

**Фартушний І.Д.,**

канд. фіз.-мат. наук, доцент

ORCID ID: 0000-0003-1595-9495

**Лепеха К.А.**

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені гора Сікорського»

## **МОДЕЛЮВАННЯ КРЕДИТНОГО РИЗИКУ КОМЕРЦІЙНОГО БАНКУ**

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ КРЕДИТНОГО РИСКА КОММЕРЧЕСКОГО БАНКА**

#### **MODELING CREDIT RISK OF COMMERCIAL BANK**

*Економіка України кінця двадцятого сторіччя поставила перед кожним суб'єктом підприємницької діяльності низку нових завдань. Серед найголовніших - управління ризиками. Їх поява обумовлена специфікою та особливостями ринкового механізму, зокрема, свободою дій, яка надається кожному суб'єкту господарювання. Банківські керівники у більшості випадків вирішують як головну не проблему отримання максимального прибутку від операцій, а проблему досягнення оптимального співвідношення між прибутковістю та ризикованістю операцій. Ризик є в кожній банківській операції. Кредитний ризик визначається науковцями як внутрішній ризик в основній діяльності банку. Його суть полягає у вірогідності збитків від непогашення позичальником основної суми боргу та процентів за кредитом.*

*Але слід зауважити, що банківська система держави, як і інші сфери економічної діяльності України, перебувають в умовах, які суттєво відрізняються від умов у переважній більшості розвинутих країн своєю складністю. Це зумовлено дією різноманітних факторів: затяжною економічною кризою, незавершеністю нормативно-правової бази, відсутністю стабільних господарських зв'язків, що в свою чергу лише покращує підґрунтя для загострення ризиків.*

*Статтю присвячено аналізу кредитних ризиків для комерційних банків. Проаналізовано поняття кредитного ризику, розглянута сутність кредитного ризику. Проведено дослідження кредитного ризику методом Монте-Карло.*

**Ключові слова:** комерційний банк, кредитний ризик, кредитоспроможність, позичальник.

*Экономика Украины конца двадцатого столетия поставила перед каждым субъектом предпринимательской деятельности ряд новых задач. Среди главных - управление рисками. Их появление обусловлено спецификой и особенностями рыночного механизма, в частности, свободой действий, которая предоставляется каждому субъекту хозяйствования. Банковские руководители в большинстве случаев решают как главное не проблему получения максимальной прибыли от операций, а проблему достижения оптимального соотношения между доходностью и рискованностью операций. Риск в каждой банковской операции. Кредитный риск определяется учеными как внутренний риск в основной деятельности банка. Его суть заключается в вероятности убытков от непогашения заемщиком основной суммы долга и процентов по кредиту.*

*Но следует заметить, что банковская система государства, как и другие сферы экономической деятельности Украины, находятся в условиях, которые существенно отличаются от условий в большинстве развитых стран своей сложностью. Это обусловлено действием различных факторов: затяжным экономическим кризисом, незавершенностью нормативно-правовой базы, отсутствием стабильных хозяйственных связей, что в свою очередь только улучшает почву для обострения рисков.*

*Статья посвящена анализу кредитных рисков для коммерческих банков. Проанализировано понятие кредитного риска, рассмотрена сущность кредитного риска. Проведено исследование кредитного риска методом Монте-Карло.*

**Ключевые слова:** коммерческий банк, кредитный риск, кредитоспособность, заемщик.

*Ukraine's economy of the late twentieth century set for each business entity number of new challenges. Among the most important - risk management. Their appearance is due to the specifics and peculiarities of the market mechanism, in particular, freedom of action provided by each entity. Banking executives in most cases decided as the main issue is not to maximize profits from operations and the problem of achieving an optimal balance between profitability and riskiness of operations. The risk is in every banking transaction. Credit risk is defined by scientists as an internal risk in the core business of the bank. Its essence lies in the probability of default by the borrower losses of principal and interest on the loan.*

*But it should be noted that the banking system state like other areas of economic activity Ukraine, are in conditions that differ significantly from the conditions in most developed countries for its complexity. This is due to the influence of various factors: prolonged economic crisis, incomplete legal framework, lack of stable economic relations, which in turn improves the only way for the escalation.*

*The article is devoted to the analysis of credit risk for commercial banks. Analysed the concept of credit risk, considered the nature of credit risk. Research of credit risk by Monte Carlo method.*

**Key words:** commercial bank, credit risk, solvency, the borrower.

**Вступ.** Один із найважливіших принципів банківського кредитування полягає у тому, що наданий кредит має бути повернений у чітко обумовлені в кредитному договорі строки. Дотримання цього принципу є запорукою успішного функціонування комерційного банку. Цілком очевидно, що при наданні будь-якої позики перед банком стає проблема невизначеності того, чи буде її повернуто вчасно, і більше того, чи буде її повернуто взагалі. Звідси випливає, що основним завданням банку при наданні позики є перетворення невизначеності в ризик і його детальний аналіз.

