L}$  и размаха  $\lambda$ , и имеет следующий вид:

$$L = \bar{L} \exp\left(-\frac{\lambda^2}{2} + \lambda Z\right),$$

где  $Z$  – случайная величина, имеющая стандартное нормальное распределение.

Стоит отметить значимость этого предположения. Основным недостатком классических структурных моделей является недооценка краткосрочных кредитных спрэдов, поскольку описание динамики активов компании с помощью диффузионного процесса не позволяет их стоимости мгновенно упасть ниже уровня барьера, что порождает нереалистично низкие краткосрочные спрэды. Введение неопределенности относительно общей нормы восстановления решает эту проблему, не отягощая модель случайными скачками в стоимости активов. Интерпретировать этот атрибут модели можно следующим образом: инвесторам доподлинно не известно, насколько близка компания к точке дефолта, что может быть связано с подозрениями компании в сокрытии информации или махинациями с отчетностью. В этом случае опасения кредиторов могут привести компанию к банкротству. Кроме того, такое предположение отражает возможность неожиданного дефолта компании, например, при объявлении самой себя банкротом.

Случайность барьера позволяет воспроизводить реалистичные краткосрочные спрэды и не завышать долгосрочные. Как будет показано да-

лее, эффект случайности барьера нивелируется по мере устремления горизонта риска в будущее.

Кроме того, случайность барьера позволяет воспроизводить изменения наклона временной кривой CDS-спрэдов. В нормальных условиях при низких уровнях спрэдов, спрэды возрастают с ростом срока жизни контракта. В разгар финансового кризиса, когда спрэды росли, на рынке наблюдалась нисходящая форма кривой, когда долгосрочные CDS торговались дешевле, чем краткосрочные.

Итак, дефолт не наступает до тех пор, пока стоимость активов компании находится выше уровня барьера, что математически записывается в следующем виде:

$$V_0 e^{-\frac{\sigma^2}{2} + \sigma W_t} > \bar{L} D e^{-\frac{\lambda^2}{2} + \lambda Z}.$$

Для вычисления вероятностей отсутствия дефолта до момента  $t$  вводится процесс  $X_t$ , объединяющий в себе свойства процесса стоимости активов и дефолтного барьера.  $X_t$  является процессом броуновского движения и имеет следующий вид:

$$X_t = \sigma W_t - \lambda Z - \frac{\sigma^2}{2} - \frac{\lambda^2}{2}.$$

Параметры этого процесса:

$$EX = -\frac{\sigma^2}{2} \left( t + \frac{\lambda^2}{\sigma^2} \right),$$

$$VarX = \sigma^2 \left( t + \frac{\lambda^2}{\sigma^2} \right).$$

Из вида дисперсии процесса  $X_t$  видно, что влияние случайности барьера на вероятности дефолтов в течение длительного периода времени незначительно, и по мере роста  $t$  вероятность дефолта становится эквивалентна вероятности в модели с детерминированным барьером. Таким образом,  $\lambda$  является характеристикой вероятности дефолта на коротких горизонтах риска.

Тогда условие отсутствия дефолта можно переписать в виде:

$$X_t > \ln \left( \frac{\bar{L} D}{V_0} \right) - \lambda^2.$$

Такое представление помогает выписать вероятность отсутствия дефолта до момента  $t$  в аналитической и довольно простой форме:



$$P(t) = \Phi\left(-\frac{A_t}{2} + \frac{\ln d}{A_t}\right) - d\Phi\left(-\frac{A_t}{2} - \frac{\ln d}{A_t}\right),$$

где

$$A_t^2 = \sigma^2 t + \lambda^2,$$

$$d = \frac{V_0 e^{\lambda^2}}{LD}.$$

Заметим, что в силу случайности барьера в каждый момент времени  $P(0)$  не равняется 0, что, с одной стороны, противоречит здравому смыслу. С другой стороны, этот артефакт модели говорит о том, что если в данный момент не произошло дефолта, то в ближайшее время существует минимальный ненулевой уровень вероятности, с которой дефолт может наступить.

Модель определяет оценку рыночной величины CDS-спреда  $s$  как размер премии, при котором ожидаемая приведенная стоимость потоков платежей по контракту равна нулю.

Для определения спреда также вводятся безрисковая ставка  $r$  и предполагаемая величина доли возмещения  $R$  для класса обязательств, на которые выписан CDS-контракт. Важно отметить, что  $R$  отличается от  $\bar{L}$ , поскольку  $\bar{L}$  имеет смысл степени возмещения для долга компании в целом и определяет момент дефолта как события, в то время как  $R$  определена для конкретного класса долгов, например, первоочередных долговых обязательств, и отражает реальный уровень возмещения.

Предполагая непрерывность выплаты премии покупателем, CDS-спред определяется следующим выражением:

$$s = r(1 - R) \frac{1 - P(0) + e^{r\xi} (G(t + \xi) - G(\xi))}{P(0) - P(t)e^{-rt} - e^{r\xi} (G(t + \xi) - G(\xi))}, \quad (1)$$

где

$$\xi = \frac{\lambda^2}{\sigma^2},$$

$$G(t) = d^{z+0.5} \Phi\left(-\frac{\ln d}{\sigma\sqrt{t}} - z\sigma\sqrt{t}\right) + d^{-z+0.5} \Phi\left(-\frac{\ln d}{\sigma\sqrt{t}} + z\sigma\sqrt{t}\right),$$

$$z = \sqrt{0,25 + 2r / \sigma^2}.$$

Ненаблюдаемыми параметрами модели являются начальное значение активов компании  $V_0$  и их волатильность  $\sigma$ . Для их оценки используют данные о ценах акций и их волатильностях.

При этом вводятся два ограничивающих предположения. Во-первых, вблизи точки дефолта цены акций стремятся к нулю. Во-вторых, по мере удаления от барьера динамика акций все больше соответствует динамике активов. Авторы связывают процессы стоимости активов  $V_t$  и акций  $S_t$  следующим соотношением:

$$V_t = S_t + LD.$$

Это соотношение является, по-видимому, наиболее простым из соотношений, удовлетворяющих указанным предположениям.

