

УДК 336.648

Солодка О. О.

СТОХАСТИЧНІ СТРУКТУРНІ ТА РЕДУКОВАНІ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ CDS

Розглянуто проблеми об'єктивної ринкової оцінки вартості кредитних дефолтних свопів (CDS), визначено сфери їх застосування, групи стохастичних моделей оцінювання їхньої вартості. Проаналізовано специфіку кількісної та якісної оцінки кредитного ризику компанії як одного з головних компонентів інвестування у фінансові інструменти. З урахуванням сфер застосування CDS (хеджування кредитного ризику базового активу, на який виписаний CDS; хеджування кредитного ризику інших активів за рахунок CDS; спекулятивна торгівля CDS) визначено особливості оцінювання ймовірності дефолту базового портфеля фінансових активів. Залежно від особливостей основи для оцінювання вартості CDS обґрунтовано доцільність використання стохастичних моделей відповідно до таких класифікаційних груп: на підставі вартості хеджування; основані на інтенсивності дефолтів, спрощені або редуковані моделі; за кредитним рейтингом; на базі вартості компанії, або структурні моделі. Доведено, що стохастичні редуковані моделі оцінювання CDS передбачають використання не фундаментальних показників компанії, а лише вартості інструментів, які перебувають в обігу, тому результат оцінювання CDS похідний від оцінок інших інструментів. У стохастичних структурних моделях оцінювання CDS застосовуються фундаментальні показники компанії, тобто показники фінансової звітності, які в умовах економіки України не інтегрують ризиків. Точність стохастичних структурних і редукованих моделей істотно залежить від тривалості історії торгів базових активів, які мають бути об'єктом глибокого аналізу широкого кола аналітиків і трейдерів. На підставі результатів дослідження оціночних параметрів стохастичних структурних і редукованих моделей оцінювання CDS обґрунтовано вибір моделі оцінювання справедливої вартості CDS, яка дає можливість із найменшою похибкою оцінити ймовірність дефолту базового портфеля фінансових активів. Стохастичні редуковані моделі, основані на ринковій оцінці боргових інструментів компанії, є об'єктивно точнішими.

Ключові слова: кредитний дефолтний своп, кредитний ризик, справедлива вартість CDS, ймовірність дефолту базового активу, стохастична структурна модель, стохастична редукована модель.

Форм. 5. Літ. 7.

Солодка О. О.

СТОХАСТИЧЕСКИЕ СТРУКТУРНЫЕ И РЕДУЦИРОВАННЫЕ МОДЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ CDS

Рассмотрены проблемы объективной рыночной оценки стоимости кредитных дефолтных свопов (CDS), определены сферы их применения, группы стохастических моделей оценивания их стоимости. Проанализирована специфика количественной и качественной оценки кредитного риска компании как одного из главных компонентов инвестирования в финансовые инструменты. С учетом областей применения CDS (хеджирование кредитного риска базового актива, на который выписан CDS; хеджирование кредитного риска других активов за счет CDS; спекулятивная торговля CDS) определены особенности оценивания вероятности дефолта базового портфеля финансовых активов. В зависимости от особенностей основы для оценивания стоимости CDS подтверждена целесообразность использования

© Солодка О. О., 2015

стохастических моделей в соответствии со следующими классификационными группами: на основании стоимости хеджирования; основанные на интенсивности дефолтов, упрощенные или редуцированные модели; по кредитному рейтингу; на базе стоимости компании, или структурные модели. Доказано, что стохастические редуцированные модели оценивания CDS предусматривают использование не фундаментальных показателей компании, а лишь стоимости инструментов, находящихся в обращении, поэтому результат оценивания CDS производный от оценок других инструментов. В стохастических структурных моделях оценивания CDS применяются фундаментальные показатели компании, то есть показатели финансовой отчетности, которые в условиях экономики Украины не интегрируют рисков. Точность стохастических структурных и редуцированных моделей существенно зависит от продолжительности истории торгов базовых активов, которые должны быть объектом глубокого анализа широкого круга аналитиков и трейдеров. На основе результатов исследования оценочных параметров стохастических структурных и редуцированных моделей оценивания CDS обоснован выбор модели оценивания справедливой стоимости CDS, которая позволяет с минимальной погрешностью оценить вероятность дефолта базового портфеля финансовых активов. Стохастические редуцированные модели, основанные на рыночной оценке долговых инструментов компании, объективно более точные.