Під кредитним ризиком розуміють ризик невиконання позичальником початкових умов кредитної угоди, тобто неповернення (повністю або частково) основної суми боргу і процентів по ньому у встановленні договором строки [2].

Метод Монте-Карло – це один з методів моделювання результатів функціонування складної системи, на яку впливають випадкові фактори і яка, як правило, не може бути описана жодними іншими методами. У рамках досліджуваних нами економічних ситуацій під складною системою досить розуміти систему, яку не можна описати доступною для огляду множиною параметрів. У свою чергу, метод Монте-Карло є складовою так званого імітаційного моделювання, назва якого говорить сама за себе. Воно покликане імітувати сам процес функціонування досліджуваного об'єкта. Іноді імітаційне моделювання і метод Монте-Карло ототожнюють [3].

**Постановка завдання.** Мета статті полягає у розробці інструментарію для моделювання кредитного ризику на рівні комерційного банку та проведенні дослідження кредитного ризику методом Монте-Карло. Для досягнення мети поставлено такі завдання:

- 1) розглянути основні теоретичні і методологічні основи кредитних ризиків та управління ними в банківській діяльності;

- 2) дослідити кредитний ризик методом Монте-Карло;
- 3) проаналізувати світовий досвід та напрямки поліпшення систем захисту від впливу кредитного ризику.

**Методологія.** Для розв'язку поставлених завдань використано методи економіко-статистичного аналізу, а також метод Монте-Карло. Об'єктом дослідження є комерційний банк ВАТ «Родовід Банк».

**Результати дослідження.** ВАТ «Родовід Банк» є універсальною кредитно-фінансовою установою, що зорієнтована на здійснення комплексного банківського обслуговування українських та іноземних юридичних та фізичних осіб згідно з чинним законодавством України.

Здійснимо метод одержання емпіричної функції розподілу на основі методу Монте-Карло.

Розглянемо простий кредит: на термін  $H$  днів під ставку  $R\%$  річних контрагенту видається сума  $S$  тис. грн. Грошові потоки угоди представлені на рис.1

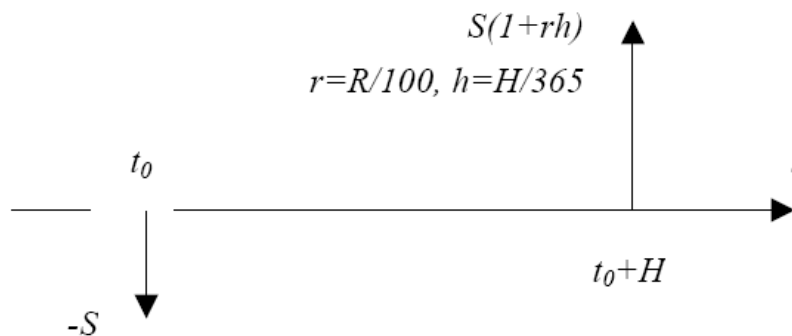


Рис. 1. Грошові потоки угоди

Кредитний ризик за цією угодою характеризується імовірністю виникнення кризового стану контрагента (дефолта) протягом терміну дії зобов'язання, що призводить до неповернення боргу наприкінці терміну.

Для спрощення припустимо, що інтенсивність постійна в часі (принаймні, протягом періоду, порівняного з горизонтом аналізу). Тоді випадкова величина  $T$ , що дорівнює інтервалу часу від поточної точки до моменту дефолту, розподілена експоненціально (ідеологія моделей скороченої форми):

$$F_T(\phi) = P\{T < \Phi\} = 1 - e^{-\lambda\phi}$$

де  $\lambda$  – інтенсивність,  $\phi$  – заданий інтервал часу.

На основі імовірності дефолту за рік,  $P = F_T(1) = 1 - e^{-\lambda}$ , знайдемо інтенсивність потоку:

$$\lambda = -\ln(1 - P),$$

що дозволяє визначити імовірність дефолту протягом довільного терміну  $h$ :

$$F_T(h) = 1 - \exp\{-\lambda h\} = 1 - \exp\{\ln(1 - P)h\},$$

де  $h=H/365$ ,  $H$  – термін (у днях).