Тогда для ненаблюдаемых величин может быть использована аппроксимация:

$$V_0 = S_0 + \bar{L}D,$$

$$\sigma = \frac{S_0}{S_0 + \bar{L}D} \sigma_s,$$

где  $\sigma_s$  – локальная волатильность цен акций. Последнее соотношение следует из формулы Ито с учетом того, что  $V_t$  описывается процессом геометрического броуновского движения и  $S_t$  является функцией от  $V_t$ .

Уровень долга  $D$  можно оценивать из финансовой отчетности, а можно оценить одновременно с параметром  $\lambda$  на основе наблюдаемых CDS-спрэдов с разными сроками жизни. Второй способ также предпочтителен для компаний, действительный уровень долга которых трудно оценить. В практической части работы мы будем пользоваться именно этим способом.

Credit Grades работает в предположении плоской срочной структуры безрисковой доходности. Это предположение является в большей степени упрощающим и позволяет получить простую аналитическую формулу вычисления спреда.

Реальная же форма кривой безрисковых ставок в значительной степени отличается от плоской формы. Использование плоской структуры может значительно сказаться на оценке спредов. По этой причине готовая формула (1) является неточной и непригодной для практического использования.

Чтобы учесть реальную срочную структуру безрисковой доходности необходимо пользоваться более общей формулой.

Для этого мы сначала вычислили функцию плотности вероятности дефолта. В исходных обозначениях плотность вероятности дефолта имеет следующий вид:

$$f(t) = \frac{\sigma^2}{2A_t} \left( \left( -\frac{1}{2} - \frac{\ln d}{A_t^2} \right) f_N \left( -\frac{A_t}{2} + \frac{\ln d}{A_t} \right) - d \left( -\frac{1}{2} + \frac{\ln d}{A_t^2} \right) f_N \left( -\frac{A_t}{2} - \frac{\ln d}{A_t} \right) \right),$$

где  $f_N(\cdot)$  – функция плотности стандартного нормального распределения.

Тогда, если  $D(t)$  является функцией дисконтирования, отвечающей срочной структуре безрисковой доходности, общая формула оценки спреда имеет следующий вид:

$$s = (1 - R) \frac{1 - P(0) + \int_0^T f(t) D(t) dt}{\int_0^T P(t) D(t) dt}. \quad (2)$$

Указанные интегралы вычисляются численным методом.

Предположение о непрерывности выплаты спреда не влияет в значительной степени на размер спреда, поэтому это предположение мы оставим без изменений.

Важно отметить характеристики чувствительности модельной величины спреда к таким параметрам модели, как волатильность и цена акции. Чем ниже акции и чем выше волатильность, тем выше уровень спредов, причем чувствительность по мере роста волатильности и снижения цен акций возрастает экспоненциально, что демонстрирует рис. 1.

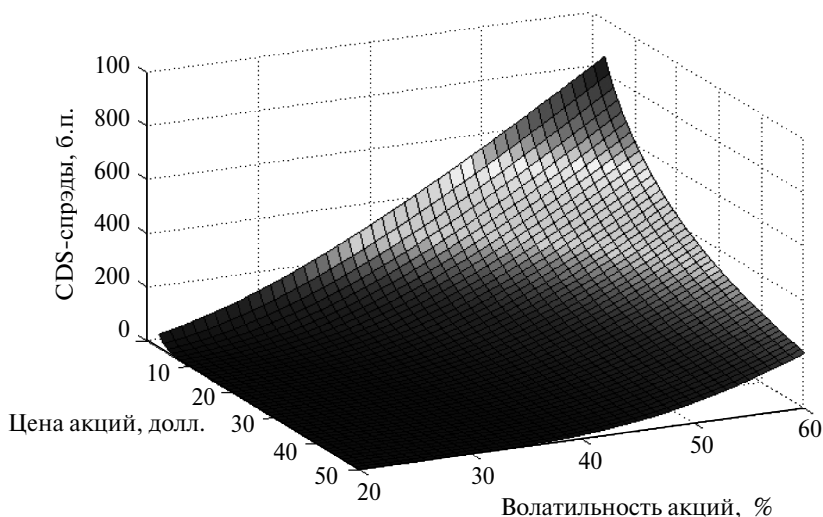
Как мы убедимся в дальнейшем именно такой эффект имел место во время финансовых потрясений 2008 г.

## 4.2. Модель SABR

В этом подразделе работы мы обсудим модель SABR<sup>27</sup> (Hagan et al., 2002), которую используем для моделирования потенциальных изменений в уровне опционной волатильности и цен акций. Данная модель принадлежит к классу стохастических моделей и связывает изменение подразумеваемой волатильности и цены базового актива для европейских

---

<sup>27</sup> Stochastic Alpha Beta Rho Model.



**Рис. 1.** Поверхность CDS-спрэдов как функция от цен акций и их волатильности

опционов. Изначально модель была предназначена для управления риском волатильности при работе с процентными производными, такими как свопционы. Именно среди участников этого сегмента финансового рынка модель стала наиболее популярной. Однако в дальнейшем, как показал Вест (West, 2005), модель может быть использована для работы с волатильностями для опционов на фьючерсы.

Модель SABR была разработана в ответ на неспособность наиболее популярных на тот момент моделей локальной волатильности описывать связь между направлениями движения цены базового актива и кривой подразумеваемых волатильностей (улыбки волатильности). Как показал Хаган, модели локальной волатильности не соотносятся с тем эмпирическим фактом, что цена базового актива и улыбка волатильности движутся в одном направлении, что обрекает хеджирование на основе таких моделей на неэффективность.

SABR моделирует изменения цены базового актива и локальной волатильности с помощью следующей стохастической модели:

$$dF = \alpha F^{\beta} dW_t^1,$$

$$d\alpha = \vartheta \alpha dW_t^2,$$

$$E \left[ dW_t^1 dW_t^2 \right] = \rho dt,$$

где  $W_t^1$  и  $W_t^2$  – стандартные винеровские процессы.