Ключевые слова: кредитный дефолтный своп, кредитный риск, справедливая стоимость CDS, вероятность дефолта базового актива, стохастическая структурная модель, стохастическая редуцированная модель.

Olga Solodka

STOCHASTIC STRUCTURAL AND SIMPLIFIED CDS VALUATION MODELS

The paper considers the problem of the market CDS valuation, as well it is defined the scope of CDS and stochastic CDS valuation models. Features of quantitative and qualitative assessment of credit risk are analyzed as a major component of investment in financial instruments. Considering the scope of the CDS, namely: credit risk hedging of the underlying asset for issued CDS; credit risk hedging of other assets by CDS; speculative trading of CDS, – the peculiarities of assessing the likelihood of basic portfolio default of financial assets are defined. Depending on the particular basis for CDS valuation, the feasibility of using existing stochastic models is substantiated, according to the following classification groups: based on the value of CDS hedging; based on the intensity of defaults, simplified or streamlined model; based on credit rating; based on the value of the company, or structural models. It is proved that simplified stochastic valuation models do not involve the use of CDS fundamentals of the company, and only cost tools that are in circulation, and as a result CDS evaluation is derived from assessments of other instruments. Stochastic structural CDS valuation models include the use of company's fundamental indicators, i. e. indicators of financial reporting that do not integrate risks in economy of Ukraine. Thus, the accuracy of stochastic structural and simplified models strongly depends on the length of the history of trading of the underlying assets, which would be subject to in-depth analysis of a wide range of analysts and traders. Based on the analysis of estimated parameters of stochastic structural and simplified CDS valuation, the choice of the CDS fair value estimation models is substantiated, which enables to estimate the probability of basic portfolio default of financial assets with smallest error. Stochastic simplified models based on market assessment of a company's debt stocks are objectively more accurate.

Key words: credit default swaps, credit risk, fair value of CDS, probability of default of the underlying asset, stochastic structural model, stochastic simplified model.

JEL classification: G11, G17, G23, G32.

Кількісна та якісна оцінка кредитного ризику компанії є однією з головних складових інвестиційного процесу, що використовується практично в усіх сферах фінансово-економічної діяльності. Інвестування в боргові інструменти або продукти (наприклад, купівля облігацій і векселів, відкриття кредитних ліній, синдиковане кредитування, операції РЕПО, лізингові операції) потребує оцінки кредитного ризику. Кредитні ризики актуальні для угод злиття та поглинання (M&A угод), комерційної діяльності, приміром, відвантаження покупцеві товару або сировини в розстрочку.

Інвестування у фінансові інструменти, які за природою не містять кредитного ризику, також потребує його оцінки. Зокрема, усім позабіржовим строковим контрактам властивий контрагентський ризик як кредитний ризик протилежної сторони угоди. Часткові цінні папери опосередковано містять кредитний ризик емітента, оскільки, згідно зі структурними моделями, між борговими й частковими інструментами одного емітента є стійкий взаємозв'язок.

До способів оцінювання кредитного ризику компанії належить використання кредитних рейтингів загально визнаних рейтингових агентств або внутрішніх систем кредитного аналізу. Оскільки кредитний ризик у широкому розумінні є ймовірністю дефолту компанії, його можна оцінювати в абсолютних величинах за допомогою широкого спектра стохастичних моделей. Однак світова фінансова криза продемонструвала, що умови функціонування глобального фінансового ринку потребують детальніших, скоригованих за часовими і перехресними характеристиками моделей оцінювання кредитних ризиків. Традиційні методи такого оцінювання мають надто великий часовий лаг, при цьому запізнення необхідних для оцінки ризику параметрів навіть на один день може спричинити значні похибки та викривлення результату.

У зв'язку із цим актуальними стають похідні фінансові інструменти, котрі відображають ринкову (справедливу) оцінку кредитного ризику певного активу (боргового цінного папера, портфеля, окремої компанії або держави) практично в режимі реального часу. Такими інструментами є кредитні дефолтні свопи (Credit Default Swap – CDS).