Отже, на основі ймовірності дефолту за рік ми оцінили імовірність дефолту протягом довільного терміну. Розглянемо випадкову величину  $L$ , що

дорівнює збитку за кредитом (без урахування відсотків і можливого часткового відшкодування втрат). Очевидно, що  $L$  має дискретний розподіл Бернуллі (повернуть – не повернуть):

$i$	1	2
$L_i$	S	0
$p_j$	p	1-p

де  $i$  – номер стану (1 – дефолт, 2 – повернення позички);  $p_j$  - імовірність стану; S – рівень втрат у випадку дефолту,  $r$  – відносна процентна ставка,  $r=R/100$ ;  $p$  – імовірність дефолту за горизонт  $h = \min(H, W)/365$ ;  $W$  – горизонт аналізу.

Функція розподілу збитку за окремою позичкою матиме такий вигляд, який показано на рис 2.

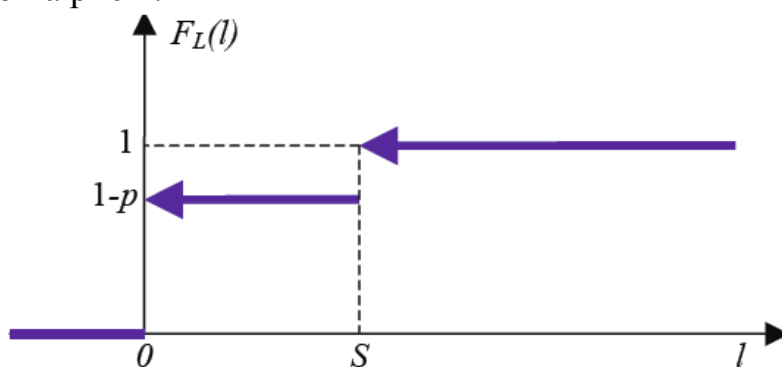


Рис. 2. Функція розподілу збитку

Знайдемо числові характеристики випадкової величини  $L$ :

$M[L] = pS$  - математичне очікування збитку,

$D[L] = p(1-p)S^2$  - дисперсія збитку.

Стандартне відхилення збитку:

$$Y_L = S \ln(1-p)$$

Розглянемо тепер кредитний портфель, що складається з  $N$  кредитів:  $\{S_j, H_j, P_j, r_j\}$ , де  $j$  – порядковий номер кредиту в портфелі,  $j=1\dots N$ ,  $S_j$  - непогашена сума  $j$ -го кредиту,  $H_j$  - термін до погашення,  $P_j$  - імовірність неповернення за рік,  $r_j$  - ставка.

Збиток  $L_p$  за портфелями дорівнює сумі збитків за окремими кредитами:

$$L_p = \sum_{j=1}^N L_j$$

Знайдемо числові характеристики збитку  $L_p$  у припущенні про незалежність розподілу збитків за окремими кредитами:

$$M[L_p] = \sum_{j=1}^N M[L_j] = \sum_{j=1}^N p_j S_j$$

- математичне очікування збитку портфеля,

$$D[L_p] = \sum_{j=1}^N D[L_j] = \sum_{j=1}^N p_j (1 - p_j) S_j^2$$

- дисперсія збитку портфеля,

$$Y_{L_p} = \left( \sum_{j=1}^N p_j (1 - p_j) S_j^2 \right)^S$$

де  $p_j$  - імовірність дефолту за горизонт аналізу.

Багато методик обмежуються розглядом числових характеристик  $M[L_p]$ ,  $Y_{L_p}$ . Величина  $M[L_p]$  визначає очікуваний рівень витрат, а, відповідно, необхідний обсяг резервів для їхнього покриття,  $Y_{L_p}$  використовується як характеристика кредитного ризику. Для одержання кількісної оцінки кредитного ризику необхідно побудувати емпіричну функцію розподілу випадкової величини  $L_p$ , наприклад, на основі методу Монте-Карло.

Пропонується наступний алгоритм моделювання:

1. Для кожного кредиту  $j$  генерується рівномірно розподілені від 0 до 1 випадкові величини:  $D_j^k R_{[0,1] \cdot N}$ , де  $N$  – кількість кредитів у портфелі.
2. Розраховується рівень збитків за кожним кредитом на основі зворотної функції розподілу.
3. Розраховується сума збитків:

$$L_p^k = \sum_{j=1}^N L_j^k$$
$$L_j^k = \begin{cases} S_j, D_j^k \geq 1 - p_j \\ 0, D_j^k < p_j \end{cases}$$

4. Процедура (п. 1-3) повторюється певну кількість разів,  $K$ . За вибіркою  $L_p^k$  будується емпірична функція розподілу.