Модель устанавливает аналитическую связь между подразумеваемой волатильностью опциона на актив  $F$  и параметрами модели  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\vartheta$ ,  $\rho$ , которая имеет следующий вид:

$$\sigma(X, F) = \frac{\alpha \left( 1 + \left( \frac{(1-\beta)^2}{24} \frac{\alpha^2}{(FX)^{1-\beta}} + \frac{1}{4} \frac{\rho\beta\vartheta\alpha}{(FX)^{(1-\beta)/2}} + \frac{2-3\rho^2}{24} \vartheta^2 \right) t \right)}{(FX)^{(1-\beta)/2} \left( 1 + \frac{(1-\beta)^2}{24} \ln^2 \frac{F}{X} + \frac{(1-\beta)^4}{1920} \ln^4 \frac{F}{X} \right)} \frac{z}{x(z)},$$

$$z = \frac{\vartheta}{\alpha} (FX)^{(1-\beta)/2} \ln \frac{F}{X},$$

$$x(z) = \ln \left( \frac{\sqrt{1-2\rho z + z^2} + z - \rho}{1-\rho} \right).$$

Для АТМ волатильности это выражение имеет более простое выражение:

$$\sigma(F, F) = \frac{\alpha \left( 1 + \left( \frac{(1-\beta)^2}{24} \frac{\alpha^2}{F^{2-2\beta}} + \frac{1}{4} \frac{\rho\beta\vartheta\alpha}{F^{1-\beta}} + \frac{2-3\rho^2}{24} \vartheta^2 \right) t \right)}{F^{1-\beta}}.$$

Главным преимуществом данной модели является способность описывать сдвиг кривой опционной волатильности в том же направлении, в каком движется цена базового актива, а также описывать вертикальный сдвиг кривой при движении цен базового актива за счет параметра корреляции  $\rho$ , тем самым воспроизводя эффект «финансового рычага»<sup>28</sup>.

<sup>28</sup> Financial Leverage. В русскоязычной литературе по теории корпоративных финансов часто используют термин финансовый рычаг, который обозначает способность инвестора увеличить доходность собственного капитала путем привлечения заемного. В контексте данной работы под эффектом «финансового рычага» имеется в виду стилизованный факт, согласно которому цены акций тем волатильнее, чем ниже их уровень.

Таким образом, моделирование сдвига кривой волатильности с использованием SABR позволяет эффективно управлять риском волатильности.

На практике модель калибруется к рыночным данным, чтобы как можно лучше описать данные торгуемых волатильностей.

#### **4.3. Принципы применения предлагаемого подхода**

Исследуемый подход предполагает одновременное использование моделей Credit Grades и SABR и следующую последовательность процедур.

На первом этапе производится калибровка модели Credit Grades. Калибровка заключается в определении параметров  $D$  и  $\lambda$  по котировкам 3-летних и 5-летних CDS.

Входными параметрами при этом выступают цены акций эмитента базового обязательства, их подразумеваемая волатильность, кривая безрисковой доходности, даты заключения сделки и истечения CDS. Параметр средней доли возмещения по совокупному долгу компании  $L$  задается на уровне 50%. Индивидуальная доля возмещения  $R$  устанавливается на уровне 40% для эмитентов инвестиционного рейтинга, 20 % – для спекулятивного и 25% – для эмитентов из стран с развивающимися рынками, как это подразумевается в протоколах ISDA, актуальных для рассматриваемого периода.

Здесь в качестве оценки будущей локальной волатильности акций мы используем ATM опционную волатильность. Как показали Дерман, Ирай и Жоу (Derman et al., 1995), такая оценка является неплохой в первом приближении.

Для оценки  $D$  и  $\lambda$  мы также вводим нормализующее условие в виде ограничения сверху на параметр  $D$ . Параметры  $D$  и  $\lambda$  влияют на величину спреда в одинаковом направлении, поэтому для исключения ошибки численного метода при оценивании в виде чрезмерного завышения  $D$  мы используем показатель отношения общего долга к собственному капиталу как мажоранту для оценки уровня долга.

---

Название происходит от интерпретации этого эмпирического факта. Снижение акций приводит к снижению доли собственного капитала в структуре капитала компании, поэтому акции становятся более рискованным инструментом, что ведет к увеличению их волатильности.

На следующем этапе по данным о кривой волатильностей калибруется модель SABR. Параметры модели подбираются для лучшего описания наблюдаемой кривой волатильности. При этом большее внимание уделяется описанию ATM волатильности. Для этого оптимизация проводится при взвешивании отклонений кривой SABR от наблюдаемых волатильностей. Это означает, что указанные отклонения для цен исполнения опционов, более удаленных от текущей цены базового актива, имеют меньший вес при калибровке. Таким образом, с одной стороны, мы устраняем влияние со стороны малоинформативных волатильностей на краях кривой на оценки параметров модели, а с другой – продолжаем учитывать наклон кривой волатильностей.

Заметим, что в практической части работы мы используем данные об опционах на фьючерсы, а не на акции. Это связано с тем, что наиболее распространенным является американский тип опционов, который может быть исполнен в любой момент до срока истечения контракта. Для американских опционов на акции досрочное исполнение опционов как колл, так и пут достаточно вероятно. Поэтому подразумеваемая волатильность, рассчитываемая по формуле Блэка – Шоулза, в значительной мере искажает волатильность акций. Для опционов на фьючерсы досрочное исполнение как пут, так и колл не имеет фундаментальной основы, если к опционам применяется фьючерсный способ маржирования. Это связано, с одной стороны, с отсутствием дивидендных выплат по фьючерсу, а с другой – с инкорпорированной в стоимость опциона процентной ставкой, путем фактической реализации финансового результата за счет перечисления вариационной маржи. Одновременно с этим теоретически фьючерсы имеют такую же волатильность, как и акции. На практике эти показатели также близки. Таким образом, использование подразумеваемой волатильности опционов на фьючерсы является более удачной оценкой будущей волатильности акций, чем опционная волатильность по американским опционам на акции.

После калибровки модели SABR мы моделируем изменения цен акций и ATM волатильности. При этом для моделирования изменений цен акций мы пользуемся текущим значением опционной волатильности. Горизонт моделирования равен одному дню.

Модельные значения цен акций и волатильностей мы подставляем в модель Credit Grades и тем самым получаем потенциальные будущие значения спредов. При этом все прочие параметры мы полагаем неизменными.

По полученным данным мы определяем 99%-й VaR в оба направления движений спрэдов. При этом VaR рассчитывается относительно текущего значения спрэда. Таким образом, мы рассчитываем дневные колебания CDS-спрэдов.