Проблеми об'єктивної ринкової оцінки вартості CDS, мінімізації кредитних ризиків через механізм функціонування кредитних дефолтних свопів, способи визначення обсягів кредитного захисту, напрями посилення регульованості та прозорості ринку кредитних деривативів досліджено в працях вітчизняних і зарубіжних учених, зокрема: Ф. Блека [4], Д. Дуффі [5], А. Лобанова [3], М. Майера [6], В. Мезенцева [1], Г. Моргенсон [7], К. Сінглетона [5], А. Чугунова [3], М. Шоулза [4] та ін.

Попри значну кількість наукових публікацій, проблема оцінювання справедливої вартості кредитного дефолтного свопу досі не розв'язана. Його стохастична природа в механізмі перерозподілу кредитного ризику, адекватність варіантів структурних і редукованих моделей визначення справедливої вартості CDS потребують подальшого вивчення.

Мета статті – обґрунтування вибору моделі оцінювання справедливої вартості CDS, яка дає можливість із найменшою похибкою визначити ймовірність дефолту базового портфеля фінансових активів.

CDS – це строковий контракт між двома контрагентами, фінансовими інститутами, за яким одна сторона сплачує другій певну суму в разі настання

кредитної події у третьої сторони або для певного набору фінансових активів (базового портфеля). Кредитною подією зазвичай є дефолт компанії або держави, різке зниження цін акцій чи облігацій компанії, невплата або затримка купона чи номіналу за облігаціями, зміна кредитного рейтингу, реструктуризація заборгованості.

Сферу застосування CDS можна умовно поділити на такі складові:

- хеджування кредитного ризику базового активу, на котрий виписаний CDS. У цьому випадку покупцями CDS є власники ризикового активу, які купують CDS на суму, не більшу за величину боргу. Цей сегмент ринку CDS незначний за обсягом;
- хеджування кредитного ризику інших активів за рахунок CDS. Визначальною передумовою є наявність стійкого кореляційного зв'язку між ціною CDS і цінами базових активів;
- спекулятивна торгівля CDS [2, с. 168–171].

Зауважимо, що всі без винятку моделі оцінювання вартості CDS є стохастичними, тобто передбачають імовірнісний зв'язок між результатом і факторами, що його формують. Залежно від особливостей основи для оцінки вартості CDS моделі поділяються на такі групи:

- на підставі вартості хеджування;
- основані на інтенсивності дефолтів, спрощені або редуковані;
- за кредитним рейтингом;
- на базі вартості компанії, або структурні [2–7].

До стохастичних структурних моделей належать відома модель Блека – Шоулза та її похідна – модель Мертона. Обидві моделі формалізовано втілюють зв'язок кредитного ризику зі структурою капіталу компанії. Модель Блека – Шоулза в класичному вигляді використовується для оцінки опціонів, модель Мертона є варіантом застосування теорії опціонів у розрізі розв'язання проблеми оцінки зобов'язань компанії за наявності дефолту, що дає можливість використувати її для оцінки будь-яких видів кредитних деривативів, зокрема CDS.

Стохастичні структурні моделі встановлюють умови, за яких, з економічного погляду, очікується дефолт компанії, з подальшим визначенням ймовірності того, що такі умови настануть. Імовірність дефолту та очікуваний грошовий потік, згенерований CDS, за наявності й відсутності дефолту базового активу дають змогу оцінити ризиковий інструмент.

Згідно з теорією корпоративних фінансів, ринкова вартість активів являє собою суму капіталізації та вартості боргу. Власники боргових інструментів мають переважне право на отримання інвестованих у компанію коштів, тільки потім свої кошти отримують акціонери. Таким чином, капіталізація є залишковою вартістю компанії або залишком після сплати боргових зобов'язань. Теоретично капіталізація може бути від'ємною величиною, якщо вартість активів менша від боргових зобов'язань. За наявності акціонерного капіталу з від'ємною вартістю акціонери можуть позбутися його без жодних втрат. Інакше кажучи, акціонери не виконують купівельного опціону і залишають компанію кредиторам – власникам боргу, і в такому разі вона оголошує дефолт. При цьому вартість акціонерного капіталу являє собою купівельний опціон на вартість компанії із

ціною виконання, що дорівнює номінальному розміру боргу. Отже, вартість акціонерного капіталу в певний момент визначається за формулою:

$$S(V, T) = \max(0, V(T) - D), \quad (1)$$

де $S(V, T)$ – вартість акціонерного капіталу в момент часу T ; $V(T)$ – вартість компанії в момент часу T ; D – номінальна вартість боргу.