Емпірична функція розподілу дозволяє кількісно оцінити кредитний ризик у загальноприйнятій ідеології Value-at-Risk, як максимально можливі збитки з заданою довірчою імовірністю. Для цього досить узяти квантиль відповідного порядку [4].

Розглянемо застосування підходу на прикладі портфеля (ВАТ «Родовід Банк»), що складається з кредитів на загальну суму  $S=3990$  тис. грн. (див. табл. 1)

Необхідно побудувати емпіричну функцію розподілу, очікуваний прибуток і кредитний ризик (максимально можливі збитки з 95% довірчою імовірністю) за горизонт, що дорівнює 1 року.

Розрахуємо імовірність дефолту за горизонт з урахуванням терміну погашення на основі співвідношення (див. табл.2).

Таблиця 1

## Портфель ВАТ «Родовід Банк»

Кредит	j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сума, тис. грн.	$S_j$	100	500	60	900	200	550	420	180	720	360
Ставка, % річних	$R_j$	15%	11%	16%	12%	14%	9%	12%	19%	12%	11%
Срок до погашення, днів	$H_j$	320	452	113	212	118	590	41	692	357	412
Імовірність дефолту за рік	$P_j$	2.0 %	1.0 %	5.0 %	1.0 %	3.0 %	3.0 %	5.0 %	10.0 %	3.0 %	4.0 %

Таблиця 2

Таблиця з результатами проміжних розрахунків  
(імовірність дефолту за горизонт)

Кредит	j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Імовірність дефолту за горизонт (H=365) з урахуванням терміну погашення	$P_j$	1.8 %	1.0 %	1.6 %	0.6 %	1.0 %	3.0 %	0.6 %	10.0 %	2.9 %	4.0 %

Математичне очікування і стандартне відхилення збитків портфеля за горизонт, розраховані на основі співвідношення, дорівнюють:

$$M[L_p] = 87,3 \text{ тис. грн.}$$

$$Y_{LP} = 200,6 \text{ тис. грн.}$$

Результат 1000 експериментів Монте-Карло дозволи побудувати емпіричну функцію розподілу збитку (рис. 3) і знайти очікувані втрати.

$E_{LP} = 86,2$  тис. грн. і кредитний ризик  $Q_{LP95\%} = 550$  тис. грн. (13,7 % від обсягу портфеля).

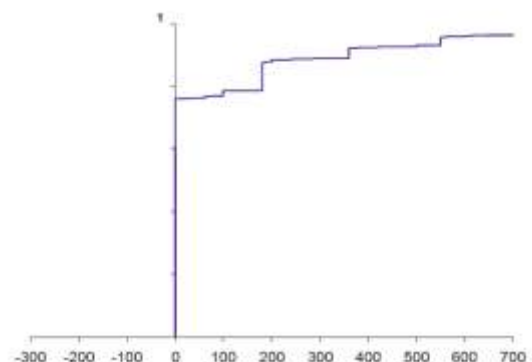


Рис. 3. Функція розподілу збитку

Величина необхідного економічного капіталу розраховується як різниця між максимально можливими збитками і сформованими резервами і складає 463 тис. грн. (11, 6 % від обсягу портфеля).

**Висновки.** Наукова новизна отриманих результатів полягає у розвитку підходу до визначення поняття «кредитний ризик». Так як, визначення кредитоспроможності клієнта є одним з найважливіших методів зниження кредитного ризику і успішної реалізації кредитної політики.

Результат експериментів Монте-Карло дозволив побудувати емпіричну функцію розподілу збитку і знайти очікувані втрати. В подальшому планується дослідження ризиків і удосконалення способів їх мінімізації.

#### **Література:**

1. Вітлінський В.В. Ризикологія в економіці та підприємстві : моногр. / В.В. Вітлінський, Г.І. Великоіваненко. – К. : КНЕУ, 2004. – 480с.
2. Балабанов И.Т. Банковское дело / И.Т. Балабанов. – Санкт-Петербург: Питер, 2001. – 304с.
3. Павленко П.М. Основи математичного моделювання систем і процесів: навч. посіб. / П.М. Павленко – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2013. – 201 с.
4. Рідкокаша А.А. Використання математичного методу Value-At-Risk при оцінці й управлінні ризиком на підприємствах / А.А. Рідкокаша, Є.Ю. Катаєва, О.О. Чусов // Вісник ЧДТУ. – 2007. - № 1 – 2. – С. 18 – 24.