Далее предельный уровень спрэдов, соответствующий рассчитанному VaR, мы переводим в up-front по ISDA Standard Model, которая является стандартом для этой процедуры, в предположении неизменности структуры процентных ставок в течение одного дня.

Поскольку up-front является монотонной функцией спрэдов в предположении неизменности временной структуры процентных ставок в течение дня, такая процедура переводит VaR спрэдов в VaR up-front.

Принимая во внимание, что на настоящий момент клиринговые организации на рынке CDS осуществляют корректировку открытых позиций по рынку так же один или два раза в день, можно утверждать, что для определения уровня начальной маржи достаточно горизонта риска в один день.

## **5. Тестирование подхода на данных о спрэдах CDS «Газпром»**

Предлагаемый нами подход к расчету гарантийного обеспечения по CDS-контракту был применен к данным о дневных котировках CDS на облигации ОАО «Газпром», номинированные в долларах США. Расчеты осуществлялись с использованием программного пакета MATLAB.

В данном разделе мы опишем использованные нами данные и полученные результаты.

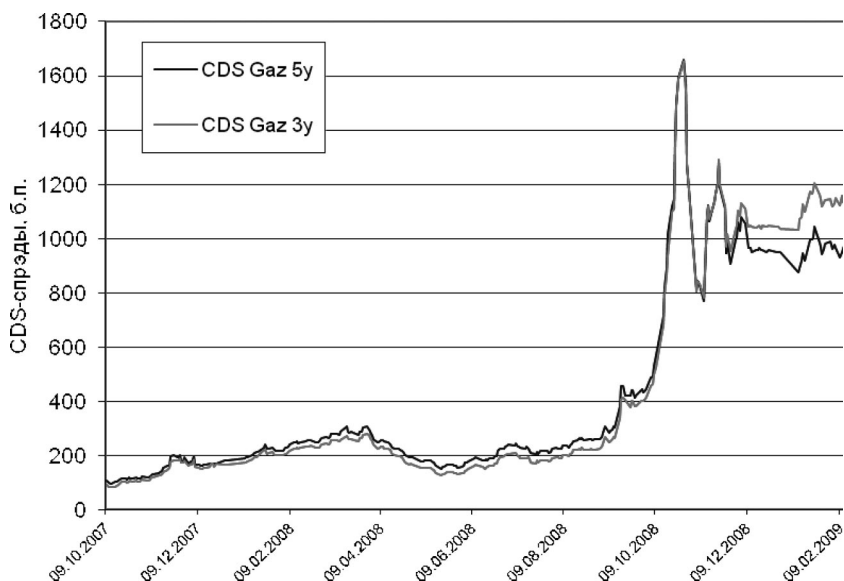
### ***5.1. Первичный анализ данных***

Для апробации методики нами были использованы данные о котировках 5-летних CDS на еврооблигации ОАО «Газпром». Эти контракты являются одними из самых ликвидных среди CDS, выписанных на российских эмитентов. Компания является одним из ведущих игроков мирового рынка и имеет крупный объем заимствований, прежде всего в иностранной валюте. В структуре долгов «Газпрома» преобладают среднесрочные облигации со сроком от 5 до 10 лет.



Мы рассматриваем период с 9 октября 2007 г. по 6 апреля 2009 г., который насчитывает 339 наблюдений. Выбор периода обусловлен желанием отследить работу метода как в относительно спокойный период до осени 2008 г., так и в кризисный период, поскольку мы ожидаем, что предлагаемый подход позволит предупредить резкие изменения спредов, что для целей устойчивости клиринговой организации крайне важно. Если так, то это позволит клиринговой организации заранее увеличить требования к гарантийному обеспечению, особенно для стороны, занимающей короткую позицию по контракту, поскольку риск дефолта в этом случае наиболее крупный.

На рис. 2 представлен график динамики спрэдов по пятилетним и трехлетним CDS для компании «Газпром». Источником данных является информационная система Bloomberg.



**Рис. 2.** Трехлетние и пятилетние CDS на облигации ОАО «Газпром», номинированные в долл. США, за период с 09.10.2007 по 06.04.2009

Как видно из рис. 2, до осени 2008 г., когда российские компании столкнулись с проблемами рефинансирования долгов, спрэды изменялись плавно. Разница между спредами трехлетних и пятилетних CDS была неболь-

шой и составляла 10–20 б.п. Кривая спрэдов CDS имела восходящий характер, что является естественным для спокойного периода.

В октябре 2008 г. спрэды стали стремительно расти. При этом базис между спрэдами пятилетних и трехлетних контрактов не только исчез, но и, как видно из последней части графика, стал отрицательным. При этом нисходящий характер временной структуры CDS-спрэдов сохранялся при стабилизации спрэдов на новом, более высоком уровне в декабре 2008 г. и первом квартале 2009 г. При этом спрэды характеризуются большей волатильностью по сравнению с периодом по октябрь 2008 г.

Данные об опционных волатильностях были взяты из статистической базы биржи РТС. Мы использовали волатильности по трехмесячным опционам, базовым активом по которым является фьючерс на акции «Газпрома». При выборе срока опционов мы старались соблюсти баланс между длиной опциона и активностью торгов по нему. На РТС в секции FORTS самыми длинными являются годовые опционы, однако объем торгов и количество серий не позволяют рассматривать волатильность по ним в качестве информативной меры.

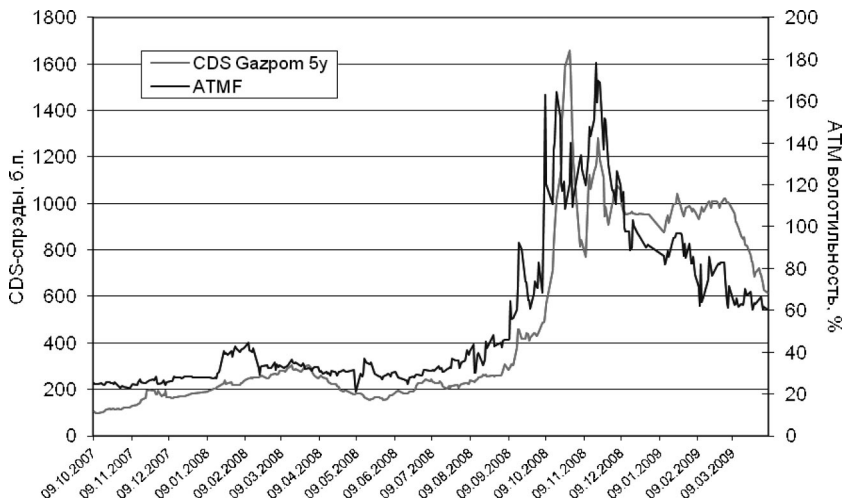
Отметим, что фьючерсы и опционы на FORTS торгуются в рублях, в то время как CDS является долларовым контрактом. Тем не менее, принимая во внимание тот факт, что исторически волатильность российских акций, выраженных в долларах США, несколько меньше рублевой волатильности, использование рублевой волатильности является допустимым, поскольку в этом случае мы остаемся на консервативной стороне при применении указанного подхода.