Ризиковий борг у момент часу t можна подати у вигляді співвідношення:

$$B(V, t, T) = \min(D, V(T)) = D - \max(0, D - V(T)), \quad (2)$$

де $B(V, t, T)$ – ринкова вартість боргу на момент погашення.

Отже, ринкову вартість боргу компанії можна представити як портфель, складовими якого є дисконтна облигація з номіналом D і короткий опціон продажу на вартість компанії з ціною виконання D .

Визначимо детермінанти моделі Мертона та їхній вплив на формування вартості CDS. Частка боргу у вартості компанії Debt/EV (Debt to Value Ratio – Debt/EV) визначається як співвідношення боргу та вартості компанії:

$$\text{Debt/EV} = \frac{\text{Балансова вартість зобов'язань}}{\text{Капіталізація} + \text{Чистий борг компанії}}. \quad (3)$$

Відповідно до моделі Мертона дефолт настає, коли вартість компанії є нижчою за вартість її боргу. Якщо борг зростає на величину, що перевищує вартість компанії, а інші параметри залишаються незмінними, тоді ціна опціону продажу (і кредитного спреда) збільшується. Отже, чим вищим є значення Debt/EV, тим імовірнішим стає дефолт і, відповідно, дорожчою має бути страховка від нього. Вартість цієї страховки відображається у динаміці ціни CDS. Таким чином, спред CDS зростає при збільшенні важеля. Емпіричні дослідження підтверджують прямий зв'язок між величиною Debt/EV і кредитними спредами.

Грунтуючись на положеннях теорії опціонів, зауважимо, що ціна опціону підвищується внаслідок посилення волатильності ринку базового активу. Зростаюча волатильність підвищує ймовірність дефолту, що збільшує вартість страховки від дефолту, яка відображається кредитним спредом. Показник історичної волатильності базується на історичних котируваннях акцій. Таким чином, модель Мертона суттєво залежить від волатильності, тому розрахунки її значень є ключовим елементом цього способу стохастичного моделювання.

Як безризикову ставку доцільно використовувати показник прибутковості безкупонної казначейської облигації США з терміном дії в один рік. Використання вищої ставки передбачає більше значення очікуваних темпів розвитку компанії, що вказує на меншу ймовірність дефолту та нижчий кредитний спред. Таким чином, спред CDS зменшується зі збільшенням безризикової ставки.

Основою стохастичних редукованих моделей є кредитний спред і вартість облигації. Між ціною ризикової дисконтної облигації та ймовірністю дефолту існує фундаментальна залежність:

$$1 - P(t, T) = \frac{\bar{B}(t, T)}{B(t, T)}, \quad (4)$$

де T – термін погашення облигації; $\bar{B}(t, T)$ – ціна ризикової дисконтної облигації в момент часу t ; $B(t, T)$ – ціна безризикової дисконтної облигації в

момент часу t ; $P(t, T)$ – ймовірність того, що дефолт ризикової дисконтної облигації не настане у період від t до T .

Тобто $1 - P(t, T)$ є ймовірністю дефолту облигації в період між моментом t і терміном її погашення. Отже, вартість дисконтної ризикованої облигації дорівнює добутку вартості такої безризикової облигації та ймовірності дефолту.

Сутність стохастичних редукованих моделей полягає в тому, що справедлива ціна інструменту визначається рівністю очікуваних грошових потоків для його продавця і покупця. Оскільки через ціни дисконтної ризикової та безризикової облигацій можна визначити ймовірність дефолту базового активу, варто оцінити потенційний грошовий потік покупця і продавця захисту. Єдиним оціночним параметром при цьому є коефіцієнт покриття – частина номіналу облигації, яку одержує її власник за умови дефолту емітента.

Усі отримані вартості грошових потоків мають бути приведені до одного моменту часу за допомогою безризикової ставки. При цьому слід урахувати ймовірність здійснення платежу або фактично ймовірність дефолту в кожному періоді.