Для установления этого факта нами были рассчитаны исторические волатильности логарифмических доходностей индекса РТС и акций «Газпрома». Доходности были рассчитаны для рублевых и долларовых выражений цен. Расчеты показывают, что рублевая волатильность несколько выше долларовой, при том что в целом волатильности сравнимы.

Мы используем данные о волатильностях, рассчитанных самой биржей в течение клиринговых сессий.

На рис. 3 представлен сводный график АТМ волатильностей и CDS-спрэдов. Из графика видно, что волатильности и спрэды следуют единой динамике, причем в некоторые моменты опционная волатильность опережает спрэды, как, например, в октябре 2008 г.

На рис. 4 мы также изобразили совместную динамику долларовых цен акций «Газпрома» и CDS-спрэдов (данные РТС). Отметим тот факт, что падение акций «Газпрома» устойчивыми темпами началось с мая.



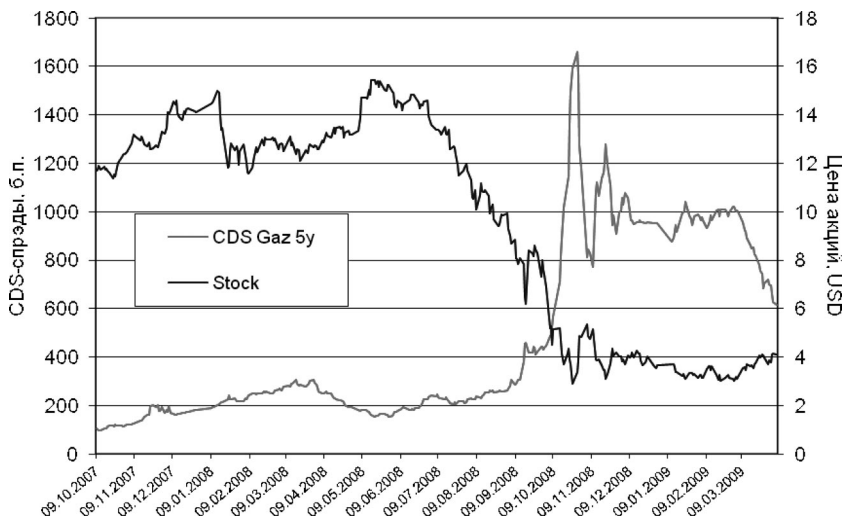
**Рис. 3.** Пятилетние CDS на облигации ОАО «Газпром», номинированные в долл. США, и трехмесячная опционная волатильность фьючерсов на акции ОАО «Газпром» за период с 09.10.2007 по 06.04.2009

При этом CDS-спрэды ответили на линейное по тренду движение акций экспоненциальной динамикой с вялым ростом с начала июня и резким рывком в октябре. Именно такой характер «дельты»<sup>29</sup> спрэдов к акциям предсказывает модель Credit Grades. При высоких ценах на акции спрэды мало чувствительны к их изменению. Чувствительность возрастает по мере снижения цен, так как в этом случае расстояние до предельного уровня стоимости активов компании и так невелико, и каждое изменение цен акций уменьшает его еще сильнее.

Этот эффект также виден в первом квартале 2009 г., когда при остановке падения акций CDS-спрэды продолжали показывать высокую волатильность при боковом тренде.

Наконец, последними входными данными являются кривые безрисковых доходностей. В качестве долларовых безрисковых ставок мы используем кривые ставок LIBOR, дополненные ставками по процентным свопам. Мы отдаем себе отчет в том, что в период финансового кризиса ставки по межбанковскому кредиту не совсем адекватно использовать в

<sup>29</sup> Под «дельтой» в контексте данной работы понимается чувствительность CDS-спрэда к изменению цен акций эмитента базовых обязательств.



**Рис. 4.** Пятилетние CDS на облигации ОАО «Газпром», номинированные в долл. США, цены акций ОАО «Газпром» в долл. США за период с 09.10.2007 по 06.04.2009

качестве безрисковой доходности. Однако именно эти ставки являются стандартом и используются при ценообразовании производных. С другой стороны, мы опираемся на работу Хулинга и Ворста (Howeling et al., 2005), которая показывает, что использование именно ставок LIBOR позволяет моделировать несмещенные оценки спрэдов CDS.

Данные о процентных ставках были загружены с электронного ресурса econstats.com.

## 5.2. Результаты тестирования

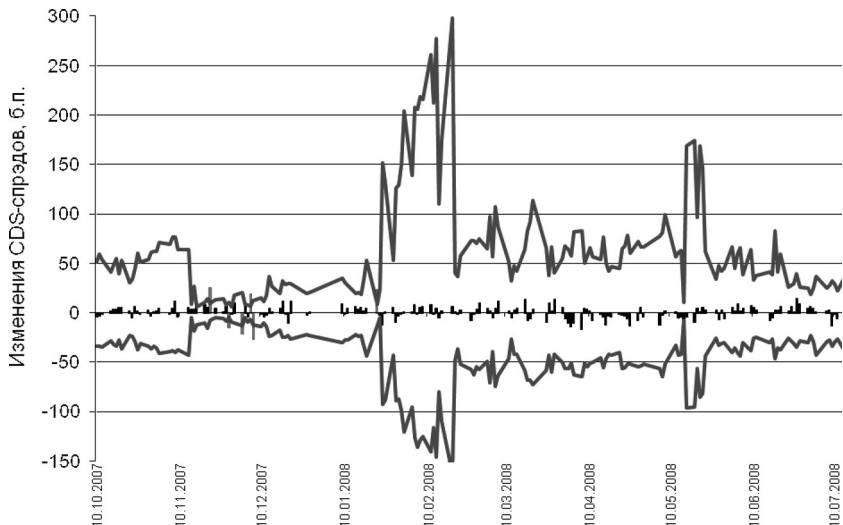
В этом подразделе работы мы приводим результаты тестирования метода на данных о CDS на обязательства ОАО «Газпром». Напомним, что мы моделировали дневные изменения спрэдов для определения 99%-го VaR в оба направления изменения спрэдов.

Весь период наблюдения мы разбили на две части: докризисный и кризисный.

Первый участок с октября 2007 г. по июнь 2008 г. (рис. 5) характеризуется низким уровнем спрэдов, низкой опционной волатильностью и

высокими ценами акций. Диапазон значений спредов в этом периоде от 100 до 300 б.п.

На этом участке значения VaR относительно невелики и в основном находятся на уровне 50–100 б.п. Лишь в январе – феврале акции и опционная волатильность говорили о потенциальных скачках в 300 б.п.

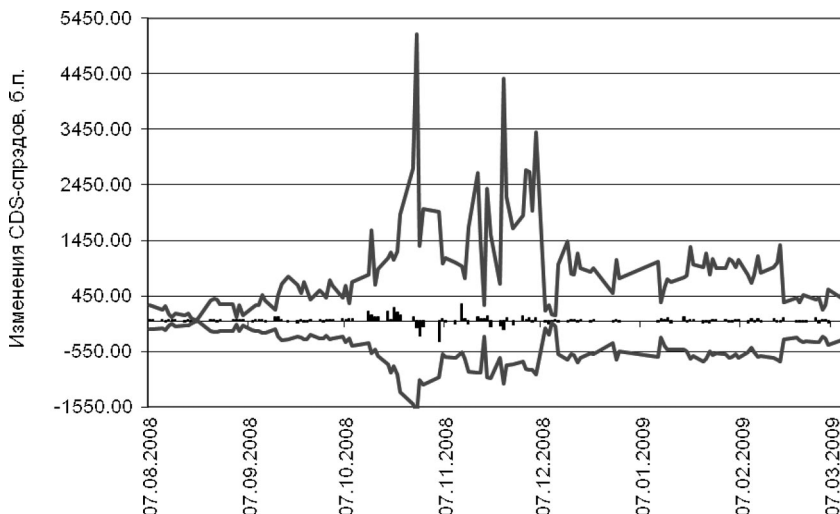


**Рис. 5.** Дневные изменения спредов пятилетних CDS на облигации ОАО «Газпром», номинированные в долл. США, и модельные границы колебаний с 09.10.2007 по 10.07.2008

На этом участке происходит три пробоя VaR-границы в каждую из сторон, что на всем горизонте в 339 дней соотносится с уровнем надежности 99%.

На кризисном участке (рис. 6) мы видим расширение границ VaR. На пике спредов в 1700 б.п. VaR говорил о потенциальном скачке в 5000 б.п. При этом наблюдалась явная асимметрия в VaR в направлении роста и падения спредов. Это согласуется с наблюдением за ускоряющейся чувствительностью спредов к изменению цен и волатильности, которое было установлено на стадии предварительного анализа.

При росте спредов вероятность дефолта возрастает, в том числе и неожиданного в ближайшее время, которая описывается случайностью барьера в модели Credit Grades. Расстояние до точки дефолта в этом случае



**Рис. 6.** Дневные изменения спрэдов пятилетних CDS на облигации ОАО «Газпром», номинированные в долл. США, и модельные границы колебаний с 11.07.2008 по 06.04.2009

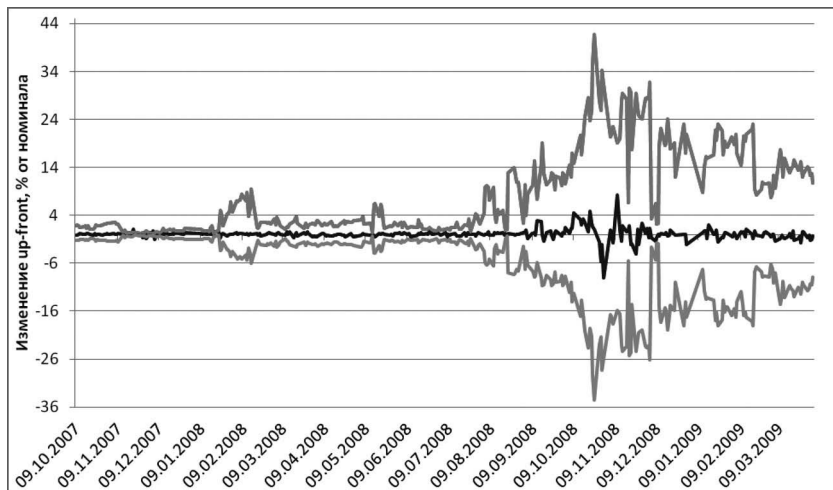
сокращается, что и отражено в падении уровня цен акций. Поскольку вероятность неожиданного скорого дефолта повышается, метод реагирует на это повышением верхней границы коридора относительно нижней, тем самым говоря о вероятном дефолте и скорой вероятной выплате со стороны продавца в ближайшем будущем.

Это хороший сигнал, который может позволить клиринговой организации заблаговременно потребовать от продавца CDS внести средства для обеспечения исполнения контракта по причине ожидания скорого дефолта эмитента базового обязательства, либо заблаговременно закрыть позицию при отсутствии средств на счете продавца. Также заметим, что на кризисном участке не произошло ни одного пробоя.

В связи с этим интересно применить данный подход к данным о компании, допустившей дефолт.

Мы также перевели VaR по спрэдам в VaR по up-front в предположении величины фиксированной премии на уровне 100 б.п., несмотря на то, что для уровня спрэдов на конец рассматриваемого периода была бы применена конвенция в 500 б.п. Как и раньше, границы рассчитаны с позиции агента, занимающего длинную позицию по CDS. Красная верхняя граница показывает экспозицию такого агента к риску контрагента, т.е.

определяет маржинальные требования к агенту, занимающему короткую позицию. Свойства результатов в терминах up-front аналогичны результатам для спрэдов. Результаты представлены на рис. 7.