Оцінка ймовірності ризику ґрунтується на припущенні, що спред між облигаціями зумовлений лише кредитним ризиком. Таким чином, часова структура спредів ризикової облигації щодо безризикової є часовою структурою ймовірностей дефолту ризикової облигації. Приведена вартість періодичних платежів продавця захисту визначається за формулою:

$$S = \sum_{n=1}^N \left(\prod_{2}^n P(t_{n-2}, t_{n-1}) \right) s \cdot e^{-rn}, \quad (5)$$

де s – вартість CDS у відсотках від номіналу облигації; r – неперервна безризикова ставка дисконтування; n, N – період платежу та загальна кількість періодів (термін контракту); e^{-rn} – коефіцієнт дисконтування за неперервною річною ставкою r ; $P(t_{n-2}, t_{n-1})$ – ймовірність того, що за ризиковою дисконтною облигацією у період часу (t_{n-2}, t_{n-1}) не настане дефолт.

Таким чином, добуток $\prod_{2}^n P(t_{n-2}, t_{n-1})$ відображає ймовірність того, що до початку періоду n дефолт не відбудеться.

Наведена формула є сумою добутоків приведеного платежу за CDS та ймовірності його здійснення у відповідному періоді. Умовою визначення справедливої вартості CDS є рівність очікуваних грошових потоків покупця і продавця CDS [1, с. 49–53].

Єдиний оціночний параметр у цій моделі – це коефіцієнт покриття, який відображає вартість базового активу у відсотках від номіналу (в нашому випадку вартість дисконтної облигації) одразу після настання дефолту. Різницю між номіналом і вартістю облигації після дефолту, у заздалегідь визначений час розрахунків, продавець CDS сплачує покупцеві. Залежність між цим параметром і вартістю CDS обернена: завищена оцінка покриття у випадку дефолту знижує вартість CDS, і навпаки. Найпоширенішим значенням коефіцієнта покриття для міжнародної практики є 0,4. В Україні статистика дефолтів великих компаній занадто обмежена, що ускладнює встановлення оптимального значення цього коефіцієнта для конкретних компаній.

На нашу думку, ключовими параметрами розглянутої моделі є часова структура процентних ставок і безризикова ставка. Для забезпечення точності моделі необхідно побудувати чітку криву таких ставок, на основі якої визначається ймовірність дефолту.

Ця ймовірність розраховується для кожного періоду $P(t_n-2, t_n-1)$, тому потрібно мати структуру безризикових і ризикових ставок на початок і кінець кожного періоду, тобто знати вартість ризикової та безризикової облигацій.

Основою для побудови кривої дохідності, або спредів, є ринкові ціни дисконтних облигацій різної терміновості, на базі яких будується крива форвардних спредів. Проте компанії доволі рідко емітують дисконтні облигації, через що побудувати криву часової структури їхньої дохідності на підставі ринкових даних практично неможливо. Таким чином, криву форвардних процентних ставок необхідно моделювати, тобто будувати непрямим шляхом.

Для розрахунку безкупонної дохідності, на основі котрої розраховується вартість CDS, доцільно використовувати метод бутстрепінгу. Джерелом даних для побудови безризикової кривої спот-ставок може бути інформаційне агентство Bloomberg, оскільки як безризикова береться крива дохідностей державних облигацій США.

Якщо компанії мають публічний борг у доларах США та CDS, номінованих у доларах США, криву спот-ставок обчислюють на підставі дохідностей євробондів. Бутстрепінг є загальноприйнятим методом побудови кривої безкупонних ставок. За вартістю ризикової та безризикової безкупонних облигацій визначаються ймовірність дефолту компанії за період і значення CDS.

На наш погляд, суттєва перевага CDS полягає в тому, що їх одночасно і безупинно оцінюють багато учасників фінансового ринку, котрі не лише зважають на звітність компаній та їхні кредитні рейтинги, а й інтегрують потоки актуальної фундаментальної і технічної інформації. Це суттєво збільшує гнучкість і точність оцінки кредитного ризику порівняно з використанням рейтингів або звітності, оскільки останні оновлюються, як правило, щокварталу. Таким чином, CDS у чистому вигляді є ринковим інструментом оцінювання кредитного ризику.