**Рис. 7.** Дневные изменения up-front пятилетних CDS на облигации ОАО «Газпром», номинированные в долл. США, и модельные границы колебаний с 09.10.2007 по 06.04.2009

Для премии up-front значения дневных границ колебаний могут быть приняты в качестве требований к размеру гарантийного обеспечения, поскольку существующие клиринговые организации на рынке CDS проводят клиринговые сессии 1–2 раза в день.

В период высокой волатильности гарантийное обеспечение в терминах up-front расширилось до 42%. При этом асимметрия остается, но становится не столь ярко выраженной. Важно помнить, что для целей сравнимости работы метода на всем рассматриваемом периоде, для пересчета в up-front была выбрана единая конвенция up-front + 100 б.п. В реальности при устойчивом превышении спреда уровня в 500 б.п. позиция была бы преобразована в конвенцию up-front + 500 б.п. Это позволило бы сократить размер up-front и снизить его волатильность.

Заметим также следующее: в предкризисный период чувствительность величины up-front, рассчитанной согласно рассматриваемому подходу, к изменению спреда составляет около 1% на 20 б.п. Это соотноше-

ние согласуется с современными данными<sup>30</sup>. По понятным причинам пересечение границ происходит в те же моменты времени, в какие происходило пересечение в терминах спрэдов.

Уровни обеспечения для кризисного периода, производимые методом, кажутся огромными. Как уже отмечалось, причиной этому является принятие в качестве базы расчета конвенции *up-front* + 100 б.п. Однако в целом метод демонстрирует высокую консервативность, особенно в кризис. Кроме того, стоит отметить, что в модели ценообразования CDS, использованной в описанном подходе, учтен риск неожиданного дефолта (*jump-to-default*), который также влияет на уровень потенциальных изменений CDS-спрэда. Действительно, чем ближе эмитент базовых обязательств к дефолту (чем ниже стоимость его акций), тем больший вклад в вероятность дефолта вносит риск неожиданного дефолта. Поэтому при высоком уровне CDS-спрэдов их потенциальные изменения учитывают повышенный риск неожиданного дефолта на коротком горизонте, поэтому резко расширяются.

Тем не менее сделать однозначный вывод о качестве работы метода пока нельзя, и для ответа на вопрос о качестве работы метода нужно провести дальнейшие исследования. Во-первых, необходимо протестировать метод в ситуации реального дефолта. Во-вторых, все показатели *up-front* были рассчитаны по построенной модели. Рыночные значения не использовались, поскольку в рассматриваемый период CDS торговались в терминах спрэдов. Несмотря на то что чувствительность метода согласуется с текущими данными, приращения *up-front* зависят от риск-нейтральной вероятности, предполагаемой моделью, что необходимо учитывать. В-третьих, в данной работе мы игнорировали процентные риски. Согласно ряду исследований, изменение срочной структуры безрисковой доходности должны объяснять большую часть вариации CDS-спрэдов, а следовательно, и премии *up-front*. Таким образом, нужно учесть процентный риск.

## Заключение

Итак, задача определения гарантийного обеспечения CDS является в настоящее время весьма актуальной. Возникновение центрального контр-

---

<sup>30</sup> <http://www.markit.com/en/>.



агента на этом рынке стало логическим результатом осознания, что управление риском контрагента при существовавших до финансового кризиса структуре самого контракта и структуре рынка невозможно осуществить на двусторонней основе силами участников этого рынка.

В данной работе был представлен обзор рынка CDS и ключевых изменений, произошедших на рассматриваемом рынке с 2009 г., а также определены основные требования к полной и адекватной системе маржинальных требований. Так, необходимо, чтобы указанная система учитывала неравномерность распределения риска контрагента между сторонами CDS; разницу волатильностей спрэдов и up-front для контрактов с разными сроками и паттерны взаимной динамики этих спрэдов; риск неожиданного дефолта; ликвидность, которая, к сожалению, характеризуется труднооцениваемой глубиной рынка. Эти требования мы попытались учесть в предложенном в данной работе подходе к расчету маржинальных требований по CDS. Прочими аспектами, которые также являются очень важными, но игнорируемыми в данной работе, являются риск изменения срочной структуры безрисковой доходности, непрогнозируемость LGD, а также случайность момента кредитного события и риск платежеспособности контрагента в период между кредитным событием и исполнением CDS.

Для целей определения маржинальных требований, отвечающей части из указанных требований, мы предложили подход, основанный на возможности вероятностного прогнозирования потенциальных изменений цен CDS с помощью опционных волатильностей и цен акций. При этом была использована модель CreditGrades для ценообразования CDS и связи их с ценами акций и опционными волатильностями. Для прогнозирования потенциальных изменений цен акций и волатильностей была использована модель SABR, двухфакторная модель стохастической волатильности, учитывающая ряд паттернов между опционными волатильностями и ценами базового актива. Мы предложили метод расчета гарантийного обеспечения на основе модельного VaR и применили его на реальных данных на примере CDS, номинированных в долларах и выписанных на обязательства ОАО «Газпром».

При создании метода мы старались учесть существующие паттерны, связывающие CDS, акции и волатильности. Также при применении метода и оценке входящих в него параметров мы старались придерживаться консервативной точки зрения.

Тестирование метода показало, что в спокойные периоды при низких CDS-спрэдах такой подход работает удовлетворительно. Процент пробоев расчетных границ дневных изменений удовлетворяет заложенному при моделировании уровню надежности.

В кризисный период, когда спрэды растут, наш подход значительно расширяет границы потенциальных изменений. Потенциальный однодневный рост спрэдов порой оценивается в 5000 б.п. Такой прогноз возникает на пике CDS-спрэдов (1700 б.п.) и опционных волатильностей и в низшей точке падения цен акций.

Подобное поведение метода указывает на высокую вероятность дефолта и близости компании к барьерной точке. В силу несимметричности рисков по контракту такое упреждающее поведение метода мы считаем плюсом, поскольку возрастающий уровень гарантийного обеспечения позволяет либо заранее внести сумму для выплаты по вероятному дефолту, либо принудительно закрыть позицию, до наступления кредитного события.

В целом метод дает весьма консервативные результаты для рассматриваемого примера. Однако делать выводы о качестве работоспособности метода пока рано. В качестве направлений дальнейших исследований свойств, качеств, а также дальнейшего развития подхода можно выделить следующие задачи: тестирование подхода на примере компаний, которые действительно допустили дефолт; учёт процентных рисков. При обеспечении удовлетворительной работы метода в случае реального дефолта, можно попытаться обобщить метод на уровень портфеля CDS.

## Литература

Балабушкин А.Н. (2004) Фьючерсы и опционы: метод. пособие, РТС.

Смирнов С.Н., Тарасова П.В. (2011) Методика оценки величины премии за риск ликвидности облигации на основе данных о CDS // Уpravление риском. № 3 (59). С. 15–24.

Acharya V., Johnson T. (2007) Insider trading in credit derivatives // Journal of Financial Economics. No. 84. P. 110–141.

Black F., Scholes M. (1973) The Pricing of Options and Corporate Liabilities // Journal of Political Economy. Vol. 81. No. 3. P. 637–654.

Brigo D., Predescu M., Capponi A. (2010) Credit Default Swap Liquidity Modeling: A Survey: Working Paper.

Cao Ch., Zhong, Zhaodong and Yu, Fan (2009) The Information Content of Option-Implied Volatility for Credit Default Swap Valuation, FDIC Center for Financial Research: Working Paper .

Carr P., Wu L. (2008) DOOM Puts and Credit Protection, CBOE Risk-Management Conference, Presentation.

Carr P., Wu L. (2009) Stock Options and Credit Default Swaps: A Joint Framework for Valuation and Estimation // Journal of Financial Econometrics, Zicklin School of Business, Baruch College. P. 1–41.

CME Group (2010) Cleared OTC Credit Default Swap, [www.cmegroup.com](http://www.cmegroup.com).

Choudhry M (2006) The Credit Default Swap Basis, Bloomberg Press.

Derman E., Iraj K., Zou J.Z. (1995) The local volatility surface. Unlocking the information in index option prices, Quantitative Research Notes, Goldman Sachs.

Duffie D. (1999) Credit Swap Valuation, Financial Analysts Journal. Vol. 55. No. 1. P. 73–87.

Finger C. (2002) CreditGrades<sup>TM</sup> technical document, RiskMetrics Group.

Geske R. (1979) The Valuation of Compound Options // Journal of Financial Economics. No. 8. P. 63–81.

Hagan P.S., Kumar D., Lesniewski A.S., Woodward D.E. (2002) Managing smile risk // Wilmott Magazine. P. 84–108.

Hull J., White A. (2000) Valuing credit default swaps 1: No counterparty default risk // Journal of Derivatives. Vol. 8. No. 1. P. 29–40.

Hull, J., and White, A. (2001) Valuing Credit Default Swaps II: Modeling Default Correlations, Journal of Derivatives. Vol. 8. No. 3. 12–22.

Hull, J., Nelken, I., and White, A. (2005) Mertons model, credit risk and volatility skews, Journal of Credit Risk. Vol. 1. No. 1. 1–27.

Houweling, Patrick and Vorst, Ton A., (2005) Pricing Default Swaps: Empirical Evidence, Journal of International Money and Finance, 24, 1200–1224.

ICE U.S. (2010). CDS Clearing Overview, [www.theice.com](http://www.theice.com).

ISDA (2011). Credit Clearing Comparative Analysis, <http://www2.isda.org>.

Jarrow R.A, Turnbull St.M. (2000). The intersection of market and credit risk // Journal of Banking & Finance. No. 24. P. 271–299.

JP Morgan Chase (2006). Credit Derivatives Handbook. Corporate Quantitative Research.

Jones E.P., Mason S.P., Rosenfeld E. (1984). Contingent Claims Analysis of Corporate Capital Structure: An Empirical Investigation // Journal of Finance. Vol. 39 (3). P. 611–625.

LIFFE (2009). Margining Overview for LIFFE Credit Default Swaps (CDS).

Markit (2010). Credit Event Auction Primer, [www.markit.com](http://www.markit.com).

Merton R.C. (1974) On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates // Journal of Finance. Vol. 29. No. 2.

Natenberg, Sheldon (1994) Option Volatility and Pricing Strategies, revised edition. Chicago, IL: Probus Publishing Company.

Raunig B. and Scheicher, M. (2008) A Value at Risk Analysis of Credit Default Swaps: ECB Working Paper No. 968.

Stamcar R., Finger C. (2005) Incorporating equity derivatives into the CreditGrades model, RiskMetrics Group.

West G. (2005) Calibration of the SABR model in illiquid markets // Applied Mathematical Finance. Vol. 12. Issue 4. 371–385.

**Kurbangaleev, Marat.** Determination of margin requirements for central clearing of credit default swap transactions : Working paper WP16/2012/01 [Text] / M. Kurbangaleev ; National Research University "Higher School of Economics". – Moscow : Publishing House of the Higher School of Economics, 2012. – 56 p. – 150 copies (in Russian).

*Kurbangaleev Marat* – Postgraduate student, Chair of Risk-Management and Insurance, Junior Researcher, Laboratory of Financial Engineering and Risk-Management.

This paper discusses the major requirements to margin requirements systems in the credit default swap market. It also presents the approach to initial margin calculation which is consistent with the majority of documented requirements. The approach is based on application of structural models of credit risk and uses information on a reference entity's stocks. Finally, the performance of presented approach is tested by its application to the initial margin setting for the Gazprom CDS.

*Препринт WP16/2012/01  
Серия WP16  
Финансовая инженерия,  
риск-менеджмент и актуарная наука*

Курбангалеев Марат Зуфарович

**Определение маржинальных требований  
при централизованном клиринге сделок  
кредитного дефолтного свопа**

Зав. редакцией оперативного выпуска *А.В. Заиченко*  
Технический редактор *Ю.Н. Петрина*

Отпечатано в типографии  
Национального исследовательского университета  
«Высшая школа экономики» с представленного оригинал-макета  
Формат 60×84  $\frac{1}{16}$ . Тираж 150 экз. Уч.-изд. л. 3,3  
Усл. печ. л. 3,26. Заказ № . Изд. № 1389

Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики»  
125319, Москва, Кочновский проезд, 3  
Типография Национального исследовательского университета  
«Высшая школа экономики»  
Тел.: (499) 611-24-15