Моделі оцінювання CDS на основі вартості хеджування та редуковані моделі оцінювання CDS передбачають застосування не фундаментальних показників компанії, а лише вартості (прибутковості) інструментів, котрі перебувають в обігу. Тому результат оцінки CDS є похідним від оцінок інших інструментів. У моделях оцінки CDS на підставі кредитного рейтингу і структурних моделях оцінки CDS використовуються фундаментальні показники компанії. Відповідно, у структурних моделях застосовуються показники фінансової звітності компанії, які в умовах економіки України не інтегрують ризиків, а редуковані моделі ґрунтуються на ринковій оцінці боргових інструментів, тобто є об'єктивно точнішими.

Разом із тим у редукованих моделях точність оцінки CDS залежить від коректної побудови кривої кредитного спреду та оцінки коефіцієнта покриття. У зв'язку із цим слід використовувати бутстрепінг, а також сплайн-метод для оцінювання строкової структури процентних ставок або параметричні методи побудови кривої кредитного спреду (константні, лінійні квадратичні криві чи криві, що моделюються). Для оцінювання коефіцієнта покриття до-

цільно обрати метод Монте-Карло, модель Альтмана, статистичне оцінювання на підставі історичних даних про вартість боргових активів після дефолту.

Структурні моделі вкрай чутливі до оцінки волатильності, тому в редукованих моделях як альтернативу оцінці опціону на вартість компанії можна застосовувати моделі Хестона, Б'єрксунда – Стенсленда, Кокса – Рубінштейна або Ятса, що підвищить точність оцінки.

Крім того, структурні моделі передбачають використання історичної волатильності, що знижує точність оцінки CDS порівняно з волатильністю, основою на ринковій вартості опціону, яка є майбутньою волатильністю базового активу, оцінюваного учасниками ринку в поточний момент. Як безризикову можна застосовувати ставку LIBOR різного терміну або міжбанківського РЕПО. Хоча ці ставки є умовно безризиковими, їх використання суттєво підвищить точність оцінки CDS на компанію.

Щоб забезпечити точність структурних і редукованих моделей, крім ліквідності (обсягу торгів і розміру спреда), потрібно враховувати, чи має актив тривалу історію торгів, чи був він об'єктом глибокого аналізу широкого кола аналітиків і трейдерів. Лише за таких умов ціни базових активів відображають реальні зміни фінансового стану компанії, що підвищує точність оцінки CDS на компанію.

Таким чином, на сьогодні немає єдиного підходу до оцінювання CDS, що, на нашу думку, пов'язано зі стохастичним характером цього похідного фінансового інструменту. До того ж кредитний ризик, для оцінювання якого може використовуватися CDS, також має стохастичну природу.

Вважаємо абсолютно об'єктивним процес наукової полеміки щодо адекватності варіантів стохастичних структурних і редукованих моделей визначення справедливої вартості CDS, результатом якої мають стати встановлення ступеня придатності цих моделей для оцінки CDS на компанії України та вибір максимально ефективної моделі оцінювання кредитного ризику цих компаній.

Список використаних джерел

1. Мезенцев В. В. Оценка кредитного дефолтного свопа на российские компании при помощи редуцированной модели и модели Мертона / В. В. Мезенцев // Корпоративные финансы. – 2012. – № 1. – С. 44–57.
2. Солодка О. О. Моделі оцінки кредитного дефолтного свопа / О. О. Солодка // Світові тенденції та перспективи розвитку фінансової системи України : зб. матеріалів XI Міжнар. наук.-практ. конф., 30–31 жовтня 2014 року. – К. : Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2014. – С. 168–171.
3. Энциклопедия финансового риск-менеджмента / под ред. А. А. Лобанова и А. В. Чугунова. – М. : Альпина Паблишер, 2003. – 786 с.
4. Black F. The Pricing of Options and Corporate Liabilities / F. Black, M. Scholes // Journal of Political Economy. – 1973. – № 81. – P. 637–659.
5. Duffie D. Modeling Term Structures of Defaultable Bonds / D. Duffie, K. Singleton // Review of Financial Studies. – 1999. – № 12. – P. 687–720.
6. Mayer M. The Dangers of Derivatives / M. Mayer // The Wall Street Journal. – 1999. – 20 May.
7. Morgenson G. It's time for Swap to Lose Their Swagger / G. Morgenson // The New York Times. – 2010. – 28 Feb.

*Стаття надійшла до редакції
7 квітня 2015 року*